



**CRESCIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE
FORRAGEIRAS ALTERNATIVAS SAZONAIS E
ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DO SOLO EM
SISTEMA DE PRODUÇÃO ORGÂNICO**

IGOR ALEXANDRE DE SOUZA

2017



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**CRESCIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE
FORRAGEIRAS ALTERNATIVAS SAZONAIS E
ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DO SOLO EM
SISTEMA DE PRODUÇÃO ORGÂNICO**

Autor: Igor Alexandre de Souza
Orientador: Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Março de 2017

IGOR ALEXANDRE DE SOUZA

**CRESCIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE FORRAGEIRAS
ALTERNATIVAS SAZONAIS E ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS
DO SOLO EM SISTEMA DE PRODUÇÃO ORGÂNICO**

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientador:
Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira

Co-orientadores:
Prof. Dr. Andre Fonseca de Brito
Prof^ª. Dra. Daniela Deitos Fries

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Março de 2017

633.2 Souza, Igor Alexandre de.
S715c Crescimento e composição química de forrageiras alternativas sazonais e atributos físico-químicos do solo em sistema de produção orgânico. / Igor Alexandre de Souza. – Itapetinga-BA: UESB, 2017.
103f.

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Sob a orientação do Prof. D.Sc. Fábio Andrade Teixeira e coorientação do Prof. D.Sc. Andre Fonseca de Brito e Prof^a. D.SC. Daniela Deitos Fries.

1. Biomassa de forragem - Carbono. 2. Carbono da biomassa microbiana. 3. Forrageiras alternativas - Nitrogênio. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação de Doutorado em Zootecnia, *Campus* de Itapetinga. II. Teixeira, Fábio Andrade. III. Brito, Andre Fonseca de. IV. Fries, Daniela Deitos. V. Título.

CDD(21): 633.2

Catálogo na Fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB 535-5ª Região
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Biomassa de forragem - Carbono
2. Carbono da biomassa microbiana
3. Forrageiras alternativas - Nitrogênio

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Área de Concentração: Produção de Ruminantes

Campus Itapetinga-BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: “Crescimento e composição química de forrageiras alternativas sazonais e atributos físico-químicos do solo em sistema de produção orgânico”.

Autor (a): Igor Alexandre de Souza

Orientador (a): Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira

Co-orientador (a): Prof. Dr. Andre Fonseca de Brito

Prof^a. Dr^a. Daniela Deitos Fries

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora;



Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira – UESB

Orientador



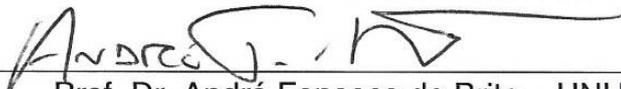
Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva - UESB



Prof^a. Dr^a. Daniela Deitos Fries – UESB



Dr^a. Ana Paula Gomes da Silva – PNP/UESB



Prof. Dr. André Fonseca de Brito – UNH

Data de realização: 10 de março de 2017.

"Don't worry about a thing; 'Cause every little thing is gonna be alright."

Bob Marley

“Não tenhamos pressa, mas não percam tempo.”

José Saramago

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, a Nossa Senhora Rainha da Paz e a Santo Expedito por me fortalecer espiritualmente, iluminar a minha mente, ter colocado pessoas tão especiais no meu caminho e por ter me dado paz, saúde e perseverança ao longo deste trabalho.

Aos meus pais, irmãos e a Lais, pelas diversas formas de incentivo durante essa minha jornada.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, por ter me possibilitado desenvolver este trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelas bolsas de estudos da modalidade CAPES demanda social e PDSE (Programa doutorado sanduiche no exterior).

A Universidade de New Hampshire – UNH, pela oportunidade de realização do intercambio.

Ao meu orientador, Fábio Andrade Teixeira pelos ensinamentos, paciência e momentos de amizade.

Ao meu co-orientador, Andre Fonseca de Brito, pelos ensinamento, paciência, momentos de amizade e por ter proporcionado a oportunidade de cursar o período de doutorado sanduiche sobre a sua supervisão.

A minha co-orientadora, professora Daniela Deitos Fries pelas diversas formas de orientação durante a minha jornada na UESB.

Ao Professor Fabiano Ferreira da Silva, pelos ensinamentos, orientações e por ter estreitado o contato com o professor Andre Fonseca de Brito para a realização do período sanduiche.

Ao professor A. Stuart Grandy, por ter me recebido em seu laboratório de biogeoquímica do solo na UNH, pelas orientações, paciência e momentos de amizade durante a realização das análises de solo sobre sua supervisão.

Ao Professor Richard Smith da UNH, pelos ensinamentos, orientações durante a condução do experimento, referente a parte das plantas.

Ao professor Moises Silva Neri, pelos ensinamentos e troca de experiências durante a minha jornada na UESB.

Ao professor Adalfredo Rocha Lobo Junior, pela ajuda nos procedimentos estatísticos e pela troca de experiências.

A Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, pelo apoio.

Ao gerente do laboratório Biogeoquímica do solo Scott Greenwood, e ao técnico Daniel Boone Menden, pelas orientações, ensinamentos e momentos de amizade.

Ao gerente do laboratório de Agroecologia Nicholas Warren, por ter ajudado na condução do experimento a campo, ajuda em coleta de dados e troca de informações.

Aos membros da equipe de Forragicultura/bovinocultura, Kelly, Otanael, Poliana, Daniel, Renata, Carlos Alberto, e todos os demais.

Ao pesquisador Jorg Snecker, pelos ensinamentos na condução das análises de solo e pelos momentos de amizade na minha jornada na UNH, e a todos os integrantes do Grandy`s Lab.

Aos amigos de república durante a moradia em Itapetinga, Marcus Vinicius (Januário) e Luis Antônio (Dudu) e aos colegas de outras republicas, Franklin, Sostim, Silvio pelos momentos de amizade e troca de conhecimentos.

Ao casal William Woorward e Sandra Yanne, pela hospedagem nos EUA, pelos ensinamentos, momentos de amizade.

Agradeço a todos os alunos de graduação que me ajudaram na condução de outros experimentos na UESB (Esley, Rafael Maguinavita, Gleidson, Bismarck, Wendell, Agnaldo, Marco).

A todos os funcionários da UESB, que de alguma forma estiveram presentes na minha jornada na UESB.

A todas as amizades conquistadas durante o período do curso de Doutorado.

BIOGRAFIA

Igor Alexandre de Souza, filho de Agenor José de Souza e Maria do Bom Jesus Souza, nasceu no dia 23 de dezembro de 1982 na cidade Montes Claros – MG, e desde então desfruta a vida de forma simples e alegre.

Ao longo de sua juventude, devido a sua afinidade pelas ciências ligadas à natureza, sentiu a necessidade de aprofundar os seus conhecimentos a respeito do solo, das plantas e dos animais, e isso o encorajou a cursar a graduação em Zootecnia, pela Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES. Concluiu a graduação em dezembro de 2007, recebendo o título Bacharel em Zootecnia. Após obter a sua graduação, optou por aplicar seus conhecimentos de forma prática, e em março de 2008 iniciou trabalhos para a iniciativa privada e particular.

A sua grande afinidade pela pesquisa e a necessidade de cada vez mais entender e desvendar o que acontecia no complexo solo-planta-animal, o levou iniciar o curso de mestrado, em agosto de 2010 pelo programa de pós graduação em Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM. Durante essa etapa, empenhou-se para prosseguir seus estudos e pesquisas voltadas ao complexo solo-planta-animal, e em junho de 2012 obteve o título de mestre.

A partir dessa conquista, a sua avidez por ciência e por pesquisa estava a cada dia mais intensa, então decidiu lançar-se a conquista do mais alto grau de titulação possível, e em março de 2013 iniciou o curso de doutorado em Zootecnia pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB.

Durante a sua jornada de doutoramento, percebeu que a oportunidade que tanto desejava, de poder expandir seus horizontes científicos, em busca de conhecimento era possível, e em fevereiro de 2015 partiu rumo a Universidade de New Hampshire – UNH, nos Estados Unidos, onde teve a oportunidade de conduzir o trabalho de sua tese de doutorado, novamente abordando o sistema, solo-planta-animal. Em abril de 2016, tomou posse do cargo de Técnico em Laboratório em Pedologia, função que exerce até a presente data. Em busca cada vez de mais conhecimento e informações mantém sua postura proativa, almejando novos objetivos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
I - REFERENCIAL TEÓRICO	1
1.1 Introdução	1
1.2 Pastagens orgânicas e forrageiras alternativas sazonais nos Estados Unidos.....	2
1.2.1 Forrageiras alternativas sazonais.....	4
1.2.1.1 Forrageiras de primavera	4
1.2.1.2 Forrageiras do verão e outono.....	8
1.3 Plantas forrageiras e suas propriedades	14
1.4 Solos e suas propriedades	16
II – OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo geral	19
2.2 Objetivos específicos	19
III – MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Localização e caracterização da área experimental	20
3.2.2 Semeadura e coleta das plantas	25
3.2.3. Amostras de solo.....	27
3.3. Coleta das amostras e procedimentos das análises laboratoriais	30
3.3.1. Plantas	30
3.3.2 Solo	33
3.4. Delineamento experimental e análise estatística	35
3.4.1. Amostras de plantas e solo	35
3.4.2. Procedimento e programa estatístico.....	36
IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1 Variáveis avaliadas na planta.....	37
4.1.1 Primavera.....	37
4.1.2 Verão	42
4.1.3 Outono	55

4.2 Variáveis avaliadas no solo.....	65
4.2.1 <i>Primavera</i>	65
4.2.2 <i>Verão</i>	70
4.2.3 <i>Outono</i>	78
V – CONCLUSÕES	86
VI – REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	87

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Limite azul = área agricultável da Kingman Farm; limite vermelho: área experimental das forrageiras alternativas.....	20
FIGURA 2. Esquema de dois perfis de solo encontrados na área experimental. Perfil A = área experimental da Kingman Farm; Perfil B) área adjacente a áreas experimentais.....	22
FIGURA 3. Design experimental; *Mix de primavera: trigo (<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Frederick), triticale (x <i>Triticosecale Wittmack</i>), cevada (<i>Hordeum vulgare</i> L), centeio (<i>Secale cereal</i>), ervilhaca peluda (<i>Vicia villosa</i> Roth); **mix de verão: sorgo BMR (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench.), trigo sarraceno (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench), teff (<i>Eragrostis tef</i> (Zucc.) Trotter cv. Tiffany), milheto (<i>Echinochloa esculenta</i> (A.Braun) H.Scholz), aveia (<i>Avena sativa</i> L cv. Streaker), chickling vetch (<i>Lathyrus sativus</i> L cv. Ac Greenfix); ***mix de outono: trigo (<i>Triticum aestivum</i> L. cv. Frederick), triticale (x <i>Triticosecale wittmack</i>), canola (<i>Brassica napus</i> L. cv. Dwarf Essex), nabo forrageiro (<i>Raphanus sativus</i> L. var. niger).....	24

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Dados de precipitação acumulada no período de cultivo.....	21
TABELA 2. Características químicas e físicas das amostras de solo coletadas à profundidade de 0 a 15 cm, Laboratório da Universidade Estadual da Pennsylvania/ Peen State/2015.....	21
TABELA 3. Detalhamento dos cinco tratamentos aplicados às amostras de plantas na primavera.....	25
TABELA 4. Detalhamento dos 18 tratamentos aplicados às amostras de plantas no verão e outono, oriundos das combinações entre seis espécies forrageiras e três épocas de coleta.....	26
TABELA 5. Detalhamento dos sete tratamentos aplicados às amostras de solo na primavera.....	27
TABELA 6. Detalhamento dos 27 tratamentos aplicados às amostras de solo no verão e outono, oriundos das combinações entre seis espécies forrageiras, mix de verão ou outono, super mix, controle e três épocas de coleta.....	29
TABELA 7. Detalhamento dos 18 tratamentos aplicados às amostras de solo no verão e outono, oriundos das combinações entre seis espécies forrageiras, mix de verão ou outono, super mix e duas épocas de coleta.....	30
TABELA 8. Médias de biomassa de forragem e composição química de forrageiras alternativas sazonais de primavera/2015.....	37
TABELA 9. Médias de digestibilidade verdadeira <i>in vitro</i> (DVIV), digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDNd) taxa de degradabilidade (Kd), energia líquida estimada e índices de ranqueamento de forrageiras alternativas da primavera/2015.....	41
TABELA 10. Médias de biomassa de forragem, matéria seca e composição química de forrageiras alternativas sazonais em três coletas da estação do verão/2015.....	44
TABELA 11. Médias de alturas, composição química e índices de ranqueamento de forrageiras alternativas sazonais no verão/2015 (médias de três épocas de coleta, 33; 40 e 47 DAS)	47

TABELA 12. Médias de altura, composição química e índices de ranqueamento em três coletas no verão/2015 (médias de 6 espécies de plantas forrageiras)	49
TABELA 13. Médias de digestibilidade verdadeira <i>in vitro</i> (DVIV), digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDNd), taxa de degradabilidade (Kd) e estimativa de energia líquida para forrageiras alternativas sazonais em três coletas para verão/2015.....	52
TABELA 14. Médias de alturas, biomassa de forragem composição química de forrageiras alternativas sazonais em três coletas no outono/2015.....	56
TABELA 15. Médias de lignina e taxa de degradabilidade em três coletas no outono /2015.....	61
TABELA 16. Médias de lignina e taxa de degradabilidade em três coletas no outono/2015.....	62
TABELA 17. Médias de digestibilidade verdadeira <i>in vitro</i> , fibra em detergente neutro digestível, energia líquida estimada e índices de ranqueamento de forrageiras alternativas sazonais em três coletas no outono/2015.....	63
TABELA 18. Médias de nitrogênio (N), carbono (C), razão carbono/nitrogênio (C/N), carbono da biomassa microbiana (CBM) de amostras de solo coletadas em forrageiras alternativas de primavera/2015.....	66
TABELA 19. Médias de densidade do solo (Ds), agregados, conteúdo de areia em dois tamanhos de agregados e composição química de amostras de solo coletas em forrageiras alternativas na primavera/2015.....	68
TABELA 20. Médias de densidade do solo (Ds), nitrogênio (N), carbono (C), razão carbono/nitrogênio (C/N), carbono da biomassa microbiana (CBM) de amostras de solo coletas em forrageiras alternativas de verão/2015.....	71
TABELA 21. Médias de densidade do solo (Ds), nitrogênio (N), carbono (C), razão carbono/nitrogênio (C/N), carbono da biomassa microbiana (CBM) de amostras de solo coletas em três épocas em forrageiras alternativas de verão/2015.....	72
TABELA 22. Médias da saturação por magnésio de amostras de solo coletas em duas épocas em forrageiras alternativas de verão/2015.....	75
TABELA 23. Médias de agregados, conteúdo de areia de duas classes de agregados e composição química de amostras de solo coletadas em forrageiras alternativas de verão/2015.....	76
TABELA 24. Médias de agregados, conteúdo de areia em duas classes de agregados e composição química de amostras de solo coletadas em duas épocas em forrageiras alternativas de verão/2015.....	78

TABELA 25. Médias de densidade do solo (Ds), nitrogênio (N), carbono (C), razão carbono/nitrogênio (C/N), carbono da biomassa microbiana (CBM) de amostras de solo coletadas em forrageiras alternativas de outono/2015.....	79
TABELA 26. Médias de densidade do solo (Ds), nitrogênio (N), carbono (C), razão carbono/nitrogênio (C/N), carbono da biomassa microbiana (CBM) de amostras de solo coletadas em três épocas em forrageiras alternativas do outono/2015.....	81
TABELA 27. Médias do conteúdo de areia de duas classes de agregados de amostras de solo coletadas em duas épocas em forrageiras alternativas de outono/2015.....	82
TABELA 28. Médias de agregados, conteúdo de areia em duas classes de agregados e composição química de amostras de solo coletadas em forrageiras alternativas do outono/2015.....	84
TABELA 29. Médias de agregados, conteúdo de areia em duas classes de agregados e composição química de amostras de solo coletadas em duas épocas em forrageiras alternativas de outono/2015.....	85

RESUMO

SOUZA, Igor Alexandre de. **Crescimento e composição química de forrageiras alternativas sazonais e atributos físico-químicos do solo em sistema de produção orgânico**. Itapetinga, BA: UESB, 2017. 103p. Tese. (Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes). *

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a produção, composição químico-bromatológica e parâmetros nutricionais de 14 forrageiras alternativas sazonais, assim como os atributos físico-químicos de um cambissolo háplico distrófico, textura franco arenosa, em sistema de produção orgânico durante as estações da primavera, verão e outono. O experimento foi conduzido na fazenda Kingman Farm, unidade experimental da Universidade de New Hampshire – UNH, na cidade de Madbury/NH, região nordeste dos Estados Unidos. Para as variáveis avaliadas nas amostras de plantas e solo na estação da primavera, foi adotado um delineamento em blocos casualizados (DBC), os tratamentos foram as espécies forrageiras: trigo (*Triticum aestivum* L. cv. Frederick), triticale (x *Triticosecale Wittmack*), cevada (*Hordeum vulgare* L), centeio (*Secale cereal* L) e ervilhaca peluda (*Vicia villosa* Roth). Nas estações do verão e outono utilizou-se um DBC, em um esquema de parcelas subdivididas, as espécies forrageiras para o verão foram: sorgo BMR (*Sorghum bicolor* (L.) Moench (BMR)), trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench), teff (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter cv. Tiffany), milheto japonês (*Echinochloa esculenta* (A. Braun) H. Scholz), aveia (*Avena sativa* L cv. Streaker) e chickling vetch (*Lathyrus sativus* L cv. Ac Greenfix). Para o outono as espécies foram: trigo (*Triticum aestivum* L. cv. Frederick), triticale (x *Triticosecale Wittmack*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. niger J.Kern), aveia (*Avena sativa*), canola (*Brassica napus* L. cv. Dwarf Essex) e crotalária (*Crotalaria juncea* L). As espécies forrageiras foram consideradas como parcela e a época de coleta a subparcela. As épocas de coleta das plantas foram 33 dias após a neve derreter para a primavera, 34; 42 e 49 dias após a semeadura (DAS) para o verão e 44; 61 e 77 DAS para o outono. As coletas do solo na primavera foram realizadas no dia da coleta das plantas, no verão aos 3; 10 e 48 DAS e no outono aos 7; 36 e 66 DAS. As variáveis analisadas nas plantas foram biomassa de forragem, altura, proteína bruta (PB), proteína solúvel (PS), produção de proteína bruta (PPB), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), lignina, digestibilidade verdadeira *in vitro* (DVIV), fibra em detergente neutro digestível (FDNd), energia líquida de lactação (EL_L), taxa de degradabilidade (Kd), valor relativo do alimento (VRA), qualidade relativa da forragem (QRF) e o índice kg de Leite/ton MS. No solo as variáveis avaliadas foram: densidade do solo (Ds), percentagem de agregados, carbono (C), nitrogênio (N), razão C/N, carbono da biomassa microbiana (CBM), pH, capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e fósforo (P). O trigo, o triticale e o centeio são boas opções para serem cultivadas, na primavera. A cevada e a ervilhaca peluda devem ser evitadas. No verão as plantas podem ser coletadas aos 47 DAS sem prejuízos consideráveis. O sorgo BMR, o trigo sarraceno o milheto e a aveia, podem ser cultivadas com a finalidade de estender, a estação de pastejo. No outono o cultivo da aveia, do trigo e do triticale são recomendados

com a intensão de prolongar a estação de pastejo. O prolongamento da época de coleta das forrageiras aumentou a biomassa, FDA, FDN e lignina, e reduziu a PB. A PPB extrapolada por área é compensatória para a maioria das espécies. A DVIV, a FDNd e a EL_L, apresentaram comportamento estável. Os índices de avaliação para as forrageiras, VRA e QRF, apresentaram-se como boas ferramentas para avaliação das forrageiras alternativas. Os teores de N, C e CBM, do solo não sofreram alterações consideráveis quando cultivado com as forrageiras alternativas, os mixes sazonais e o super mixes, não influenciaram esses atributos no período estudado.

Palavras-chave: biomassa de forragem, carbono, carbono da biomassa microbiana, forrageiras alternativas, nitrogênio

* Orientador: Fábio Andrade Teixeira, Dr. UESB; co-orientadores: Andre Fonseca de Brito, Dr. UNH; Daniela Deitos Fries, Dra. UESB

ABSTRACT

SOUZA, Igor Alexandre de. **Growth and chemical composition of seasonal forages and soil physicochemical attributes in organic production system.** Itapetinga, BA: UESB, 2017. 119 p. Thesis (Doctorate in Animal Science, ruminant production) *

The present work was carried out with the objective to evaluating the production, chemical composition, and nutritional parameters of 14 seasonal forages, as well as the physicochemical attributes of a dystrophic inceptsoil, sandy loam texture, during organic production over the spring, summer and fall seasons. The experiment was conducted at the Kingman Farm, an experimental unit of the University of New Hampshire - UNH, in the northeastern US, city of Madbury/NH. For the variables evaluated in the plant and soil samples in the spring season, a randomized block design (RBD) was used, treatments were forage species: wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Frederick), triticale (x *Triticosecale Wittmack*), barley (*Hordeum vulgare* L), rye (*Secale cereal* L), hairy vetch (*Vicia villosa* Roth). In the summer and fall seasons, a RBD was, in a spilt plots design, for the summer the species were: BMR sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench (BMR)), buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), Teff (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter cv. Tiffany), japanese millet (*Echinochloa esculenta* (A. Braun) H. Scholz), oats (*Avena sativa* L cv Streaker), chickling vetch (*Lathyrus sativus* L cv Ac Greenfix). In fall the species were: wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Frederick), triticale (x *Triticosecale Wittmack*), forage radish (*Raphanus sativus* L. var. Niger J.Kern), oats (*Avena sativa*), canola (*Brassica napus* L. cv. Dwarf Essex), crotalaria (*Crotalaria juncea* L.). The forage species considered as plot and the collection time the spilt plot. Plants collection times were 33 days after the snow melted for spring, 34; 42 and 49 days after sowing (DAS) for summer and 44; 61 and 77 DAS for the fall. Soil samples were collected on the day of plants collection for the spring, over the summer at 3; 10 and 48 DAS and over fall at 7; 36 and 66 DAS. The variables analyzed in the plants were forage biomass (FB), height, crude protein (CP), soluble protein (SP), crude protein production (CPP), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), lignin, *in vitro* true digestibility (IVTD), digestible neutral detergent fiber (dNDF), net energy for lactation(NEL), digestibility rate(Kd), relative feed value (RFV), relative forage quality (RFQ) and the kg of Milk/ton DM. At the soil were analyzed soil bulk density (Bd), aggregates, carbon (C), nitrogen (N), C/N ratio, microbial biomass carbon (MBC), pH, cation exchange capacity (CEC), base saturation (Bs), calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K) and phosphorus (P). Wheat, triticale and rye are good options for growing over the spring. Barley and hairy vetch should be avoid. Over the summer plants can be collected at 47 DAS without considerable damage. BMR sorghum, buckwheat, millet and oats can be cultivated to purpose of extending the grazing season. Over the fall the oats, wheat and triticale are recommend to purpose of prolonging the grazing season. Extending the season of harvest increases FB, ADF, NDF and lignin, and reduces CP. Area-extrapolated CPP is compensatory for most species. The evaluation indices for forages, RFV and RFQ, presented as good tools for the evaluation of alternative forages. The N, C and MBC levels of the soil did not change considerably when cultivated with the alternative forages, the seasonal mixes and the super mixes, did not influence these attributes.

Key words: Alternative forage crops, carbon, forage biomass, microbial biomass carbon, nitrogen

* Advisor: Fábio Andrade Teixeira, Dr. UESB; co-advisor: Andre Fonseca de Brito, Dr UNH; Daniela Deitos Fries

I - REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Introdução

Em busca de um estilo de vida com hábitos saudáveis o consumo de produtos orgânicos tem sido uma opção mundialmente adotada nos últimos anos. Em países desenvolvidos a opção por produtos orgânicos é mais acessível devido ao maior poder de compra dos consumidores. Um exemplo disso, nos Estados Unidos, de acordo com relatórios de outubro de 2016 do Serviço de Marketing e Agricultura do Departamento de Agricultura desse mesmo país (USDA/AMS, 2016), a comercialização de produtos orgânicos derivados do leite totalizaram 98 milhões de quilos, o que equivale a um aumento de 6,3% em relação ao ano anterior. No período de janeiro a outubro de 2016 as vendas aumentaram 5,6%, em comparação com os mesmos meses do ano de 2015.

As vendas de leite orgânico nos Estados Unidos no mês de outubro de 2016 atingiram 37 milhões de quilos, montante que corresponde a 15,7% a mais do que foi vendido em outubro de 2015 (USDA/AMS, 2016). Por outro lado, o número de fazendas leiteiras no nordeste dos Estados Unidos conhecido como a região da Nova Inglaterra que é constituída pelos estados de Connecticut, Maine, Massachusetts, New Hampshire, Rhode Island e Vermont, diminuiu de 2541 em 2007 para 2457 em 2012. O número de vacas leiteiras na região também diminuiu cerca de 6% e o número de fazendas com área cultivada inscrita em programas de conservação norte-americanos diminuiu de 970 para 547 fazendas inscritas (USDA/CENSUS, 2014).

A produção de alimentos orgânicos é conhecida por seu diferencial em relação ao manejo e dedicação demandada. Essas particularidades a torna uma atividade de manejo intensivo e cuidadoso em relação a regras e protocolos, além de outros aspectos próprios exigidos para a certificação da produção.

Diante dessas peculiaridades o manejo alimentar de fazendas leiteiras orgânicas tornou-se um desafio complexo para os produtores norte-americanos, pois no ano de 2010 os custos com alimentação chegaram a representar cerca de 50% do custo total de produção (USDA/NASS, 2012).

No dia 17 de junho de 2010, o Programa Orgânico Nacional dos Estados Unidos (USDA/NOP) finalizou e oficializou um conjunto de regras para animais ruminantes orgânicos em pastejo. Esse conjunto de regras determina que os animais orgânicos após

alcançarem os 6 meses de idade devem pastejar no mínimo por 120 dias ao longo do ano, além de que devem obter um mínimo de 30% da ingestão de matéria seca proveniente da pastagem durante a estação de pastejo, associando essas regras a outras como a proibição de uso de fertilizantes sintéticos, herbicidas e pesticidas (USDA/AMS, 2010). Os produtores norte-americanos devem ter um plano de manejo das pastagens e gerenciá-las como uma cultura para atender aos requisitos de alimentação animal além de proteger a qualidade do solo e da água.

Manter animais orgânicos em pastejo por esse período mínimo pré-determinado tornou-se um enorme desafio para os fazendeiros da região nordeste dos Estados Unidos, pois o clima dessa região é caracterizado por invernos rigorosos com nevascas severas e temperaturas negativas, os verões em geral são secos ou com chuvas concentradas (USDA/WEATHER, 2016).

É notório que o futuro das fazendas leiteiras orgânicas certificadas nos Estados Unidos está fortemente relacionado ao manejo eficiente das pastagens orgânicas, e isso envolve a busca por forrageiras que supram essas necessidades e que sejam adaptadas às condições locais em que serão cultivadas, além é claro de manter, preservar e incrementar a saúde do solo.

1.2 Pastagens orgânicas e forrageiras alternativas sazonais nos Estados Unidos

Em 1995, o Conselho nacional de padrões orgânicos dos EUA definiu a agricultura orgânica como um sistema de gestão da produção ecológica que promove e melhora a biodiversidade, os ciclos biológicos e a atividade biológica do solo (NOSB, 1995).

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos define uma pastagem orgânica como o local usado como pastejo pela pecuária, e o manejo deve fornecer alimentos de valor nutricional além de manter ou melhorar a saúde do solo, a água e os recursos naturais locais (USDA/MAS, 2002).

Para compor os sistemas de pastagens orgânicas as forrageiras alternativas sazonais, podem ser fontes de alimento suplementar durante épocas de produção limitada de biomassa forrageira. As forrageiras alternativas sazonais são plantas que podem ser cultivadas em estações específicas, e assim produzirem de forma mais eficiente, mantendo níveis nutricionais e produtivos capazes de suprir as necessidades dos animais, e que

atendam ao período de pastejo mínimo estabelecido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos e o Programa Nacional Orgânico (Sanderson et al., 2007).

Nos últimos anos o interesse em incorporar plantas forrageiras sazonais nesses sistemas cresceram de maneira consistente. O intuito é satisfazer épocas críticas de produção de biomassa forrageira, como acontece no início da primavera, meados do verão e final do outono. O uso de diversas espécies de plantas em uma mesma área é uma prática comum na região nordeste dos Estados Unidos, e a inclusão de espécies sazonais entre as espécies nativas vem se tornando uma prática desejável (Goslee & Sanderson, 2005; Tracy & Sanderson, 2000).

A introdução de forrageiras alternativas sazonais em sistemas de pastagens perenes, pode produzir biomassa de forragem de alta qualidade, proporcionando um melhor desempenho dos animais por área e contribuir para o ecossistema.

As pastagens com maior diversidade de espécies são consideradas mais resistentes aos estresses ecológicos (Tilman & Downing, 1996). A diversificação de espécies forrageiras em pastagens tem a capacidade de aproveitar a variabilidade do solo e do clima, e pode aumentar a produtividade e a sustentabilidade dos sistemas de pastejo (Sanderson et al., 2007).

É importante notar que os produtores de leite orgânico do nordeste dos EUA dependem estreitamente do sistema de pastejo rotativo manejado de forma intensiva, logo os produtores estão particularmente interessados em estratégias que visam estender a estação de pastejo e reduzir os custos de alimentação dos animais, e isso demanda o uso de diversas espécies forrageiras adaptadas às condições em que serão cultivadas (Pereira et al., 2013; Stiglbauer et al., 2013).

No entanto, as informações sobre o uso de espécies forrageiras alternativas são escassas, o que vem demandando pesquisas que produzam informações sobre os sistemas de cultivo que possam servir de ferramenta de manejo para os produtores de leite orgânico.

Entre as metas para pastagens manejadas para a produção orgânica de animais estão a de melhorar a estrutura e fertilidade do solo, manejar ecologicamente as pragas, conservar e promover a biodiversidade vegetal e animal e maximizar a qualidade e produção de forragem.

1.2.1 Forrageiras alternativas sazonais

1.2.1.1 Forrageiras de primavera

1.2.1.1.1 Trigo

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma gramínea de ciclo anual pertencente à família Poaceae. Considerada como uma cultura para produção de grãos, mas pode ser útil para pastagens de inverno como fonte de biomassa forrageira. As plantas de cereais como o trigo são conhecidas por produzir forragem nutritiva para a alimentação do gado durante o inverno (Cash et al., 2007; Maes, 2005; Shuja et al., 2009).

O cultivo do trigo é comum no nordeste dos EUA, por ser resistente ao inverno e é frequentemente encontrado em rotação de culturas. Eventualmente é utilizado como cultura de cobertura para evitar a erosão do solo no inverno. Na primavera apresenta crescimento um pouco mais lento, esse hábito de desenvolvimento pode ser uma desvantagem em relação a competição com as plantas não desejáveis.

Nos EUA, as variedades de trigo forrageiro têm um rendimento médio de forragem de cerca de 3 t MS/ha, mas alguns cultivares podem ser muito mais produtivos alcançando produções de 7 a 11 t MS/ha (Cash et al., 2009).

A altura média para o início do pastejo do trigo é em torno de 20 a 25 cm e saída de 7,5 a 10 cm (Jacobs & Siddoway, 2007).

A forragem de trigo apresenta uma composição altamente variável, influenciada pelo estágio vegetativo da planta que por sua vez é influenciado por fatores ambientais como clima, solo e luminosidade. Teores de proteína bruta (PB) que variam entre 8,0 a 14,3% a depender do estágio vegetativo são facilmente encontrados em plantas de trigo (Agabriel, 2010). Em estudo conduzido na Austrália, Fulkerson et al. (2008) encontraram valores de proteína variando entre 10,1 a 30,3% quando coletados na primavera e no outono respectivamente.

A fibra em detergente neutro (FDN) apresenta comportamento característico de outras plantas forrageiras, logo segue o inverso das proteínas, maior nível proteico geralmente com menores valores de FDN são encontrados. Os teores de FDN no trigo podem variar de 37,7 a 81,6%, e os de fibra em detergente ácido (FDA) de 19,9 a 52,0%, quando colhidas da primavera até o outono (Gowda et al., 2004; Singh et al., 2011; Turgut & Yanar, 2004).

1.2.1.1.2 Triticale

O triticale (x *Triticosecale Wittmack*) é um híbrido do cruzamento entre o trigo (*Triticum*) e o centeio (*Secale*), seu ciclo é anual e pertence à família Poaceae, pode ser alocada na categoria de cereal e também como gramínea forrageira. O cultivar comercial geralmente é um híbrido de segunda ordem, que tem como propriedades o rendimento e a qualidade forrageira do trigo atrelada a tolerância a ambientes inóspitos apresentada pelo centeio (Oettler, 2005).

A produção do triticale é usada potencialmente para a alimentação animal em substituição a outros alimentos. Sua diferenciação entre o trigo e o centeio é bem difícil, seu sistema radicular é agressivo, é uma planta de perfil robusto (Fulkerson et al., 2008).

O triticale assim como o trigo e o centeio, necessita ser pastejado em estágio fisiológico ideal ou seja, antes do início da floração ou até mesmo com uma pequena porcentagem de grãos (25 a 30% do estande de plantas) o teor de PB em condições ótimas pode alcançar até 28,4% e em condições não ideais pode cair até 5,0%, porém os valores médios de PB estão próximos de 12,9%. Os teores de FDN podem variar de 31,3 a 70,2% com média de 49,8%, e os de FDA de 18,9 a 41,0% com média de 30,5% (Djouvinov et al., 1998; Fulkerson et al., 2008; McCartney & Vaage, 1994).

1.2.1.1.3 Cevada

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) é uma gramínea de ciclo anual pertencente à família Poaceae. Cultivada com finalidade principal para o uso dos grãos, mas também produz forragem de bom valor nutritivo, que pode ser utilizada como gramínea forrageira sendo pasteja, fenada ou ensilada (UC SAREP, 2006).

A cevada é um cereal universal e pode ser cultivado em diversos climas. Como forrageira é usada em grande parte da América do Norte e na Europa. É mais adequada para áreas frias e secas, mas adapta-se bem a solos argilosos e férteis. É menos resistente ao inverno do que trigo ou centeio (Ditsch & Bitzer, 2005; UC SAREP, 2006). Apresenta porte ereto podendo atingir até 1,20 m de altura, suas folhas são compridas e robustas. Existem milhares de variedades de cevada e centenas de cultivares (Göhl, 1982).

O uso da cevada com fins forrageiro é relativamente recente, seu uso pode ser proveitoso em períodos de seca ou quando a produção de grãos é prejudicada por geadas ou nevascas, podendo aproveitar a parte aérea da planta como fonte de alimento para animais.

O seu sistema radicular tem características robustas e pode chegar a crescer a uma profundidade de até 1,8 m, esse hábito de crescimento do sistema radicular pode ser eficiente na prevenção da erosão do solo. Quando utilizada como planta de cobertura para o inverno a sua incorporação ao solo após o final do ciclo tende a melhorar o conteúdo de matéria orgânica no solo (UC SAREP, 2006).

Até a década de 1990 os estudos para melhoramento da qualidade da cevada foram focados apenas na produção de grãos, somente após esse período pesquisas que visavam a produtividade começaram a ser realizadas (Surber et al., 2011).

A cevada quando utilizada em pastejo pode apresentar teores de PB que variam entre 5,9 a 19,5%. A FDN da cevada em geral pode variar entre 41,8 a 62,3% e a FDA entre 22,1 a 37,9% (Carr et al., 2004; Chow et al., 2008).

1.2.1.1.4 Centeio

O centeio (*Secale cereale* L.) é uma gramínea anual ou bianual pertencente à família Poaceae. Em crescimento livre pode atingir até 1,8 m de altura, o seu sistema radicular é profundo e agressivo podendo atingir até 1,5 m de profundidade. A sua inflorescência é uma espiga curvada entre 7 a 15 cm de comprimento. Usado principalmente para a produção de grãos, mas como forrageira apresenta importante valor nutricional e pode ser utilizada até mesmo como planta de cobertura durante o inverno (Kelley & Mutch, 2011).

Atualmente, é cultivada em regiões com invernos frios e verões quentes e secos, como na Europa Central, embora também seja cultivada na África, Ásia e América do Norte (Brink, 2006; ECOCROP, 2011).

O centeio cresce melhor em temperaturas entre 15 a 20°C, mas transita bem em uma ampla faixa de temperatura que pode variar de 3 a 31°C. Após a semeadura se estiver bem estabelecida pode suportar temperaturas de até -35°C. O centeio cresce bem sob uma precipitação anual entre 600 a 1000 mm/ano e é relativamente resistente à seca, prefere solos arenosos e bem drenados (UC SAREP, 2006).

Os teores de PB e das fibras do centeio forrageiro variam de acordo com o estágio fisiológico da planta. A PB pode variar entre 7,5 a 21,4% e a FDN de 47 a 70%. O manejo de entrada de animais para o pastejo é muito importante, o estágio fisiológico avançado do centeio pode acarretar severas quedas em seus níveis nutricionais. (Edmisten et al., 1998; INRA, 2007).

1.2.1.1.5 Ervilhaca peluda

A ervilhaca peluda (*Vicia villosa* Roth) é uma leguminosa anual/bianual pertencente à família Fabaceae. Possui longos tricomas presentes nos colmos e nas folhas, o seu florescimento é tardio (FAO, 2014; Göhl, 1982; Undersander et al., 1990).

A ervilhaca peluda é comumente utilizada como planta de cobertura e como adubação verde, mas também é usada como forragem e pode ser pastejada, fenada ou ensilada. É uma leguminosa característica do verão. Cresce bem em áreas com temperaturas que variam entre 8 a 19°C, portanto pode tolerar invernos brandos, seu hábito de crescimento é prostrado e sua altura média varia entre 30 e 70 cm (Cook et al., 2005).

Precipitação anual de 350 mm pode ser suficiente para que a planta sobreviva, porém precipitações de 1000 mm/anual podem incrementar a sua produção. Não é exigente em relação a classe de solo, e pode ser considerada uma planta pioneira em solos degradados (Undersander et al., 1990).

A ervilhaca peluda cresce vigorosamente e pode ser pastejada em estágio jovem, porém não é resistem ao pastejo pesado, que quando praticado dificulta a sua rebrota. Não deve ser pastejada tardiamente ou em fase de produção de sementes, pois as mesmas possuem elementos tóxicos para os bovinos (Cook et al., 2005; Hannaway & Larson, 2004).

Várias síndromes ocorrem no gado quando alimentado com sementes da ervilhaca peluda ou com a própria planta em estágio vegetativo avançado. Dos sintomas observados após a ingestão de sementes cruas de ervilhaca peluda, é relatado a dermatite que se assemelha a fotosensibilização, em geral os animais ficam muito inquietos, apresentaram dor, convulsões e morreram. Outros sintomas observados são lesões cutâneas, tosse, problemas de respiração, inchaço subcutâneo da cabeça, pescoço e do corpo e congestão seguida de morte após 2 semanas (Cooper & Johnson, 1984).

Kamo et al. (2003) detectaram a presença de cianamida na ervilhaca peluda. A cianamida é um composto tóxico que é ao mesmo tempo irritante e cáustico, sintomas semelhantes aos relatados em bovinos foram observados em ratos submetidos a doses de cianamida extraída da ervilhaca peluda.

A parte aérea da ervilhaca peluda fresca em ponto de pastejo possui altos valores de PB que variam de 19 a 30%, valores de FDN variando 25,5 a 49,7% e a FDA de 20,9 a 34,9% (Lanyasunya et al., 2007; Rahmati et al., 2012).

1.2.1.2 Forrageiras do verão e outono

1.2.1.2.1 Sorgo BMR

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma gramínea anual pertencente à família Poaceae. Pode ser utilizado para produção de grãos e de forragem. Existem algumas variedades que são cultivadas exclusivamente para grãos, e outras que foram desenvolvidas para produção de forragem, além de algumas variedades que são de dupla aptidão (Harada et al., 2000).

A planta de sorgo tem porte alto, ereto, ciclo anual e pode atingir até 5 m de altura. As raízes são fasciculadas e o sistema radicular pode atingir camadas profundas do solo que chegam até 1,8 m. Suas folhas são largas, glabras, e se assemelham as do milho. A inflorescência é uma panícula de aproximadamente 60 cm de comprimento (Rattunde et al., 2001).

Os sorgos BMR (brown midrib) que foram desenvolvidos para forragem, possuem folhas e caules menos lignificados, o que pode proporcionar uma maior digestibilidade. Porém, o sorgo BMR não está associado positivamente a adaptação ao ambiente e a produção de biomassa o que são pontos negativos (Barrière et al., 2003; Ouda et al., 2005; Smith & Wayne, 2000).

O sorgo forrageiro é uma opção ao milho, pois é capaz de suportar altas temperaturas e condições de seca, além de poder ser pastejado em estágio precoce pode ser fenado ou ensilado. O sorgo apresenta crescimento ótimo quando cultivado em temperaturas entre 25 a 30°C durante o dia. Uma precipitação média anual de 400 a 750 mm, é relativamente suficiente, é uma planta tolerante a solos salinos e a curtos períodos de inundação (FAO, 2011; Smith & Wayne, 2000).

O sorgo não deve ser pastejado abaixo de 15 cm de altura para que se tenha uma boa rebrota, e quando essa rebrota for utilizada não deve ser pastejada até que alcance pelo menos 45 cm de altura devido aos elevados níveis de cianeto presente nos brotos (Undersander et al., 2003). A altura ideal para pastejo é 1,0 a 1,5 m, mas podem ser um pouco abaixo a depender das condições climáticas locais (Vignau-Loustau & Huyghe, 2008).

A composição do sorgo forrageiro varia com o estágio fisiológico, condições climáticas e tecnologias aplicadas. Em plantas inteiras em estágio ideal de pastejo o teor proteico pode variar de 12,5 a 19,0% podendo decrescer a teores entre 2,2 e 6,9% ao iniciar a produção de grãos. O teor de FDN em condições ideais pode estar próximo a

46,2% e em estágio avançado pode chegar até 67,0%. A FDA varia de 27,9 a 45,0% (Aguiar et al., 2006; Fulkerson et al., 2008; INRA, 2007; Khanum et al., 2007).

1.2.1.2.2 Trigo sarraceno

O trigo sarraceno também conhecido como buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) é uma forrageira anual de verão, é uma planta da família Polygonaceae e no geral são ervas, arbustos ou lianas. Largamente cultivado pelo mundo. Sua produção está amplamente relacionada a produção de grãos para consumo humano, a denominação de trigo não está relacionada a morfologia da planta, mas sim a utilização dos grãos em substituição ao trigo convencional (Farrell, 1978).

É uma planta que não demanda muitos tratamentos culturais devido ao curto ciclo. É utilizada de múltiplas formas em vários países devido ao seu potencial como alimento saudável e medicinal. Após a semeadura se estabelece rapidamente, logo é útil para a supressão de plantas não desejáveis. O consumo dos grãos do trigo sarraceno reduziu após a aplicação de técnicas de correção e adubação do solo que favoreceram outras culturas produtoras de grãos (FAO, 2011).

O trigo sarraceno contém proteína de alto valor biológico devido a um bom balanço de aminoácidos em sua composição, apresenta altos índices de minerais (Zn, Cu, Mn e Se) é rico em outros constituintes importantes para a saúde humana, como fibras alimentares, antioxidantes e vitaminas (Zhu, 2016; Wei et al., 2003, Bonafaccia et al., 2003; Steadman et al., 2001). Além disso, podem ser consumidos de forma segura por pessoas que sofrem de doença celíaca (sensibilidade ao glúten) (Bai et al., 2013; Colgrave et al., 2015).

Em geral apresenta teor de fibra elevado devido ao hábito de crescimento ereto. O trigo sarraceno produz melhor que outros cereais quando cultivado em solos de baixa fertilidade, além de apresentar uma maior tolerância à acidez do solo (Ahmed et al., 2014).

O trigo sarraceno se cortado ou pastejado até 5 ou 6 semanas apresenta valores de proteína que podem variar entre 15 a 20%. Vojtíšková et al. (2014) ao avaliarem partes da planta (colmo, folhas e sementes) encontraram valores de proteína que variam entre 8 a 12% em plantas colhidas após o enchimento dos grãos. Em condições tropicais os teores de proteína bruta variaram de 23,8 a 14,3% e os de FDN 57,6 a 41,2% quando a planta foi coletada aos 47 e aos 67 dias após a semeadura, porém com o uso de adubação química (Görge et al., 2016).

1.2.1.2.3 Teff

Teff (*Eragrostis tef*) é uma gramínea tropical, anual que pertence à família Poaceae. O teff pode produzir forragem de boa qualidade durante um curto período de tempo de verão, cultivado preferencialmente para fins de pecuária na África, Índia, Austrália e diversos países na América do Sul. Apresenta maturidade típica de cereais que varia entre 93 a 130 dias. Seus grãos variam da cor branco-pálido ao roxo avermelhado, a semente é muito pequena, o peso de 1000 sementes é em média de 0,3 - 0,4 gramas (Roseberg et al., 2006).

Nos EUA, pequenas áreas de teff são cultivadas para produção de grãos e vendidas para restaurantes etíopes. Muitos produtores, compradores de feno, empresas de sementes e pesquisadores têm estudado o teff com interesses comerciais. Estudos mais rigorosos dos requisitos agrônômicos do teff foram desenvolvidos após o ano de 2005 devido ao interesse nesta forrageira alternativa (Zenk, 2005).

O teff além do interesse como planta forrageira recebeu interesse renovado em relação a alimentação humana devido aos seus baixos níveis de glúten, pode atender as necessidades dietéticas de indivíduos celíacos (Roseberg et al., 2006).

Roseberg et al. (2008) avaliaram 73 acessos recomendados pelo USDA, em diversas condições de pluviosidade e adubação e encontraram teores de PB que variam entre 12,5 a 22,1% e, teores de FDN e FDA que variam entre 56,1 e 36,5% respectivamente.

1.2.1.2.4 Milheto japonês

O milheto japonês (*Echinochloa esculenta* (A. Braun) H. Scholz) é uma espécie anual da família Poaceae cresce em pequena escala no Japão, China e Coreia utilizada como alimento humano e forragem para animais. A princípio era cultivada em áreas não adequadas para o cultivo de arroz, por não serem adequados ou por causa das baixas temperaturas. O desenvolvimento de variedades de arroz resistentes ao frio levou a um forte declínio da produção do milheto japonês (Scholz, 1992).

1.2.1.2.5 Aveia

A aveia (*Avena sativa* L.) é uma gramínea anual pertencente à família Poaceae. Cultivada principalmente com a finalidade de uso dos grãos, é um dos principais cereais em todo o mundo, cultivada em mais de 50 países. Nos países considerados desenvolvidos a aveia é cultivada tanto para o grão como para a forragem, enquanto que em outras

regiões menos desenvolvidas, o cultivo principal é para forragem e a coleta de grãos fica em segundo plano (Suttie & Reynolds, 2004). A planta pode atingir uma altura de até 1,2 m, seu sistema radicular é fibroso, os colmos são eretos e as folhas podem alcançar comprimento de até 40 cm.

A forragem de aveia é muitas vezes semeada em mistura com uma leguminosa. O cultivo consorciado com leguminosas é eficaz na redução de doenças, na supressão de plantas não desejáveis e melhoria do valor nutritivo dos pastos de aveia (Erol et al., 2009; Ross et al., 2004).

Em todo o mundo, a maior parte da produção de forragem de aveia é proveniente de cultivares desenvolvidos para a primavera. Em áreas frias, a aveia de inverno deve ser plantada no final do verão para se estabelecer antes do inverno com vistas a produzir uma forragem de qualidade na primavera seguinte (Suttie et al., 2004).

A aveia forrageira tem uma composição variável que depende do estágio de vegetação e dos aspectos ambientais. Em plantas de aveia colhidas em condições de pastejo é possível encontrar valores de PB que variam entre 6,3 a 26,2%. Na aveia é possível encontrar teores de FDN entre 34,2 a 65,6 % e de FDA entre 19,6 a 39,3% (Ammar et al., 2010; INRA, 2007; Wallsten et al., 2010).

1.2.1.2.6 Chickling vetch

Chickling vetch (*Lathyrus sativus* L.) é uma leguminosa anual da família Fabaceae e do gênero *Lathyrus*. Cultivada com duplo propósito, suas sementes são utilizadas para o consumo humano e a forragem utilizada na alimentação de ruminantes. A produção de sementes é economicamente importante devido ao uso para a alimentação humana, é considerado como um alimento básico em muitos países asiáticos e africanos (Gurung & Pang, 2011).

Deve ser consumida em quantidades controladas, pois as sementes contêm um composto orgânico denominado de aminopropionitrilo que é considerado como uma neurotoxina que causa doenças neurodegenerativas quando consumida como única fonte de proteína durante um período prolongado. A doença neural mais conhecida é o Latismo que acomete humanos e animais, essa doença é predominante em diversas partes da Índia Central (Murti et al., 1964).

O chickling vetch possui hábito de crescimento rasteiro com ramos espessos e que podem alcançar até 60 cm de altura, sua raiz é profunda e vigorosa. Em regiões de clima temperado deve ser cultivado na primavera, e em regiões subtropicais deve ser cultivado

no inverno. Consegue se desenvolver com precipitações relativamente baixas de 400 a 650 mm/ano, é capaz suportar períodos de seca na fase de enchimento de grãos e até mesmo chuvas pesadas nas fases iniciais de crescimento, pode ser cultivada como planta única ou em sistemas de consórcio. Em geral é semeada em abril e colhida em julho. Apresenta resistência a solos de baixa fertilidade, secos ou mal drenados (Brink & Belay, 2006; Campbell, 1997).

As sementes do chickling vetch são altamente proteicas com valores de até 33% de PB. O perfil de aminoácidos é composto por grande quantidade de lisina, porém pobre em metionina e cistina. Na forragem a quantidade de proteína bruta pode variar de 15 a 30% dependendo do estágio fisiológico, os valores de FDN da parte aérea da planta variam de 23,2 a 53,5% e o FDA de 18,8 a 34,8% (Alibes & Tisserand, 1990; Mekasha et al., 2003).

1.2.1.2.7 Nabo forrageiro

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) é uma planta anual da família Brassicaceae que agrupa numerosos gêneros de plantas herbáceas, algumas das quais com importância econômica como o repolho, a couve e o nabo, que são utilizados na alimentação humana. É uma forrageira de outono que pode suportar um inverno brando. Tem como característica raízes espessas, cilíndricas e brancas que podem medir entre 20 a 35 cm de comprimento com cerca de metade do comprimento subterrâneo. Utilizado como uma excelente estratégia para romper camadas compactadas do solo, quando as plantas finalizam seu ciclo as raízes permanecem no solo gerando canais que servem como dutos de água e de aquecimento do solo na chegada da primavera (Williams & Weil, 2004).

O nabo forrageiro cresce melhor quando plantado no final de agosto ou início de setembro, mas quando plantado no final de setembro podem sofrer com a neve ou geadas e se plantada antes disso pode não se desenvolver (Lawley et al., 2012).

A sua morfologia o torna muito eficiente na supressão de plantas não desejáveis, pois cobre bem o solo, o que impede a chegada de luz. O seu uso como cultura de cobertura subsequente ao milho, aveia, ou soja tem apresentado bons resultados em comparação à áreas não cultivadas com o nabo forrageiro após a retirada da cultura principal. O teores de PB das folhas do nabo forrageiro chegam a variar entre 12,8 a 26,8%. Os valores de fibra não são limitantes para o consumo de ruminantes com média

de 30,0% para FDN e 18% para FDA em plantas em idade de pastejo (Arias et al., 2003; Dean & Weil, 2009; Patiño Pardo et al., 2008; Weil & Kremen, 2007).

1.2.1.2.8 Canola

A canola (*Brassica napus* L) é uma planta anual pertence à família Brassicaceae. Cultivada abundantemente no Canadá, região norte e nordeste do EUA e norte europeu. Essa planta era conhecida no passado pelo nome de colza, após a segunda guerra mundial o cultivo da colza foi estimulado no Canadá e difundido pelo mundo, devido a um expressivo aumento do consumo humano e animal (Canola Council of Canada, 2013).

O nome canola surgiu do idioma inglês em que era nomeado o óleo extraído de “canadian oil”, ao longo do tempo foi adaptado para canola. A canola é produzida com finalidade principal de extração do óleo presente em suas sementes que pode ser extraído de diversas variedades das plantas da família *Brassicaceae*. O óleo de canola deve apresentar concentração inferior a 2% de ácido erúico para ser reconhecido como tal e poder ser recomendado para alimentação humana e animal. O ácido erúico é usado para a fabricação de agentes tensioativos, lubrificantes de alta temperatura, materiais plásticos, vernizes e detergentes (Canola Council of Canada, 2013).

O ácido erúico pode estar relacionado com a lipidose do miocárdio e a lesões cardíacas. Devido à preocupação com a saúde e aos males que esse ácido pode provocar o desenvolvimento de cultivares com baixos teores de ácido erúico ocorreu rapidamente (Carlsson et al., 2007).

A canola prefere solos de textura fina e que retenha bem a umidade o que possibilita o melhor desenvolvimento das plantas. O seu sistema radicular não é muito profundo atingindo camadas em torno de 15 cm profundidade. (Grevers & Jong, 1993). O crescimento e desenvolvimento da canola é contínuo e influenciado pela temperatura, umidade, luz, nutrição e variedade. O número de folhas por planta não é definido e pode variar de 9 a 30 por haste, dependendo da variedade e das condições de crescimento (Allen & Morgan, 1975; Chongo & Mcvetty, 2001).

São escassas as informações nutricionais a respeito do uso da canola em pastejo, pois o seu uso para a produção de óleo ou sementes detém a maioria das pesquisas conduzidas até o momento. Porém, são abundantes as informações sobre o farelo de canola e a torta de canola, subprodutos que são gerados após a extração do óleo. Os teores de PB no farelo de canola variam entre 30,1 a 40,0%. Os teores de fibras são baixos, em relação a outros subprodutos de oleaginosas, a FDN varia entre 20,1 e 38,0% e a FDA

entre 8,1 a 18,2%. É importante verificar os processos de extração do óleo e armazenamento desse subproduto, pois a disponibilidade de proteínas e digestibilidade das fibras podem ser alteradas devido às etapas do processo (Broderick et al., 2015; Chibisa et al., 2012; Claassen et al., 2016; Suarez-Mena et al., 2015).

1.2.1.2.9 Crotalária

A crotalária (*Crotalaria juncea* L.) é uma planta leguminosa, anual de ciclo curto, pertence à família Fabaceae. Além de ser usada com finalidade de melhorar a saúde do solo é utilizada com diversas outras finalidades tais como: produção de fibra, adubação verde, planta de cobertura. Originária da Índia e com desenvolvimento de finalidades agrônômicas nos EUA, a crotalária possui propriedades que tendem a melhorar a saúde do solo, pois ajuda no controle da erosão e de plantas não desejáveis e redução na quantidade de nematoides (Cook & White, 1996; USDA/PLANTS, 2009).

A crotalária possui hábito de crescimento ereto e é bastante ramificada, seu ciclo é anual é de curta duração, e pode atingir altura de até 1,5 m. A produção de MS pode variar entre 5,2 ton/ha a 10,2 ton/ha. É encontrada sob diversas condições climáticas, mas prefere áreas de planície. Adapta-se bem a temperaturas entre 16 e 27°C e precipitação anual superior a 800 mm, desenvolve-se bem em solos arenosos (Aguilar, 1997; Duke, 2012).

Plantas de crotalária próximas ao florescimento podem atingir teores de PB de até 24,5% na parte aérea. Os teores de FDN variam entre 24,4 e 37,3% e de FDA variam entre 18,9 e 28,9% (Abdalla et al., 2011; Mansoer et al., 1997).

1.3 Plantas forrageiras e suas propriedades

O valor nutritivo das plantas está estreitamente ligado a sua composição bromatológica, que está associado aos fatores ambientais em que são cultivadas. Variações climáticas interferem no processo de crescimento e desenvolvimento das plantas, as variações ocorridas influenciam o consumo e a digestibilidade quando usadas para a alimentação animal.

Dentre os componentes que constituem as plantas, as fibras são de fundamental importância. As frações de fibra no estudo da alimentação animal em geral são separadas em FDN e FDA.

A FDN é definida como frações da parede celular que inclui a hemicelulose a celulose e a lignina, após serem submetidas a um processo de digestão em solução de detergente neutro (Van Soest, 1965).

A FDN é um dos constituintes do alimento que é rotineiramente medido e está relacionado à ingestão de MS, pois está associada à ocupação de espaço no rúmen e apresenta uma baixa taxa de desaparecimento. Valores de FDN acima de 55 - 60% correlacionam-se negativamente com o consumo de plantas forrageiras (Mertens, 1994; Van Soest 1994).

A FDA é obtida basicamente por meio de um processo de digestão semelhante ao da FDN, porém utiliza uma solução de detergente ácido que elimina a hemicelulose (Van Soest, 1965).

A digestibilidade é basicamente a capacidade dos animais em utilizar os nutrientes do alimento e isso pode ocorrer em maior ou menor proporção. A digestibilidade está ligada as características dos alimentos, como exemplo um baixo teor de PB pode tornar-se limitante a digestibilidade dos alimentos, então entende-se que a digestibilidade é um processo de transformação dos alimentos em compostos que podem ser absorvidos pelos animais, e que as propriedades dos alimentos podem ser fatores limitantes de extrema importância (Silva & Leão, 1979; Van Soest, 1994).

Além da digestibilidade, os teores proteicos e energéticos são muito importantes para classificar os alimentos, e utilizá-los de maneira mais eficiente e coerente, a depender da demanda.

A energia gasta pelos órgãos para manter o funcionamento básico em condições de homeostasia corresponde à cerca de 60% da energia do metabolismo basal, porém esses gastos de energia podem variar de acordo com a categoria animal, nível fisiológico e a raça do animal (Church, 1988).

As plantas forrageiras são fonte de energia para os ruminantes. A energia é dividida em frações, como energia líquida de manutenção, energia líquida de lactação e energia líquida de ganho. A energia líquida de manutenção é utilizada para que o animal exerça suas atividades basais e mantenha o seu corpo em homeostasia. A energia líquida de lactação e energia líquida de ganho são as frações utilizadas para a suprir a energia de manutenção e ainda gerar um produto, seja ele leite ou carne (NRC, 2001).

As proteínas são macromoléculas compostas por aminoácidos que estão presentes quase que em totalidade nos produtos animais. A ingestão de proteínas por animais ruminantes deve ser acompanhada de maneira atenta, pois esses animais possuem um

sistema digestivo diferenciado que é composto por microrganismos de especificidades diversas (NRC, 2001).

É preciso avaliar as propriedades das plantas de forma prática e didática, com essa finalidade índices de avaliação de alimentos vêm sendo usados para classificar as forrageiras em um ranking de qualidade.

O valor relativo do alimento (VRA) é um índice de qualidade de forragem amplamente aceito na comercialização de fenos nos EUA, e tem sido utilizado para caracterizar as pastagens. O VRA é calculado pela combinação de estimativas de digestibilidade e ingestão da forragem que são obtidos a partir dos valores de FDN e FDA (Ward, 2008).

A qualidade relativa da forragem (QRF) é outro índice utilizado para avaliação dos alimentos, é baseado em uma análise mais completa, calculado por meio das informações de PB, FDA, FDN, EE, cinzas e FDNd mensurada em 48 horas (Jeranyama & Garcia, 2004). Os índices são baseados na composição de um feno de alfafa com 53% de FDN e 41% de FDA, o valor 100 é o valor médio padrão.

Esses índices podem ser adaptados a condições de forrageiras tropicais e aplicados a pesquisas e comercialização de produtos forrageiros no Brasil. A tendência de ferramentas que facilitem o entendimento do produtor é muito importante para maximizar a produção de produtos animais.

1.4 Solos e suas propriedades

Os solos desempenham um papel de suma importância na gestão sustentável de sistemas orgânicos, pois são a base do sistema de produção de alimentos. Se os solos forem degradados em larga proporção, a sociedade pode perder as condições de se auto sustentar (Pimentel et al., 1995; Pretty et al., 2000).

A qualidade do solo tem sido definida como a capacidade de manter e sustentar a produção biológica, a qualidade do ambiente e promover a saúde das plantas e dos animais. O manejo de solos em sistemas orgânicos é um dos principais desafios dos produtores orgânicos. Um solo bem manejado deve estar com uma boa fertilidade, boas condições físicas e biológicas (Doran & Parkin, 1994).

A produção orgânica tende a manter a qualidade do solo e incrementar a atividade microbiológica quando comparado com a agricultura convencional, isso devido as

práticas de manejo que envolve o cultivo de plantas forrageiras alternativas e o não uso de nutrientes sintéticos (Shannon et al., 2002).

A matéria orgânica e a atividade biológica em solos cultivados sob sistemas orgânicos são consistentemente superiores em comparação a sistemas convencionais. Propriedades como a estruturação, agregação, capacidade de troca catiônica, teor de nitrogênio mineralizável em relação ao carbono e até a quantidade de minhocas, são superiores em solos manejados com técnicas orgânicas (Condrón et al., 2000; Reganold et al., 1993).

A extração de nutrientes dos solos manejados organicamente deve ser considerada devido à dificuldade de reposição, que deve ocorrer de maneira natural. A presença de animais é uma forma natural de reposição de nutrientes, mas é preciso avaliar a disponibilidade dos elementos retornam, pois as fezes apresentam velocidade de degradação variável e o amônio pode ser facilmente lixiviado (Peterson & Gerrish, 2013; Whitehead, 2000).

As práticas agrícolas intensivas que tem como base o revolvimento do solo, uso de irrigação, insumos químicos e o monocultivo influenciam os processos físicos, químicos e biológicos do solo. E quando as alterações nesses processos são negligenciadas as comunidades de microrganismos sofrem impactos negativos diretos, pois são altamente sensíveis (Bossio et al., 1998; Postma-Blaauw et al., 2010).

A biomassa microbiana tem relação positiva com o retorno do carbono ao solo seja via adubação orgânica ou adubação verde. O uso de adubação orgânica ou adubação verde tende incrementar melhorias no pH, nos teores de carbono e nitrogênio orgânico, além de proporcionar a presença de fungos e incrementar a atividade enzimática (Bulluck et al., 2002; Drinkwater et al., 1995; Reganold, 1988).

Mesmo em pequena quantidade a biomassa microbiana exerce função fundamental na dinâmica da matéria orgânica do solo (Grandy & Neff, 2008). Os microrganismos são capazes de formar associações simbióticas com raízes, atuando como agentes biológicos anti-patogênicos, além de contribuírem para a agregação e formação do solo (Angers et al., 1992).

A estrutura do solo pode ser medida pela estabilidade dos agregados (Bronick & Lal, 2005; Six et al., 2000). A agregação do solo tem a capacidade de formar barreiras de proteção para a matéria orgânica que possibilita a retenção dos compostos orgânicos por mais tempo no sistema, além de proporcionar a aeração, infiltração e a retenção de água, fatores esses relacionadas a parâmetros de fertilidade do solo (Spohn & Giani, 2010; Von

Lützow et al., 2006). Os agentes cimentantes como a matéria orgânica e a argila se correlacionam de forma positiva com a distribuição das classes de agregados do solo (Six et al., 2004).

A qualidade do solo depende de diversos indicadores químicos, físicos e biológicos alguns mais sensíveis e outros menos. Solos bem manejados são capazes de melhorar a qualidade da água e do ar e com isso prover a saúde humana (Karlen et al., 1997).

O segredo da vida é o solo, porque do solo dependem as plantas, a água e o clima, tudo está interligado. Não existe ser humano sadio se o solo não for sadio e as plantas não estiverem bem nutridas (Primavesi, 2015).

II – OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Proporcionar conhecimentos adicionais sobre as forrageiras alternativas sazonais, cultivadas em sistema orgânico, em diferentes estações climáticas do ano, e sua contribuição aos atributos físico-químicos do solo.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar a produção, crescimento e a composição química de forrageiras alternativas sazonais usadas em sistemas de produção orgânico na região da Nova Inglaterra, nordeste dos EUA;

Determinar parâmetros digestivos e energéticos de forrageiras alternativas sazonais cultivadas em sistema de produção orgânico;

Interpretar índices de avaliação de qualidade de forrageiras alternativas cultivadas em sistema de produção orgânico;

Avaliar o efeito do cultivo das forrageiras alternativas sazonais sobre atributos físicos do solo;

Determinar o efeito do cultivo das forrageiras alternativas sazonais sobre os teores de carbono, nitrogênio, carbono da biomassa microbiana e de indicadores de fertilidade.

III – MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na fazenda Kingman Farm, unidade experimental da Universidade de New Hampshire - UNH, na cidade de Madbury/NH região nordeste dos Estados Unidos, localizada a $43^{\circ} 11' 03''$ N e $70^{\circ} 55' 04''$ O, a altitude do local é 60 metros acima do nível do mar (Figura 1). O clima da região é continental húmido, Dfb segundo a classificação climática de Köppen-Geiger.

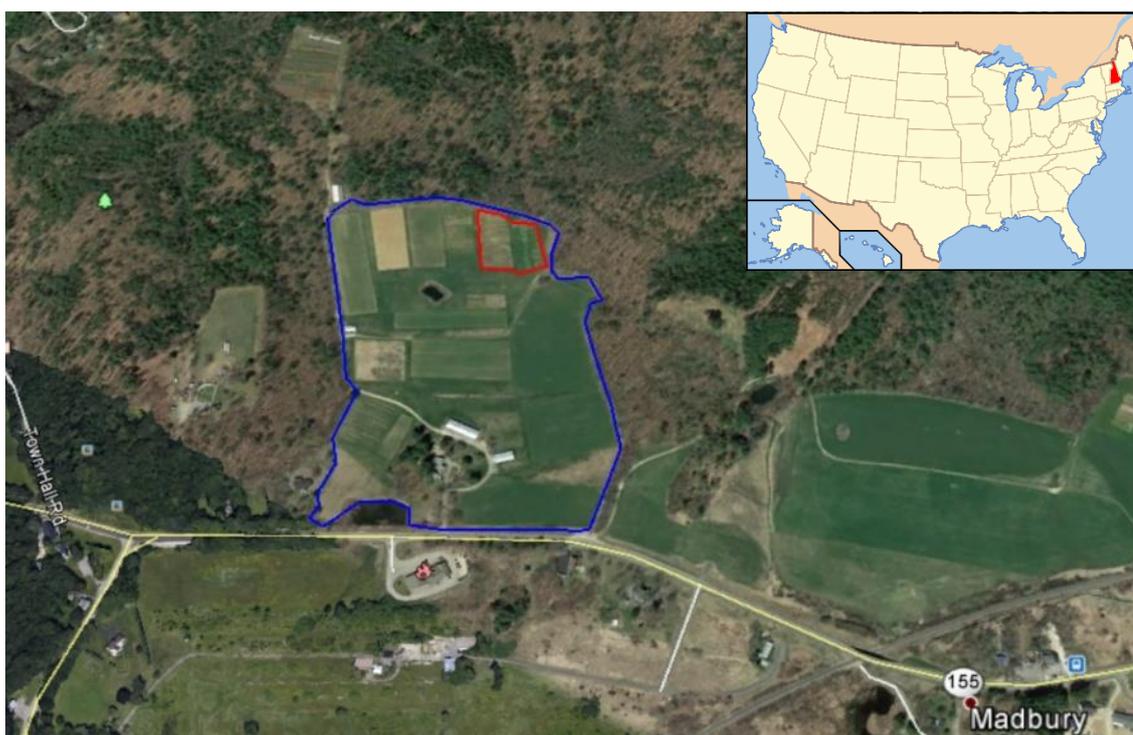


Figura 1. Limite azul = área agricultável da Kingman Farm; limite vermelho: área experimental das forrageiras alternativas

Fonte: Google Earth Pro, 2015

A temperatura média anual é de $8,1^{\circ}\text{C}$ e o índice pluviométrico é de 1108 mm/ano. Os dados de precipitação acumulada, temperaturas máximas médias e temperaturas mínimas médias no período experimental estão apresentados na Tabela 1.

Para a caracterização físico-química no solo, foram coletadas 5 amostras simples na profundidade de 0 - 15 cm, essas amostras foram combinadas entre si formando uma amostra composta, cujos resultados da análises estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 1. Dados de precipitação acumulada no período cultivo

Dias após a semeadura	Período de cultivo (dias)	Precipitação acumulada (mm)	Temperatura (C°)	
			Máxima média	Mínima média
Primavera				
*1	226	**584,2	7,0	-3,0
Verão				
1	33	154,6	26,8	15,1
2	40	182,0	26,3	14,6
3	47	195,7	26,1	14,8
Outono				
1	43	129,0	26,5	14,2
2	60	148,3	22,9	10,7
3	76	203,2	21,5	9,21

Fonte: Universidade de New Hampshire – UNH, estação meteorológicas Kingman Farm/NH/EUA. Semeadura da primavera = 01/out/14, coleta 1 = 14/mai/2015; Semeadura verão = 13/Jun/15, coleta 1 = 16/Jul/15, coleta 2 = 23/Jul/15, coleta 3 = 30/Jul/15; Semeadura outono = 20/Ago/15, coleta 1 = 02/Out/15, coleta 2 = 19/Out/15, coleta 3 = 04/Nov/15; * coleta 1 da primavera 34 dias após a neve começar a derreter; ** Chuva + neve)

Tabela 2. Características químicas e físicas das amostras de solo coletadas à profundidade de 0 - 15 cm, Laboratório da Universidade Estadual da Pennsylvania/ Peen State. 2015

Prof.	pH	Ca	Mg	K	P	CTC	V	Sat. Ca	Sat. Mg	Sat. K	Sat. P
- cm -		----- ppm		-----		--- %	---	----- %		-----	-----
0 – 15	5,6	453,0	73,0	121,	90	8,1	38,0	27,0	7,3	3,7	5,3
Prof.	Areia	Silte	Argila	Ds	C	N					
- cm -	----- %		-----	- mg m ⁻³ -	%	%					
0 – 15	56,0	35,9	8,1	1,08	1,5	0,159					

pH em água - Relação 1:2,5; Ca, Mg, K e - Extrator Mehlich-3; CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; Sat. Ca = saturação por cálcio; Sat. Mg = saturação por magnésio; Sat. K = saturação por potássio; Ds Densidade do solo; C = carbono; N = nitrogênio

O solo do local é classificado como Inceptsoil (Soil Survey Staff, 1999), classificação que se aproxima de um cambissolo háplico distrófico, apresenta inclinação de 3 a 8%, textura franco arenosa, raso, clara diferenciação entre os horizontes e boa fertilidade natural (EMBRAPA, 2006). A Figura 2 apresenta esquemas hipotéticos do solo no local do experimento caracterizado por meio de trincheiras no local.

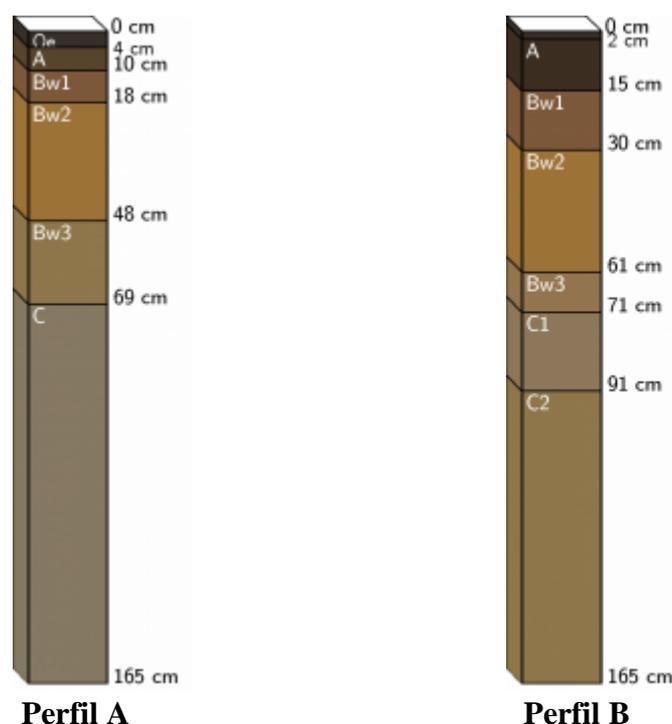


Figura 2. Esquema de dois perfis de solo encontrados na área experimental. Perfil A = área experimental da Kingman Farm; Perfil B) área adjacente a áreas experimentais
Fonte: Pesquisa geográfica de solos (USDA/SSURGO)

O experimento foi implantado em área experimental nunca pastejada e cultivada por mais de 10 anos com rotação de plantas de cobertura como canola (*Brassica napus* L), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e o triticale (*x Triticosecale Wittmack*) em condições de manejo orgânico.

Nessa área foram delimitados 4 blocos para cada uma das estações de cultivo (primavera, verão e outono), os quais foram espaçados entre si por 1 metro de distância. Os blocos da estação da primavera foram divididos em 8 parcelas e os blocos das estações do verão e outono divididos em 9 parcelas, todas com dimensões de 1,4 x 12,2 m, e espaçadas entre si por 60 cm, totalizam 104 parcelas. A área experimental total foi de 2880 m².

3.2 Descrição dos tratamentos aplicados e variáveis mensuradas

3.2.1 Forrageiras alternativas sazonais, mixes e design experimental

Com base em estudos anteriores foram selecionadas 14 espécies forrageiras alternativas características da região da Nova Inglaterra para serem cultivadas de acordo as especificidades sazonais (Hoshide et al., 2011; Marston et al., 2011; Rinehart & Baier, 2011; Smith et al., 2008; Smith et al., 2015).

Para a primavera foram selecionadas as seguintes espécies: trigo (*Triticum aestivum* L. cv. Frederick), triticale (x *Triticosecale* Wittmack), cevada (*Hordeum vulgare* L), centeio (*Secale cereal* L) e a ervilhaca peluda (*Vicia villosa* Roth).

Para o verão: sorgo BMR (*Sorghum bicolor* (L.) Moench (BMR)), trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench), teff (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter cv. Tiffany), milho (*Echinochloa esculenta* (A.Braun) H.Scholz), aveia (*Avena sativa* L cv. Streaker) e chickling vetch (*Lathyrus sativus* L cv. Ac Greenfix).

Para o outono: nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. niger J.Kern), aveia (*Avena sativa*), canola (*Brassica napus* L. cv. Dwarf Essex), trigo (*Triticum aestivum* L. cv. Frederick), triticale (x *Triticosecale* Wittmack) e crotalária (*Crotalaria juncea* L.). Três espécies foram cultivadas em mais de uma estação. O trigo e o triticale foram cultivados na primavera e no outono, e a aveia no verão e no outono.

Sementes orgânicas foram adquiridas de fornecedores certificados e a taxa de semeadura definida de acordo com as recomendações dos respectivos fornecedores.

Antes de cada semeadura as plantas de cobertura existentes na área foram cortadas com roçadora hidráulica acoplada a um trator, e em seguida executada uma gradagem leve para uniformização do solo. Posteriormente realizada a semeadura em linhas com uma plantadora Almaco modelo SeedPro Precision, ajustada para oito linhas com espaçamento de 17,5 cm entre si.

Uma mistura de sementes em proporções iguais das espécies selecionadas para a primavera foi preparada e semeada em uma única parcela, essa mistura foi denominada de mix de primavera. O mesmo processo foi realizado para as estações do verão e outono, porém as sementes utilizadas foram as das espécies selecionadas para cada estação. Essas misturas foram denominadas de mix de verão e mix de outono.

Além dessas misturas de espécies agrupadas por estação do ano, uma mistura em iguais proporções de sementes das 14 espécies foi realizada. Essa mistura foi semeada nas três estações de cultivo. Essa mistura de todas as espécies foi denominada de super mix.

Para as três estações, nos quatro blocos, parcelas controle foram mantidas para as avaliações do solo. Nessas parcelas todo o manejo foi efetuado de maneira idêntica as demais, entretanto quando foi realizada a semeadura, o reservatório de sementes da semeadora não foi abastecido.

A Figura 3 demonstra o delineamento experimental e a disposição dos blocos e tratamentos que foram alocados de maneira aleatória.

Bloco 1	Cevada	*Mix de primavera	Trigo	Primavera
	****Super Mix	Hairy Vetch	Centeio	
	Triticale		Controle	
	****Super Mix	Sorgo	Milheto	Verão
	Controle	Chickling Vetch	Aveia	
	Buckwheat	Teff	**Mix de verão	
Bloco 2	Controle	Trigo	Triticale	Outono
	Forage Radish	Aveia	Canola	
	****Super Mix	Crotalaria	***Mix de outono	
Bloco 3	Crotalaria	Trigo	Aveia	Outono
	Controle	***Mix de outono	****Super Mix	
	Forage Radish	Triticale	Canola	
	Milheto	Chickling Vetch	****Super Mix	Verão
	Buckwheat	Teff	Controle	
	**Mix de verão	Sorgo	Aveia	
	Triticale		Cevada	Primavera
	****Super Mix	Controle	*Mix de primavera	
Trigo	Hairy Vetch	Centeio		
Bloco 4	****Super Mix	Aveia	Canola	Outono
	Forage Radish	Triticale	Crotalaria	
	***Mix de outono	Controle	Trigo	
	*Mix de primavera	Triticale		Primavera
	****Super Mix	Hairy Vetch	Cevada	
	Trigo	Controle	Centeio	
	Aveia	Teff	Milheto	Verão
	Controle	Chickling Vetch	****Super Mix	
Sorgo	Buckwheat	**Mix de verão		
Bloco 5	Crotalaria	Triticale	Trigo	Outono
	Canola	Aveia	Forage Radish	
	Controle	***Mix de outono	****Super Mix	
	Chickling Vetch	Controle	Sorgo	Verão
	****Super Mix	Teff	Buckwheat	
	**Mix de verão	Aveia	Milheto	
	Triticale	****Super Mix	Hairy Vetch	Primavera
	Cevada	Trigo		
Centeio	*Mix de primavera	Controle		

Figura 3. Delineamento experimental; *Mix de primavera: trigo (*Triticum aestivum* L. cv. Frederick), triticale (x *Triticosecale Wittmack*), cevada (*Hordeum vulgare* L), centeio (*Secale cereal*), ervilhaca peluda (*Vicia villosa* Roth). **Mix de verão: sorgo BMR (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench), teff (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter cv. Tiffany), milheto (*Echinochloa esculenta* (A.Braun) H.Scholz), aveia (*Avena sativa* L cv. Streaker), chickling vetch (*Lathyrus sativus* L cv. Ac Greenfix). ***Mix de outono: trigo (*Triticum aestivum* L. cv. Frederick), triticale (x *Triticosecale wittmack*), canola (*Brassica napus* L. cv. Dwarf Essex), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. niger J.Kern), aveia (*Avena sativa*), crotalária (*Crotalaria juncea* L.). ****Super mix: todas as espécies em uma mesma parcela.

3.2.2 Semeadura e coleta das plantas

3.2.2.1. Primavera

A semeadura das forrageiras alternativas da primavera foi realizada no dia 01/10/2014. Em geral a semeadura é realizada ao iniciar a estação do outono para que as plantas estejam disponíveis na primavera do ano seguinte. A neve precipitada durante o inverno derrete ao iniciar a primavera, propicia umidade e eleva a temperatura do solo, então as plantas retomam o crescimento.

No dia 14/05/2015, foi realizada a coleta nas forrageiras alternativas da primavera, num período que compreendeu 33 dias após a neve derreter (USDA/NASS, 2015), pois as plantas estavam debilitadas e prolongar a coleta seria prejudicial. As coletas em três épocas e a medição das alturas foram prejudicadas devido ao acúmulo excessivo de neve que ocasionou o tombamento das plantas tornando as medidas obsoletas e fora do padrão. Após a coleta foi executado o manejo de roçada, gradagem leve e semeadura de plantas de cobertura.

Foram aplicados cinco tratamentos, os quais correspondiam às cinco espécies forrageiras. Em cada um dos tratamentos haviam quatro repetições representadas pelos blocos. As épocas de coleta não foram estudadas nessa estação do ano e os mixers não foram incluídos como tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3. Detalhamento dos cinco tratamentos aplicados às amostras de plantas na primavera

Tratamento	Forrageira Alternativa de primavera
1	Trigo
2	Triticale
3	Cevada
4	Centeio
5	Ervilhaca peluda

3.2.2.2. Verão e outono

As datas das coletas do verão e do outono foram determinadas por meio de levantamento de dados de altura de pastejo ideal para as forrageiras alternativas (Briske, 1991; Garcia & Wright, 2007; Jacobs & Siddoway, 2007; USDA/PLANTS, 2015). As alturas foram monitoradas em intervalos de 3 dias até a primeira coleta. Quando a altura

de pastejo foi atingida para qualquer que seja a espécie a coleta foi realizada. Após a primeira coleta as alturas foram monitoradas em intervalos de 2 dias.

A semeadura das forrageiras alternativas do verão, foi realizada no dia 13/06/2015. As coletas das plantas foram realizadas nos dias 16/07/2015; 23/07/2015 e 30/07/2015, que correspondia a 33; 40 e 47 dias após a semeadura (DAS) respectivamente. Após a terceira coleta foi executado o manejo de roçada, gradagem e semeadura de plantas de cobertura.

A semeadura das forrageiras alternativas do outono, foi realizada no dia 20/08/2015. As coletas das plantas foram realizadas nos dias 02/10/2015; 19/10/2015 e 04/11/2015 que correspondia a 43; 60 e 76 DAS. Após a terceira coleta foi executado o manejo de roçada, gradagem e semeadura de plantas de cobertura.

Foram aplicados 18 tratamentos para cada estação, que eram compostos pelas combinações entre seis espécies forrageiras e três épocas de coleta, sendo que em cada tratamento haviam quatro repetições representadas pelos blocos (Tabela 4). Os mixers não foram incluídos como tratamentos.

Tabela 4. Detalhamento dos 18 tratamentos aplicados às amostras de plantas no verão e outono, oriundos das combinações entre seis espécies forrageiras e três épocas de coleta

Tratamento	Verão		Outono	
	Espécie forrageira	Época de coleta (dias)	Espécie forrageira	Época de coleta (dias)
1	Sorgo BMR	33	Nabo forrageiro	43
2	Sorgo BMR	40	Nabo forrageiro	60
3	Sorgo BMR	47	Nabo forrageiro	76
4	Trigo sarraceno	33	Aveia	43
5	Trigo sarraceno	40	Aveia	60
6	Trigo sarraceno	47	Aveia	76
7	Teff	33	Canola	43
8	Teff	40	Canola	60
9	Teff	47	Canola	76
10	Milheto	33	Trigo	43
11	Milheto	40	Trigo	60
12	Milheto	47	Trigo	76
13	Aveia	33	Triticale	43
14	Aveia	40	Triticale	60
15	Aveia	47	Triticale	76
16	Chickling vetch	33	Crotalária	43
17	Chickling vetch	40	Crotalária	60
18	Chickling vetch	47	Crotalária	76

As variáveis avaliadas nas amostras de plantas designadas à cada um dos tratamentos na primavera, verão e outono foram as seguintes: altura (exceto primavera), biomassa de forragem, proteína bruta (PB), proteína solúvel (PS), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), lignina, digestibilidade verdadeira *in vitro* (DVIV) e fibra em detergente neutro digestível (FDNd). Com base nos resultados das variáveis analisadas foram calculados: a produção de PB por hectare (PPB kg/ha⁻¹) os carboidratos não fibrosos (CNF), energia líquida de lactação (EL_L), taxa de degradabilidade (Kd), valor relativo do alimento (VRA), qualidade relativa da forragem (QRF) e estimada a produção de quilos de leite por tonelada de matéria seca ingerida (kg de Leite ton MS).

3.2.3. Amostras de solo

3.2.3.1. Primavera

As coletas para avaliações dos atributos do solo na primavera foram realizadas no dia 14/05/2015. Data em que ocorreu a coleta das plantas. Não foram coletadas amostras nas parcelas dos tratamentos super mix.

Foram aplicados sete tratamentos, os quais correspondiam às cinco espécies forrageiras mais o mix de primavera e o controle. Em cada um dos tratamentos haviam quatro repetições representadas pelos blocos (Tabela 5).

Tabela 5. Detalhamento dos sete tratamentos aplicados às amostras de solo na primavera

Tratamento	Espécie forrageira
1	Trigo
2	Triticale
3	Cevada
4	Centeio
5	Ervilhaca peluda
6	Mix de primavera
7	Controle

As variáveis avaliadas nas amostras de solo relativas à cada um dos tratamentos na estação da primavera foram as seguintes: densidade, agregados, conteúdo de areia, carbono (C), nitrogênio (N), razão C/N, carbono da biomassa microbiana (CBM), pH, capacidade de troca catiônica (CTC), teor de cálcio (Ca), teor de magnésio (Mg), teor de potássio (K), teor de fósforo (P), saturação por bases (V), saturação por cálcio (Sat. Ca), saturação por magnésio (Sat. Mg), saturação por potássio (Sat. K) e saturação por fósforo (Sat. P)

3.2.3.2. Verão e outono

As datas das coletas do verão e do outono foram determinadas com o intuito de observar os efeitos dos tratamentos nos atributos analisados no solo ao longo do ciclo de crescimento das plantas e dos mixes testados. As amostras foram coletadas próximo ao dia da semeadura, em meados e no final do período de avaliação das plantas.

As coletas para avaliações dos atributos do solo no verão foram realizadas nos dias 16/06/2015, 23/06/2015 e dia 31/07/2015. Essas datas corresponderam a 3; 10 e 48 dias após a semeadura.

Na estação do outono as coletas para avaliação dos atributos do solo foram realizadas nos dias 27/08/2015, 25/09/2015 e dia 25/10/2015. Essas datas corresponderam a 7; 36 e 66 dias após a semeadura.

As variáveis foram avaliadas nas amostras de solo referentes às 6 espécies forrageiras, ao mix de verão ou mix de outono, o super mix e ao controle, testadas nas estações de verão e outono. Algumas dessas variáveis foram avaliadas no solo em três épocas de amostragens e outras em apenas duas épocas. Por esse motivo, o número de tratamentos variou de acordo com a variável avaliada nas amostras de solo em ambas as estações. Quando avaliadas em três tempos somaram 27 tratamentos e quando avaliadas em dois tempos somaram 18 tratamentos (Tabela 6 e 7)

Os 27 tratamentos eram compostos pelas combinações entre 6 espécies forrageiras o mix de verão ou mix de outono o super mix e o controle, nas três épocas de coleta realizadas (Tabela 6). Em cada tratamento haviam quatro repetições representadas pelos blocos. As variáveis avaliadas foram: densidade, C, N, razão C:N e CBM.

Os 18 tratamentos eram compostos pelas combinações entre 6 espécies forrageiras o mix de verão ou mix de outono, o super mix e o controle em duas épocas de coleta, que foram as épocas de 3 e 48 dias após a semeadura na estação do verão e 7 e 66 dias após a semeadura na estação do outono (Tabela 7). Em cada tratamento haviam quatro repetições representadas pelos blocos. As variáveis avaliadas foram: agregados, conteúdo de areia, pH, capacidade de troca catiônica CTC, Ca, Mg, K, P, V%, Sat. Ca, Sat. Mg, Sat. K, Sat. P.

Tabela 6. Detalhamento dos 27 tratamentos aplicados às amostras de solo no verão e outono, oriundos das combinações entre seis espécies forrageiras, mix de verão ou outono, super mix, controle e três épocas de coleta

Tratamento	Verão		Outono	
	Espécie forrageira	Época de coleta (dias)	Espécie forrageira	Época de coleta (dias)
1	Sorgo BMR	3	Nabo forrageiro	7
2	Sorgo BMR	10	Nabo forrageiro	36
3	Sorgo BMR	48	Nabo forrageiro	66
4	Trigo sarraceno	3	Aveia	7
5	Trigo sarraceno	10	Aveia	36
6	Trigo sarraceno	48	Aveia	66
7	Teff	3	Canola	7
8	Teff	10	Canola	36
9	Teff	48	Canola	66
10	Milheto	3	Trigo	7
11	Milheto	10	Trigo	36
12	Milheto	48	Trigo	66
13	Aveia	3	Triticale	7
14	Aveia	10	Triticale	36
15	Aveia	48	Triticale	66
16	Chickling vetch	3	Crotalária	7
17	Chickling vetch	10	Crotalária	36
18	Chickling vetch	48	Crotalária	66
19	Mix de verão	3	Mix de outono	7
20	Mix de verão	10	Mix de outono	36
21	Mix de verão	48	Mix de outono	66
22	Super mix	3	Super mix	7
23	Super mix	10	Super mix	36
24	Super mix	48	Super mix	66
25	Controle	3	Controle	7
26	Controle	10	Controle	36
27	Controle	48	Controle	66

Tabela 7. Detalhamento dos 18 tratamentos aplicados às amostras de solo no verão e outono, oriundos das combinações entre seis espécies forrageiras, mix de verão ou outono, super mix e duas épocas de coleta

Tratamento	Verão		Outono	
	Espécie forrageira	Época de coleta (dias)	Espécie forrageira	Época de coleta (dias)
1	Sorgo BMR	3	Nabo forrageiro	7
2	Sorgo BMR	48	Nabo forrageiro	66
3	Trigo sarraceno	3	Aveia	7
4	Trigo sarraceno	48	Aveia	66
5	Teff	3	Canola	7
6	Teff	48	Canola	66
7	Milheto	3	Trigo	7
8	Milheto	48	Trigo	66
9	Aveia	3	Triticale	7
10	Aveia	48	Triticale	66
11	Chickling Vetch	3	Crotalária	7
12	Chickling Vetch	48	Crotalária	66
13	Mix de verão	3	Mix de outono	7
14	Mix de verão	48	Mix de outono	66
15	Super mix	3	Super mix	7
16	Super mix	48	Super mix	66
17	Controle	3	Controle	7
18	Controle	48	Controle	66

3.3. Coleta das amostras e procedimentos das análises laboratoriais

3.3.1. Plantas

Para coleta das plantas, utilizou-se uma moldura com canos de PVC com área de 0,250 m², colocado aleatoriamente em cada uma das parcelas. As plantas foram cortadas por meio de um cortador elétrico portátil de plantas, a uma altura de 7,5 cm acima do nível do solo, foram coletadas duas amostras por época.

3.3.1.1. Biomassa de forragem e altura

Para a medição da biomassa de forragem as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas ao Laboratório de Agroecologia da Universidade de New Hampshire - UNH, onde foram secas em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 55°C até peso constante. Posteriormente as amostras foram pesadas para determinação da biomassa de forragem, e em seguida as duas amostras das mesmas parcelas nas mesmas épocas foram combinadas em uma única amostra composta.

As alturas das plantas foram registradas antes de cada coleta. Foram efetuados três registros de forma aleatória dentro da parcela, com a utilização de uma régua metálica graduada em centímetros.

3.3.1.2 Composição química

As amostras compostas foram moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 1mm, e em seguida foram armazenadas em sacos plásticos vedados. Posteriormente foram retiradas subamostras com peso de aproximadamente 50 gramas e enviadas a um laboratório comercial (Dairy One Cooperative Inc., Ithaca, New York) para as seguintes análises: PB (Método 990.03; AOAC International, 2006), PS (Cornell Nutrition Conference Proceedings, 1990), FDA (Método 5; Ankom Technology; AOAC International, 1998), FDN; corrigida para cinzas e proteína e com a adição de sulfito de sódio e amilase (Método 6; Ankom Technology, por Van Soest et al., 1991) e lignina (Ankom Technology Método 9 – AOAC International, 1998). A PPB foi calculada por meio da porcentagem de proteína das plantas e da produção de biomassa de forragem.

3.3.1.3 Digestibilidade, energia, taxa de degradabilidade e carboidratos não fibrosos

A digestibilidade verdadeira *in vitro* (DVIV) foi determinada por meio de uma fermentação anaeróbica que simulava a digestão do rúmen no equipamento incubador modelo Daisy (Ankom Technology Corp., Fairport, NY). As amostras foram incubadas com a adição de solução tampão durante 48 horas a 39°C, a digestibilidade foi calculada por diferença gravimétrica. Sequencialmente foi realizado o procedimento da análise de FDN nas amostras previamente incubadas. O resultado foi utilizado para determinar a fibra em detergente neutro digestível (FDNd). Os valores de carboidratos não fibrosos (CNF; $(100\% - (PB\% + FDN\% + EE\% + cinzas\%))$), energia líquida de lactação (EL_L; $\text{mcal/kg} = 0,0245 \cdot \text{NDT} (\%) - 0,12$) e taxa de degradabilidade (Kd/hr) foram determinados pelo sistema descrito para NRC gado de leite (2001) (Dairy One Cooperative Inc., Ithaca, NI).

3.3.1.4 Índices de avaliação dos alimentos

Foram determinados três índices de avaliação dos alimentos: VRA, QRF e a produção leite por tonelada de matéria seca ingerida (kg de Leite/ton MS).

O VRA combina as estimativas de digestibilidade e ingestão de forrageiras em um único número calculado a partir dos teores de FDA e FDN (Jeranyama & Garcia, 2004; Ward, 2008).

Moore et al. (2001) avaliaram um total de 52 espécies forrageiras cultivadas em 8 estados dos Estados Unidos, amostras dessas espécies foram analisadas em 11 laboratórios para a PB, FDA, FDN, estrato etéreo, DVIV, fibra em detergente neutro digestível (FDNd) e cinzas, utilizando vários procedimentos. Dados dos laboratórios foram usados para calcular equações de predição e determinar os fatores das equações a serem utilizadas para calcular o VRA e QRF. Os índices classificam as forragens em relação ao feno de alfafa em estágio de plena flor, que assumiam 41% FDA e 53% FDN. Logo os valores obtidos devem ser avaliados com base nesses parâmetros.

O VRA foi obtido com o uso das seguintes equações:

- Digestibilidade da material seca (DMS) = $88,9 - (0,779 \times \% \text{ FDA})$
- Ingestão da matéria seca (IMS % Peso Corporal) = $120 / (\% \text{ FDN})$
- $\text{VRA} = (\text{DMS} \times \text{IMS}) / 1,29$

Os fatores 88,9 e 0,779 estão relacionados aos resultados de PB, FDA, FDN e digestibilidade *in vitro* (DIV) (Moore et al., (2001). O fator 120 indica a máxima ingestão de feno de alfafa (41% FDA; 53% FDN), o divisor 1,29 é adotado para que VRA do feno de alfafa (41% FDA; 53% FDN) apresente valor 100 (Jeranyama & Garcia, 2004; Ward, 2008).

O índice QRF é determinado com base em informações mais específicas dos estudos padrões realizados portanto um índice mais abrangente. O índice QRF foi obtido por meio da seguinte equação:

$$\text{IMS} = 120/\text{FDN} + (\text{FDNd} - 45) \times 0,374/1350 \times 100$$

$$\text{QRF} = (\text{IMS}, \% \text{ do peso corporal}) \times (\text{NDT}, \% \text{ of MS}) / 1,23$$

Os fatores 45; 0,374 e 0,374 estão relacionados aos resultados de PB, FDA, FDN, estrato etéreo, DVIV, fibra em detergente neutro digestível (FDNd) e cinzas (Moore et al., 2001). O fator 120 indica a máxima ingestão de feno de alfafa (41% FDA; 53% FDN), o divisor 1,23 está entre um intervalo de valores e é adotado para que a QRF do feno de alfafa (41% FDA; 53% FDN) apresente o valor 100 (Jeranyama & Garcia, 2004; Ward, 2008).

O índice produção leite por tonelada de matéria seca ingerida (kg de Leite/ton MS), é uma projeção do potencial de produção de leite com base na digestibilidade e ingestão (FDA, FDN) e no conteúdo energético (NDT) da forragem. Inclui o valor energético da

forragem, estimado a partir de equações somativas (Shaver et al., 2002; NRC, 2001). Os resultados são baseados na planilha eletrônica MILK2013 proposta por Undersander et al. (2013).

As amostras dos mixers e dos super mixers não foram avaliadas para os índices de avaliação dos alimentos.

3.3.2 Solo

As amostras foram coletadas com o auxílio de um amostrador tipo trado caneca, a 15 cm de profundidade e 9 cm de diâmetro, acondicionadas em sacos plásticos hermeticamente vedados, deixando os sacos cheios de ar para atuar como uma almofada amortecedora. Em seguida foram cuidadosamente embalados em caixas térmicas com gelo e transportadas imediatamente para o Laboratório de Biogeoquímica do Solo da Universidade de New Hampshire – UHN, e armazenados em câmara fria a 4°C.

Foram coletadas três amostras por parcela com área de 17,1 m², totalizando 84 amostras da primavera, 324 amostras do verão e 324 amostras do outono, em um total de 732 amostras de solo.

3.3.2.1 Densidade do solo e peneiramento das amostras

No dia seguinte após as coletas as amostras foram pesadas para o cálculo da densidade do solo (Blake & Hartge, 1986). Após a pesagem foram combinadas as três amostras de cada parcela em apenas uma amostra composta. Essa amostra composta foi dividida em duas porções e peneiradas uma porção em malha de 8 mm e a outra em malha 2 mm, para proceder posteriores avaliações. As amostras de 2 mm foram novamente encaminhadas para a câmara fria imediatamente após serem peneiradas.

3.3.2.2 Agregados e conteúdo de areia

Subamostras com peso de aproximadamente 20 gramas da porção peneirada a 8 mm foram pesadas e posteriormente secas por 48 horas a 60°C para determinar o teor de gravimétrico de água. Após saber o conteúdo de água das amostras; subamostras com aproximadamente 350 gramas foram submetidas a secagem ao ar e monitoradas diariamente ao longo de vários dias até atingirem um teor de água gravimétrico de 80 g/kg. O teor de 80 g/kg foi determinado por sucessivos ensaios de peneiramento por agitação como sendo a umidade ótima (máxima friabilidade) para peneirar o solo.

Segundo Kristiansen et al. (2006), o método de peneiramento a seco é capaz de produzir agregados que se fracionam ao longo dos seus planos naturais, o que reflete positivamente os processos de desagregação em natural.

Após as amostras apresentarem a umidade desejada o peneiramento a seco foi realizado. Para esse procedimento foi utilizado um agitador de peneiras rotativo (RETSCH AS 200), três malhas foram utilizadas a fim de obter 3 classes de agregados: > 2,00 mm, 2,00-0,250 mm, 0,053-0,250 mm. Foram realizadas três repetições por amostra, em cada repetição 100 gramas de solo de cada parcela experimental foi agitada no conjunto de peneiras durante 2 minutos, e ao final desse tempo as frações retidas em cada peneira foram retiradas cuidadosamente com o auxílio de um pincel e de pinças, acondicionados em sacos plásticos, pesados em balança de precisão e calculados as devidas proporções das classes fracionadas. As médias dos três resultados de cada uma das amostras foram utilizadas para as análises estatísticas.

Nas frações da classe 0,250 - 2,00 mm e 0,053 - 0,250 mm foram analisados o conteúdo de areia (partículas > 0,053 mm). Foram pesados 10 gramas de cada classe de agregados, em seguida essa alíquota foi dispersada por 16 horas em solução de metafosfato de sódio (NaPO_3) a uma concentração de 5%. Após dispersadas as amostras foram peneiradas em malha de 0,053 mm. O conteúdo retido na peneira foi seco a 60°C durante 48 horas, posteriormente pesados e calculados os percentuais de areia na composição das classes de agregados.

3.3.2.3 Carbono, nitrogênio e razão C/N

Para análise de carbono (C) e nitrogênio (N), subamostras com peso de 10 gramas das porções peneiradas em malha de 2 mm, foram submetidas a secagem ao ar e seguida trituradas em um moinho de bolas (Retsch Technology, MM400) a 500 rotações por minuto durante 5 minutos com a finalidade de reduzi-las a um fino pó. Em seguida uma alíquota de 35 mg foi acondicionada em microcápsulas de alumínio e utilizada para a determinação do C e do N por meio um analisador elementar de combustão (Costech ECS 4010; Costech Analytical Technologies, Valencia, CA, EUA). Os teores de C foram divididos pelos teores de N para obter-se a razão C/N.

3.3.2.4 Carbono da biomassa microbiana

O carbono da biomassa microbiana do solo foi determinado pelo método denominado de clorofórmio-fumigação-extração (CFE) (Vance et al., 1987), porém

modificado para extração em tubos de ensaio individuais (McDaniel et al., 2014). Para cada amostra de solo foram pesados dois conjuntos de 5 gramas de solo fresco peneirado a 2 mm, em tubos de ensaio de 50 ml. Uma bola de algodão foi introduzida no tubo e alocada em seu terço superior, sem tocar o solo, 3 ml de clorofórmio foram adicionados sobre a bola de algodão a apenas um dos conjuntos de tubos e logo após foi imediatamente tampado. Esses conjuntos de tubos repousaram por 24 horas, após esse período foram destampados em uma capela de exaustão para permitir a evaporação do clorofórmio. Em seguida foi realizada a extração nos solos dois conjuntos, os que passaram pelo processo de fumigação por clorofórmio (CFE) e os que não passaram pelo processo (NFE). Para a extração foram utilizados 25 ml de uma solução de sulfato de potássio (K_2SO_4) 0,5 molar, agitados em um agitador horizontal a 150 rpm durante uma hora, e em seguida filtrado em papel nº 01, acondicionadas em frascos de borosilicato e congelados a $-20^\circ C$ para posterior análise. Este procedimento foi realizado sempre antes do quinto dia após a coleta para todas as amostras coletadas em todas as estações e épocas de coleta, com a finalidade de não interferir na quantidade e no perfil da biomassa microbiana.

As extrações denominada CFE e as denominadas NFE foram descongeladas de forma escalonada, e logo após submetidas a leitura do carbono em um analisador de carbono orgânico total (TOC-V-CPN, Shimadzu Scientific Instruments Inc., Columbia, MD, EUA).

De posse dos resultados do teor de carbono das amostras CFE e das amostras NFE, o carbono da biomassa microbiana foi calculado pela diferença entre as duas leituras. Utilizou-se o fator de correção 0,45 proposto por Joergensen (1996).

3.4. Delineamento experimental e análise estatística

3.4.1. Amostras de plantas e solo

3.4.1.1. Primavera

Análises de variância (ANOVA) foram realizadas para as variáveis avaliadas nas amostras de plantas e solo na estação da primavera segundo um delineamento em blocos casualizados (DBC), em que os tratamentos eram as espécies forrageiras. Neste caso, somente os efeitos fixos de bloco e espécie forrageira (mix de primavera para amostras de solo) foram considerados no modelo. Quando efeito significativo de tratamento sobre as variáveis foi detectado, o teste de Tukey foi aplicado para discriminar as médias de

quadrado mínimo. Um nível de significância de 5% ou menor foi adotado na ANOVA e teste de médias.

3.4.1.2. Verão e outono

ANOVA foram realizadas para as variáveis avaliadas nas amostras de plantas e solo nas estações do verão e outono segundo um DBC em um esquema de parcelas subdivididas, em que a espécie forrageira (mix de verão/outono e super mix para amostras de solo) foi considerada como parcela, e a época de coleta como subparcela. Nesse caso, os efeitos fixos de bloco, espécie forrageira, época de coleta e interação entre espécie forrageira e época de coleta, além do efeito aleatório de bloco com espécie, foram considerados no modelo. Quando uma interação significativa entre espécie forrageira e época de coleta foi detectada, um desdobramento foi realizado para verificar dentro de qual nível de cada fator havia diferenças. E para discriminar as médias de quadrado mínimo, o teste de Tukey foi aplicado. Um nível de significância de 5% ou menor foi adotado na ANOVA, desdobramento e teste de médias.

3.4.2. Procedimento e programa estatístico

As ANOVAs para as variáveis avaliadas nas amostras de plantas e solo das estações da primavera, verão e outono foram conduzidas com o uso do procedimento MIXED do *software Statistical Analysis Systems* (SAS INST. INC., Cary, NC, USA; Versão 9.2).

IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis avaliadas na planta

4.1.1 Primavera

4.1.1.1 Biomassa forrageira e composição química

Todas as variáveis apresentadas na Tabela 8 diferiram ($p < 0,05$) em relação as forrageiras estudadas. A biomassa de forragem do trigo e o triticale foram maiores, com alcance de 1005,1 e 978,5 kg/ha⁻¹, respectivamente. A cevada apresentou a menor produção com 32,6 kg/ha⁻¹ de biomassa. O centeio e a ervilhaca peluda produziram 345,6 e 740 kg/ha⁻¹, porém não se diferenciaram das demais espécies. Pesquisas que avaliavam a biomassa do trigo na primavera em condições semelhantes encontraram produção que variavam entre 4000,0 a 9000,0 kg/ha⁻¹ de biomassa de trigo (Boström et al., 2012; Fulkerson et al., 2008).

Giunta & Motzo, (2004) ao fazerem uso de diversos cultivares de triticale adaptados para a primavera encontraram resultados de produção que variavam entre de 6000,0 a 13000,0 kg/ha⁻¹.

Tabela 8. Médias de biomassa de forragem e composição química de forrageiras alternativas sazonais de primavera/2015

Variável	Forrageiras alternativas sazonais					EPM	P
	Trigo	Triticale	Cevada	Centeio	Ervilhaca peluda		
Biomassa kg/ha ⁻¹	1005,1 ^a	978,5 ^a	31,6 ^c	740,0 ^{ab}	345,6 ^{ab}	179,1	0,0091
PB, %	18,0 ^c	15,3 ^c	28,3 ^b	16,8 ^c	35,3 ^a	1,31	< 0,0001
PPB,kg/ha ⁻¹	184,0 ^a	137,9 ^{ab}	8,4 ^b	117,3 ^{ab}	125,1 ^{ab}	36,59	0,0500
PS, % PB	44,0 ^a	44,2 ^a	45,4 ^a	44,0 ^a	40,7 ^b	0,72	0,0101
FDA, %	30,4 ^a	28,7 ^a	23,7 ^b	27,2 ^{ab}	28,2 ^{ab}	1,02	0,0144
FDN, %	51,6 ^a	48,0 ^a	36,7 ^b	48,5 ^a	35,7 ^b	1,27	< 0,0001
Lignina, %	2,27 ^b	2,12 ^b	2,49 ^b	2,12 ^b	6,95 ^a	0,560	0,0002
CNF, %	16,8 ^{ab}	24,3 ^a	21,8 ^a	21,3 ^a	11,8 ^b	2,16	0,0109

PB = proteína bruta; PS = proteína solúvel; PPB = produção de proteína bruta; FDA = fibra em detergente ácido; FDNa = fibra em detergente neutro (adição de sulfito de sódio e amilase); CNF = carboidratos não fibrosos (100% - (PB% + FDN% + EE% + cinzas%); EPM = erro padrão da média

^{a-b} Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância

Em geral a produção de biomassa para as espécies de plantas forrageiras da primavera, as produções obtidas foram muito abaixo das médias encontradas em outros estudos com produções de biomassa até 100% superior (Acrarya et al., 2012; Juskiw &

Helm 2002; Moges et al., 2006). A biomassa da primavera foi prejudicada pelo excesso de precipitação de neve ocorrido no inverno. As plantas ficaram muito mais tempo que o normal cobertas por neve. Quando a neve derreteu estavam enfraquecidas e o tempo até a finalizar a primavera não foi suficiente para a recuperação. Devido as baixas produções as alturas não puderam ser aferidas, pois as plantas estavam tombadas e não refletiam as alturas pré-determinadas para coleta. O trigo e o triticale são recomendados para serem cultivadas na primavera, a cevada não apresentou boa produtividade devendo ser evitado cultivo.

O teor de PB para a ervilhaca peluda foi superior ($p < 0,05$) às demais forrageiras, alcançado 35,3% (Tabela 8). A cevada apresentou teor intermediário de 28,3% e as demais forrageiras valores inferiores, que variaram de 15,3 a 18,0%. A ervilhaca peluda apresentou um elevado teor proteico com um alcance de um patamar muito superior às demais, porém é importante observar que a biomassa apresentou níveis intermediários.

Pesquisas que avaliam a composição química da ervilha-peluda encontram valores de PB que variam de 18,6 a 30,5% com médias de 23,0% o que respalda os valores encontrados nesse estudo (Alibes & Tisserand 1990; Lanyasunya et al., 2007; Rahmati et al., 2012).

O teor de PB do trigo (18,0%), triticale (15,3%) e do centeio (16,8%) foram os mais baixos e não diferiram entre si ($p > 0,05$). Esses valores estão próximos dos intervalos médios comumente encontrados para essas forrageiras. Pesquisas mostraram teores de PB para o trigo em pastejo variando de 7,5 até 24,4% (Chow et al., 2008; Djouvinov et al., 1998, Fulkerson et al., 2008). Esses valores obtidos de PB podem ter sido afetados negativamente pelas condições climáticas locais, e a ocorrência de um severo inverno. Fulkerson et al., (2008) ao cultivarem trigo e triticale em condições de primavera obtiveram valores de 10,4 e 10,1% de PB respectivamente, o que evidencia os alto teores de PB encontrados nesse estudo. Apesar do trigo, triticale e do centeio apresentarem teores proteicos inferiores a as outras espécies avaliadas, apresentam teores que relevantes para a nutrição de vacas leiteiras em pastejo.

A PPB foi superior para o trigo que produziu 184 kg/ha⁻¹ (Tabela 8). A produção da cevada foi inferior, com valor de 8,4 kg/ha⁻¹. A cevada apesar do seu elevado teor proteico (28,3%) produziu pouca biomassa, e o trigo apesar do seu teor de PB estar entre os mais baixos, a biomassa produzida compensou a nível proteico, sendo assim ao visar a produção de PB o trigo é recomendado para ser cultivado na primavera.

A PS diferiu ($p < 0,05$) apenas para a ervilhaca peluda com 40,7% da PB, esse valor foi inferior entre todas as espécies estudadas (Tabela 8). Os valores de PS nas demais espécies de plantas forrageiras variou de 44,0 a 45,4% da PB, esses valores supõem que a proteína, contida nessas plantas, é disponível de forma mais rápida. A PS é considerada a fração correspondente aos aminoácidos e peptídeos solúveis, a hidrólise dessas frações são convertidas em proteína microbiana. Contudo a solubilização da proteína tem baixa relação com a degradação pois não há a necessidade da proteína ser solubilizada para ser degradada, e as proteínas solúveis podem escapar intactas pelo rúmen devido a sua associação com a fase líquida.

Os teores mais elevados de FDA foram encontrados no trigo e no triticale que foram de 30,4 e 28,7% respectivamente (Tabela 8). Porém, esses valores não diferiram ($p > 0,05$) da ervilhaca peluda (28,2%) e o centeio (27,2%), os quais não diferiram do menor valor encontrado que foi de 23,7% na cevada. A FDA está relacionada a digestibilidade e é influenciada negativamente pelo teor de lignina. Lanyasunya et al. (2007) avaliaram o teor de FDA da ervilhaca peluda em condições semelhantes e obtiveram valores de 32,1% valor próximo ao encontrados nesse estudo. À medida que a FDA aumenta, a digestibilidade diminui e logo a capacidade da planta em fornecer energia também decresce (Mertens, 2002).

Os teores de FDN do trigo (51,6%), centeio (48,5%), e triticale (48,0%) foram superiores ($p < 0,05$) aos teores da cevada (36,7%) e da ervilhaca peluda (35,7%) (Tabela 8). Esses valores de FDN não são limitantes para a ingestão de biomassa de forragem para animais em pastejo (Mertens, 1994; Van Soest, 1994).

A ervilhaca peluda apresentou teor de lignina superior ($p < 0,05$) às demais espécies avaliadas (6,95%). As demais espécies forrageiras variaram de 2,12 a 2,49%. Ferreira et al. (2014) ao avaliar a composição química da parte aérea da ervilhaca peluda encontraram teor de lignina de 7,5%, valor próximo ao encontrado nesse estudo. Diversos outros estudos mostram que a ervilhaca peluda em condições gerais apresenta-se mais lignificada com valores de até 10,9% de lignina a depender do estágio fisiológico (Carr et al., 2004; Djouvinov et al., 1998).

O triticale (24,3%) e o centeio (21,3%) obtiveram concentrações superiores ($p < 0,05$) de carboidratos não fibrosos (CNF), quando comparados às outras espécies. Por outro lado, a concentração de CNF obtida para a ervilhaca peluda de 11,8% foi inferior ($p < 0,05$) entre as espécies avaliadas. A proporção de CNF na dieta em relação a FDN pode influenciar a microbiota ruminal e com isso os produtos da sua fermentação. De

acordo Van Soest (1994), os grupos de bactérias ruminais que fermentam os CNF geram como principais produtos os ácidos graxos voláteis que são as principais fontes de energia para animais ruminantes.

4.1.1.2 Digestibilidade, taxa de degradabilidade, energia e índices de avaliação

Todas as variáveis apresentadas na Tabela 9 diferiram ($p < 0,05$) para as forrageiras estudadas. A variável DVIV da cevada (95,4%), do centeio (95,2%) e do triticale (93,5%) foram superiores ($p < 0,05$), isso indica que essas plantas são mais digeríveis em ambiente ruminal, quando comparada a ervilhaca peluda que apresentou digestibilidade inferior ($p < 0,05$) com alcance de 90,0%. A DVIV do trigo foi de 92,7% e não diferiu ($p < 0,05$) das demais. Todos esses valores de digestibilidade são considerados valores altos, o que leva a inferir que todas as espécies podem ser consumidas sem restrições. Porém, deve-se salientar que essas análises foram feitas em condições controladas e essas repostas podem ser diferentes quando avaliadas em ambiente ruminal por métodos *in vivo* (Oba & Allen, 2005). Lanyasunya et al. (2007) avaliaram a digestibilidade *in vitro* da ervilhaca peluda cultivada na primavera e observaram valores que variavam de 60,8 a 75,2%, esses valores ainda são inferiores ao encontrados nesse estudo.

A FDNd da ervilhaca peluda (71,7%), foi inferior às demais espécies avaliadas (Tabela 9). Os valores de FDNd para as demais espécies variaram de 86 a 90,2%, e foram superiores a ervilhaca peluda. Pode se inferir que a baixa FDNd da ervilhaca peluda foi influenciado pelo seu teor de lignina (6,95%) (Tabela 8), que foi superior ($p < 0,05$) às demais forrageiras. O teor de lignina tem relação inversa com a digestibilidade da fibra, entretanto não deve ser considerado como o único fator a interferir negativamente sobre os processos digestivos (Jung & Allen, 1995).

A Kd das forrageiras, cevada e ervilhaca peluda foram superiores ($p < 0,05$) às demais espécies avaliadas, ambas apresentaram o valor de 6,44%/hr. O trigo apresentou a Kd inferior que foi de 4,99%/hr. O centeio apresentou Kd de 6,00%/hr e o triticale de 5,35%/hr e não diferiram ($p < 0,05$) das demais espécies estudadas (Tabela 9).

Tabela 9. Médias de digestibilidade verdadeira *in vitro* (DVIV), digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDNd) taxa de degradabilidade (Kd), energia líquida estimada e índices de ranqueamento de forrageiras alternativas da primavera/2015

Variável	Forrageiras alternativas sazonais					EPM	P
	Trigo	Triticale	Cevada	Centeio	Ervilhaca peluda		
DVIV ^{48hr} , % MS	92,7 ^{ab}	93,5 ^a	95,4 ^a	95,2 ^a	90,0 ^b	0,76	0,0023
FDNd ^{48hr} , % FDN	86,0 ^a	86,7 ^a	87,5 ^a	90,2 ^a	71,7 ^b	1,89	0,0002
Kd, %/hr	4,99 ^b	5,35 ^{ab}	6,44 ^a	6,00 ^{ab}	6,44 ^a	0,284	0,0181
EL _L , Mcal/kg MS	1,52 ^c	1,59 ^{bc}	1,74 ^a	1,61 ^b	1,56 ^{bc}	0,018	0,0001
VRA	117,5 ^b	129,2 ^b	180,4 ^a	130,0 ^b	177,0 ^a	6,64	< 0,0001
QRF	175,7 ^c	197,0 ^{bc}	273,8 ^a	203,5 ^{bc}	217,5 ^b	9,31	0,0003
Leite, kg/ton MS	1884,7 ^a	1939,1 ^a	1948,8 ^a	2005,3 ^a	1629,5 ^b	52,14	0,0023

EL_L = energia líquida de lactação; VRA = índice de ranqueamento de forragens baseado na digestibilidade e potencial de ingestão, calculado através de informações de FDA e FDN, 100 é considerado um escore médio representado por um feno de alfafa contendo 41 % de FDA e 53% de FDN com base na matéria seca; QRF = índice de ranqueamento de forragem baseado em uma análise mais compreensiva, calculado pela informações de PB, FDA, FDN, EE, cinzas e FDNd mensurada até 48 horas, baseado no mesmo sistema de escore do VRA com um valor médio de 100; Leite, kg/ton = projeção do potencial de produção de leite baseado na digestibilidade e conteúdo energético da forragem; EPM = erro padrão da média

^{a-c} Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância

Para a variável EL_L , a cevada foi a superior ($p < 0,05$) às demais sendo capaz de fornecer 1,74 Mcal/kg MS ingerida (Tabela 9). O trigo apresentou-se inferior com valor de 1,52 Mcal/kg MS ingerida, e o centeio, com valor intermediário de 1,61 Mcal/kg MS, foi inferior a cevada e superior ao trigo. A cevada tem capacidade superior às demais espécies de plantas forrageiras de suprir as demandas de EL_L de vacas em pastejo, porém por sua produção de biomassa ter sido muito baixa (Tabela 8), o centeio, o trigo e o triticale são melhores opções devido similaridade da composição química e da superioridade da biomassa. De acordo com Van Vuuren (1993), sistemas de produção baseados em pastagens a energia geralmente é o primeiro nutriente limitante para a produção de leite de vacas leiteiras.

Ao analisar os índices de VRA, a cevada e a ervilhaca peluda foram superiores ($p < 0,05$) às demais espécies estudadas e apresentou os valores de 180,4 e 177,0 respectivamente. O VRA do trigo (117,9), do triticale (129,2) e do centeio foram inferiores ($p > 0,05$), e não diferenciaram entre si (Tabela 9).

A cevada apresentou QRF de 273,8 que foi superior ($p < 0,05$), a ervilhaca peluda que apresentou QRF de 217,5. O trigo apresentou o mais baixo ($p < 0,05$) QRF com 175,7 (Tabela 9). Os valores de QRF para o triticale (197,0) e centeio (203,3) não diferiram ($p > 0,05$) entre si, e também não diferiram do trigo e a ervilhaca peluda. Undersander (2003) ao avaliar os dois índices citados (VRA e QRF), recomenda valores de QRF entre 140 e 160 para vacas nos três primeiros meses de gestação, os valores obtidos em todas as forrageiras são superiores a esse intervalo. Baseado nesse índice todas as forrageiras atendem a essa demanda, porém cada uma com suas particularidades de produção e digestibilidade (Tabelas 8 e 9).

4.1.2 Verão

4.1.2.1 Biomassa forrageira, composição química e índices de avaliação

Houve efeito ($P < 0,05$) da interação espécies de plantas e épocas de coleta para todas as variáveis apresentadas na Tabela 10. De modo geral, a biomassa aumentou ($p < 0,05$) para todas as espécies estudadas em relação a época de coleta de 33 até os 47 dias após a semeadura (DAS). Os aumentos mais expressivos foram observados no teff (367%), no sorgo (286%) e no chickling vetch (280%), entre as coletas realizadas aos 33 para os 47 DAS. Contudo para essas três espécies a coleta com 40 dias não apresentou diferença ($p > 0,05$) de produção em relação a coleta aos 47 DAS., assim essa proporção de acúmulo de biomassa, deve ser avaliada, com a probabilidade de obter resultados

iguais para épocas de coleta diferentes, devendo considerar outros fatores da composição química na tomada de decisão.

Tabela 10. Médias de biomassa de forragem, matéria seca e composição química de forrageiras alternativas sazonais em três coletas da estação do verão/2015

Coleta (DAS)	Forrageiras alternativas sazonais						EPM	P
	Sorgo BMR	Trigo sarraceno	Teff	Milheto	Aveia	Chickling Vetch		
Biomassa de forragem kg/ha⁻¹								
33	446,1 ^{Bbc}	1857,4 ^{Ba}	208,5 ^{Bbc}	1034,1 ^{Cabc}	1250,5 ^{Bab}	89,5 ^{Bc}	216,24	< 0,0001
40	1064,7 ^{ABcd}	3335,3 ^{Aa}	610,1 ^{Ad}	2104,2 ^{Bbc}	2673,1 ^{Aab}	269,2 ^{Ad}		
47	1723,3 ^{Ab}	4148,2 ^{Aa}	972,8 ^{Abc}	3306,9 ^{Aa}	3493,3 ^{Aa}	339,8 ^{Ac}		
Proteína bruta (%)								
33	18,3 ^{Abc}	12,1 ^{Ac}	19,8 ^{Aab}	14,4 ^{Abc}	16,4 ^{Abc}	26,1 ^{Aa}	1,39	0,0019
40	10,7 ^{Bb}	9,17 ^{Ab}	12,7 ^{Bb}	9,27 ^{Ab}	10,6 ^{ABb}	29,0 ^{Aa}		
47	8,65 ^{Bb}	8,30 ^{Ab}	9,85 ^{Bb}	7,60 ^{Bb}	8,22 ^{Bb}	28,3 ^{Aa}		
Lignina (%)								
33	3,22 ^{Ab}	10,0 ^{Aa}	2,65 ^{Ab}	2,42 ^{Ab}	2,30 ^{Ab}	4,02 ^{Bb}	0,512	0,0003
40	2,05 ^{Abc}	9,40 ^{Aa}	1,80 ^{Ac}	2,42 ^{Abc}	3,17 ^{Abc}	4,72 ^{Bb}		
47	2,37 ^{Ab}	11,62 ^{Aa}	3,22 ^{Ab}	3,27 ^{Ab}	4,00 ^{Ab}	9,30 ^{Aa}		
Carboidratos não fibrosos (%)								
33	11,5 ^{Ab}	28,7 ^{Aa}	10,2 ^{Ab}	13,5 ^{Ab}	20,4 ^{Aab}	28,2 ^{Aa}	1,95	0,0016
40	20,0 ^{Ab}	30,8 ^{Aa}	12,2 ^{Ac}	16,0 ^{Abc}	17,6 ^{Ab}	28,3 ^{Aa}		
47	16,9 ^{Ab}	31,2 ^{Aa}	17,9 ^{Aab}	15,7 ^{Ab}	19,1 ^{Aab}	20,9 ^{Aab}		

Semeadura 13/06/2015; coleta 33 = 16/07/2015; coleta 40 = 23/07/2015; coleta 47 = 30/07/30/2015; EPM = erro padrão da média

^{A-C a-d} Médias com diferentes letras maiúsculas na coluna e diferentes letras minúsculas na linha diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade

Em relação ao efeito ($p < 0,05$) de espécie de plantas forrageiras, o trigo sarraceno foi superior ($p < 0,05$) às demais espécies nas três coletas com produção de 1857,4; 3335,3 e 4148,2 kg/ha⁻¹ de biomassa para 33; 40 e 47 DAS. Porém o trigo sarraceno, na primeira coleta aos 33 dias não diferiu do milho (1034,1 kg/ha⁻¹) e nem da aveia (1250,5 kg/ha⁻¹). Em geral, o chickling vetch foi a espécie que apresentou menor ($p < 0,05$) produção de biomassa em todas as épocas, porém não se diferenciou de espécies como o sorgo aos 40 DAS e o teff aos 47 DAS.

Klein et al. (2010) estudaram dois cultivares de trigo sarraceno, em condições tropicais, sendo um coletado aos 51 DAS e outro aos 72 DAS, e obtiveram produções de biomassa que variaram de 5633,0 a 6870,0 kg ha⁻¹, produções próximas desse estudo, para essa espécie coletada aos 47 dias.

Entre as espécies com produções superiores ($p < 0,05$) de biomassa aos 47 DAS, que foram o trigo sarraceno (4148,2 kg/ha⁻¹), aveia (3493,3 kg/ha⁻¹) e o milho (3306,9 kg/ha⁻¹), esta última é a única que apresenta diferença ($p < 0,05$) entre a coleta aos 40 e aos 47 DAS. Ao cultivar o milho com vistas à biomassa, é recomendado aguardar até 47 DAS para iniciar o pastejo.

De modo geral o teor de PB diminuiu em relação à época de coleta (Tabela 10). As exceções foram para o trigo sarraceno e para o chickling vetch que não apresentaram diferença ($p < 0,05$) de teor de PB entre as épocas de coleta, com teores médios de 9,86% para o trigo sarraceno e 27,8% para o chickling vetch. A PB do milho não diferenciou ($p < 0,05$) quando coletado entre 33 e 40 DAS, os teores encontrados foram de 14,4 e 9,27% respectivamente. Mas, quando coletado aos 47 dias, o seu teor de PB reduziu a 7,6%, valor que foi inferior ($p < 0,05$) às épocas de coleta anteriores. O trigo sarraceno e o chickling vetch são boas opções para manter o teor proteico ao longo do período testado.

Em geral as espécies de plantas forrageiras estudadas mantiveram os seus teores de lignina constantes dos 33 aos 47 DAS (Tabela 10). Com exceção do chickling vetch que quando coletado aos 47 DAS (9,30%) apresentou teor superior ($p < 0,05$) às coletas aos 33 DAS (4,02%) e aos 40 DAS (4,72%). Um comportamento relevante pois, em determinadas condições a lignina pode ser considerada um fator antinutricional (Jung et al., 1997). O teor de lignina do trigo sarraceno foi superior ($p < 0,05$) entre todas as espécies nas épocas de coleta 33 e 40 DAS apresentando os teores de 10,0 e 9,4% respectivamente. O trigo sarraceno apresentou um teor de lignina 70% superior às demais espécies quando coletado aos 33 DAS. O trigo sarraceno é uma planta de ciclo curto e

rápido, e com hábito de estiolar nas primeiras 3 semanas após emergir, isso pode estar relacionado aos teores de lignina nas primeiras semanas após a semeadura.

O conteúdo de CNF não diferiu ($p > 0,05$) para nenhuma das espécies estudadas no verão, logo o efeito de época de coleta até o período estudado não foi capaz de influenciar o conteúdo de CNF (Tabela 10). Em geral todas as espécies apresentaram baixos valores de CNF, o que pode ser uma limitação para animais em produção. O trigo sarraceno quando coletado aos 47 DAS foi superior às demais espécies, com valor de 31,2%, o valor inferior foi apresentado pelo sorgo que foi de 17,9%.

A interação não foi significativa ($p > 0,05$) entre as espécies de plantas forrageiras e a épocas de coleta para a altura, com a obtenção de efeitos ($p < 0,05$) independentes de espécies de plantas forrageiras e de épocas de coleta para esta variável (Tabelas 11 e 12). O trigo sarraceno foi o que atingiu maior ($p < 0,05$) altura, alcançou 92,5 cm, seguido pela aveia (64,1 cm), milheto (62,2 cm) e o sorgo com (59,6 cm) esses três últimos não diferiram entre si ($p > 0,05$). O chickling vetch foi a espécie que alcançou a menor ($p < 0,05$) altura com uma média de 30,4 cm, isso está relacionado ao seu próprio hábito de crescimento rasteiro e prostrado. O teff obteve valor intermediário de 42,5 cm de altura e diferiu ($P < 0,05$) das demais espécies.

Em relação à altura avaliada nas épocas de coleta, as médias diferiram ($p < 0,05$) aumentando de 46,1 cm aos 33 DAS para 71,2 cm aos 47 DAS (Tabela 12). Esse aumento deve-se a boas condições de crescimento das plantas com temperatura e precipitação dentro das faixas favoráveis de crescimento para forrageiras de verão e a condições de fertilidade do solo (Tabela 1 e 2). É importante salientar que essas plantas foram intencionalmente coletadas em alturas determinadas para pastejo direto, e que em crescimento livre poderiam atingir alturas superiores as apresentadas nesse estudo. As determinações das alturas de coleta foram baseadas em pesquisas realizadas em condições semelhante (Briske, 1991; Garcia & Wright, 2007; Jacobs & Siddoway, 2007; USDA/PLANTS, 2015).

Tabela 11. Médias de alturas, composição química e índices de ranqueamento de forrageiras alternativas sazonais no verão/2015 (médias de três épocas de coleta, 33; 40 e 47 DAS)

Variável	Forrageiras alternativas sazonais						EPM	P
	Sorgo BMR	Trigo sarraceno	Teff	Milheto	Aveia	Chickling Vetch		
Altura, ^{cm}	59,6 ^b	92,5 ^a	42,5 ^c	62,2 ^b	64,1 ^b	30,4 ^d	2,20	< 0,0001
PS, % PB	32,4 ^b	28,2 ^b	29,2 ^b	33,6 ^b	35,0 ^b	46,5 ^a	1,58	0,0002
PPB kg/ha ⁻¹	110,7 ^c	293,6 ^a	70,8 ^c	198,9 ^b	256,4 ^{ab}	68,1 ^c	15,8744	< 0,0001
FDA, %	32,6 ^b	37,4 ^a	33,7 ^{ab}	34,4 ^{ab}	35,6 ^{ab}	26,2 ^c	0,82	< 0,0001
FDN, %	58,4 ^a	48,3 ^b	60,7 ^a	61,4 ^a	57,0 ^a	33,6 ^c	1,51	< 0,0001
VRA	102,1 ^b	115,4 ^b	97,1 ^b	94,3 ^b	102,2 ^b	199,8 ^a	6,17	< 0,0001
QRF	162,2	129,2	156,7	153,4	239,2	236,1	35,50	0,1923
Leite, kg/ton MS	1803,8 ^a	1453,3 ^b	1750,7 ^{ab}	1583,0 ^{ab}	1749,9 ^{ab}	1725,5 ^{ab}	66,45	0,0168

PS = proteína solúvel ; PPB = produção de proteína bruta; FDA = fibra em detergente ácido; FDNa = fibra em detergente neutro (adição de sulfito de sódio e amilase); VRA = índice de ranqueamento de forragens baseado na digestibilidade e potencial de ingestão, calculado através de informações de FDA e FDN, 100 é considerado um escore médio representado por um feno de alfafa contendo 41 % de FDA e 53% de FDN com base na matéria seca; QRF = índice de ranqueamento de forragem baseado em uma análise mais abrangente, calculado pela informações de PB, FDA, FDN, EE, cinzas e FDNd mensurada até 48 horas, baseado no mesmo sistema de escore do VRA com um valor médio de 100; Leite, kg/ton = projeção do potencial de produção de leite baseado na digestibilidade e conteúdo energético da forragem; EPM = erro padrão da média

^{a-d} Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância

Para a variável OS não foi verificado efeito ($p>0,05$) da interação espécies e épocas de coleta, e sim efeitos ($p<0,05$) independentes de espécies e de época de coleta (Tabela 11 e 12). Entre as espécies estudadas o chickling vetch foi o que apresentou o maior teor de PS com 46,5% esse valor é 31,6% maior do que a média das outras plantas que foi de 31,8%. Em relação a época de coleta para a PS a coleta aos 33 e aos 40 DAS não diferiram ($p>0,05$) e a coleta com 47 DAS foi superior. A síntese de proteína microbiana está relacionada ao aporte proteico ruminal considerando-se a necessidade de síntese de proteína microbiana elevada em animais de grande produção, a PS exerce importante papel nutricional.

A variável PPB não foi influenciada ($p>0,05$) pela interação de espécies de plantas forrageiras e épocas de coleta, pois apresentou efeito independentes de espécies e de época de coleta (Tabela 11 e 12). O trigo sarraceno foi a espécie que alcançou valor superior entre as espécies, com valor de 293,6 kg/ha⁻¹. O chickling vetch (68,1 kg/ha⁻¹), o teff (70,8 kg/ha⁻¹) e o sorgo (110,7 kg/ha⁻¹) foram os que apresentaram as mais baixas PPB, o cultivo com foco em PPB, dessas espécies foi prejudicado. O trigo sarraceno é uma boa opção para incrementar a PPB, pois o seu teor de PB não decresceu e a biomassa aumentou até os 47 DAS (Tabela 10).

Não houve efeito ($p>0,05$) da interação espécies de plantas forrageiras e a épocas de coleta para as variáveis FDA e FDN, obtendo-se efeitos ($p<0,05$) independentes de espécies de plantas forrageiras e de épocas de coleta para estas variáveis (Tabela 11 e 12). O chickling vetch apresentou teores inferiores ($p<0,05$) de FDA e FDN 26,2% e 33,6% respectivamente. O trigo sarraceno obteve o mais elevado teor de FDA (37,4%), porém não diferiu ($p<0,05$) da aveia (35,6%), milheto (34,4%) e do teff (33,7%).

Tabela 12. Médias de altura, composição química e índices de ranqueamento em três coletas no verão/2015 (médias de 6 espécies de plantas forrageiras)

Variável	Coleta (DAS)			EPM	P
	33	40	47		
Altura, cm	46,1 ^c	58,3 ^b	71,2 ^a	1,21	< 0,0001
PS, % PB	31,7 ^b	32,6 ^b	38,1 ^a	1,20	0,0008
PB kg/ha ⁻¹	120,3 ^c	175,4 ^b	203,6 ^a	9,27	< 0,0001
FDA, %	30,4 ^c	32,7 ^b	36,8 ^a	0,49	< 0,0001
FDN, %	49,4 ^c	53,5 ^b	56,8 ^a	0,97	< 0,0001
VRA	131,6 ^a	120,1 ^a	103,7 ^b	4,00	< 0,0001
QRF	172,3	173,4	192,6	25,10	0,8152
Leite, kg/ton MS	3778,2	3791,6	3526,2	46,99	0,1394

DAS = dias após a semeadura; Coleta 33 DAS = 16/07/2015; coleta 40 DAS = 23/07/2015; coleta 47 DAS = 30/07/2015

PS = proteína solúvel; PB = proteína bruta; PPB = produção de proteína bruta; FDA = fibra em detergente ácido; FDN = fibra em detergente neutro; VRA = valor relativo do alimento; QRF = qualidade relativa da forragem

^{a-c} Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância; EPM = erro padrão da média

Os mais elevados teores de FDN foram obtidos pelo milheto (62,4%), teff (60,7%), sorgo BMR (58,4%) e aveia (57,0%), esses valores estão próximo a limitação de ingestão de fibra por bovinos que é de 55 a 60%. O trigo sarraceno obteve teor de FDN intermediário de 48,3%.

Para o efeito de coleta sobre as variáveis FDA e FDN as três épocas diferiram ($p < 0,05$), com valores inferiores para a coleta aos 33 DAS e apresentaram teores de 30,4% FDA e 49,4% FDN; elevando os teores quando coletados aos 47 DAS apresentado teores de 36,8% FDA e 56,8% FDN (Tabelas 11 e 12). Esse comportamento é comumente observado em plantas forrageiras devido ao crescimento das plantas e a multiplicação celular que necessitam de compostos fibrosos para sua estruturação.

Esses valores estão dentro do esperado para essas plantas neste estágio fisiológico e não seriam limitantes para a ingestão de matéria seca de animais a pasto. A FDN relaciona-se à ingestão, porque está associada à ocupação de espaço no rúmen e possui menor taxa de desaparecimento (Mertens, 1994; Van Soest, 1994).

Mertens (2002) apresenta teores de referências para alimentos utilizados em nutrição animal, o sorgo tem como valor de referência de FDA entre 34,4 e 38,6% e de FDN de 65,2 e 72,8% da MS, valores esses muito próximos ao encontrados nesse estudo, o que evidencia que as condições de condução foram semelhantes às de valores de referência das plantas estudadas.

Não houve efeito ($p>0,05$) da interação espécies de plantas forrageiras e épocas de coleta para a variável VRA. Efeitos ($p<0,05$) independentes de espécies e de época de coleta foram detectados (Tabela 11 e 12). A espécie chickling vetch foi superior ($p<0,05$) às demais espécies e apresentou VRA de 199,8. Todas as outras espécies não diferiram ($p>0,05$) entre si e apresentaram um VRA médio de 102,2 valor muito próximo ao valor médio de 100 (Tabela 11). A inserção do chickling vetch em consórcio com as outras espécies pode ser uma boa estratégia para elevar o índice de pastos consorciados.

Em relação ao efeito ($p<0,05$) de época de coleta (Tabela 12), a coleta aos 33 e 40 DAS não diferiram ($p>0,05$) entre si e apresentaram VRA de 131,6 e 120,1 respectivamente e foram superiores ($p<0,05$) a coleta aos 47 DAS que apresentou valor de 103,7. Esses resultados demonstram que a extensão do período de pastejo no verão reduziu o VRA. Em geral as plantas apresentam valores razoáveis de VRA.

Dunham (1998) ao avaliar diversos alimentos em diferentes formas de conservação encontrou valores para a silagem de sorgo de VRA de 114 e silagem de milho com variação entre 115 a 133. Entretanto como esse índice tem caráter comercial, o intuito é viabilizar épocas ótimas de coleta no campo e assim poder classificar os produtos colhidos (fenos, silagens) como classes premium, super premium entre outras, a fim de facilitar a comercialização (Linn & Martin, 1989). Portanto, quando se trata de pastejo direto, esse índice deve ser relacionado com outras propriedades da planta que possam respaldar o seu uso.

Não houve efeito ($p>0,05$) da interação de espécies de plantas forrageiras, assim como não houve efeito ($p>0,05$) de espécies e nem de épocas de colheita para a variável QRF (Tabelas 11 e 12).

Os valores médios de QRF variaram de 129,2 a 239,2 para as espécies forrageiras (Tabela 11). Para as épocas de coleta os valores médios variaram de 172,3 a 192,6 (Tabela 12). Undersander (2003), por meio de diversos experimentos, relacionou valores de QRF com categorias animais e propôs que vacas com produções intermediárias (médias de 20 kg/Leite dia) nos três primeiros meses de lactação necessitam de alimentos que apresentem um QRF entre 140 e 160, e após isso até o final do ciclo de lactação QRF variando de 125 a 150.

Paulson (2015) comenta que esses índices não são mais satisfatórios, pois nos últimos anos as análises de composição químico-bromatológica das plantas forrageiras e alimentos está mais apurada, o que leva a resultados mais precisos. Além do desenvolvimento de cultivares específicos para a nutrição de animais ruminantes,

incremento da saúde do solo por meio de aplicação tecnologias disponíveis e a animais mais exigentes devido ao aumento dos índices produtivos, a nova meta para classificar as forragens e alimentos utilizados em nutrição de animais ruminantes de ser um QRF de valor 170.

4.1.2.2 Digestibilidade, taxa de degradabilidade e energia

Houve efeito ($p < 0,05$) da interação espécies de forrageiras e épocas de coleta para todas as variáveis DVIV, FDNd, Kd e EL_L (Tabela 13).

A DVIV do sorgo BMR, milheto e teff não diferiram ($p > 0,05$) entre as épocas de coleta com médias de 91,06; 90,0 e 87,03%, respectivamente. A DVIV dessas espécies não foi alterada quando coletadas aos 47 DAS tempo máximo avaliado nesse estudo. Esse fator é favorável se considerar a necessidade de prolongar o período da estação de pastejo de vacas leiteiras em sistemas de produção orgânico, devido as exigências para a produção de leite orgânico.

Tabela 13. Médias de digestibilidade verdadeira *in vitro* (DVIV), digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDNd), taxa de degradabilidade (Kd) e energia líquida de lactação (EL_L) para forrageiras alternativas sazonais em três coletas para verão/2015

DAS	Forrageiras alternativas sazonais						EPM	P
	Sorgo BMR	Trigo sarraceno	Teff	Milheto	Aveia	Chickling Vetch		
	DVIV (48 hr% matéria seca)							
33	90,7 ^{Aa}	85,2 ^{Ab}	87,2 ^{Aab}	88,0 ^{Aab}	92,5 ^{Aa}	91,0 ^{Aa}	0,99	< 0,0001
40	92,0 ^{Aa}	78,0 ^{Bc}	86,7 ^{Ab}	91,0 ^{Aab}	87,7 ^{Aab}	91,2 ^{Aab}		
47	90,5 ^{Aa}	73,0 ^{Bc}	87,2 ^{Aa}	90,2 ^{Aa}	80,5 ^{Bb}	85,5 ^{Bab}		
	FDNd (48 hr, % FDN)							
33	83,2 ^{Aa}	67,5 ^{Ac}	78,0 ^{Aab}	79,5 ^{Aab}	84,2 ^{Aa}	71,5 ^{Abc}	1,96	< 0,0001
40	85,7 ^{Aa}	55,2 ^{Bc}	79,2 ^{Aab}	85,5 ^{Aa}	79,5 ^{ABab}	70,7 ^{Ab}		
47	85,5 ^{Aa}	46,7 ^{Bc}	79,0 ^{Aab}	84,5 ^{Aa}	69,5 ^{Bb}	61,2 ^{Bb}		
	Kd (%/hr)							
33	5,19 ^{Aab}	6,50 ^{Aa}	3,81 ^{Ab}	3,87 ^{Ab}	4,91 ^{Aab}	5,88 ^{Aa}	0,337	0,0131
40	4,66 ^{Aab}	5,91 ^{Aa}	3,51 ^{Ab}	4,75 ^{Aab}	4,31 ^{Aab}	6,01 ^{Aa}		
47	4,63 ^{Abc}	5,91 ^{Aa}	4,36 ^{Abc}	5,19 ^{Aab}	3,33 ^{Ac}	6,50 ^{Aa}		
	EL _L (Mcal/kg MS)							
33	1,41 ^{Abc}	1,32 ^{Ac}	1,43 ^{Abc}	1,39 ^{Abc}	1,56 ^{Aab}	1,65 ^{Aa}	0,042	0,0072
40	1,41 ^{Ab}	1,30 ^{Ab}	1,34 ^{Ab}	1,28 ^{ABb}	1,32 ^{Bb}	1,76 ^{Aa}		
47	1,30 ^{Ab}	1,25 ^{Ab}	1,30 ^{Ab}	1,19 ^{Bb}	1,25 ^{Bb}	1,58 ^{Aa}		

DAS = dias após a semeadura, 33 DAS= 16/07/2015; 40 DAS = 23/07/2015; 47 DAS = 30/07/2015; EL_L = energia líquida de lactação; EPM = erro padrão da média

^{A-B a-c} Médias com diferentes letras maiúsculas na coluna e diferentes letras minúsculas na linha diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade

Madibela et al. (2002) avaliaram a DVIV de 12 cultivares de sorgo regionais da África meridional em condições semelhantes de pluviosidade e obteve valores que variaram de 72,6 a 83,2% quando essas plantas já apresentavam-se em fase de massa, e com as panículas totalmente repletas por sementes.

O trigo sarraceno reduziu ($p < 0,05$) a DVIV aos 40 DAS comparado à coleta aos 33 DAS, com uma queda da DVIV de até 14%, valor considerável quando se tem vacas a pasto que consomem por volta de 2,5% do seu peso vivo o que levaria o animal a consumir uma maior quantidade de MS para suprir sua demanda nutricional diária. A DVIV do trigo sarraceno não diferiu ($p < 0,05$) entre coletas realizadas aos 40 e 47 DAS apresentando valores de 78,0 e 73,0%.

A DVIV das espécies chickling vetch e a aveia não diferiram ($p > 0,05$) entre as épocas de coleta realizadas aos 33 e aos 40 dias, apresentando médias de 91,2% para o chickling vetch e de 90,1 para a aveia. Quando essas plantas foram coletadas aos 47 DAS a DVIV foi inferior ($p < 0,05$) comparada as épocas de coleta de 33 e 40 DAS.

Ao observar o efeito ($p < 0,05$) de espécies de plantas forrageiras para a DVIV, em geral o trigo sarraceno apresentou DVIV inferior ($p < 0,05$) às demais espécies de plantas forrageiras alternativas estudadas no verão de 73,0% quando colhida aos 47 DAS. O sorgo (90,5%), o milheto (90,2%) e o teff (87,2%) são espécies que aos 47 DAS, alcançaram DVIV superior, e podem ser cultivadas até 47 DAS sem prejuízos para a DVIV.

A FDNd não diferiu ($p > 0,05$) entre as épocas de coleta para as espécies sorgo BMR, teff e o milheto, as médias dos resultados encontrados foram 84,8; 78,7 e 83,2% respectivamente (Tabela 13). Essas espécies podem ser coletadas até os 47 DAS sem reduzirem ($p > 0,05$) a FDNd, o que a depender do tipo de manejo e dos animais a serem utilizados, são espécies que a extensão da estação de pastejo até os 47 DAS pode ser viável.

A FDNd da aveia apresentou redução ao ser colhida aos 47 DAS, apresentando FDNd de 69,5% esse resultado foi inferior ($p < 0,05$) a coleta aos 33 DAS que apresentou FDNd de 84,2%. Entretanto a coleta aos 47 DAS não diferenciou ($p < 0,05$) da coleta aos 40 DAS que foi 79,5%.

A FDNd do chickling vetch não diferiu ($p > 0,05$) quando a planta foi colhida aos 33 e aos 40 DAS e a média obtida foi de 71,1%. Porém aos 47 DAS a planta reduziu ($p < 0,05$) a FDNd em relação as coletas aos 33 e 40 DAS, com média de 61,2%.

O trigo sarraceno aos 33 DAS apresentou FDNd de 67,5%, esse valor foi superior ($p < 0,05$) em relação quando a planta foi colhida aos 40 DAS que apresentou média de

55,2%. A FDNd não diferenciou ($p>0,05$) quando a planta foi colhida aos 40 e aos 47 DAS.

Ao observar a FDNd para as espécies, o trigo sarraceno foi inferior ($p<0,05$) para todos as coletas e se apresentou como uma espécie de baixa DVIV. A queda da FDNd do trigo sarraceno entre o 33 e 47 DAS foi de aproximadamente 30%. A FDNd do sorgo BMR é 45,4% mais digerível do que a do trigo sarraceno quando coletados aos 47 DAS.

A Kd não diferenciou ($p>0,05$) em relação as épocas de coleta para nenhuma das espécies estudadas, isso é, a Kd de todas as plantas não variou em relação a época de coleta (Tabela 13).

Em relação a Kd para as espécies forrageiras em geral o chickling vetch e o trigo sarraceno obtiveram valores superiores ($p<0,05$) às demais espécies com médias de 6,13 e 6,10% e teff e a aveia valores inferiores ($p<0,05$) apresentando médias de 3,89 e 4,18% respectivamente. As espécies com menor Kd necessitam permanecer no rúmen por mais tempo para que seja digerida, ou seja a taxa de degradabilidade, a população de microrganismo ruminais e a ingestão de MS em animais com consumo elevado dessas espécies pode ser prejudicada (Allen & Mertens, 1988).

A EL_L entre as espécies estudadas o milho e a aveia apresentaram diferença entre as épocas de coleta. O milho foi superior ($p<0,05$) aos 33 DAS em relação aos 47 DAS apresentando valores de 1,39 Mcal/kg MS ingerida aos 33 DAS e 1,19 Mcal/kg MS ingerida aos 47 DAS. A EL_L da aveia ao ser colhida aos 40 DAS não diferiu ($p<0,05$) de quando foi colhida aos 47 DAS, com valores de 1,32 e 1,25 Mcal/kg MS respectivamente. Entretanto, a coleta aos 33 DAS foi superior ($p<0,05$) às demais épocas com valor de 1,56 Mcal/kg MS. Em geral as plantas podem ser coletadas com até 47 DAS sem grandes prejuízos em relação a EL_L .

Em relação às espécies de modo geral o chickling vetch, obteve valores superiores de EL_L ($p<0,05$) comparado às demais espécies forrageiras, que apresentaram média de 1,65 Mcal/kg MS. As demais espécies não diferiram ($p>0,05$) quando coletadas ao 47 DAS, então ao optarmos por estender a estação de pastejo até a época estudada essas plantas tem capacidade de fornecer EL_L semelhantes o que pode ser uma boa estratégia cultiva-las no verão. As médias de EL_L dessas espécies estão próximas as apresentadas pelo NRC (2001). A condição do chickling vetch fornecer um valor de EL_L superior às demais deve ser analisado com cautela observando outras propriedades da planta como a FDNd e Kd e DVIV (Tabela 13) que podem ser limitantes para os animais em pastejo.

De acordo o NRC (2001) por meio das equações de predição de requerimento de energia, vacas holandesas aos 90 dias de lactação ao ingerirem 20,3 kg/MS por dia necessitam de 1,37 Mcal/kg MS ingerida, e vacas Jersey ao ingerirem 18,0 kg/MS dia necessitam de 1,54 Mcal/kg de MS ingerida. Em geral a extensão da estação de pastejo até os 47 DAS a energia disponível nas espécies de plantas forrageiras estudadas não é suficiente para suprir as necessidades desses requerimentos, para ambas as categorias com exceção do chickling vetch (1,58 Mcal/kg MS), esse déficit pode prejudicar a produção de leite a pasto de animais das respectivas categorias.

4.1.3 Outono

4.1.3.1 Biomassa forrageira e composição química

Com exceção da lignina, todas as outras variáveis relacionadas com a biomassa forrageira e a composição química foram influenciadas pelo efeito ($p < 0,05$) da interação de espécies de plantas forrageiras e épocas de coleta (Tabela 14).

As espécies nabo forrageiro, canola e crotalária não apresentaram diferença ($p < 0,05$) de alturas entre as épocas de coleta e as médias obtidas foram de 27,5; 28,5 e 54,6 cm de altura respectivamente (Tabela 14). Esse comportamento pode estar relacionado ao hábito de crescimento das plantas que atingiram a altura máxima e priorizaram o crescimento lateral no caso do nabo forrageiro e da canola, já para a crotalária a planta por ter ciclo curto, interrompeu seu crescimento ao chegar em sua maturidade. Além da queda de temperatura no final no outono, atingindo temperaturas mínimas de até 9,21°C, houve uma baixa pluviosidade após a coleta 43 e 60 DAS a precipitação registrada foi de apenas 19,3 mm (Tabela 1). Essas informações de altura levam a entender que essas plantas atingem sua altura final próximas aos 43 DAS.

Tabela 14. Médias de alturas, biomassa de forragem e composição química de forrageiras alternativas sazonais em três coletas no outono/2015

Coleta (DAS)	Forrageiras alternativas sazonais						EPM	P
	Nabo forrageiro	Aveia	Canola	Trigo	Triticale	Crotalária		
Altura								
43	29,5 ^{Ac}	48,1 ^{Bb}	32,4 ^{Abc}	49,1 ^{Bab}	43,1 ^{Bbc}	55,3 ^{Aa}	3,36	< 0,0001
60	27,5 ^{Ab}	60,9 ^{Aa}	27,8 ^{Ab}	64,7 ^{Aa}	70,5 ^{Aa}	56,1 ^{Aa}		
76	25,4 ^{Ac}	62,8 ^{Aab}	25,5 ^{Ac}	73,2 ^{Aa}	76,4 ^{Aa}	52,3 ^{Ab}		
Biomassa de forragem (kg/ha ⁻¹)								
43	1687,6 ^{Aa}	1393,2 ^{Ba}	1728,6 ^{Aa}	1596,2 ^{Ba}	862,4 ^{Bb}	1031,3 ^{Ab}	230,1	< 0,0001
60	1897,9 ^{Abc}	2643,3 ^{Aab}	2217,6 ^{Aabc}	3233,9 ^{Aa}	2115,2 ^{Aabc}	1280,8 ^{Ac}		
76	1850,9 ^{Abc}	3152,1 ^{Aa}	2063,7 ^{Ab}	3076,0 ^{Aa}	2417,5 ^{Aab}	694,4 ^{Bc}		
Proteína bruta (PB %)								
43	15,5 ^{Ab}	17,5 ^{Ab}	18,8 ^{Ab}	18,2 ^{Ab}	21,5 ^{Aa}	16,6 ^{Ab}	0,59	< 0,0001
60	12,0 ^{Ba}	12,7 ^{Ba}	12,0 ^{Ba}	10,8 ^{Ba}	13,4 ^{Ba}	11,6 ^{Ba}		
76	13,2 ^{ABab}	8,60 ^{Cc}	12,8 ^{Bab}	9,50 ^{Bc}	10,3 ^{Cbc}	13,6 ^{Ba}		
Produção de proteína bruta (PPB kg/ha ⁻¹)								
43	262,3 ^{Aa}	267,6 ^{Aa}	325,7 ^{Aa}	290,9 ^{Aa}	186,0 ^{Aa}	171,1 ^{Aa}	31,85	0,0091
60	229,5 ^{Aab}	334,8 ^{Aa}	265,0 ^{Aab}	349,4 ^{Aa}	282,6 ^{Aab}	145,5 ^{Ab}		
76	245,0 ^{Aa}	269,2 ^{Aa}	264,1 ^{Aa}	296,1 ^{Aa}	250,9 ^{Aa}	94,6 ^{Ab}		
Proteína solúvel (PS % da PB)								
43	42,0 ^{Bab}	35,9 ^{Bbc}	42,7 ^{Bab}	34,0 ^{Bc}	37,2 ^{Bbc}	49,2 ^{Aa}	1,50	< 0,0001
60	49,5 ^{Aa}	44,7 ^{Ab}	51,5 ^{Aa}	47,5 ^{Ab}	46,5 ^{Ab}	43,0 ^{ABc}		
76	45,7 ^{ABab}	49,2 ^{Aa}	50,2 ^{ABa}	48,2 ^{Aa}	46,7 ^{Aab}	39,5 ^{Bb}		
Fibra em detergente ácido (FDA%)								
43	19,6 ^{Ac}	29,9 ^{Aa}	20,7 ^{Abc}	30,6 ^{Aa}	28,2 ^{Aa}	28,1 ^{Aab}	1,42	0,0015
60	20,3 ^{Ab}	31,8 ^{Aa}	18,3 ^{ABb}	35,8 ^{Aa}	31,7 ^{Aa}	32,8 ^{Aa}		
76	21,9 ^{Ab}	28,2 ^{Aab}	12,5 ^{Bc}	33,7 ^{Aa}	31,8 ^{Aa}	35,2 ^{Aa}		
Fibra em detergente neutro (FDN%)								

43	21,8 ^{Bc}	48,6 ^{Aa}	22,2 ^{Ac}	54,4 ^{Aa}	50,8 ^{Aa}	34,2 ^{Bb}		
60	23,7 ^{ABd}	48,0 ^{Ab}	23,0 ^{Ad}	58,1 ^{Aa}	53,3 ^{Aab}	38,3 ^{Bc}	1,46	< 0,0001
76	26,6 ^{Ac}	44,8 ^{Ab}	18,8 ^{Ad}	55,7 ^{Aa}	51,4 ^{Aab}	48,6 ^{Aab}		
Carboidratos não fibrosos (CNF%)								
43	40,9 ^{ABa}	16,1 ^{Bb}	37,0 ^{Ba}	13,2 ^{Bb}	11,4 ^{Bb}	36,7 ^{ABa}		
60	43,5 ^{Aab}	25,0 ^{Bc}	49,8 ^{Aa}	21,2 ^{ABc}	21,3 ^{Ac}	40,1 ^{Ab}	1,69	< 0,0001
76	38,7 ^{Bb}	36,8 ^{Ab}	53,1 ^{Aa}	26,5 ^{Ac}	28,8 ^{Abc}	31,1 ^{Bbc}		

Coleta 1 = 02/10/2015; coleta 2 = 19/10/2015; coleta 3 = 04/11/2015; EPM = erro padrão da média

^{A-C a-d} Médias com diferentes letras maiúsculas na coluna e diferentes letras minúsculas na linha diferem teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade

Entre as espécies estudadas a crotalária obteve altura superior ($p < 0,05$) quando coletadas aos 43 DAS alcançou 55,3 cm. O nabo forrageiro foi a espécie com altura inferior ($p < 0,05$), aos 43 DAS apresentou 29,5 cm de altura. Aos 76 DAS as plantas que atingiram altura superior ($p < 0,05$) foram o trigo e o triticale com 73,2 e 76,4 cm de altura, respectivamente. As plantas em crescimento livre podem alcançar com facilidade alturas superiores as relatadas nesse estudo (Briske, 1991; Garcia & Wright, 2007; Jacobs & Siddoway, 2007; USDA/PLANTS, 2015).

A biomassa do nabo forrageiro e da canola não diferiram ($p > 0,05$) entre as épocas de coleta com produções médias 1811,8 e 2003,3 kg/ha⁻¹ respectivamente (Tabela 14). Esses resultados revelam que as plantas dos 43 aos 76 DAS mantiveram a biomassa constantes e que a coleta em qualquer uma das épocas efetuadas não influenciou na produção de biomassa. Essa informação pode ser respaldada pelas informações de altura apresentadas anteriormente.

A aveia o trigo e o triticale obtiveram incremento ($p < 0,05$) de biomassa até os 60 DAS, após esse tempo a produção se estabilizou. A aveia incrementou sua biomassa em até 126,3%, e o triticale em 180,4% quando coletado aos 60 DAS.

O comportamento da crotalária foi o inverso das demais plantas nas duas primeiras épocas de coleta 43 e 60 DAS a crotalária atingiu a sua máxima produção de biomassa, 1031,3 e 1280,8 kg/ha⁻¹ respectivamente. A biomassa reduziu e foi inferior quando coletada aos 43 e aos 60 DAS. A crotalária já havia completado do seu ciclo de produção, e o que foi coletado era praticamente em sua totalidade material senescente, a produção foi de 694,4 kg/ha⁻¹.

O triticale e a crotalária apresentaram as menores produções de biomassa quando coletadas aos 43 DAS, apresentou valores 862,4 e 1031,3 kg/ha⁻¹ respectivamente. As demais forrageiras não diferiram ($p > 0,05$) entre si com produção média de biomassa de 1601,4 kg/ha⁻¹. Aos 76 DAS, a aveia e o trigo foram as espécies que obtiveram maior produção de biomassa com produções de 3152,1 e 3076,0 kg/ha⁻¹ respectivamente.

De modo geral, os teores de PB decresceram ($p < 0,05$) com a prorrogação da coleta, com exceção para o nabo forrageiro quando coletado aos 76 DAS apresentou teor de 13,2%, que não diferenciou ($p > 0,05$) da coleta aos 43 DAS na qual se observou teor de 15,5% (Tabela 14).

O triticale apresentou teor de PB de 13,4% aos 60 DAS e de 10,3% aos 76 DAS. A aveia apresentou e teor de 12,7% aos 60 DAS e de 8,60% aos 76 DAS. Essas plantas

apresentaram uma redução média de 50% do teor de PB quando comparado a coleta aos 43 e aos 76 DAS.

Ammar et al. (2010) avaliaram a aveia em diferentes condições fisiológicas desde a senescência até o amadurecimento total, e encontraram valores com variação entre 9,1 a 11,5%, esses valores são próximos ao encontrados nesse estudo.

Com relação ao efeito de espécies ($p < 0,05$), o triticale obteve o maior teor de PB entre as demais, 21,5% aos 43 DAS. Não houve diferença ($p < 0,05$) no teor de PB entre as espécies estudadas quando essas foram coletadas aos 60 DAS e apresentam teor médio de PB de 12,1%.

Entretanto ao avaliar a variável PPB, todas as espécies mantiveram a produção constante desde quando coletadas aos 43 DAS até os 76 DAS (Tabela 14). O que deixa claro que a queda no teor de PB foi compensada pelo incremento da biomassa. Quando as plantas foram coletadas ao 43 DAS não houve diferença entre as espécies. Aos 76 DAS apenas a crotalária foi inferior ($p < 0,05$) em PPB entre as espécies estudadas. Podemos destacar as PPB da aveia ($269,2 \text{ kg/ha}^{-1}$), a canola ($264,1 \text{ kg/ha}^{-1}$) e o trigo ($296,1 \text{ kg/ha}^{-1}$), além do triticale ($250,9 \text{ kg/ha}^{-1}$) e o nabo forrageiro ($245,0 \text{ kg/ha}^{-1}$), essas plantas podem ser recomendadas para a extensão de estações de pastejo sem prejuízos na PPB.

As fibras analisadas, FDA e FDN em geral não diferiram ($p > 0,05$) entre as espécies forrageiras em função da época de coleta as plantas coletadas aos 43 e aos 76 DAS apresentaram teores de FDA e FDN semelhantes. O triticale aos 43 DAS apresentou teor 28,2% de FDA e aos 76 DAS 31,8%, esses teores não diferiram entre si ($P > 0,05$).

O teor de FDN da crotalária aos 76 DAS (48,6%) foi superior ($p < 0,05$) aos teores obtidos aos 43 (34,2%) e aos 60 DAS (38,3%). Em geral as plantas mantiveram os valores de FDA e FDN constantes, a extensão do cultivo dessas plantas com vistas à ampliação da estação de pastejo até 76 DAS não ocasiona efeito negativo nos conteúdos dessas frações fibrosas, e podem ser recomendadas para a utilização em sistemas de produção orgânico.

Entre as espécies estudadas, a FDN do trigo foi superior ($p < 0,05$), teor de 58,1% aos 60 DAS. Aos 76 DAS a canola foi inferior ($p < 0,05$) com teor de 18,8%, seguida pelo nabo forrageiro que apresentou teor de 26,6%.

Em geral os valores de FDA e FDN dessas espécies não são limitantes para ingestão de matéria seca e não variam com o prolongamento da época de coleta.

Fulkerson et al. (2008) cultivaram a aveia, o triticale e o trigo nas quatro estações do ano sobre condições ótimas de cultivo e no outono obtiveram teores de FDN de 41,1;

43,7 e 39,6 respectivamente, e FDA de 22,6; 23,0 e 24,7 respectivamente. Os teores foram um pouco inferiores ao encontrados nesse estudo.

Em geral os CNF aumentaram quando as plantas foram coletadas tardiamente, porém o comportamento foi variável entre as espécies e as épocas de coleta (Tabela 14). O nabo forrageiro obteve níveis superiores de CNF ($p < 0,05$) quando coletado aos 60 DAS apresentando concentração de 43,5%. Os teores de CNF aumentaram e em seguida reduziram para o nabo forrageiro em função da época de coleta. Entre as espécies em geral, a canola apresentou teores mais elevados ($p < 0,05$) com variação de 37,0 a 53,1% quando colhida aos 43 e aos 76 DAS.

Não houve efeito ($p > 0,05$) da interação espécies de plantas forrageiras e épocas de coleta para a variável lignina, assim como não houve efeito ($p > 0,05$) de época de coleta e apenas efeito ($p < 0,05$) de espécies forrageiras (Tabelas 15 e 16). O teor de lignina da crotalária foi superior ($p < 0,05$) às demais espécies, seu valor foi de 5,63%. Os teores de lignina foram inferiores ($p < 0,05$) para a canola, aveia e triticales que apresentaram teores de 2,07; 3,13; e 3,48% respectivamente (Tabela 15).

Tabela 15. Médias de lignina, e taxa de degradabilidade em três coletas no outono /2015

Variável	Forrageiras alternativas sazonais						EPM	P
	Nabo forrageiro	Aveia	Canola	Trigo	Triticale	Crotalária		
Lignina %	3,52 ^{ab}	3,13 ^b	2,07 ^b	3,91 ^{ab}	3,48 ^b	5,63 ^a	0,460	0,0023
Kd %	6,50 ^a	4,77 ^{bc}	5,76 ^{ab}	3,76 ^{cd}	5,31 ^b	3,35 ^d	0,228	< 0,0001

EPM = erro padrão da média

^{a-c} Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância

As médias dos teores para as épocas de coletas (Tabela 16) estão entre 3,27 e 4,00%, o que leva a entender que as épocas não apresentam diferença entre os teores de lignina e essa variável não é uma limitação para extensão da estação de pastejo até os 76 dias após a semeadura.

Tabela 16. Médias de lignina e taxa de degradabilidade em três coletas no outono/2015

Variável	Forrageiras alternativas sazonais			EPM	P
	Coleta (DAS)				
	43	60	76		
Lignina, %	4,00	3,27	3,61	0,30	0,1897
Kd %	5,73 ^a	4,82 ^b	4,17 ^c	0,163	< 0,0001

Coleta 1 = 02/10/2015; coleta 2 = 19/10/2015; coleta 3 = 11/04/2015; EPM = erro padrão da média

^{a-c} Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância

Não houve efeito ($p > 0,05$) da interação espécies de plantas forrageiras e épocas de coleta para a taxa de degradabilidade (Kd), foram observados efeitos ($p < 0,05$) independentes de espécie de plantas forrageiras e de épocas (Tabelas 15 e 16).

O nabo forrageiro apresentou Kd superior ($p < 0,05$) às demais espécies com o valor de 6,50%, contudo não diferenciou ($p > 0,05$) da Kd da canola que foi de 5,76%. A Kd da crotalária foi inferior ($p < 0,05$) entre as espécies estudadas, esta obteve valor de 3,35%, entretanto não diferenciou ($P > 0,05$) do trigo que apresentou valor de 3,76% (Tabela 15).

A Kd para época de coleta apresentou comportamento decrescente e diferenciou-se entre as épocas de coleta de 43; 60 e 76 dias, seus valores médios foram de 5,73 4,82 e 4,17% respectivamente (Tabela 16).

4.1.3.2 Digestibilidade, taxa de degradabilidade, energia e índices de avaliação do alimento

As variáveis apresentadas na Tabela 17 foram influenciadas ($p < 0,05$), pela interação entre espécies de plantas forrageiras e a época de coleta foi detectada ($P < 0,05$) No geral a DVIV manteve-se constante no decorrer do estudo. As plantas coletadas aos 43 DAS mantiveram-se constante, com exceção do trigo e da crotalária que diminuíram a DVIV dos 60 aos 76 DAS ($p > 0,05$). O trigo reduziu de 84,2% para 77,2% e a crotalária de 81,0 para 74,5% dos 60 aos 76 DAS respectivamente.

Tabela 17. Médias de digestibilidade verdadeira *in vitro* (DVIV), fibra em detergente neutro digestível (FDNd), energia líquida de lactação (EL_L) estimada e índices de ranqueamento de forrageiras alternativas sazonais em três coletas no outono/2015

Coleta (DAS)	Forrageiras alternativas sazonais						EPM	P
	Nabo forrageiro	Aveia	Canola	Trigo	Triticale	Crotalária		
Digestibilidade verdadeira <i>in vitro</i> (48hr, % matéria seca)								
43	97,5 ^{Aa}	92,2 ^{Aabc}	98,2 ^{Aa}	89,5 ^{Abc}	92,7 ^{Aab}	85,5 ^{Ac}	1,17	0,0005
60	97,7 ^{Aa}	91,2 ^{Ab}	97,7 ^{Aa}	84,2 ^{Ac}	91,0 ^{Ab}	81,0 ^{Ac}		
76	96,5 ^{Aa}	87,0 ^{Ab}	97,2 ^{Aa}	77,2 ^{Bc}	88,7 ^{Ab}	74,5 ^{Bc}		
Fibra em detergente neutro digestível (48hr, % FDN)								
43	88,2 ^{Aa}	84,4 ^{Aa}	93,0 ^{Aa}	81,0 ^{Aa}	86,0 ^{Aa}	58,2 ^{Ab}	2,51	0,0426
60	91,0 ^{Aa}	81,5 ^{Aab}	90,0 ^{Aa}	72,7 ^{Ab}	83,2 ^{Aab}	51,2 ^{Ac}		
76	88,0 ^{Aa}	71,7 ^{Abc}	85,0 ^{Aab}	59,0 ^{Bcd}	78,0 ^{Aab}	47,2 ^{Ad}		
Energia líquida de lactação (EL _L Mcal/kg MS)								
43	1,67 ^{Aab}	1,50 ^{Abc}	1,83 ^{Aa}	1,47 ^{Ac}	1,50 ^{Abc}	1,65 ^{Aabc}	0,396	0,0003
60	1,67 ^{Ab}	1,54 ^{Abc}	1,91 ^{Aa}	1,36 ^{Ac}	1,47 ^{Abc}	1,52 ^{ABbc}		
76	1,61 ^{Ab}	1,58 ^{Ab}	2,00 ^{Aa}	1,34 ^{Ac}	1,50 ^{Abc}	1,36 ^{Bc}		
Valor relativo do alimento								
43	318,2 ^{Aa}	126,5 ^{Abc}	269,2 ^{Ba}	111,2 ^{Ac}	122,0 ^{Abc}	185,2 ^{Ab}	14,2	< 0,0001
60	291,0 ^{Aa}	124,5 ^{Ab}	310,0 ^{Ba}	98,0 ^{Ab}	112,0 ^{Ab}	157,5 ^{Ab}		
76	256,0 ^{Ab}	139,7 ^{Ac}	392,5 ^{Aa}	104,7 ^{Ac}	116,2 ^{Ac}	118,2 ^{Ac}		
Qualidade relativa da forragem								
43	-	182,9 ^{Aa}	-	166,0 ^{Aa}	158,2 ^{Aa}	-	7,71	0,0297
60	-	187,5 ^{Aa}	-	150,4 ^{Aa}	180,7 ^{Aa}	-		
76	-	166,7 ^{Aab}	-	132,5 ^{Ab}	180,0 ^{Aa}	-		
Leite, kg/ton matéria seca								
43	-	1776,2 ^{Aa}	-	1828,6 ^{Aa}	1870,0 ^{Aa}	-	37,18	0,0081
60	-	1781,1 ^{Aa}	-	1719,2 ^{ABa}	1848,4 ^{Aa}	-		
76	-	1785,4 ^{Ab}	-	1578,6 ^{Bb}	1843,8 ^{Ab}	-		

Coleta 1 = 02/10/2015; coleta 2 = 19/10/2015; coleta 3 = 11/04/2015; EPM = erro padrão da média

^{A-B a-d} Médias com diferentes letras maiúsculas na coluna e diferentes letras minúsculas na linha diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade

Ao Analisar o efeito ($p < 0,05$) entre as espécies forrageiras a canola e o nabo forrageiro foram superiores ($p < 0,05$) em todas as épocas de coleta, as médias foram de 97,7 e 97,2% respectivamente. As DVIV inferiores ($p < 0,05$) foram observadas para a crotalária e para o trigo aos 76 DAS que foram 74,5 e 77,2% respectivamente.

A variável FDNd (Tabela 17), apresentou comportamento similar ao da DVIV, em relação a época de coleta. Em geral, as plantas mantiveram a FDNd inalterada dos 43 aos 76 DAS. A exceção foi apenas para o trigo que apresentou diferença ($p < 0,05$) entre a coleta aos 60 e aos 76 DAS, os valores foram de 72,7 e 59,0% respectivamente. Ao se considerar o comportamento da DVIV (Tabela 17) e da FDNd é possível constatar que entre as espécies de forrageiras estudadas no outono o trigo não consegue manter as suas características digestíveis até 76 DAS.

Com relação as espécies de plantas forrageiras em geral a crotalária apresentou valores inferiores ($p < 0,05$) de FDNd nas três épocas de coleta. O nabo forrageiro apresentou-se com os valores superiores ($p < 0,05$) de FDNd aos 76 DAS que foi de 88,0%. Considerando os parâmetros de digestibilidade o nabo forrageiro, a canola e o triticale são recomendados para o prolongamento da estação de pastejo até os 76 DAS durante o outono.

A energia líquida de lactação (EL_L) manteve-se constante ($p < 0,05$) com exceção da crotalária que reduziu ($p < 0,05$) em 17% a sua capacidade de fornecer energia para a lactação quando foi colhida aos 76 DAS após as demais mantiveram os níveis de energia constantes ($p < 0,05$).

Como as plantas não apresentaram diferença ($p < 0,05$) entre as épocas de coleta, pode se inferir que aos 76 DAS as espécies forrageiras estudadas são capazes de fornecer quantidades de energia semelhantes de quando foram coletadas aos 43 e aos 60 DAS.

Entre as espécies a canola apresentou EL_L superior ($p < 0,05$) nas três épocas de coleta com valores de 1,83; 1,91 e 2,00 Mcal/kg MS para os tempos de 43; 60 e 76 dias após semeadura respectivamente. Não diferenciou ($p < 0,05$) apenas do nabo forrageiro na coleta aos 43 DAS que apresentou 1,61 Mcal/kg MS. Em geral o trigo apresentou EL_L inferior ($p < 0,05$) para as três épocas de coleta com valores de 1,47; 1,36; 1,34 Mcal/kg MS para as coletas aos 43; 60 e 76 DAS respectivamente. Entretanto, não diferenciou ($p < 0,05$) do triticale e da crotalária.

De acordo o NRC (2001) por meio das equações de predição de requerimento de energia, vacas holandesas aos 90 dias de lactação com a inserção de 20,3 kg/MS dia necessitam de 1,37 Mcal/kg MS ingerida, e vacas Jersey ao ingerirem 18,0 kg/MS dia

necessitam de 1,54 Mcal/kg de MS ingerida, informações essas nos padrões de composição do leite do estabelecidos pelo NRC (2001). Em geral a energia fornecida pelas espécies forrageiras estudadas para o outono supre a demanda de EL_L em quaisquer que sejam os tempos de coleta, isso torna possível a extensão da estação de pastejo até 76 DAS mantendo as vacas exclusivamente a pasto sem prejuízos para o aporte energético para a produção de leite.

4.2 Variáveis avaliadas no solo

4.2.1 Primavera

4.2.1.1 Nitrogênio, carbono, C/N, carbono da biomassa microbiana

As variáveis apresentadas na Tabela 18, não apresentaram diferença ($p > 0,05$) entre as espécies forrageiras avaliadas, sendo assim são apresentadas as médias das observações.

O teor de N encontrado apresenta-se em níveis satisfatórios para produção das plantas e possivelmente não foi limitante para o desenvolvimento das espécies, com teores médios que variaram de 0,192 a 0,215%. Acosta-Martinez et al. (2007) ao avaliar um sistema de rotação de culturas por 15 anos em profundidade média de 15 cm, encontrou valores médios de N de 0,510% valor superior aos encontrados nesse estudo. Porém sabe-se que a rotação de culturas influenciam positivamente o sistema devido à variedade de material vegetal depositado e as alterações no solo (Gurr et al., 2003, Smith et al., 2008).

A ervilhaca peluda não foi eficiente em incrementar o nível de N no solo, mesmo sendo uma planta leguminosa. Entende-se que as condições de cultivo e o tempo não foram suficientes para que o processo de fixação do N atmosférico fosse significativa.

Fortuna et al. (2008) estudaram plantas leguminosas em sistema de plantio direto e obtiveram resultados médios de 0,890% que elevaram para até 1,5% de N a 10 cm de profundidade, o que respalda a informação que as leguminosas atuam positivamente na fixação de N.

Tabela 18. Médias de nitrogênio (N), carbono (C), razão carbono/nitrogênio (C/N), carbono da biomassa microbiana (CBM) de amostras de solo coletadas em forrageiras alternativas de primavera/2015

Variável	Forrageiras alternativas sazonais						EPM	<i>P</i>	
	Trigo	Triticale	Cevada	Centeio	Ervilhaca peluda	Mix primavera			Controle
N, %	0,215	0,200	0,195	0,200	0,187	0,195	0,192	0,0088	0,4672
C, %	2,66	2,37	2,35	2,43	2,25	2,35	2,34	0,119	0,3512
C/N	12,4	12,0	12,1	12,1	12,0	12,1	12,1	0,16	0,5963
CBM, $\mu\text{g g solo}^{-1}$	311,9	387,3	323,9	342,1	316,4	307,5	304,8	40,33	0,7848

EPM = erro padrão da média

Os teores de C mantiveram-se estáveis e as médias variaram de 2,25 a 2,66%. Essa manutenção possivelmente pode ter sido influenciada pela não decomposição do material vegetal no solo devido as baixas temperaturas do inverno e até mesmo as temperaturas médias da primavera (Tabela 1) que não ofereceram condições dos microrganismos atuarem no processo de mineralização do C.

A razão C:N está em um faixa favorável que não apresenta limitação para processos de mineralização, a média geral foi de 12,1. A relação C:N é usada comumente em modelos de predição de disponibilidade do N durante os processos de decomposição de material orgânico (Nicolardot et al., 2001).

Para a variável CBM as médias variaram de 304,8 a 387,3 $\mu\text{g g solo}^{-1}$, o mix de primavera com diversas plantas com propriedades diferentes não influenciou ($p>0,05$) o CBM as variáveis estudadas. O carbono da biomassa microbiana é uma variável que depende de diversos fatores edafoclimáticos e especificidades do solo local, cultivo realizado entre outros; o que inviabiliza a sua comparação entre sistemas (Kallenbach & Grandy, 2011).

O revolvimento do solo pode influenciar negativamente as concentrações de microrganismos, assim como as baixas temperaturas podem cessar a multiplicação dos mesmos, como nesse estudo o solo sempre foi revolvido e o cultivo da primavera ser antecedido por temperaturas geladas do inverno e até mesmo temperaturas baixas durante o período da primavera (Tabela 1). Kaschuk et al. (2010), em uma meta-análise de sistemas de cultivo com solo revolvido em diversas situações, relataram CBM com concentrações em geral inferiores a 400,0 $\mu\text{g g solo}^{-1}$.

4.2.1.2 Densidade, agregados e conteúdo de areia e índices de fertilidade

As variáveis apresentadas na Tabela 19 em geral não foram influenciadas ($p>0,05$) pelas espécies forrageiras, com exceção para a CTC.

A Ds apresentou médias que variaram de 0,93 a 0,98 mg m^{-3} . Rienzi et al. (2016) avaliaram a Ds em um solo com textura próxima ao solo desse estudo, com manejo similar de gradagem entre as semeaduras e encontraram Ds média de 1,21 mg m^{-3} , esses valores não foram prejudiciais as plantas cultivadas. Os valores médios de Ds não influenciaram negativamente no desenvolvimento das plantas no decorrer do período.

Para a distribuição de agregados a maior quantidade está na classe de 0,250 – 2,00 mm apresentaram valores variantes entre de 42,1 a 47,6%.

Tabela 19. Médias de densidade do solo (Ds), agregados, conteúdo de areia em dois tamanhos de agregados e composição química de amostras de solo coletas em forrageiras alternativas na primavera/2015

Variável	Forrageiras alternativas sazonais							EPM	P
	Trigo	Triticale	Cevada	Centeio	Ervilhaca peluda	Mix primavera	Controle		
Ds, mg m ⁻³	0,97	0,98	0,98	0,93	0,98	0,94	0,96	0,037	0,9159
Agregados, %									
> 2,00, mm	25,8	25,7	26,6	27,9	22,5	26,9	25,9	2,47	0,8207
0,250 - 2,000, mm	45,2	42,1	45,7	45,7	44,3	47,6	43,7	2,42	0,7752
0,053 - 0,250, mm	25,5	26,3	24,4	22,2	29,4	22,1	27,0	3,06	0,6177
Conteúdo de areia, %									
0,250 - 2,000, mm	64,8	66,7	63,6	63,9	67,6	61,8	64,9	3,00	0,8529
0,053 - 0,250, mm	31,9	34,1	37,1	36,9	34,3	32,6	37,8	1,27	0,0223
pH, H ₂ O	5,57	5,60	5,52	5,60	5,65	5,60	5,70	0,051	0,3582
CTC	10,32a	9,95ab	9,95ab	9,47ab	8,90b	9,82ab	9,25ab	0,268	0,0231
V, %	49,7	46,9	49,5	51,1	52,5	49,4	52,4	1,85	0,3750
Ca sat, %	32,1	30,9	31,6	33,0	34,0	32,2	34,3	1,44	0,5835
Mg sat, %	13,0	11,2	12,2	12,8	12,7	11,7	12,5	0,57	0,3185
K sat, %	4,60	4,82	5,67	5,32	5,80	5,52	5,65	0,300	0,0723
P sat, %	10,50	10,10	11,20	10,62	10,77	10,90	10,02	0,547	0,7328
Ca, ppm	661,7	607,2	624,7	616,2	605,2	628,5	631,0	24,00	0,7037
Mg, ppm	160,2a	131,0b	143,2ab	141,2ab	135,2ab	135,5ab	137,7ab	5,80	0,0464
K, ppm	187,2	185,7	218,7	195,5	200,2	209,7	203,5	9,15	0,1832
P, ppm	155,2	143,5	154,0	151,2	144,7	148,5	144,0	9,60	0,9499

CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; Ca sat = saturação por cálcio; Mg sat = saturação por magnésio; K sat = saturação por potássio; P sat = saturação por fósforo; Ca = cálcio; Mg = magnésio; K = potássio; P = fósforo; EPM = erro padrão da média

^{a-b} Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey;

Essa distribuição pode estar associada ao tipo de raiz dessas plantas que são em sua maioria gramíneas e podem ter influenciado na agregação da classe 0,250 – 2,00, e até mesmo o manejo de gradagem que pulveriza os agregados de maior diâmetro.

Para o conteúdo de areia nas classes de agregados avaliadas a classe de 0,250 – 2,00 mm apresentou maior percentual de areia os valores médios ficaram entre 61,8 e 67,6%, mais de 60% dos agregados dessa classe eram compostos por areia. A classe de agregados 0,053 – 0,250 apresentou menor percentual de areia, os valores variaram de 31,9 a 37,8. De acordo com Boix-Fayos et al. (2001), apenas a fração argila se correlaciona de maneira positiva aos índices de agregação do solo. Diante dessas informações é possível inferir que esse solo apresenta baixo grau de agregação, pois trata-se de um solo com textura franco-arenosa (Tabela 2).

Para a variável capacidade de troca catiônica (CTC), embora os valores observados estejam muito próximos, o solo cultivado com trigo foi superior ($p < 0,05$) ao solo cultivado com as demais espécies e apresentaram valor de 10,32. Essa diferença pode estar relacionada a uma variação amostral, ou a variação do magnésio (Mg), que pode ter sido exportado para os tecidos vegetais, ou a lixiviação de nutrientes devido não estarem aderidos ao solo. A capacidade de troca catiônica depende da classe textural do solo, do tipo de mineral de argila presente e da composição da matéria orgânica (Brady, 1989).

De acordo com o Cornell Field Crops and Soils Handbook, (1987), solos com CTC próximas a 12 cmolc são solos de textura grossa a muito grossa, com composição predominantemente arenosa originada de quartzo e próximas a areias de praia ou lago. Características similares a textura (Tabela 1), e a localização geográfica (Figura 1) do solo avaliado.

O solo pode ser classificado como eutrófico pela média geral da V% que foi de 50,1%, porém muito perto do limite para ser considerado como distrófico. Como é possível analisar índices gerais de Ca, K e Mg moderados (Tabela 19) e a saturação por bases baixa, logo pode-se inferir que esse solo devido as suas características físicas não é capaz de aderir as bases as suas partículas.

O pH está em faixa ligeiramente ácida (Tabela 19), o que leva a entender que o hidrogênio (H) e o alumínio (Al) estão ocupando os pontos das bases trocáveis e acidificando o solo.

Os teores de Ca variaram entre 605, a 661,7 ppm, e são considerados baixos pois os teores recomendados devem estar no intervalo de 800 a 1200 ppm, para o K os teores variaram entre 185,7 a 218,7 ppm, e são considerados como moderados, os teores devem

estar no intervalo de 170 a 280 ppm (Wolf & Beagle, 1995). A V% é baseada no conceito de estabelecer relações ideais entre as bases que a compõem (Ca, Mg e K), com a finalidade de maximizar a produção das culturas (Eckert, 1995).

4.2.2 Verão

4.2.2.1 Avaliação em três épocas de coleta

4.2.2.1.1 Densidade, nitrogênio, carbono, C/N, carbono da biomassa microbiana

As variáveis apresentadas na Tabela 20, não apresentaram efeito ($p < 0,05$) da interação espécies de plantas forrageiras e de épocas coleta.

Não houve efeito ($p > 0,05$), da interação de espécies forrageiras e de épocas de coleta para a variável Ds, assim como não houve efeito independente de espécies (Tabela 20). Porém, efeito ($p < 0,05$) de época de coleta foi detectado (Tabela 21).

Os valores médios encontrados para a Ds variaram de 1,01 a 1,12 mg m^{-3} , esses valores não foram limitantes para o desenvolvimento das plantas, os seus sistemas radiculares possivelmente não sofreram impedimento para acessar as camadas de solo exploradas. O manejo de gradagem revolveu o solo, e rompeu quaisquer possíveis camadas compactadas. Souza et al. (2013) ao trabalhar com gramíneas forrageiras no verão encontraram Ds de até 1,37 mg m^{-3} a profundidade de até 0-10 cm, e esse valor não foi limitante para o desenvolvimento das plantas.

Tabela 20. Médias de densidade do solo (Ds), nitrogênio (N), carbono (C), razão carbono/nitrogênio (C/N), carbono da biomassa microbiana (CBM) de amostras de solo coletas em forrageiras alternativas de verão/2015

Variável	Forrageiras alternativas sazonais									EPM	<i>P</i>
	Sorgo BMR	Trigo sarraceno	Teff	Milheto	Aveia	Chickling Vetch	Mix verão	Super Mix	Control e		
Ds, mg m ⁻³	1,12	1,02	1,06	1,04	1,01	1,10	1,03	1,05	1,04	0,037	0,4995
N, %	0,145	0,142	0,134	0,139	0,147	0,140	0,140	0,147	0,149	0,0056	0,6788
C, %	1,48	1,57	1,43	1,50	1,59	1,52	1,54	1,66	1,64	0,057	0,1377
C/N	10,7	11,2	10,8	10,9	10,9	10,9	11,2	11,4	11,1	0,30	0,8415
CBM, µg g solo ⁻¹	794,7	662,1	847,6	760,4	828,7	810,9	722,4	817,7	836,0	48,18	0,1747

EPM = erro padrão da média

As amostras de solo coletadas a 3 e 10 DAS apresentaram Ds de 1,09 e 1,07 mg m⁻³ que não diferiram ($p>0,05$) entre si, e foram superiores das amostras coletadas aos 48 DAS, que apresentou valor de 0,98 mg m⁻³. Esses níveis de Ds não foram capazes de impedir o desenvolvimento das raízes, elas cresceram facilmente e ocuparam lacunas e/ou poros do solo que espaçaram as partículas umas das outras, e por serem material vegetal possuem menor densidade, o que reduziu a Ds do solo.

Tabela 21. Médias de densidade do solo (Ds), nitrogênio (N), carbono (C), razão carbono/nitrogênio (C/N), carbono da biomassa microbiana (CBM) de amostras de solo coletas em três épocas em forrageiras alternativas de verão/2015

Variável	Coleta (DAS)			EPM	P
	3	10	48		
Ds mg m ⁻³	1,09 ^a	1,07 ^a	0,98 ^b	0,020	0,0005
N %	0,139 ^b	0,150 ^a	0,138 ^b	0,0030	0,0078
C %	1,57	1,52	1,55	0,023	0,1253
C/N	11,4 ^a	10,3 ^b	11,3 ^a	0,17	<0,0001
CBM µg g solo ⁻¹	805,7 ^b	909,5 ^a	644,9 ^c	27,82	<0,0001

Semeadura = 12/06/2015; EPM = erro padrão da média

^{a-c} Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Não houve efeito ($p>0,05$) da interação de espécies forrageiras e épocas de coleta de solo para a variável N, assim como não houve efeito ($p>0,05$) independente de espécies forrageiras (Tabela 20), entretanto houve efeito ($p<0,05$) de época de coleta do solo (Tabela 21). O chickling vetch como leguminosa não foi capaz de exercer uma boa simbiose com as bactérias fixadoras de N e incrementar os níveis de N no solo, o que pode ser devido ao rápido ciclo de cultivo, já que o solo foi coletado a 48 DAS do chickling vetch.

O teor de N quando as amostras foram coletadas a 3 DAS (0,139%) foi inferior ($p<0,05$) de quando coletadas a 10 DAS (0,150%; Tabela 21). Essa variação pode estar associada a fixação atmosférica natural de N ou a uma aceleração da mineralização dos resíduos orgânicos no solo. O N aos 48 DAS (0,138%) foi inferior ($p<0,05$) em relação aos 10 DAS. A redução desse valor pode estar ligada a uma maior extração pelas plantas para incremento de biomassa aérea. Um comportamento a ser observado é o uso, e eficiência do uso do N nesse solo, pois mesmo após 48 DAS, em que as plantas extraíram N do sistema para a produção de biomassa o nível de nitrogênio não diferiu ($p>0,05$) da fase inicial.

Não houve efeito ($p>0,05$) da interação de espécies forrageiras e épocas de coleta de solo para a variável C, assim como não houveram efeitos ($p>0,05$) independentes de espécies forrageiras e nem de épocas de coleta (Tabelas 20 e 21). O carbono contido no solo em forma de matéria orgânica não foi influenciado pelas espécies de plantas e assim elas não exerceram atividades diferenciadas como a liberação de exsudatos das raízes ou mesmo a fixação biológica de N por meio da simbiose com as bactérias, os valores médios de C do solo cultivador sobre as diferentes espécies variou de 1,43 a 1,66% (Tabela 20). A variação do tempo de coleta não foi suficiente para incrementar os teores de C que variaram de 1,52 a 1,57%. De acordo com MacDaniel et al. (2014), solos com cultivo anuais e constantemente revolvidos apresentam em média níveis de C que variaram de 0,5 a 2,5%.

Não houve efeito ($p>0,05$) da interação espécies de plantas forrageiras e épocas de coleta para a variável razão C:N, assim como não houve efeito ($p>0,05$) independente de espécies forrageiras (Tabelas 20). Entretanto foi detectado efeito ($p<0,05$) independente de época de coleta (Tabela 21). A razão C:N chegou a 10,3 aos 10 DAS, aumentando para 11,3 aos 48 DAS, apesar dessa diferença ser pequena pode favorecer uma maior ação dos microrganismos decompositores de matéria orgânica, porém os níveis de C não foram influenciados o que evidencia que essa diferença não foi suficiente para interferir nos processos decompositores. A razão C:N não limitara a ação de microrganismos decompositores e os substratos vegetais que estão no solo não tem variações bruscas na sua composição.

Não houve efeito ($p>0,05$) da interação espécies de plantas forrageiras e épocas de coleta para o CBM, assim como não houve efeito ($p>0,05$) independente de espécies de plantas forrageiras (Tabela 20). Entretanto foi detectado efeito independente de época de coleta de solo (Tabela 21). As plantas cultivadas não possuem condições de influenciar nas comunidades ou na atividade dos microrganismos decompositores, os teores variaram de 662,1 a 847,6 $\mu\text{g g solo}^{-1}$ (Tabela 20).

O teor de CBM encontrado aos 10 DAS foi de 909,5 $\mu\text{g g solo}^{-1}$, e foi superior as demais épocas. O mais baixo teor encontrado foi aos 48 DAS que foi de 644,9 $\mu\text{g g solo}^{-1}$. Esse comportamento pode estar relacionado ao aumento do teor de N, que pode ter acelerado a atividade e a multiplicação do microrganismo no solo. A redução do teor aos 48 DAS possivelmente sofreu efeito inverso, ou seja, o teor de N reduziu e conseqüentemente a atividade dos microrganismo também reduziu. Os níveis de CBM

encontrados estão dentro do intervalo para pastagens cultivadas (Wright & Coleman, 2000).

O incremento do CBM não foi capaz de influenciar o C total no solo. Em sistemas de cultivo agrícola anual o CBM, corresponde a um percentual inferior que 2,5% do carbono total (Dalal, 1998; Fierer et al., 2009). A biomassa microbiana assim como a sua eficiência em metabolizar carbono, apresentam comportamento variável e fatores como a proteção do solo, agregação e matéria orgânica influenciam nesse processo (Hassink & Whitmore, 1997; Van Gestel et al., 1996).

4.2.2.2 Avaliação em duas épocas de coleta

4.2.2.2.1 Agregados, conteúdo de areia e índices de fertilidade

Houve efeito ($p < 0,05$) da interação espécies de plantas forrageiras e das épocas de coleta para a variável saturação por magnésio (Mg sat). Em geral não houve ($p > 0,05$) diferença entre as épocas de coletas, com exceção do solo cultivado com o teff, que foi inferior ($p < 0,05$) quando coletado aos 48 DAS apresentou valor de 6,47%. A Mg sat. não variou entre os 3 a 48 DAS das espécies. A média geral da Mg sat. aos 3 DAS foi de 8,52% (Tabela 22).

Não houve diferença ($p > 0,05$) da Mg Sat. entre as espécies de plantas forrageiras quando o solo foi coletado aos 3 DAS. A Mg sat. foi superior no solo cultivado com aveia e apresentou valor de 9,50%, e foi inferior ($p < 0,05$) no teff que apresentou valor de 6,47%. O comportamento do Mg sat. demonstrou variações relativamente baixas entre os tratamentos, por isso apenas a aveia e o teff se diferenciaram ($p < 0,05$). A Mg sat. pode ter sido influenciada pela extração de magnésio pelas plantas, além de que por se tratar de solo com textura franco-arenosa (Tabela 1), a saturação por bases está baixa (Tabela 23). Isso faz com que as bases fiquem livres na solução do solo o que pode ter influenciado no teor desse elemento. Além do efeito físico da planta nas parcelas que podem ter criado diferentes formas de realocamento do nutriente nas frações coletadas.

Não houve efeito ($p > 0,05$) da interação época de coleta e espécies de plantas forrageiras, assim como não houve efeito ($p > 0,05$) para espécies de plantas forrageiras sobre as variáveis apresentadas na Tabela 23 que apresentaram as médias dos valores obtidos. Porém em geral houve efeito ($p < 0,05$) de época de coleta (Tabela 24).

Tabela 22. Médias da saturação por magnésio de amostras de solo coletas em duas épocas em forrageiras alternativas de verão/2015

Coleta (DAS)	Forrageiras alternativas sazonais									EPM	P
	Sorgo BMR	Trigo sarraceno	Teff	Milheto	Aveia	Chickling Vetch	Mix verão	Super Mix	Controle		
	Saturação por magnésio (%)										
3	8,52 ^{Aa}	8,52 ^{Aa}	8,52 ^{Aa}	8,52 ^{Aa}	8,52 ^{Aa}	8,52 ^{Aa}	8,52 ^{Aa}	8,52 ^{Aa}	8,52 ^{Aa}	0,373	0,0140
48	7,92 ^{Aabc}	8,12 ^{Aabc}	6,47 ^{Bc}	7,47 ^{Abc}	9,50 ^{Aa}	8,62 ^{Aab}	7,87 ^{Aabc}	6,93 ^{Abc}	8,60 ^{Aab}		

Semeadura = 06/12/2015; * dias após semeadura; EPM = erro padrão da média

Tabela 23. Médias de agregados, conteúdo de areia de duas classes de agregados e composição química de amostras de solo coletadas em forrageiras alternativas de verão/2015

Agregados (mm)	Forrageiras alternativas sazonais								EPM	P	
	Sorgo BMR	Trigo sarraceno	Teff	Milheto	Aveia	Chickling Vetch	Mix verão	Super Mix			Controle
Agregados, %											
> 2,000, mm	43,8	44,9	42,4	44,4	44,3	45,3	44,1	45,2	45,7	0,93	0,4058
0,250 – 2,000, mm	42,0	40,0	41,3	39,2	39,0	39,7	40,9	38,1	39,2	1,42	0,6347
0,053 – 0,250, mm	10,9	12,3	13,4	12,5	13,6	12,0	12,3	13,3	12,1	1,17	0,8182
Conteúdo de areia, %											
0,250 - 2,000, mm	61,3	63,0	62,58	61,3	61,5	62,6	60,5	61,0	62,4	1,13	0,7859
0,053 – 0,250, mm	35,9	33,8	34,0	35,1	33,6	35,2	33,6	34,0	34,1	0,72	0,3194
pH, H ₂ O	5,67	5,76	5,74	5,70	5,80	5,70	5,71	5,68	5,70	0,043	0,5190
CTC	7,99	8,25	8,40	8,09	7,99	7,94	7,95	8,20	8,14	0,17	0,5548
V, %	41,8	42,9	40,8	41,7	44,4	42,7	42,2	39,7	43,1	1,19	0,2938
Ca sat, %	26,3	30,6	27,2	30,3	31,7	30,2	30,6	28,2	30,7	1,83	0,4534
K sat, %	3,54	3,99	4,32	3,44	3,67	3,86	3,47	3,74	3,89	0,222	0,1742
P sat, %	5,36	5,72	5,86	5,66	5,37	5,30	5,86	5,55	5,68	0,366	0,9516
Ca, ppm	480,6	502,7	502,8	487,0	501,2	480,4	482,3	463,2	496,7	12,35	0,3471
Mg, ppm	79,0	82,0	90,7	77,5	85,6	81,7	77,7	76,3	83,2	3,8	0,2207
K, ppm	111,5	128,4	127,7	109,7	116,7	119,7	109,3	120,7	124,0	5,88	0,1869
P, ppm	83,7	88,2	79,8	90,4	82,4	83,2	89,9	87,4	87,6	5,99	0,9198

CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; Ca sat = saturação por cálcio; K sat = saturação por potássio P sat = saturação por fósforo; Ca = cálcio; Mg = magnésio; K = potássio; P = fósforo; EPM = erro padrão da média

As espécies forrageiras não diferiram ($p > 0,05$) sobre as classes de agregados estudadas (> 2.000 ; $0.250 - 2.000$ e $0,053 - 0.250$ mm). Os mixes de plantas de verão e também de todas as plantas não se mostraram eficientes em relação ao monocultivo. Se faz importante lembrar que devido ao banco de sementes de plantas não desejáveis e plantas de cobertura cultivadas na área de controle, existia uma população considerável de plantas não desejáveis, o sistema radicular dessas plantas podem ter atuado como os das gramíneas e a diferença não foi observada (Tabela 23). Em geral o efeito nos atributos físicos do solo em sistemas de cultivo e observado após 3 ou mais anos de aplicação dos tratamentos (Elliott, 1986).

Para a classe de agregados $> 2,00$ mm o percentual decresceu de 63,4% aos 3 DAS para 25,5% aos 48 DAS (Tabela 24). Quando a atividade microbiana reduz (Tabela 21) ao redor dos fragmentos pela diminuição da disponibilidade de carbono orgânico, os macro agregados ($> 0,250$ mm) se rompem e se encaixam em classes menores ($< 0,250$ mm) devido a sua formação geométrica (Golchin et al., 1998). Esse comportamento evidencia o aumento ($p < 0,05$) do percentual da classe de agregados nas classes de $0,250 - 2,00$ mm de 30,6% aos 3 DAS para 49,3%, aos 48 DAS o aumento foi de 61,1%.

A maior proporção de areia estava na classe de agregados $> 0,250$, pois houve efeito ($p < 0,05$) para o conteúdo de areia nesta fração, isso se deve à grande quantidade de areia nesse solo (56%), a areia participou da formação dos agregados ou estava presente como elemento simples, pois nessa fração com o aumento de 18,7% da percentagem de agregados o conteúdo de areia aumentou 6,9%, e na fração de $0,053 - 0,250$ mm o aumento de agregados foi de 16,7% e o conteúdo de areia aumentou apenas 4,2%.

O pH ainda continua ácido aos 48 DAS, com valor de 5,81 (Tabela 24). Porém foi levemente superior ($p < 0,05$) do que aos 3 DAS que foi de 5,62. Esse leve aumento pode estar relacionado a lixiviação ou remoção de alumínio e do hidrogênio, ou mesmo a sua disposição em outras formas, já que os níveis de Ca reduziram ($p < 0,05$), e o Mg e o K se mantiveram constantes.

Tabela 24. Médias de agregados, conteúdo de areia em duas classes de agregados e composição química de amostras de solo coletadas em duas épocas em forrageiras alternativas de verão/2015

Variável	Forrageiras alternativas sazonais		EPM	P
	Época (DAS)			
	3	48		
Agregados, %				
> 2,00, mm	63,4 ^a	25,5 ^b	0,43	<0,0001
0,250 – 2,000, mm	30,6 ^b	49,3 ^a	0,67	<0,0001
0,053 – 0,250, mm	4,16 ^b	20,82 ^a	0,549	<0,0001
Conteúdo de areia, %				
0,250 - 2,000, mm	58,3 ^b	65,2 ^a	0,52	<0,0001
0,053 – 0,250, mm	36,3 ^a	32,4 ^b	0,34	<0,0001
pH, H ₂ O	5,62 ^b	5,81 ^a	0,020	<0,0001
CTC	8,47 ^a	7,73 ^b	0,080	<0,0001
V (%)	42,7	41,6	0,56	0,1768
Ca sat, %	30,2	28,8	0,86	0,2559
K sat, %	3,95 ^a	3,59 ^b	0,105	0,0223
P sat, %	5,42	5,75	0,173	0,1909
Ca, ppm	510,0 ^a	467,1 ^b	5,82	<0,0001
Mg, ppm	86,0 ^a	77,1 ^a	1,75	0,0011
K, ppm	131,0 ^a	106,3 ^a	2,77	<0,0001
P, ppm	86,2	85,5	2,82	0,8542

Semeadura = 12/06/2015; CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; Ca sat = saturação por cálcio; K sat = saturação por potássio; P sat = saturação por fósforo; Ca = cálcio; Mg = magnésio; K = potássio; P = fósforo; EPM = erro padrão da média

^{a-b} Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey

4.2.3 Outono

4.2.3.1 Avaliação em três épocas de coleta

4.2.3.2 Densidade, nitrogênio, carbono, C/N, carbono da biomassa microbiana

Não houve efeito ($p > 0,05$) da interação época de coleta e espécies de plantas forrageiras para as variáveis estudadas em três épocas de coleta. Para o efeito simples de espécies forrageiras também não foi detectado efeito ($p > 0,05$), para nenhuma das variáveis estudadas (Tabela 25). O estudo dessas variáveis, na estação do outono nos leva a entender que o curto ciclo das plantas a mistura entre elas (mix de outono) e até mesmo as misturas entre plantas de várias estações não foram suficientes para influenciá-las.

A variável Ds do solo está entre a faixa de valores esperados devido ao preparo de manejo do solo. O carbono da biomassa microbiana representa cerca de 5,54% do carbono total, a média entre a faixa encontrada para sistemas de cultivo anuais (Dalal, 1998; Fierer et al., 2009; Kaschuk et al., 2010; Sparling, 1992).

Tabela 25. Médias de densidade do solo (Ds), nitrogênio (N), carbono (C), razão carbono/nitrogênio (C/N), carbono da biomassa microbiana (CBM) de amostras de solo coletadas em forrageiras alternativas de outono/2015

Variável	Forrageiras alternativas sazonais									EPM	P
	Nabo forrageiro	Aveia	Canola	Trigo	Triticale	Crotalária	Mix outono	Super Mix	Controle		
Ds, mg m ⁻³	1,09	1,10	1,08	1,03	1,10	1,07	1,11	1,09	1,12	0,020	0,1505
N, %	0,139	0,142	0,151	0,137	0,137	0,143	0,146	0,151	0,147	0,0037	0,0881
C, %	1,60	1,56	1,67	1,48	1,55	1,60	1,64	1,71	1,61	0,044	0,0580
C/N	11,6	11,2	11,3	11,0	11,4	11,2	11,4	11,5	11,2	0,16	0,3241
CBM µg g solo ⁻¹	554,9	559,9	595,5	540,2	482,5	563,7	533,0	550,9	553,4	36,45	0,6997

^{a-b} Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey; EPM = erro padrão da média

Em relação ao efeito de época sobre as variáveis coletadas em três épocas (7; 36 e 66 DAS), foram verificados e efeitos ($p < 0,05$) com exceção do N. A Ds aumentou ($1,11 \text{ Mg m}^{-3}$) na última época de coleta (66 DAS) porém não foi diferente ($1,09 \text{ mg m}^{-3}$; $p < 0,05$) da primeira época de coleta (7 DAS). Esse comportamento do solo está relacionado ao processo natural de adensamento do solo em que ocorre o rearranjo das partículas por influências de fatores naturais como chuva e variação de temperaturas, pois não ocorreu o pisoteio de animais nem mesmo o tráfego de máquinas.

O teor de C aumentou aos 36 DAS (1,65%) e não diferenciou da coleta aos 66 DAS (1,62%), ambos foram superiores ($p < 0,05$) a época de coleta aos 7 DAS (1,54%). Esse aumento pode estar relacionado a redução da imobilização do carbono pela biomassa microbiana (Tabela 26), que reduziu a sua atividade, além da redução de perdas do carbono por respiração na forma de CO_2 , já que a temperatura diminuiu (Tabela 1) e o ambiente e as condições ótimas para o processo de respiração foram influenciadas negativamente. Essa variação também pode estar relacionada a mudança na forma do carbono encontrada no solo e ao processo de decomposição e incorporação de material vegetal presente na área experimental. Como ocorreu o aumento do C e o N continuou constante a razão C:N aumentou ($P < 0,05$), entretanto a variação não apresentou mudanças que possam influenciar os processos no solo derivados dessa proporção (Allison, 1966).

Para o CBM, a variação foi particularmente interessante, pois no decorrer das épocas de coleta o CBM reduziu e voltou a aumentar ($p < 0,05$). Aos 7 DAS o CBM foi de $600,4 \mu\text{g g solo}^{-1}$, aos 36 DAS o teor de CBM reduziu ($p < 0,05$) para $236,0 \mu\text{g g solo}^{-1}$, e voltou a aumentar ($p < 0,05$) para $808,3 \mu\text{g g solo}^{-1}$ aos 66 DAS. De acordo Wright & Coleman (2000), é possível encontrar CBM em pastagens perenes com teores acima de $900 \mu\text{g g solo}^{-1}$. Kaschuk et al. (2010) referem-se à matéria orgânica como o fator primordial que afeta a restrição da comunidade microbiana no solo, logo carbono por eles sintetizados.

Nesse caso fatores como a rotação de cultura na área devido a diferentes tipos de plantas forrageiras e de plantas de cobertura cultivadas, conteúdo de carbono e frações podem ter influenciado esse comportamento. A disponibilidade de C facilmente metabolizados devido a presença de diversos substratos naturais vindos da rotação de culturas pode ter interferido na dinâmica populacional dos microrganismos do solo.

De acordo Robertson et al. (1997), a biomassa microbiana pode sofrer variações muito rápidas com variações severas até mesmo dentro de uma semana.

Tabela 26. Médias de densidade do solo (Ds), nitrogênio (N), carbono (C), razão carbono/nitrogênio (C/N), carbono da biomassa microbiana (CBM) de amostras de solo coletadas em três épocas em forrageiras alternativas do outono/2015

Variável	Época de coleta (DAS)			EPM	P
	7	36	66		
Ds, mg m ⁻³	1,09 ^{ab}	1,07 ^b	1,11 ^a	0,012	0,0158
N, %	0,143	0,144	0,143	0,0019	0,8767
C, %	1,54 ^b	1,65 ^a	1,62 ^a	0,020	0,0002
C/N	11,0 ^b	11,5 ^a	11,4 ^a	0,09	0,0003
CBM µg g solo ⁻¹	600,4 ^b	236,0 ^c	808,3 ^a	21,07	<0,0001

Semeadura = 27/08/2015; EPM = erro padrão da média

^{a-c} Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey;

4.2.3.2 Avaliação em duas épocas de coleta

4.2.3.2.1 Agregados, conteúdo de areia e índices de fertilidade

Houve efeito ($p < 0,05$) da interação de espécies de plantas forrageiras e épocas de coleta do solo para a variável conteúdo de areia, nas classes de agregados de 0,250 – 2,00 mm e 0,053 – 0,250 mm (Tabela 27). Em geral a diferença foi pequena, o maior conteúdo de areia estava nos agregados do solo cultivado com o super mix, o percentual foi de 65,6%, e o menor percentual nos agregados do solo cultivado com a canola que foi de 56,2%. A variedade de plantas no mesmo tratamento pode ter influenciado a adesão da areia aos agregados por apresentarem diferentes hábitos de crescimento e disposição do sistema radicular. Convém ressaltar que do valor encontrado no super mix não diferiu do controle, onde cresceram plantas não desejáveis devido ao banco de sementes presente.

De acordo Russel, (2002), das três classes primárias de partículas do solo a argila é o fator mais importante para a estabilização do agregados. O elevado conteúdo de areia influenciou negativamente a formação dos agregados nesse solo.

Não houve efeito ($p > 0,05$) de interação de época de coleta e espécies de plantas forrageiras para as variáveis apresentadas nas Tabelas 28 e 29. Na Tabela 28 estão apresentadas as médias das variáveis estudadas em duas épocas de coleta, pois não foi verificado efeito ($p > 0,05$) para das espécies de plantas forrageiras. Ao se observarem os resultados, percebe-se que a classe de agregados maiores que 0,250 mm (macroagregados), estão em maior proporção em média 80%. O pH com valor médio de 5,60 está em uma faixa levemente ácida. A saturação por bases abaixo de 50% caracteriza como um solo distrófico. Níveis muito baixos de Ca, médios de Mg e K, e muito alto de P.

Tabela 27. Médias do conteúdo de areia de duas classes de agregados de amostras de solo coletas em duas épocas em forrageiras alternativas de outono/2015

Coleta (DAS)	Forrageiras alternativas sazonais									EPM	P	
	Nabo forrageiro	Aveia	Canola	Trigo	Triticale	Crotalária	Mix outono	Super Mix	Controle			
0,250 – 2,000, mm												
7	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	59,6	1,20	0,0123
66	62,2 ^{abc}	59,7 ^{abc}	56,2 ^c	58,8 ^{bc}	59,6 ^{abc}	61,3 ^{abc}	63,8 ^{ab}	65,6 ^a	63,5 ^{ab}			
0,053 – 0,250, mm												
7	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2 ^B	0,60	0,0063	
66	32,0 ^{ab}	31,9 ^{ab}	30,2 ^{bc}	31,6 ^{abc}	28,6 ^c	30,7 ^{abc}	30,8 ^{abc}	33,4 ^{ab}	33,7 ^{Aa}			

Semeadura = 27/08/2015; EPM = erro padrão da média

^{A-B a-c} Médias com letras maiúsculas diferentes na mesma coluna são diferentes e médias com letras minúsculas na mesma linha são diferentes ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey

Na Tabela 29 estão apresentadas as médias dos efeitos ($p < 0,05$) simples de época de coleta (7 e 66 DAS). A percentagem de agregados da classe $> 2,00$ m diminuiu ($p < 0,05$) 4,4% e os agregados das classes 0,250 – 2,00 e 0,053 – 0,250 aumentaram 2,4 e 1,9% respectivamente. Esse processo possivelmente ocorreu devido ao rearranjo de partículas e ou mudança da composição da matéria orgânica que compõe as maiores frações, esse solo tem um teor de areia e silte elevados (Tabela 2), e isso pode ter interferido na desagregação das partículas $> 2,00$ mm, condição que aumentou as partículas menores.

Tabela 28. Médias de agregados, conteúdo de areia em duas classes de agregados e composição química de amostras de solo coletadas em forrageiras alternativas do outono/2015

Variável	Forrageiras alternativas sazonais										
	Nabo forrageiro	Aveia	Canola	Trigo	Triticale	Crotalária	Mix outono	Super Mix	Controle	EPM	<i>P</i>
Agregados, %											
> 2,000, mm	28,3	26,7	28,1	26,3	28,4	26,5	26,9	27,2	26,7	0,99	0,7025
0,250 – 2,000, mm	52,6	53,0	52,9	52,8	53,3	53,3	53,8	52,0	53,3	1,22	0,9912
0,053 – 0,250, mm	15,9	17,4	16,3	18,1	15,6	17,3	16,6	18,0	17,3	0,83	0,3603
pH, H ₂ O	5,61	5,61	5,61	5,65	5,61	5,64	5,62	5,64	5,61	0,016	0,6037
CTC	7,74	7,60	7,70	7,65	7,75	7,47	7,64	7,71	7,56	0,128	0,8500
V, %	42,1	42,0	42,8	44,7	41,2	43,4	42,2	42,8	44,0	1,14	0,5504
Ca sat, %	28,3	28,3	28,5	30,0	27,4	28,6	28,0	28,6	29,2	0,85	0,6579
Mg sat, %	8,19	7,92	8,16	8,26	7,78	8,30	8,10	8,20	8,46	0,255	0,7435
K sat, %	5,62	5,75	6,19	6,42	6,08	6,46	6,17	5,97	6,31	0,302	0,5301
P sat, %	5,99	6,21	5,65	6,16	6,00	5,71	5,90	6,04	5,71	0,359	0,9510
Ca, ppm	435,1	429,2	437,5	456,2	425,0	425,5	426,1	439,2	439,6	10,58	0,5381
Mg, ppm	75,6	72,4	75,4	75,9	72,4	74,2	74,2	75,7	76,5	1,84	0,7218
K, ppm	170,5	172,4	186,1	192,0	185,3	188,1	183,5	179,9	186,5	8,85	0,7220
P, ppm	90,1	93,9	87,0	93,1	93,1	87,4	89,0	89,6	87,5	4,55	0,9378

CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; Ca sat = saturação por cálcio; Mg sat = saturação por magnésio; K sat = saturação por potássio; P sat = saturação por fósforo; Ca = cálcio; Mg = magnésio; K = potássio; P = fósforo; EPM = erro padrão da média

O pH aumentou ($p < 0,05$) e se tornou um pouco mais básico. Aos 7 DAS apresentou valor de 5,52 e aos 66 DAS valor de 5,72, a variação pode ser considerada baixa. A V%, aumentou ($p < 0,05$), porém o solo manteve o seu caráter distrófico (44,2%) aos 66 DAS. Os teores de K diminuíram de ($p < 0,05$) de 202,2 ppm aos 7 DAS para 163,1 ppm aos 66 DAS, saindo da faixa ótima (170 – 280), recomendada para o cultivo de gramíneas nos solos do nordeste dos EUA. Com a redução dos teores de K e manutenção dos demais nutrientes a saturação por esse nutriente também diminuiu e reduziu sua porcentagem na V% de 6,4% aos 7 DAS para 5,82% aos 66 DAS.

Tabela 29. Médias de agregados, conteúdo de areia em duas classes de agregados e composição química de amostras de solo coletadas em duas épocas em forrageiras alternativas de outono/2015

Variável	Forrageiras alternativas sazonais		EPM	P
	Coleta (DAS)			
	7	66		
Agregados, %				
> 2,00, mm	29,4 ^a	25,0 ^b	0,47	<0,0001
0,250 – 2,000, mm	51,8 ^b	54,2 ^a	0,57	0,0073
0,053 – 0,250, mm	16,0 ^b	17,9 ^a	0,38	0,0018
Conteúdo de areia, %				
0,250 - 2,000, mm				
0,053 – 0,250, mm				
pH (H ₂ O)	5,52 ^b	5,72 ^a	0,008	<0,0001
CTC	8,10 ^a	7,19 ^b	0,060	<0,0001
V (%)	41,4 ^b	44,2 ^a	0,54	0,0014
Ca Sat (%)	27,1 ^b	29,9 ^a	0,40	<0,0001
Mg Sat (%)	7,92 ^b	8,38 ^a	0,120	0,0122
K Sat, %	6,40 ^a	5,82 ^b	0,14	0,0078
P Sat, %	5,77	6,09	0,169	0,2030
Ca, ppm	439,7	429,9	4,99	0,1761
Mg, ppm	77,2 ^a	72,2 ^b	0,89	0,0003
K, ppm	202,2 ^a	163,1 ^b	4,17	<0,0001
P, ppm	90,5	89,6	2,14	0,7833

CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; Ca sat = saturação por cálcio; Mg sat = saturação por magnésio; K sat = saturação por potássio; P sat = saturação por fósforo; Ca = cálcio; Mg = magnésio; K = potássio; P = fósforo; EPM = erro padrão da média

^{a-b} Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey; EPM = erro padrão da média

V – CONCLUSÕES

As espécies forrageiras de primavera foram prejudicadas pelo inverno que antecedeu, com produção de biomassa reduzida. O trigo, o triticale e o centeio são indicados para serem cultivadas, na primavera. A cevada e a ervilhaca peluda devem ser evitadas.

No verão as plantas podem ser coletadas aos 47 dias após a semeadura sem prejuízos consideráveis. O sorgo BMR, o trigo sarraceno o milho e a aveia, podem ser cultivados com a finalidade de aumentar a produção de biomassa durante a estação de pastejo. O chickling vetch apresenta-se como uma boa estratégia para o incremento de proteína em pastagens orgânicas.

No outono o cultivo da aveia, do trigo e do triticale são recomendados com vistas a prolongar a estação de pastejo. A canola e o nabo forrageiro são boas estratégias para manutenção de cobertura do solo e fornecimento de biomassa de forragem.

O prolongamento da época de coleta das forrageiras aumenta a produção de biomassa, a fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina, e reduz o teor de proteína bruta. A produção de proteína bruta extrapolada por área é compensatória para a maioria das espécies.

A digestibilidade verdadeira *in vitro*, a fibra em detergente neutro digestível e a energia líquida de lactação apresentaram comportamento estável.

Os índices de avaliação para as forrageiras (VRA; QRF) apresentaram-se como boas ferramentas para avaliação das forrageiras alternativas.

As espécies forrageiras estudadas não influenciaram a densidade do solo, os agregados e conteúdo de areia. Os teores de nitrogênio, carbono e carbono da biomassa microbiana não sofrem alterações consideráveis quando o solo é cultivado pelas espécies forrageiras estudadas, os mixes sazonais e o super mixes, influenciam esses atributos no período estudado.

A extração de nutrientes pelas plantas não é suficiente para reduzir a concentração dos mesmos no solo, e os níveis de fertilidade permanecem estáveis nas condições estudadas.

VI – REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABDALLA, A. L., LOUVANDINI, H., SALLAM, S. M. A. H., DA SILVA BUENO, I. C., TSAI, S. M., & DE OLIVEIRA FIGUEIRA, A. V. In vitro evaluation, in vivo quantification, and microbial diversity studies of nutritional strategies for reducing enteric methane production. **Tropical Animal Health and Production**, v. 44, n. 5, p. 953-964, 2012.

ACHARYA, S. N., MIR, Z., MOYER, J. R., ORSHINSKY, B. R.; THOMAS, J. E. Effect of row spacing and seeding rate on forage yield and quality of perennial cereal rye (*Secale cereale* L.). **Canadian journal of plant science**, v. 83, n. 2, p. 363-369, 2003.

ACOSTA-MARTINEZ, V.; MIKHA, M. M.; VIGIL, M. F. Microbial communities and enzyme activities in soils under alternative crop rotations compared to wheat–fallow for the Central Great Plains. **Applied Soil Ecology**, v. 37, n. 1, p. 41-52, 2007.

AGABRIEL, J. **Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux- Valeurs des aliments: Tables Inra 2010. Édition remaniée.** Quae éditions, 2010.

AGUIAR, E. M. DE ; LIMA, G. F. DA C. ; SANTOS, M. V. F. DOS ; CARVALHO, F. F. R. DE ; GUIM, A. ; MEDEIROS, H. R. DE ; BORGES, A. Q. Yield and chemical composition of chopped tropical grass hays. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 6, p. 2226-2233, 2006.

AGUIAR, E. M. DE ; LIMA, G. F. DA C. ; SANTOS, M. V. F. DOS ; CARVALHO, F. F. R. DE ; GUIM, A. ; MEDEIROS, H. R. DE ; BORGES, A. Q. Yield and chemical composition of chopped tropical grass hays. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 6, p. 2226-2233, 2006.

AGUILAR, N. O. **Crotalaria pallida Aiton.** In: Plant resources of South-East Asia, eds. F. Hanum, L., and J. G. Van der Maesen. 103–105. Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers. 1997.

AHMED, A; KHALID, N; AHMAD, A; ABBASI, N. A; LATIF, M. S. Z; RANDHAWA, M. A. Phytochemicals and biofunctional properties of buckwheat: a review. **The Journal of Agricultural Science**, v. 152, n. 03, p. 349-369, 2014.

ALIBES, X.; TISSERAND, J. L. Tables of the nutritive value for ruminants of Mediterranean forages and by-products. **Options Méditerranéennes. Serie B: Etudes et Recherches (CIHEAM)**, 1990.

ALLEN, E. J.; MORGAN, D. G. A quantitative comparison of the growth, development and yield of different varieties of oilseed rape. **The Journal of Agricultural Science**, v. 85, n. 01, p. 159-174, 1975.

ALLISON, F. E. The fate of nitrogen applied to soils. **Advances in Agronomy**, v. 18, p. 219-258, 1966.

AMMAR, H.; LÓPEZ, S.; ANDRÉS, S. Influence of maturity stage of forage grasses and leguminous on their chemical composition and in vitro dry matter digestibility. **Options Méditerr. Ser. A**, v. 92, p. 199-203, 2010.

AMMAR, H.; LÓPEZ, S.; ANDRÉS, S. Influence of maturity stage of forage grasses and leguminous on their chemical composition and in vitro dry matter digestibility. **Options Méditerranéennes**, v. 92, p. 199-203, 2010.

ANDREWS, D. J.; KUMAR, K. A. Pearl millet for food, feed, and forage. **Advances in Agronomy**, v. 48, p. 89-139, 1992.

ANGERS, D. A.; PESANT, A.; VIGNEUX, J. Early cropping-induced changes in soil aggregation, organic matter, and microbial biomass. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, n. 1, p. 115-119, 1992.

ANKOM, Technology. Method 3: In vitro true digestibility using the DAISYII Incubator. Disponível em: <http://www.ankom.com/media/documents/IVDMD_0805_D200.pdf> Acesso em 17 de agosto de 2016

AOAC International. 1998. Official Methods of Analysis. 16th ed. AOAC Int., Arlington, VA.

AOAC International. 2006. Official Methods of Analyses. 18th ed. AOAC Int., Gaithersburg, MD.

ARIAS, L.; CONTRERAS, J.; LOSADA, H.; GRANDE, D.; SORIANO, R.; VIEYRA, J.; CORTES, J.; RIVERA, J. A note on the chemical composition and in vitro digestibility of common vegetables utilised in urban dairy systems of the east of Mexico City. **Livestock Research Rural Development**, v. 15, n. 2, 2003.

BAI, J. C; FRIED, M; CORAZZA, G. R; SCHUPPAN, D; FARTHING, M; CATASSI, C.; FASANO, A. World Gastroenterology Organisation global guidelines on celiac disease. **Journal of clinical gastroenterology**, v. 47, n. 2, p. 121-126, 2013.

BARRIÈRE, Y. ; GUILLET, C. ; GOFFNER, D. ; PICHON, M. Genetic variation and breeding strategies for improved cell wall digestibility in annual forage crops. A review. **Animal Research**, v. 52, n. 3, p. 193-228, 2003.

BLAKE, G.R., HARTGE, K.H., 1986. Bulk density. In: Klute, A. (Ed.), **Methods of Soil Analysis**. ASA, Madison, WI, pp. 363 – 376.

BOIX-FAYOS, C.; CALVO-CASES, A.; IMESON, A.C. & SORIANO-SOTO, M.D. Influence of soil properties on the aggregation of some Mediterranean soils and the use of aggregate size and stability as land degradation indicators. **Catena**, v. 44, n. 1, p. 47-67, 2001.

BONAFACCIA, G; MAROCCHINI, M.; KREFT, I. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. **Food chemistry**, v. 80, n. 1, p. 9-15, 2003.

BOSSIO, D.A., SCOW, K.M., GUNAPALA, N., GRAHAM, K.J. Determinants of soil microbial communities: effects of agricultural management, season, and soil type on phospholipid fatty acid profiles. **Microbial ecology**, v. 36, n. 1, p. 1-12, 1998.

BOSTRÖM, U.; ANDERSON, L. E; WALLENHAMMAR, A. Seed distance in relation to row distance: Effect on grain yield and weed biomass in organically grown winter wheat, spring wheat and spring oats. **Field Crops Research**, v. 134, p. 144-152, 2012.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.

BRINK, M., 2006. *Secale cereale* L.. Record from Protabase. Brink, M. & Belay, G. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands.

BRINK, M.; BELAY, G. M. (Ed.). **Céréales et légumes secs**. PROTA, 2006.

BRISKE, D. D. Developmental morphology and physiology of grasses. **Grazing management: an ecological perspective**. Timber Press, Portland, p. 85-108, 1991.

BRODERICK, G. A.; FACIOLA, A. P.; ARMENTANO, L. E. Replacing dietary soybean meal with canola meal improves production and efficiency of lactating dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 98, n. 8, p. 5672-5687, 2015.

BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v. 124, n. 1, p. 3-22, 2005.

BULLUCK, L.R., BROSIUS, M., EVANOYLO, G.K., RISTAINO, J.B. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. **Applied Soil Ecology**, v. 19, n. 2, p. 147-160, 2002.

CAMPBELL, C. G. Grass pea (*Lathyrus sativus* L.) promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. **International Plant Genetic Resources Institute, Roma**, 1997.

CANADIAN FOOD INSPECTION AGENCY, 2005. Description of cereal species (Appendix V). **In: Seed program specific work instructions - Cereal crop inspection procedures**. Canadian Food Inspection Agency, Canada. Disponível em: <http://www.inspection.gc.ca/plants/seeds/seed-inspection-procedures/cereal-crops/eng/1347203083351/1347203347397#app5> acesso em 06 de jun. 2016.

CANOLA COUNCIL OF CANADA. **Canola grower's manual**. 2013. Disponível em: <<http://www.canolacouncil.org/crop-production/canola-grower's-anual-contents>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

CARLSSON, A, S. (Ed.). **Oil Crop Platforms for Industrial Uses: Outputs from the EPOBIO Projects**. CPL Press, 2007.

CARR, P. M.; HORSLEY, R. D.; POLAND, W. W. Barley, oat, and cereal-pea mixtures as dryland forages in the northern Great Plains. **Agronomy Journal**, v. 96, n. 3, p. 677-684, 2004.

CASH, D.; CARLSTROM, R.; SURBER, L.; HAFL, A., 2007. Forage yield and quality of 'Willow Creek' forage winter wheat. Montana State University Extension Service. Bozeman, USA.

CASH, S. D. CASH, S. D. ; BRUCKNER, P. L. ; WICHMAN, D. M. ; KEPHART, K. D. ; BERG, J. E. ; HYBNER, R. ; HAFL, A. N. ; SURBER, L. M. M. ; BOSS, D. L. ; CARLSON, G. R. ; ECKHOFF, J. L. ; STOUGAARD, R. N. ; KUSHNAK, G. D. ; RIVELAND, N. R. Registration of 'Willow Creek' forage wheat. **Journal of plant registrations**, v. 3, n. 2, p. 185-190, 2009.

CHIBISA, G. E.; CHRISTENSEN, D. A.; MUTSVANGWA, T. Effects of replacing canola meal as the major protein source with wheat dried distillers grains with solubles on ruminal function, microbial protein synthesis, omasal flow, and milk production in cows. **Journal of dairy science**, v. 95, n. 2, p. 824-841, 2012.

CHONGO, G.; MCVETTY, P. B. E. Relationship of physiological characters to yield parameters in oilseed rape (*Brassica napus* L.). **Canadian Journal of Plant Science**, v. 81, n. 1, p. 1-6, 2001.

CHOW, L. O. ; BARON, V. S. ; CORBETT, R. ; OBA, M. Effects of planting date on fiber digestibility of whole-crop barley and productivity of lactating dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 91, n. 4, p. 1534-1543, 2008.

CHURCH, David Calvin et al. **The ruminant animal. Digestive physiology and nutrition**. Prentice Hall, 1988.

CLAASSEN, R. M.; CHRISTENSEN, D. A.; MUTSVANGWA, T. Effects of extruding wheat dried distillers grains with solubles with peas or canola meal on ruminal fermentation, microbial protein synthesis, nutrient digestion, and milk production in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 9, p. 7143-7158, 2016.

COLGRAVE, M. L., GOSWAMI, H., BYRNE, K., BLUNDELL, M., HOWITT, C. A., & TANNER, G. J. Proteomic profiling of 16 cereal grains and the application of targeted proteomics to detect wheat contamination. **Journal of proteome research**, v. 14, n. 6, p. 2659-2668, 2015.

CONDON, L.M.; CAMERON, K.C.; DI, H.J.; CLOUGH, T.J.; FORBES, E.A.; MCLAREN, R.G.; SILVA, R.G. A comparison of soil and environmental quality under organic and conventional farming systems in New Zealand. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 43, n. 4, p. 443-466, 2000.

COOK, B. G; PENGELLY, B. C; BROWN, S. D; DONNELLY, J. L; EAGLES, D. A; FRANCO, M. A; PETERS, M; SCHULTZE--KRAFT, R. (2005) - **Tropical Forages**. CSIRO, DPI&F (Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia.

COOK, C. G.; WHITE, G. A. *Crotalaria juncea*: a potential multipurpose fiber crop. In *Progress in New Crops*; Janick, J., Ed.; ASHS Press: Arlington, VA, 1996. Disponivel em: < <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/v3-389.html> > Acesso em 20 dez. 2016.

DALAL, R. C. Soil microbial biomass: what do the numbers really mean?. **Australian journal of experimental agriculture**, v. 38, n. 7, p. 649-665, 1998.

DEAN, J. E.; WEIL, R. R. Brassica cover crops for nitrogen retention in the Mid-Atlantic Coastal Plain. **Journal of environmental quality**, v. 38, n. 2, p. 520-528, 2009.

DITSCH, D.C., BITZER M. J. (2005). **Managing small grains for livestock forage**. AGR-160 Issued: 3- 95—3M. Cooperative Extension Service University of Kentucky, College Of Agriculture, Department of Agronomy.

DJOUVINOV, D. S.; NAKASHIMA, Y. ; TODOROV, N. ; PAVLOV, D. In situ degradation of feed purines. **Animal feed science and technology**, v. 71, n. 1, p. 67-77, 1998.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. **Defining soil quality for a sustainable environment**, n. definingsoilqua, p. 1-21, 1994.

DRINKWATER, L.E., LETOURNEAU, D.K., WORKNEH, F., VAN BRUGGEN,A.H.C., SHENNAN, C. Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystems in California. **Ecological Applications**, v. 5, n. 4, p. 1098-1112, 1995.

DUKE, James. **Handbook of legumes of world economic importance**. Springer Science & Business Media, 2012.

DUNHAM, J. R. Relative feed value measures forage quality. **Forage Facts**, v. 41, p. 3, 1998.

ECKERT, D.; SIMS, J. T.. Recommended soil pH and lime requirement tests. **Recommended soil testing procedures for the northeastern United States. Northeast Regional Bulletin**, v. 493, p. 11-16, 1995.

ECOCROP, 2011. Ecocrop database. FAO. Disponível em: <<http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home>> acesso em 20 de nov. 2016.

EDMISTEN, K. L. ; GREEN, J. T. ; MUELLER, J. P. ; BURNS, J. C. Winter annual small grain forage potential. II. Quantification of nutritive characteristics of four small grain species at six growth stages. **Communications in Soil Science & Plant Analysis**, v. 29, n. 7-8, p. 881-899, 1998.

ELLIOTT, E. T. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. **Soil science society of America journal**, v. 50, n. 3, p. 627-633, 1986.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: CNPS, 2006. 306.

EROL, A.; KAPLAN, M.; KIZILSIMSEK, M. Oats (Avena sativa)--Common vetch (Vicia sativa) mixtures grown on a low-input basis for a sustainable agriculture. **TG: Tropical Grasslands**, v. 43, n. 3, p. 191, 2009.

FAHMY, A. A.; YOUSSEF, K. M.; EL SHAER, H. M. Intake and nutritive value of some salt-tolerant fodder grasses for sheep under saline conditions of South Sinai, Egypt. **Small Ruminant Research**, v. 91, n. 1, p. 110-115, 2010.

FAO, 2009. **Grassland Index. A searchable catalogue of grass and forage legumes.** FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/GBASE/Default.htm>> acesso em 10 de nov. de 2016.

FAO, 2011. **Grassland Index. A searchable catalogue of grass and forage legumes.** FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/GBASE/Default.htm>> acesso em 10 de nov. de 2016.

FAO, 2014. **Grassland Index. A searchable catalogue of grass and forage legumes.** FAO, Rome, Italy.

FARRELL, D. J. A nutritional evaluation of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). **Animal Feed Science and Technology**, v. 3, n. 2, p. 95-108, 1978.

FERREIRA, P. A. A., GIROTTO, E., TRENTIN, G., MIOTTO, A., MELO, G. W. D., CERETTA, C. A.; FAVERSANI, J. C. Biomass decomposition and nutrient release from black oat and hairy vetch residues deposited in a vineyard. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1621-1632, 2014.

FIERER, N., STRICKLAND, M.S., LIPTZIN, D., BRADFORD, M.A., CLEVELAND, C.C. Global patterns in belowground communities. **Ecology letters**, v. 12, n. 11, p. 1238-1249, 2009.

FORTUNA, A., R.L. BLEVINS, W.W. FRYE, J. GROVE, CORNELIUS, P. Sustaining soil quality with legumes in no-tillage systems. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 39, n. 11-12, p. 1680-1699, 2008.

FULKERSON, W. J., HORADAGODA, A., NEAL, J. S., BARCHIA, I., & NANDRA, K. S. Nutritive value of forage species grown in the warm temperate climate of Australia for dairy cows: Herbs and grain crops. **Livestock science**, v. 114, n. 1, p. 75-83, 2008.

GARCIA, A.; WRIGHT, C. Effects of the environment on the nutritional needs of grazing livestock. 2007.

GIUNTA, F.; MOTZO, R. Sowing rate and cultivar affect total biomass and grain yield of spring triticale (\times *Triticosecale* Wittmack) grown in a Mediterranean-type environment. **Field crops research**, v. 87, n. 2, p. 179-193, 2004.

GÖHL, B. **Le aliments du bétail sous les tropiques-donnees sommaires et valeurs nutritives.** FAO, 1982.

GOLCHIN, A.; BALDOCK, J.A. & OADES, J.M. A model linking organic matter decomposition, chemistry, and aggregate dynamics. **Soil processes and the carbon cycle.** CRC Press, Boca Raton, p. 245-266, 1997.

GORGEN, A. V., CABRAL FILHO, S. L. S., LEITE, G. G., SPEHAR, C. R., DIOGO, J. M. D. S.; FERREIRA, D. B. Produtividade e qualidade da forragem de trigo-mourisco (" *Fagopyrum esculentum*" Moench) e de milho (" *Pennisetum glaucum*"(L.) R. BR). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 4, 2016.

GOSLEE, S.; SANDERSON, M. Ecosystem Management in Pasture Communities: Tools from Restoration Ecology. In: **International Grasslands Congress**. 2005. p. 767.

GOWDA, N. K. S. ; RAMANA, J. V. ; PRASAD, C. S.; SINGH, K. Micronutrient content of certain tropical conventional and unconventional feed resources of southern India. **Tropical Animal Health and Production**, v. 36, n. 1, p. 77-94, 2004.

GRANDY, A. S; NEFF, J. C. Molecular C dynamics downstream: the biochemical decomposition sequence and its impact on soil organic matter structure and function. **Science of the Total Environment**, v. 404, n. 2, p. 297-307, 2008.

GREVERS, M. C. J.; JONG, E. de. Soil structure and crop yield over a 5-year period following subsoiling Solonchic and Chernozemic soils in Saskatchewan. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 73, n. 1, p. 81-91, 1993.

GUIMARAES, R. JR. ; GONCALVES, L. C. ; JAYME, D. G. ; PIRES, D. A. DE A. ; RODRIGUES, J. A. DOS S. ; TOMICH, T. R. In situ degradabilities of pearl millet silages in sheep. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 2, p. 334-343, 2010.

GURR, G. M.; WRATTEN, S. D.; LUNA, J. M. Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. **Basic and Applied Ecology**, v. 4, n. 2, p. 107-116, 2003.

GURUNG, A. M.; PANG, E. C. Lathyrus. In: **Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources**. Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 117-126.

HANNAWAY, D. B.; LARSON, C., 2004. **Hairy vetch (*Vicia villosa* Roth)**. Oregon State University. Species Selection Information System.

HARADA, H. ; YOSHIMURA, Y. ; SUNAGA, Y. ; HATANAKA. Variations in nitrogen uptake and nitrate-nitrogen concentration among sorghum groups. **Soil science and plant nutrition**, v. 46, n. 1, p. 97-104, 2000.

HASSINK, J; WHITMORE, A. P. A model of the physical protection of organic matter in soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, n. 1, p. 131-139, 1997.

HOSHIDE, A.K.; HALLORAN, J.M.; KERSBERGEN, R.J.; GRIFFIN, T.S.; DEFAUW, S.L.; LAGASSE, B.J.; JAIN, S. Effects of stored feed cropping systems and farm size on the profitability of Maine organic dairy farm simulations. **Journal of dairy science**, v. 94, n. 11, p. 5710-5723, 2011.

INRA, 2007. **Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux - valeurs des aliments**. Tables Inra 2007. Quae éditions.

JACOBS, J.; SIDDOWNAY, J. Tame pasture grass and legume species and grazing guidelines. **Montana Plant Materials Technical Note**, n. 63, 2007.

JERANYAMA, P.; A. D. GARCIA. 2004. **Understanding relative feed value (RFV) and relative forage quality (RFQ)**. Cooperative Extension Service, South Dakota State University, Brookings, SD, USA. Disponível em: <http://pubstorage.sdstate.edu/AgBio_Publications/articles/exex8149.pdf> Acesso em 20 de jun. de 2016.

JOERGENSEN, R. G. The fumigation-extraction method to estimate soil microbial biomass: calibration of the k EC value. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 28, n. 1, p. 25-31, 1996.

JUNG, H. G.; ALLEN, M. S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal of animal science**, v. 73, n. 9, p. 2774-2790, 1995.

JUNG, H. G.; MERTENS, D. R.; PAYNE, A. J. Correlation of acid detergent lignin and Klason lignin with digestibility of forage dry matter and neutral detergent fiber. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 8, p. 1622-1628, 1997.

JUSKIW, P. E.; HELM, J. H. Barley response to seeding date in central Alberta. **Canadian journal of plant science**, v. 83, n. 2, p. 275-281, 2003.

KALLENBACH, C; GRANDY, A. S.. Controls over soil microbial biomass responses to carbon amendments in agricultural systems: A meta-analysis. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 144, n. 1, p. 241-252, 2011.

KAMO, T; HIRADATE, S; F, Y. First isolation of natural cyanamide as a possible allelochemical from hairy vetch *Vicia villosa*. **Journal of chemical ecology**, v. 29, n. 2, p. 275-283, 2003.

KARLEN, D. L., MAUSBACH, M. J., DORAN, J. W., CLINE, R. G., HARRIS, R. F., & SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, n. 1, p. 4-10, 1997.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 1, p. 1-13, 2010.

KELLEY, L.; MUTCH, D. R. Harvesting irrigated cover crops as forage. **Michigan State University Extension**, Purdue Extension, 2011.

KHANUM, S. A. ; YAQOUB, T. ; SADAF, S. ; HUSSAIN, M. ; JABBAR, M. A. ; HUSSAIN, H. N. ; KAUSAR, R. ; REHMAN, S. Nutritional evaluation of various feedstuffs for livestock production using in vitro gas method. **Pakistan Veterinary Journal**, v. 27, n. 3, p. 129, 2007.

KLEIN, V. A., NAVARINI, L. L., BASEGGIO, M., MADALOSSO, T.; COSTA, L. O. Trigo mourisco: uma planta de triplo propósito e uma opção para rotação de culturas em áreas sob plantio direto. **Revista Plantio Direto 117pp**, 2010.

KRISTIANSEN S.M, SCHJONNING P, THOMSEN I.K, OLESEN J.E, KRISTENSEN K, CHRISTENSEN B.T. Similarity of differently sized macro-aggregates in arable soils of different texture. **Geoderma**, v. 137, n. 1, p. 147-154, 2006.

LANG, B., 2001. **Millets Forage Management**. University Extension, Iowa State University, Fact Sheet BL-55, June 2001.

LANYASUNYA, T. P. ; MUKISIRA, E. A. ; ILATSIA, E. D. ; WANG HONGRONG ; ONDIEK, J. O. Effect of incremental dietary level of *Vicia villosa* Roth on intake, digestibility and nitrogen balance in sheep fed *Sorghum almum*. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 7, n. 3, p. 201-209, 2007.

LAWLEY, Y. E.; TEASDALE, J. R.; WEIL, R. R. The mechanism for weed suppression by a forage radish cover crop. **Agronomy journal**, v. 104, n. 2, p. 205-214, 2012.

LINN, J. G.; MARTIN, N. P. **Forage quality tests and interpretation**. Minnesota Extension Service, University of Minnesota, 1989.

MADIBELA, O. R., BOITUMELO, W. S., MANTHE, C., & RADITEDU, I. Chemical composition and in vitro dry matter digestibility of local landraces of sweet sorghum in Botswana. **Livestock Research for Rural Development**, v. 14, n. 4, p. 1-6, 2002.

MANSOER, Z.; REEVES, D. W.; WOOD, C. Suitability of sunn hemp as an alternative late-summer legume cover crop. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, n. 1, p. 246-253, 1997.

MARSTON, S. P., CLARK, G. W., ANDERSON, G. W., KERSBERGEN, R. J., LUNAK, M., MARCINKOWSKI, D. P.; ERICKSON, P. S. Maximizing profit on New England organic dairy farms: An economic comparison of 4 total mixed rations for organic Holsteins and Jerseys. **Journal of dairy science**, v. 94, n. 6, p. 3184-3201, 2011.

MCCARTNEY, D. H.; VAAGE, A. S. Comparative yield and feeding value of barley, oat and triticale silages. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 74, n. 1, p. 91-96, 1994.

MCDANIEL, M. D., GRANDY, A. S., TIEMANN, L. K., AND WEINTRAUB, M. N. Crop rotation complexity regulates the decomposition of high and low quality residues. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 78, p. 243-254, 2014.

MCDANIEL, M. D.; TIEMANN, L. K.; GRANDY, A. S. Does agricultural crop diversity enhance soil microbial biomass and organic matter dynamics? A meta-analysis. **Ecological Applications**, v. 24, n. 3, p. 560-570, 2014.

MEKASHA, Y; TEGEGNE, A; YAMI, A; UMUNNA, N.N.; NSAHLAI, I. V. Effects of supplementation of grass hay with non-conventional agro-industrial by-products on

rumen fermentation characteristics and microbial nitrogen supply in rams. **Small Ruminant Research**, v. 50, n. 1, p. 141-151, 2003.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. **Forage quality, evaluation, and utilization**, n. foragequalityev, p. 450-493, 1994.

MERTENS, David R. Measuring fiber and its effectiveness in ruminant diets. In: **Proceedings of the Plains Nutrition Council Spring Conf.** 2002. p. 40-66.

MERTENS, MS ALLEN AfID DR. Evaluating Constraints on Fiber Digestion by Rumen Microbes1. 1988.

MOGES, S. M., RAUN, W. R., MULLEN, R. W., FREEMAN, K. W., JOHNSON, G. V.; SOLIE, J. B. Evaluation of green, red, and near infrared bands for predicting winter wheat biomass, nitrogen uptake, and final grain yield. **Journal of Plant Nutrition**, v. 27, n. 8, p. 1431-1441, 2005.

MOORE, J. E.; BURNES, J. C.; FISHER, D. S. Multiple Regression Equation for Predicting Relative Feed Value of Grass Hays. **US Department of Agriculture, Agricultural Research Service**. Disponível em: <<http://www.nalusda.gov/ttic/tektran/data/000007/32/0000073238.html> > Acesso em 12 de fevereiro de 2017.

MURTI, V. V. S.; SESHADRI, T. R.; VENKITASUBRAMANIAN, T. A. Neurotoxic compounds of the seeds of *Lathyrus sativus*. **Phytochemistry**, v. 3, n. 1, p. 73-78, 1964. NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 2000. 242p.

NEW YORK STATE COLLEGE OF AGRICULTURE; LIFE SCIENCES. **Cornell field crops and soils handbook**. New York State College of Agriculture and Life Sciences, 1987.

NICOLARDOT, B.; RECOUS, S.; MARY, B. Simulation of C and N mineralisation during crop residue decomposition: a simple dynamic model based on the C: N ratio of the residues. **Plant and Soil**, v. 228, n. 1, p. 83-103, 2001.

NRC (National Research Council). 2001. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington D.C. 381p.

OBA, M.; ALLEN, M. In vitro digestibility of forages. In: **Proc. Tri-State Dairy Nutrition Conference Ft. Wayne, IN**. 2005. p. 81-91.

OECD, 2004. Consensus document on compositional considerations for new varieties of barley (*Hordeum vulgare* L.): key food and feed nutrients and anti-nutrients. Series on the Safety of Novel Foods and Feeds No. 12, Joint meeting of the chemicals committee and the working party on chemicals, pesticides and biotechnology, OECD. Disponível em: <<http://www.oecd.org/science/biotrack/consensusdocumentsfortheworkonthesafetyofnovelfoodsandfeedsbynumber.htm>> acesso em 06 de jun. 2016.

OETTLER, G. The fortune of a botanical curiosity Triticale: past, present and future. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, n.143, p.329-346, 2005.

OUDA, J. O. ; NJEHIA, G. K. ; MOSS, A. R. ; OMED, H. M. ; NSAHLAI, I. V. The nutritive value of forage sorghum genotypes developed for the dry tropical highlands of Kenya as feed source for ruminants. **South African Journal of Animal Science**, v. 35, n. 1, p. 55-60, 2005.

PATIÑO PARDO, R., CASTELLO BRANCO VAN CLEEF, E. H., DA SILVA FILHO, J. C., CASTRO NETO, P.; NEIVA, A. P. Diferentes níveis de torta de nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) como aditivo na silagem de capim elefante. **Livestock Research for Rural Development**, 2008.

PAULSON, J. **Is 150 RFQ good enough today? Dairy Extension Educator**, University of Minnesota. 2015. Disponível em: <http://www.dairyherd.com/advice-tips/nutritionist-e-network/whats-new/150-rfv-good-enough-today> Acesso em 20 nov. 2016.

PEREIRA, A. B. D.; BRITO, A. F.; TOWNSON, L. L.; TOWNSON, D. H. Assessing the research and education needs of the organic dairy industry in the northeastern United States. **Journal of dairy science**, v. 96, n. 11, p. 7340-7348, 2013.

PETERSON, P. R.; GERRISH, J. R. Grazing management affects manure distribution by beef cattle. **Proc. Am. Forage Grassland Council, Lexington**, p. 170-174, 1995. Disponível em: <http://aes.missouri.edu/fsrc/research/afgc95pp.stm> Acesso em 15 nov. 2016.

PIMENTEL, D., HARVEY, C., RESOSUDARMO, P., SINCLAIR, K., KURZ, D., MCNAIR, M., CHRIST, S., SHPRITZ, L., FITTON, L., SAFFOURI, R., BLAIR, R. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. **Science**, v. 267, n. 5201, p. 1117, 1995.

POSTMA-BLAAUW, M.B., DE GOEDE, R.G.M., BLOEM, J., FABER, J.H., BRUSSAARD, L. Soil biota community structure and abundance under agricultural intensification and intensification. **Ecology**, v. 91, n. 2, p. 460-473, 2010.

PRADO, I. N. DO; MOREIRA, F. B. ; ZEOULA, L. M. ; WADA, F. Y. ; MIZUBUTI, I. Y. ; NEVES, C. A. In Situ dry matter, crude protein, and neutral detergent fiber degradability of some grasses in continuous grazing. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 5, p. 1332-1339, 2004.

PRETTY, J.N., BRETT, C., GEE, D., HINE, R.E., MASON, C.F., MORISON, J.I.L., RAVEN, H., RAYMENT, M.D., VAN DER BIJL, G. An assessment of the total external costs of UK agriculture. **Agricultural systems**, v. 65, n. 2, p. 113-136, 2000.

PRIMAVESI. A. 2015 Disponível em: <http://anaprimavesiana.blogspot.com.br/> Acesso em 14 jun. 2016.

RAHMATI, T.; AZARFAR, A.; MAHDAVI, A.; KHADEMI, K.; FATAHNIA, F.; SHAIKHAHMADI, H.; DARABIGHANE, B. Chemical composition and forage yield of

three *Vicia* varieties (*Vicia* spp.) at full blooming stage. **Italian Journal of Animal Science**, v. 11, n. 3, p. e57, 2012.

RATTUNDE, H. F. W. ; ZERBINI, E. ; CHANDRA, S. ; FLOWER, D. J. Stover quality of dual-purpose sorghums: genetic and environmental sources of variation. **Field Crops Research**, v. 71, n. 1, p. 1-8, 2001.

REGANOLD, J. P. Comparison of soil properties as influenced by organic and conventional farming systems. **American Journal of Alternative Agriculture**, v. 3, n. 04, p. 144-155, 1988.

REGANOLD, J.P.; PALMER, A.S.; LOCKHART, J.C.; MACGREGOR, A.N. Soil quality and financial performance of biodynamic and conventional farms in New Zealand. **SCIENCE-NEW YORK THEN WASHINGTON-**, v. 260, p. 344-344, 1993.

RIENZI, E. A., MAGGI, A. E., SCROFFA, M., LOPEZ, V. C. CABANELLA, P. Autoregressive state spatial modeling of soil bulk density and organic carbon in fields under different tillage system. **Soil and Tillage Research**, v. 159, p. 56-66, 2016.

RINEHART, L.; BAIER, A. **Pasture for Organic Ruminant Livestock: Understanding and Implementing the National Organic Program (NOP) Pasture Rule**; United States Department of Agriculture, National Center for Appropriate Technology, National Sustainable Agriculture Information Service (ATTRA): Washington, DC, USA, 2011.

ROBERTSON, F. A.; MYERS, RJK; SAFFIGNA, P. G. Nitrogen cycling in brigalow clay soils under pasture and cropping. **Australian journal of soil research**, v. 35, n. 6, p. 1323-1339, 1997.

ROSEBERG, R. J.; CHARLTON, B. A.; SHUCK, R. A. **Selection and Improvement of Teff Accessions for Improved Forage Growth, Yield, and Nutritional Quality**, 2008. Disponível em http://oregonstate.edu/dept/kbrec/sites/default/files/2008_teff_accessions_forage_final.pdf acesso em 18 de nov. 2016.

ROSEBERG, R. J; NORBERG, S; SMITH, J; CHARLTON, B; RYKBOST, K.; SHOCK, C. Yield and quality of teff forage as a function of varying rates of applied irrigation and nitrogen. **Research in the Klamath Basin 2005 Annual Report. OSU-AES Special Report**, v. 1069, p. 119-136, 2006.

ROSS, S. M. ; KING, J. R. ; O'DONOVAN, J. T. ; SPANER, D. Forage potential of intercropping berseem clover with barley, oat, or triticale. **Agronomy Journal**, v. 96, n. 4, p. 1013-1020, 2004.

RUSSELL, John E. **Soil conditions and plants growth**. Daya Books, 2002.

SANDERSON, M. A., GOSLEE, S. C., SODER, K. J., SKINNER, R. H., TRACY, B. F.; DEAK, A. Plant species diversity, ecosystem function, and pasture management—a perspective. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 87, n. 3, p. 479-487, 2007.

SAS INSTITUTE. SAS software, version 9.2. 2002.

SCHOLZ, H. *Echinochloa esculenta*, comb. nov.-the correct name of the Japanese barnyard millet (Gramineae). **Taxon**, 1992.

SHANNON, D.; SEN, A. M.; JOHNSON, D. B. A comparative study of the microbiology of soils managed under organic and conventional regimes. **Soil Use and Management**, v. 18, n. s1, p. 274-283, 2002.

SHAVER, R. D., D. J. UNDERSANDER, E. C. SCHWAB, P. C. HOFFMAN, J. G. LAUER, D. K. COMBS, AND P. C. HOFFMAN. Evaluating forage quality for lactating dairy cows. In: **Proc. International Mountain Nutrition Conference. Salt Lake City, UT**. 2002. p. 77-94.

SHUJA, M. N. ; NAYAB, D. ; ALI, M. ; IQBAL, A. ; KHALIL, I. H.. Evaluating the response of wheat genotypes to forage clipping. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 12, n. 1, p. 111-114, 2010.

SILVA, J.F.C., LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livrocetes. 1979. 380p.

SINGH, B.; SAHOO, A.; SHARMA, R.; BHAT, T. K. Effect of polyethylene glycol on gas production parameters and nitrogen disappearance of some tree forages. **Animal Feed Science and Technology**, v. 123, p. 351-364, 2005.

SIX, J. A. E. T.; ELLIOTT, E. T.; PAUSTIAN, K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, n. 14, p. 2099-2103, 2000.

SIX, J., BOSSUYT, H., DEGRYZE, S., & DENEFF, K. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil and Tillage Research**, v. 79, n. 1, p. 7-31, 2004.

SMITH, R. G., ATWOOD, L. W., POLLNAC, F. W.; WARREN, N. D. Cover-crop species as distinct biotic filters in weed community assembly. **Weed Science**, v. 63, n. 1, p. 282-295, 2015.

SMITH, R. G.; GROSS, K. L.; ROBERTSON, G. P. Effects of crop diversity on agroecosystem function: crop yield response. **Ecosystems**, v. 11, n. 3, p. 355-366, 2008.

SOIL SURVEY STAFF. 1999. **SOIL TAXONOMY: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. 2nd edition. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 1999. p 436.

SOUZA, I. A., RIBEIRO, K. G., ROCHA, W. W., PEREIRA, O. G.; CECON, P. R. Physical properties of a Red-Yellow Latosol and productivity of a signalgrass pasture fertilized with increasing nitrogen doses. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 6, p. 1549-1556, 2013.

SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian journal of soil research**, v. 30, n. 2, p. 195-207, 1992.

SPOHN, M.; GIANI, L. Water-stable aggregates, glomalin-related soil protein, and carbohydrates in a chronosequence of sandy hydromorphic soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 9, p. 1505-1511, 2010.

STEADMAN, K. J; BURGOON, M. S; LEWIS, B. A; EDWARDSON, S. E; OBENDORF, R. L. Buckwheat seed milling fractions: description, macronutrient composition and dietary fibre. **Journal of Cereal Science**, v. 33, n. 3, p. 271-278, 2001.

STIGLBAUER, K. E., CICCONI-HOGAN, K. M., RICHERT, R., SCHUKKEN, Y. H., RUEGG, P. L., & GAMROTH, M. Assessment of herd management on organic and conventional dairy farms in the United States. **Journal of dairy science**, v. 96, n. 2, p. 1290-1300, 2013.

SUAREZ-MENA, F. X., LASCANO, G. J., RICO, D. E., & HEINRICHS, A. J. Effect of forage level and replacing canola meal with dry distillers grains with solubles in precision-fed heifer diets: Digestibility and rumen fermentation. **Journal of dairy science**, v. 98, n. 11, p. 8054-8065, 2015.

SURBER, L. ; ABDEL-HALEEM, H. ; MARTIN, J. ; HENSLEIGH, P. ; CASH, D. ; BOWMAN, J. ; BLAKE, T. Mapping quantitative trait loci controlling variation in forage quality traits in barley. **Molecular Breeding**, v. 28, n. 2, p. 189-200, 2011.

SUTTIE, J. M.; REYNOLDS, S. G. Fodder oats: A world overview. Plant production and protection series, 33. 2004.

TILMAN, D.; DOWNING, J. A. Biodiversity and stability in grasslands. **Ecosystem management: selected readings**, v. 367, p. 363-365, 1996.

TIMBO, A. L. DE O. ; DAVIDE, L. C. ; PINTO, J. E. B. P. ; PIREIRA, A. V. Protoplast production from napier grass and pearl millet triploid hybrids. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 5, p. 1219-1223, 2010.

TRACY, B. F; SANDERSON, M. A. Seedbank diversity in grazing lands of the Northeast United States. **Journal of Range Management**, p. 114-118, 2000.

TURGUT, L.; YANAR, M. In situ dry matter and crude protein degradation kinetics of some forages in Eastern Turkey. **Small Ruminant Research**, v. 52, n. 3, p. 217-222, 2004.

UC SAREP, 2006. Cereal Rye. Cover crop database. University of California, Sustainable Agriculture Research & Education Program. Disponível em: <http://sarep.ucdavis.edu/cgi-bin/ccrop.EXE/show_crop_12> acesso em 10 de nov. de 2016.

UNDERSANDER D. J. EHLKE N. J. KAMINSKI A. R. DOLL J. D. KELLING K. A. **Hairy vetch Alternative field crops manual 1990 Madison, WI University of**

Wisconsin-Extension. Disponível em: <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/vetch.html>> acesso em 10 de nov. 2016.

UNDERSANDER, D. 2003. **The new Relative Forage Quality Index concept and use.** World's Forage Superbowl Contest, UWEX.

UNDERSANDER, D., D.K. COMBS, R.D. SHAVER AND P.C. HOFFMAN. 2013. **The University of Wisconsin MILK2013 MILK2013 Alfalfa-Grass: Calculates TDN-1x, Milk per ton and Milk per acre Alfalfa – Grass Evaluation System.** Disponível em: <<http://shaverlab.dysci.wisc.edu/wpcontent/uploads/sites/87/2015/04/milk2013alfalfagrass.xls>> acesso em: 22 de agos. 2016.

UNDERSANDER, D.J., SMITH, L.H., KAMINSKI, A.R., KELLING, K.A., DOLL, J.D., 2016. Sorghum forage. In: Alternative Field Crop Manual. University of Wisconsin-Extension, Cooperative Extension, 2003.

USDA Natural Resources Conservation Service. 'Tropic Sun' Sunn Hemp, 2009. Disponível em: < <http://www.plant-materials.nrcs.usda.gov/pubs/hipmcrb8433.pdf>> acesso em 20 de dez. 2016.

USDA/CENSUS (USDA National Agricultural Statistics Service). 2014. **2012 Census of Agriculture.** pp. 1– 695. Disponível em: <http://www.agcensus.usda.gov/Publications/2012/> Acesso em: 20 dez. 2016.

USDA/NASS (USDA National Agricultural Statistics Service). 2002. Crop Progress & Condition. Disponível em: https://www.nass.usda.gov/Statistics_by_State/New_England_includes/Publications/Crop_Progress_&_Condition/2015/ENG CW_0413.pdf acesso em 20 dez. 2016.

USDA/NASS (USDA National Agricultural Statistics Service). 2016. **Organic Production Survey.** Disponível em: https://www.ams.usda.gov/market-news/organic_2016 Acesso em 20 dez. 2016>.

USDA/NOP (USDA National Agricultural Statistics Service). 2010. National Organic Program Final Rule. Disponível em: <<https://www.ams.usda.gov/rules-regulations/national-organic-program-usda-organic-regulations>> acesso em 20 dez. 2016.

USDA/PLANTS (USDA United States Department of Agriculture). 2001 Natural Resource Conservation Service. The PLANTS Database, version 3.1. National Plant Data Center, Baton Rouge, Louisiana. Disponível em: <http://www.plants.usda.gov> Acesso em 25 Out. 2016.

USDA/WEATHER (USDA National Agricultural Statistics Service). 2016. USDA | Office of the Chief Economist | Weather and Climate. DISPONIVEL EM: <<https://www.usda.gov/oce/weather/>> Acesso em 20 dez. 2016.

USDA-AMS (USDA Agricultural Marketing Service). 2010. **National Organic Program: Access to Pasture. 7 CFR Part 205.** Disponível em: <

http://www.ecfr.gov/cgi-bin/textidx?tpl=/ecfrbrowse/Title07/7cfr205_main_02.tpl
Acesso em: 20 dez. 2016.

USDA-NASS (USDA National Agricultural Statistics Service). 2012. **2011 Organic Production Survey: Wisconsin.** Disponível em: <http://www.nass.usda.gov/Statistics_by_State/Wisconsin/Publications/WI_Organic_Release.pdf> Acesso em: 20 dez. 2016.

USDA-NASS (USDA National Agricultural Statistics Service). 2012. **2011 Organic Production Survey: Wisconsin.** Disponível em: <http://www.nass.usda.gov/Statistics_by_State/Wisconsin/Publications/WI_Organic_Release.pdf> Acesso em: 20 dez. 2016.

USDA-NASS (USDA National Agricultural Statistics Service). 2012. **2011 Organic Production Survey: Wisconsin.** Disponível em: <http://www.nass.usda.gov/Statistics_by_State/Wisconsin/Publications/WI_Organic_Release.pdf> Acesso em: 20 dez. 2016.

USDA-NASS (USDA National Agricultural Statistics Service). 2015. New England Field Office. Disponível em: <https://www.nass.usda.gov/Statistics_by_State/New_England/> Acesso em: 20 set. 2016.

VAN GESTEL, M.; MERCKX, R.; VLASSAK, K. Distribution of ¹⁴C-labelled biomass and microbial products in microaggregates of a silty-loam soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 28, n. 8, p. 1113-1115, 1996.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2.ed. Cornell University Press, Ithaca, New York, 1994. 476p.

VAN SOEST, P. J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. **Journal of Animal Science**, v. 24, n. 3, p. 834-843, 1965.

VAN SOEST, P. J; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of dairy science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VAN VUUREN, A. M. **Digestion and nitrogen metabolism of grass fed dairy cows.** 1993. Tese de Doutorado.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.

VIGNAU-LOUSTAU, Laurent; HUYGHE, Christian. **Stratégies fourragères.** France Agricole Editions, 2008.

VOJTÍŠKOVÁ, P., ŠVEC, P., KUBÁŇ, V., KREJZOVÁ, E., BITTOVÁ, M., KRÁČMAR, S., ; SVOBODOVÁ, B. Chemical composition of buckwheat plant parts and selected buckwheat products. **Potravinárstvo**, 2014.

VON LÜTZOW, M., KÖGEL-KNABNER, I., EKSCHMITT, K., MATZNER, E., GUGGENBERGER, G., MARSCHNER, B., & FLESSA, H. Mechanisms for organic matter stabilization in temperate soils—a synthesis. **European Journal of Soil Science**, v. 57, p. 426-445, 2006.

WALLSTEN, J.; BERTILSSON, J.; NADEAU, E.; MARTINSSON, K. Digestibility of whole-crop barley and oat silages in dairy heifers. **Animal**, v. 4, n. 03, p. 432-438, 2010.

WARD, R. 2008. Relative feed value (RFV) vs. relative forage quality (RFQ). Disponível em: <http://www.foragelab.com/Media/RFV_vs_RFQ-CVAS%20Perspective.pdf> Acesso em 21 dez. 2016.

WEI, Y. M.; HU, X. Z.; ZHANG, G. Q.; OUYANG, S. H. Studies on the amino acid and mineral content of buckwheat protein fractions. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 47, n. 2, p. 114-116, 2003.

WEIL, R.; KREMEN, A. Thinking across and beyond disciplines to make cover crops pay. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 4, p. 551-557, 2007.

WHITEHEAD, David Charles. **Nutrient elements in grassland: soil-plant-animal relationships**. Cabi, 2000.

WILLIAMS, S. M.; WEIL, R. R. Crop cover root channels may alleviate soil compaction effects on soybean crop. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, n. 4, p. 1403-1409, 2004.

WOLF, A. M.; BEEGLE, D. B. Recommended soil tests for macronutrients: Phosphorus, potassium, calcium, and magnesium. **Recommended soil testing procedures for the northeastern United States. Northeast Regional Bull**, v. 493, p. 25-34, 1995.

WRIGHT, C. J.; COLEMAN, D. C. Cross-site comparison of soil microbial biomass, soil nutrient status, and nematode trophic groups. **Pedobiologia**, v. 44, n. 1, p. 2-23, 2000.

ZENK, P (2005) Tons of Teff. Hay & Forage Grower. Fevereiro 2005. p 4. Disponível em: <http://hayandforage.com/mag/farming_tons_teff> acesso em 10 de nov. 2016.

ZHU, F. Chemical composition and health effects of tartary buckwheat. **Food chemistry**, v. 203, p. 231-245, 2016