

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LILIAN REGINA ROTHE MAYER

**CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E QUALIDADE NUTRICIONAL  
DE CULTIVARES DE AVEIA BRANCA SOB NÍVEIS CRESCENTES DE  
NITROGÊNIO CORTADAS EM INTERVALOS FIXOS**

TESE

PATO BRANCO

2017

LILIAN REGINA ROTHE MAYER

**CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E QUALIDADE NUTRICIONAL  
DE CULTIVARES DE AVEIA BRANCA SOB NÍVEIS CRESCENTES DE  
NITROGÊNIO CORTADAS EM INTERVALOS FIXOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Américo Wagner Junior

Co-orientador: Prof. Dr. Douglas Sampaio  
Henrique

Prof. Dr. Laércio Ricardo  
Sartor

PATO BRANCO

2017

**M468c**

**Mayer,Lilian Regina Rothe**

Crescimento, desenvolvimento e qualidade nutricional de cultivares de aveia branca sob níveis crescentes de nitrogênio cortadas em intervalos fixos /Lilian Regina Rothe Mayer-**Pato Branco, 2017**  
96f.

**Orientador: Prof. Dr. Americo Wagner Junior**

**Coorientador: Prof. Dr. Douglas Sampaio Henrique**

**Coorientador: Laercio Ricardo Sartor**

**Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, 2017**

**Bibliografia: p.69-96**

**1. Aveia 2. Gases estufa 3. Fotossíntese 4. Plantas-Efeito nitrogênio I. Wagner Junior, Americo, orient. II. Henrique, Douglas Sampaio, coorient. III. Sartor, Laercio Ricardo, coorient. IV. Universidade Tecnológica Federal do Paraná-Dois Vizinhos V. Título.**

**CDD: 633.13**

Ficha Catalográfica elaborada por Rosana da Silva:  
CRB: 9/1745  
Biblioteca da UTFPR- Dois Vizinhos



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Pato Branco  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
**Programa de Pós-Graduação em Agronomia**



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**Título da Tese n.º 029**

**Crescimento, Desenvolvimento e Qualidade Nutricional de Cultivares de Aveia Branca Sob Níveis Crescente de Nitrogênio Cortadas em Intervalos Fixos**

Por

**Lilian Regina Rothe Mayer**

Tese apresentada às quatorze horas do dia treze de março de dois mil e dezessete, como requisito parcial para obtenção do título de DOUTORA EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Sistemas de Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

---

**Prof. Dr. Américo Wagner Júnior**  
UTFPR/Dois Vizinhos  
Orientador

---

**Prof. Dr. Douglas Sampaio Henrique**  
UTFPR/Dois Vizinhos

---

**Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartor**  
UTFPR/Dois Vizinhos

---

**Prof. Dr. José Antônio de Freitas**  
UFPR/Palotina

---

**Prof. Dr. Sebastião Brasil Campos**  
**Lustosa**  
Unicentro/Guarapuava

---

**Prof. Dr. Moeses Andriago Danner**  
Coordenador do PPGAG

“A Folha de Aprovação Assinada Encontra-se na Coordenação do Programa”

Às minhas filhas Carolina e Giovanna, que me auxiliaram nas horas necessárias; ao Valter, companheiro dedicado, que cuidava de tudo e todos enquanto eu trabalhava.

Aos meus pais Maria Luisa e Henrique Mayer (*in memoriam*) por todos os anos e oportunidades que me foram permitidas e todos os sonhos que me foram desejados.

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus alunos e amigos das várias Instituições de Ensino nas quais fui professora: Waldirzinho, Shirominha, Karino, João Cledson, Jadson, Jaíres, Marivaldo, Rafael Schimidt, Anderson Rosso, Deividly Boger, Érica Rui Militão, Laura Mendonça, Joel Pizzatto, Gustavo Grando, Rodrigo Macagnan e tantos outros....

Aos colegas de pós Carlos Kosera, Juliana Radaelli, Gisely Moura, Marcelo Dotto, Kelly Pirola, Juliana Radaelli, Isadora Bischoff, por momentos alegres.

Em especial, agradeço ao Vespasiano, Ruthe, Wany e Wanya, pela acolhida em Aquidauana/MS, sendo minha segunda família até hoje.

Aos meus amigos Helma Jeller, Wanderley e Thelma, Douglas e Kátia, Igor Vitorino, Adriane Roberta, Ana Paula e Dirceu, Márcio Akio, Tiago, pelos momentos inesquecíveis de churrascos, festival no bumbódromo e chás perfeitos.

Ao Américo e família, pela amizade, sabedoria e troca de experiências.

Ao Douglas e Laércio, pelos incentivos, pelas atividades científicas e por momentos de abstração de conhecimentos.

Ao meu avô Otto Rothe pela sua humildade, incentivo indireto à pesquisa, bem como meu avô Heinrich Mayer, pela sensibilidade artística, que auxilia no desenvolvimento de percepções antes desconhecidas.

Ao Angelo da Cunha Pinto, exímio pesquisador, comendador, professor universitário e ex-cunhado, que por tantas vezes me perturbou com comentários de que prazos devem ser cumpridos e a pesquisa sempre gera uma resposta, nem sempre a esperada, durante meu mestrado.

Às minhas amigas de jornada, aulas e estrada, Jucelaine Haas e Katia Atoji Henrique, com “marchinhas europeias” e “sorriso oriental”, me proporcionam momentos de pura leveza e descontração, abstração, e momentos muito sábios: a noite das meninas superpoderosas!.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo financiamento da pesquisa processo nº 445270/2014-4 e à Fundação Araucária pela concessão de bolsa capacitação segundo Edital CP13/2014.

“O rio atinge seus objetivos porque aprendeu a contornar os obstáculos” (André Luiz).

“Enquanto não tiveres conhecido o inferno, o paraíso não será bastante bom para ti” (Provérbio Curdo).

“Aquele a quem dás, escreve seu reconhecimento na areia. Aquele de quem recibes, grava tua dívida no bronze” (Máxima oriental).

## RESUMO

MAYER, Lilian Regina Rothe. Crescimento, desenvolvimento e qualidade nutricional de cultivares de aveia branca sob níveis crescentes de nitrogênio cortadas em intervalos fixos. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

A região do Sudoeste do Paraná apresenta o setor agrário bem desenvolvido, com ênfase na produção leiteira de pela agricultura familiar. A base nutricional dessas propriedades são as pastagens formadas por gramíneas tropicais, as quais apresentam uma diminuição em sua produção de fitomassa em determinada época do ano, com a queda na intensidade luminosa e temperatura. A implantação de pastagens temperadas, principalmente de aveia, é uma estratégia comum na região para a atividade. Avaliou-se os efeitos dos níveis de nitrogênio no crescimento, desenvolvimento, acúmulo de fitomassa, composição química, cinética ruminal e produção de gases de efeito estufa. O trabalho foi conduzido na UTFPR-DV nos anos de 2013 e 2014, em blocos ao acaso com quatro níveis de adubação N (0,60, 120 e 240 KgN.ha<sup>-1</sup>) com 3 repetições, em períodos de corte a cada 21 dias, usando-se cultivares de aveia branca (*Avena sativa* L.) URS Guapa e IPR126. Foram analisados taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, concentração intracelular de CO<sub>2</sub>, taxa de transpiração, temperatura da folha, teor de clorofila, produção de fitomassa, proteína, FDN, lignina, EE, produção de gás em relação aos teores de carboidratos de rápida degradação e de degradação lenta, bem como CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O. Para IPR 126 no ano de 2013 houve efeito significativo nas variáveis PB, CT, k1, eficiência do uso da água, transpiração e temperatura foliar, enquanto que para o ano de 2014, as variáveis foram CT, vf1, k1, vf2, número de perfilhos e eficiência do uso da água. Para a cultivar URS Guapa, no ano de 2013, houve efeito significativo para as variáveis peso das folhas (em gramas) e temperatura foliar, enquanto que no ano de 2014, número de perfilhos, transpiração e temperatura foliar foram significativos. Observou-se que a cultivar IPR 126 foi mais influenciada pelos níveis de adubação que a cultivar URS Guapa, em todos os anos e os gases de efeito estufa não foram afetados.

**Palavras-chave:** Fotossíntese. Cinética Ruminal. Gases de Efeito Estufa.



## ABSTRACT

MAYER, Lilian Regina Rothe. Nitrogen concentration, Biomass production and Nutritional Value of Oats cutted in fixed days. 106 f. Thesis (Ph.D. in Agronomy) - Graduate Program in Agronomy (Concentration Area: Crop), Federal University of Technology Paraná. Pato Branco, 2017.

The Southwest region of Paraná presents the well-developed agrarian sector, with emphasis on dairy production from family farming. The nutritional base of these properties are pastures formed by tropical grasses, which present a decrease in their phytomass production at a given time of year, with the decrease in luminous intensity and temperature. The implementation of temperate pastures, mainly of oats, is a common strategy in the region for the activity. The effects of nitrogen levels on growth, development, phytomass accumulation, chemical composition, ruminal kinetics and greenhouse gas production were evaluated. The work was conducted in UTFPR-DV in the years of 2013 and 2014, in randomized blocks with four levels of N fertilization (0.60, 120 and 240 KgN.ha<sup>-1</sup>) with 3 replications, in cut-off times every 21 Days, using white oats (*Avena sativa* L.) URS Guapa and IPR126. Were analysed CO<sub>2</sub> assimilation rates, intracellular CO<sub>2</sub> concentration, transpiration rate, leaf temperature, chlorophyll content, phytomass production, protein, NDF, lignin, EE, gas production in relation to fast-degraded carbohydrate. In the year of 2013, there was a significant effect on the variables PB, CT, k<sub>1</sub>, water use efficiency, transpiration and foliar temperature, while for the year 2014, Variables were CT, vf<sub>1</sub>, k<sub>1</sub>, vf<sub>2</sub>, number of tillers and water use efficiency. For the cultivar URS Guapa, in the year 2013, there was a significant effect for the variables leaf weight (in grams) and leaf temperature, while in the year 2014, number of tillers, transpiration and leaf temperature were significant. It was observed that The cultivar IPR 126 was more influenced by levels of fertilization than the cultivar URS Guapa, in all years and greenhouse gases were not affected.

**Keywords:** Photosynthesis. Ruminal Kinetics. Greenhouse gases.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Equipamentos para Mensuração dos Gases da Cinética Ruminal, com detalhes de Banho maria (A), morça de vedação (B), manômetro com vias de acesso do gás (C), recolhimento do gás (D) e quantificação do volume de gás (E). Fonte: Oliveira, (2014). .....48
- Figura 2** – Teores de Proteína Bruta segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2013 em Dois Vizinhos – PR. ....54
- Figura 3** – Teores de Carboidratos Totais segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2013 em Dois Vizinhos – PR. ....56
- Figura 4** – Taxa específica de produção de gases pela degradação da fração solúvel de rápida digestão (k1) segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2013 em Dois Vizinhos – PR. ....57
- Figura 5** – Temperatura foliar segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2013 em Dois Vizinhos – PR. ....58
- Figura 6** – Taxa de transpiração foliar segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2013 em Dois Vizinhos – PR. ....59
- Figura 7** – Eficiência do uso da água (WUE) segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2013 em Dois Vizinhos – PR. ....60
- Figura 8** – Peso das folhas (em gramas) segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca URS Guapa para o ano de 2013 em Dois Vizinhos – PR. ...63
- Figura 9** – Temperatura Foliar (°C) segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca URS Guapa para o ano de 2013 em Dois Vizinhos – PR. ....64
- Figura 10** – Teor de Carboidratos Totais (%) segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2014 em Dois Vizinhos – PR. ....67
- Figura 11** – Número de Perfilhos.planta<sup>-1</sup> segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2014 em Dois Vizinhos – PR. ....68
- Figura 12** – Taxa específica de produção de gás pela degradação da fração de rápida digestão (k1) segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2014 em Dois Vizinhos – PR. ....70
- Figura 13** – Número de Perfilhos.planta<sup>-1</sup> segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2014 em Dois Vizinhos – PR. ....71
- Figura 14** – Eficiência do uso da água (WUE) segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2014 em Dois Vizinhos – PR. ....72
- Figura 15** – Número de Perfilhos.planta<sup>-1</sup> segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca URS Guapa para o ano de 2014 em Dois Vizinhos – PR. ...74
- Figura 16** – Temperatura Foliar (°C) segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca URS Guapa para o ano de 2014 em Dois Vizinhos – PR. ....75
- Figura 17** – Taxa de transpiração foliar segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca URS Guapa para o ano de 2014 em Dois Vizinhos – PR. ....76

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Volume de água e concentração dos reagentes utilizados para o preparo das soluções que compõem o meio de cultura segundo Goering e Van Soest, (1970). .....	46
<b>Tabela 2</b> – Valores das Estruturas das Matrizes de Variância e Covariância (Matriz R) para as Variáveis Mensuradas de IPR 126 no ano de 2013, em Dois vizinhos-PR. .....	52
<b>Tabela 3</b> – Valores das Estruturas das Matrizes de Variância e Covariância (Matriz R) para as Variáveis Mensuradas de URS Guapa no ano de 2013, em Dois vizinhos-PR. ....	61
<b>Tabela 4</b> – Valores das Estruturas das Matrizes de Variância e Covariância (Matriz R) para as Variáveis Mensuradas de IPR 126 no ano de 2014, em Dois vizinhos-PR. .....	65
<b>Tabela 5</b> – Valores das Estruturas das Matrizes de Variância e Covariância (Matriz R) para as Variáveis Mensuradas de URS Guapa no ano de 2014, em Dois vizinhos-PR. ....	73

## LISTA DE SIGLAS, ACRÔNIMOS E ABREVIATURAS

AGV	Ácidos Graxos Voláteis
CEUA	Comitê de Ética no Uso de Animais
CF	Carboidrato Fibroso
Chl	Clorofila
CHO	Carboidratos
CNCPS	Cornell Net Carbohydrate and Protein System
CNF	Carboidrato Não Fibroso
DAE	Dias Após Emergencia
DCE	Detector de Captura de Elétrons
EE	Extrato Etéreo
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FB	Fibra Bruta
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FDN	Fibra em Detergente Neutro
GEE	Gases de Efeito Estufa
IAF	Índice de Área Foliar
IAPAR	Instituto Agronômico do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICF	Índice de Clorofila Falker
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IRGA	Infra-red Gas Analyzer
MM	Matéria Mineral
MO	Matéria Orgânica
MS	Matéria Seca
NIDA	Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido
NIDN	Nitrogênio Insolúvel em Detergente Neutro
NiTCA	Nitrogênio Insolúvel em Ácido Tricloroacético
NNP	Nitrogênio Não Proteico
PB	Proteína Bruta
PDR	Proteína Degradável no Rúmen
PIDA	Proteína Insolúvel em Detergente Ácido
PIDN	Proteína Insolúvel em Detergente Neutro
PNDR	Proteína Não Degradável no Rúmen
SPAD	Soil Plant Analysis Development
TNT	Tecido Não Tecido
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
2.1 AVEIA.....	14
2.2 MANEJO DAS PASTAGENS .....	16
2.2.1 Adubação Nitrogenada.....	17
2.3 ASPECTOS FISIOLÓGICOS LIGADOS AS FORRAGEIRAS.....	20
2.3.1 Fotossíntese.....	22
2.3.2 Respiração .....	25
2.3.3 Absorção de Água e Nutrientes.....	28
2.3.4 Transporte de Solutos .....	31
2.4 PASTEJO X QUALIDADE NUTRICIONAL.....	32
2.4.1 Gases Oriundos da Fermentação Ruminal .....	41
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>44</b>
3.1 EXPERIMENTO DE CAMPO .....	44
3.2 DETERMINAÇÕES DAS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS.....	45
3.3 DETERMINAÇÕES DAS VARIÁVEIS LABORATORIAIS .....	45
3.3.1 Determinação Bromatológica .....	45
3.3.2 Digestibilidade <i>in vitro</i> Pela Cinética de Produção de Gases .....	46
3.3.3 Determinação de Gases de Efeito Estufa.....	49
3.3.4 Análise Estatística .....	50
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>52</b>
4.1 ANO 2013.....	52
4.1.1 IPR 126 .....	52
4.1.2 URS GUAPA .....	61
4.2 ANO 2014.....	65
4.2.1 IPR 126 .....	65
4.2.2 URS GUAPA .....	72
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>78</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>79</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Estima-se que 170 milhões de hectares de pastagens atendem a alimentação dos 88% do rebanho bovino brasileiro (IBGE, 2005; LINS, 2011), no qual, constituem-se como principal alimento, por apresentar inúmeras vantagens, dentre as quais, possibilitar que carboidratos (CHO) estruturais provenientes da planta, se tornem proteína de alto valor biológico.

O ponto mais importante no manejo das pastagens é alcançar o equilíbrio com a conflitante busca por área foliar (fotossíntese) e a retirada de tecidos para o consumo do animal, que é constituído basicamente de folhas. Por isso, é de suma importância conhecer e entender não só o comportamento animal, mas também os mecanismos de desenvolvimento da planta utilizada na produção de pastagens, tendo a adubação fundamental importância para permitir a produção eficiente e de qualidade.

O Nitrogênio é nutriente fundamental para a síntese da clorofila, sendo esta o pigmento envolvido no processo da fotossíntese, permitindo a produção de maior ou menor quantidade de energia para o conseqüente uso na síntese de fotoassimilados. Estes, juntamente com as proteínas formadas permitirão o mais rápido crescimento e desenvolvimento das plantas (MOREIRA, 2006) e, em alguns casos, diminuirá o teor de fibra, o que favorece para melhoria de sua qualidade (BURTON E MONSON, 1988).

Neste contexto, considerasse que a emissão de gases de efeito estufa está relacionada a retenção do alimento no rúmen por mais tempo, promovendo sua degradação lenta e promovendo a formação, principalmente, de metano, devido presença de material mais fibroso, produzido por características genéticas da planta, bem como ocorrendo naturalmente pela evolução da idade da mesma.

É comum a existência de trabalhos com adubações nitrogenadas, fosfatadas e potássica (FRIZZONE et al., 1995; BEN et al., 1998; MOREIRA et al., 2001; SOARES E RESTLÉ, 2002; FERREIRA et al., 2009; SILVA et al., 2009; ASSMANN et al., 2010; SANDINI et al., 2011) além do uso de micronutrientes visando a produção acumulada de fitomassa. Também é mais frequente a realização de experimentos com alimentos oferecidos aos animais fistulados com posterior observação de sua digestibilidade “*in situ*” (GOES et al., 2011; SÁ et al., 2011;

FERREIRA et al., 2005; ASSIS et al., 1999). Entretanto, trabalhos que relacionem as variáveis de crescimento e desenvolvimento das forrageiras, a utilização de nitrogênio pelas plantas com a atividade ruminal, não são relatados.

Assim, o presente trabalho avaliou níveis crescentes de nitrogênio aplicados no solo sobre o crescimento, desenvolvimento e qualidade nutricional de plantas de aveia branca e posterior cinética de degradação ruminal e produção de gases de efeito estufa.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 AVEIA

A aveia é gramínea anual, originária da Ásia, que pertence à família *Poaceae*, gênero *Avena*, sendo cultura bastante difundida no Brasil por possuir inúmeras possibilidades de utilização, como na forma de grãos, forragens, cobertura de solo e adubação verde (SKONIESKI, 2009; SÁ, 1995; FLOSS et al., 2007).

A aveia branca (*Avena sativa* L.) apresenta uso múltiplo, de condições de clima temperado, com faixa ideal de temperatura à germinação de 20 a 25°C (CASTRO et al., 2012; VRIES et al., 1989), com seu desenvolvimento cultural naturalmente atingido quando a incidência de água é constante, sem deficiências e as temperaturas são baixas (EMBRAPA, 2000; COMISSÃO DE AVEIA, 2014).

Para que haja o estabelecimento da cultura de aveia, não só fatores como água e temperatura são essenciais. Deve-se considerar também a qualidade da semente, densidade de semeadura, incidência de luz e nutrição mineral, pois após a emissão da radícula e dos primórdios foliares, ocorre a formação da planta-mãe, com desenvolvimento pleno, a qual pode ter seu potencial limitado por tais fatores.

Pode-se subdividir a planta de aveia fisicamente em raízes adventícias ou fasciculadas, hastes ou colmos compostos de nós, entrenós e gemas e, folhas membranáceas, compostas por lâmina foliar e bainha (MULLEN, 1996). Quando a folha termina sua expansão e torna-se madura, aparece na região do colar, local de conexão da bainha com a lâmina foliar, a lígula do tipo membranosa.

A aveia é utilizada para formação de pastagens no inverno, cultivada de forma isolada ou consorciada com outras plantas de clima tropical ou até mesmo de clima temperado, em virtude de sua alta produção de massa de MS, constituída de excelente qualidade, podendo atingir até 22% de proteína bruta (PB) no início do pastejo e digestibilidade de 60 a 80%, com resistência ao pisoteio (MACARI et al., 2006; ADAMI E PITTA, 2012).

Várias são as espécies de gramíneas de clima temperado disponíveis para fornecer alimento de boa qualidade, porém a aveia (*Avena sp.* L.) já possui maior expressão em determinadas regiões brasileiras. Na região Sul do Brasil, na



época de inverno ocorre deficiência na oferta de volumoso aos animais, pois, neste período os capins tropicais ficam mais fibrosos e de qualidade inferior em decorrência do seu ciclo vegetativo, aliado à falta de água e temperaturas amenas. Com isso, a aveia torna-se importante reserva de alimento para o gado, seja como forragem verde ou na forma conservada como feno ou silagem, tornando-se alternativa, para suprir a deficiência de volumosos na região (MOREIRA et al., 2005).

Além disso, em decorrência da sua capacidade de adaptação tanto em regiões quentes quanto frias, permite ser cultivada nas regiões Sul e Centro-Oeste brasileiro, cujas temperaturas locais favorecem seu desenvolvimento vegetativo. Contudo, não é recomendável que se faça o cultivo em locais com excesso de umidade, pois favorece o ataque da ferrugem (*Puccinia graminis* sp. *Avena* Eriks & Henn) (MORAES et al., 2013).

Dentre as principais espécies de aveias cultivadas no país têm-se a aveia branca (*Avena sativa* L.), aveia amarela (*Avena byzantina* C. Koch) e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb). As aveias brancas e amarelas são utilizadas para produção de forragem e grãos, sendo a preta indicada para forragem e cobertura do solo (MOREIRA et al., 2005).

Dentre os cultivares para o pastejo tem-se como alternativa a aveia IPR 126, sendo este genótipo de ciclo longo, o que favorece o produtor pela redução do fornecimento da ração ou silagem, suportando bem o pisoteio em períodos de déficit hídrico, produzindo aproximadamente 7.071 kg ha<sup>-1</sup> de massa de matéria seca em três cortes, com elevado percentual de proteína e pouca fibra e, com relação folha:colmo de 4,4:1 (IAPAR, 2013).

Desenvolvida pela UFRGS em 2004, a variedade de aveia branca URS Guapa tem ciclo precoce, estatura da planta média a baixa com boa resistência ao acamamento e às ferrugens da folha e do colmo, combinados com excelente qualidade dos grãos. Esta variedade é adaptada para as condições de cultivo das principais áreas produtoras de aveia do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, podendo ser utilizada para pastejo, assim como a BRS Centauro, em que, se conduzida para pastejo, seu corte deve ser realizado quando as plantas apresenta 30 cm de altura e altura de resteva entre sete e dez cm. A produtividade média é de 6.541 kg ha<sup>-1</sup> e produção de massa de matéria fresca com potencial de 45 kg ha<sup>-1</sup>, apresentando ciclo médio de 155 dias.

## 2.2 MANEJO DAS PASTAGENS

O início do manejo das pastagens se deu com os trabalhos de Brougham (1956) e de Ward e Blaser (1961) que demonstraram que a manutenção de área foliar em relação a área do solo era necessária, para que assim ocorresse a captura de incidência da luz de maneira a permitir o máximo de produção de massa de matéria seca, bem como, a manutenção e quantificação de carboidratos (CHO) de reserva que possibilitassem a rebrota, sendo isto, considerado de vital importância para se ter, ao final, a pastagem bem manejada.

Entretanto, com o avanço da ciência, foi possível determinar o fluxo dos tecidos nas fases de rebrote das forrageiras, bem como, identificar diferenças entre as forrageiras temperadas e tropicais, as quais afetavam a ingestão por parte de animais ruminantes, alterando-se a condição entre densidade de massa e perfilhos produzidos. Tais condições promoveram significativo avanço no manejo das pastagens ao longo da década de 90 (STOBBS, 1973; HODGSON, 1981; PARSONS et al., 1983; PARSONS et al., 1988; DAVIES, 1988; HODGSON, 1990; CHAPMAN E LEMAIRE, 1993).

Desta forma, o conhecimento da fisiologia ligada à morfogênese (crescimento e desenvolvimento, até a senescência) segundo Salisbury e Ross (1992) é de suma importância por estar relacionado com o potencial de produção da espécie forrageira e seu uso em determinado ecossistema, permitindo compreender os mecanismos morfofisiológicos e sua interação com o ambiente, com a desfolha e o balanço entre os fluxos de carbono, nitrogênio e água, como resposta às perturbações no sistema solo-planta-ambiente (LEMAIRE E CHAPMAN, 1996; SATTLER E RUTISHAUSER, 1997; GOMIDE, 1994; NELSON, 2000; LEMAIRE E AGNUSDEI, 2000).

A condição dos nutrientes no ecossistema em que a planta forrageira está inserida é fundamental para seu uso, uma vez que o elemento fósforo é essencial ao desenvolvimento inicial da mesma (WERNER 1986) e o nitrogênio promove a intensificação dos eventos morfofisiológicos (LANGER, 1963; CRUZ E BOVAL, 2000; FRANK E BAUER, 1982; DURU E DUCROCQ, 2000; LONGNECKER et al., 1993. Entretanto, com base nessas informações, pode-se estudar os sistemas de manejo e entender melhor as condições morfogênicas e de ecossistema

(FERREIRA E ZANINE, 2007).

### 2.2.1 Adubação Nitrogenada

O nitrogênio é elemento essencial para as plantas, pois sua presença é importante na composição das biomoléculas, tais como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e inúmeras enzimas (MIFLIN E LEA, 1976; HARPER, 1994).

A utilização do nitrogênio em relação a sua eficiência na adição do solo refere-se à sua recuperação pelas plantas, considerando-se as perdas que geralmente ocorrem, com mais de 50% deste elemento aplicado na forma de fertilizantes não sendo absorvidos pelas plantas, devido a vários fatores que limitam tal condição (BREDEMEIER E MUNDSTOK, 2000). O nitrogênio pode ser perdido principalmente pela lixiviação de nitrato, volatilização de amônia e emissão de N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O e outros óxidos de nitrogênio (ANGHINONI, 1986).

A quantidade do nitrogênio absorvido pela planta varia de acordo com seu desenvolvimento vegetativo, da quantidade de raízes e da taxa de absorção por unidade de massa da matéria fresca da raiz. Desta forma, aumenta-se a quantidade durante o período de crescimento, atingindo o máximo no período reprodutivo (CREGAN E BERKUM, 1984).

O crescimento vegetativo é caracterizado pela emissão de novas folhas, caules e raízes. Dessa maneira, para que a planta tenha seu desenvolvimento, ela realiza a síntese de ácidos nucléicos e proteínas, onde os metabolismos de proteínas e dos tecidos meristemáticos necessitam do nitrogênio. Assim, o nitrogênio controla de forma intensa o crescimento vegetativo da planta (KUSANO et al., 2011).

A aplicação do N provoca alterações em várias características morfológicas da forrageira, desde o tamanho da folha, taxa de crescimento e aparecimento de folhas e perfilhos. De acordo com Pereira et al. (2008), a taxa de aparecimento foliar é maior com o aumento das doses de nitrogênio, pois o mesmo atua para maiores atividades de divisão e alongamento das células nas zonas meristemáticas do perfilho.

A adubação nitrogenada tem relação com a taxa de aparecimento de

folhas sobre o surgimento de perfilhos, conforme observado com o capim *Panicum maximum* (Mombaça). Isso é importante, pois tem relação com a potencial produção de novas gemas para geração de novos perfilhos através do fator luminosidade e nutrientes (BARTH NETO et al, 2010). Todavia, quanto maior a altura de corte da planta menor será o aparecimento foliar, sendo assim, a planta tem longo percurso do pseudocolmo até a emergência da folha.

O tempo do perfilho para expressar o número máximo de folhas vivas é menor, quando as doses de nitrogênio são maiores, mas para isso deve-se aumentar a frequência de pastejo (PEREIRA et al., 2012). Segundo Barth Neto et al. (2010), a nova geração de perfilhos pode ser afetada quando o aparecimento de folhas for muito alto, acarretando na competição de luz e nutrientes.

Por meio dos dados obtido por Cruz et al. (2007) em mamoeiro (*Carica papaya*), observou-se que os resultados sobre a taxa fotossintética aumentavam de acordo com o incremento da concentração de nitrogênio (N) devido à importância deste elemento no processo fotossintético, determinando-se a formação de compostos para o desenvolvimento da planta como a enzima Rubisco. A taxa fotossintética está relacionada tanto ao N disponível para planta quanto o teor de clorofila total, pois quanto menor a taxa fotossintética reduzir-se-á o teor de clorofila decorrente do menor N disponível para planta, tendo influência no desempenho e na eficiência da luz, para gerar ATP e NADPH necessários para a redução do CO<sub>2</sub> (FRANÇA, 2008).

A extração de nutrientes e a composição da planta podem sofrer alterações de acordo com a adubação nitrogenada (BARTH NETO et al., 2010). A adubação nitrogenada promove incremento no rendimento forrageiro e aumento da eficiência fotossintética. Sendo assim, ocorre intenso perfilhamento e alongamento do colmo e folhas que, por sua vez, determinam alterações na altura da pastagem e na cobertura do solo pela planta (ALEXANDRINO et al., 2004).

Entende-se por perfilho, a produção vegetativa de nova planta por meio da diferenciação de células meristemáticas. No caso de espécies de aveia, seu desenvolvimento ocorre por diferenciação das células da região denominada de “coroa”, localizada entre 5 a 7 cm do solo, na haste principal ou colmo (DEISS et al., 2014).

Enquanto o perfilho não emite as raízes nodais, que se forma na base,

o mesmo é alimentado pela reserva energética produzida pela planta madura. O estímulo à emissão de novo perfilho se dá pela obtenção de no mínimo três folhas maduras do perfilho em desenvolvimento (CASTRO et al., 2012; MASLE, 2005; WELCH, 2012).

Quanto maior o número de perfilhos considerados maduros, ou seja, apresentam folhas totalmente expandidas e com capacidade fotossintética ideal em se considerando as condições metabólicas de desenvolvimento e formação anatômica, maior a capacidade de sobrevivência e produção ( $\text{Kg MS ha}^{-1}$ ), uma vez que os mesmos podem elevar a estatura da planta, alongando e tornando-os competitivos em condições de sombreamento (FEROLLA et al., 2007).

Quanto menor a relação caule/lâmina foliar maior será a porcentagem de PB da planta e menor teor de fibra, tornando-se assim mais digestiva e com decréscimo menor no valor nutritivo com a maturidade (VAN SOEST, 1994).

A maior proporção de nitrogênio (N) envolvido na fotossíntese se encontra na forma de proteína solúvel, e desta, grande parte está na enzima Rubisco, podendo ser encontrado também nos cloroplastos, nas enzimas respiratórias dos peroxissomos e mitocôndrias, na anidrase carbônica e nos ribossomos, além de constituir as membranas dos tilacóides nos cloroplastos, participando dos complexos de proteínas, pigmentos e nos transportadores de elétrons (COSTA, 2003; MONTAGNER, 2004; ARGENTA et al., 2001).

Segundo Souza et al. (2014), o propósito de relacionar o teor de clorofila com a concentração de nitrogênio nas folhas das plantas é bastante promissora, pois, indica o real estado nutricional das plantas em relação a este elemento, facilitando ao produtor a verificação da necessidade da realização da adubação nitrogenada ou não, para obtenção do melhor desempenho na pastagem, refletindo no desempenho animal.

O nitrogênio pode ocorrer no solo, na forma orgânica e inorgânica, sendo as formas minerais mais comuns encontradas o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e o amônio ( $\text{NH}_4^+$ ). Todavia, o nitrito ( $\text{NO}_2$ ) também pode ser encontrado em certas condições (MONTAGNER, 2004). A conversão do nitrogênio presente nas fontes usualmente utilizadas é influenciada por características do solo e de sua microbiologia.

Os processos de nitrificação são realizados por bactérias presentes no solo, que convertem o amônio a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) ou nitrito ( $\text{NO}_2$ ), tornando esses

compostos disponíveis às plantas para absorção e utilização (MOREIRA E SIQUEIRA, 2006). Ele é transportado via xilema, na forma de nitrato, aminoácidos, amidas ou ureídeos, conforme a espécie vegetal.

### 2.3 ASPECTOS FISIOLÓGICOS LIGADOS AS FORRAGEIRAS

O estudo dos processos fisiológicos leva à indicação da capacidade da planta de adaptar-se às condições edafoclimáticas, persistindo na área, bem como, de produzir biomassa em quantidade e com qualidade com a conseqüente síntese de produtos necessários, como tecido foliar, para o pleno desenvolvimento da estrutura da forrageira (MORAES E LANG, 2013).

A clorofila é um dos componentes importantes para a planta em virtude da sua atuação no metabolismo energético. A capacidade deste pigmento em alterar seu perfil energético sob a presença de ondas luminosas de comprimento específico e da água permite o início do processo fotossintético. Além disso, pode-se correlacionar os teores de clorofila com nitrogênio por estar associado ao teor de N dos tilacóides ( $50 \text{ mol N do tilacóide mol Chl}^{-1}$ ) (EVANS, 1989).

A molécula de clorofila que se excita e inicia o processo fotoquímico é a clorofila a (Chl a), presente em todos os organismos autotróficos com fotossíntese oxigênica. Mas as plantas superiores também apresentam outros pigmentos, determinados como acessórios por participam na absorção e transferência energética aos centros de reação, como a clorofila b (Chl b) e carotenoides (TAIZ E ZIEGER, 2013).

As moléculas de clorofila apresentam complexo porfirínico, tendo ao centro um átomo de Magnésio (Mg), ligado a quatro radicais nitrogenados, os quais tem sua síntese por conversão sucessiva do ácido glutâmico, um aminoácido (STREIT et al., 2005). Além das clorofilas, as ficobilinas apresentam radicais amino em sua composição.

Para a formação destes pigmentos, além da disponibilidade do íon Mg, há necessidade de disponibilizar complexo de nutrientes equilibrado, mas com maior efetividade para o N, de maneira que a planta possa utilizá-lo para a síntese de moléculas precursoras, podendo elevar os conteúdos de pigmentos

fotossintetizantes (BOJOVIĆ E MARKOVIĆ, 2009; WAHEED et al., 2012).

O conteúdo de clorofila se altera em razão do tipo de fonte nitrogenada inorgânica, com maiores teores sendo encontrado quando se utiliza nitrato de amônio, assim como ocorre com os teores de proteína total e de aminoácidos totais. Esta condição está diretamente relacionada à atividade enzimática, com menor atuação da nitrato redutase para a fonte nitrato de amônio, quando comparada com nitrato de potássio (GEIGER et al., 1999).

Segundo Feller et al. (2008), o nitrato absorvido pelas raízes só se desloca via xilema. O deslocamento pelo floema só é possível, a partir do momento que atinge as células do mesófilo, sendo então assimilado e metabolizado, de maneira a ser exportado em direção ao dreno. As folhas mais novas são sempre drenos e, por estarem em expansão, apresentam elevada síntese da proteína Rubisco, a qual vem diminuindo em relação às folhas mais velhas, pois apresenta degradação total quando a expansão foliar atinge o máximo, sendo usada como fonte de N pelas outras partes da planta.

O oferecimento de níveis mais elevados de N acarreta em crescimento na área foliar e no conteúdo de clorofila (HOKMALIPOUR E DARBANDI, 2011). Tal condição promove alterações positivas nas características fotossintéticas, embora estes efeitos da relação diminuam conforme se incrementa os níveis de N (ZHANG et al., 2014).

O clorofilômetro é instrumento portátil utilizado com a intenção de correlacionar o teor de nitrogênio presente na massa de MS da folha, com o teor de clorofila mensurado, expresso na forma de SPAD ou ICF.

Assim, Dwyer et al. (1995) testaram este instrumento para trigo, obtendo como valores de interação, o teor de 3,4% de nitrogênio na massa de MS e valor de SPAD de 57,4, estabelecendo-se tais valores para a cultura, como forma de estar suprida nutricionalmente pelo nitrogênio, não se encontrando assim, em deficiência.

De mesma forma, Feibo et al. (1998) identificaram correlações significativas entre o valor SPAD encontrado e o teor de N normal, para a cultura de algodão, bem como, Chang e Robinson (2003) trabalhando com culturas variadas e, Lee et al. (2011), que demonstraram elevar a espessura da folha e apresentarem maior turgidez em relação às de menor fertilidade.

Abrahão et al. (2013) desenvolveram modelo utilizando bandas espectrais para determinação de N via mensuração direta de pigmentos fotossintetizantes, tamanha a importância do nitrogênio nas fases de desenvolvimento de uma cultura.

### 2.3.1 Fotossíntese

A fotossíntese é o processo pelo qual vegetais portadores de clorofila sintetizam compostos orgânicos a partir da matéria inorgânica utilizando-se da energia solar, ou seja, na transformação da energia radiante em energia química. Para isso, a fotossíntese usa energia solar e absorve água para conversão do  $\text{CO}_2$  em CHO, fornecendo energia para a manutenção e desenvolvimento da planta.

O processo da fotossíntese é complexo, pois compreende muitas reações físicas e químicas, que ocorrem de maneira coordenada em sistemas de proteínas, pigmentos e outros associados a membranas. A fase da fotossíntese é dividida em duas etapas, sendo a fotoquímica e a de carboxilação.

A etapa fotoquímica ocorre nos tilacóides, sendo estes sistemas de membranas internas do cloroplasto que servem de sítio de localização dos complexos de captação de luz, os quais são constituídos de Chl (a e b) e carotenoides, chamados de pigmentos que absorvem a luz fotossinteticamente ativa. Também é aqui que ocorre a decomposição das moléculas de água (fotólise) com a liberação para a atmosfera de  $\text{O}_2$  e a formação de ATP e NADPH (CARVALHO et al., 2012).

No mundo dos vegetais podem ser encontrados vários tipos de clorofila, sendo a “Chl a” importante por estar presente dentro de cada fotossistema que pertence aos organismos que realizam fotossíntese oxigênica. A “Chl a” é o pigmento específico para realizar a etapa fotoquímica, o primeiro estágio do processo fotossintético, enquanto que os demais pigmentos, como carotenoides auxiliam na absorção de luz e na transferência da energia radiante para os centros de reações, sendo assim chamado de pigmentos acessórios (STREIT et al., 2005).

Este teor de clorofila também tem sido usado como medida para indicar o estado nutricional e a necessidade da aplicação de nitrogênio (N), pois este, é um



dos elementos da estrutura molecular do pigmento da Chl (SOFIATI et al., 2009), onde são gerados os esqueletos de carbono para síntese proteica (FERNANDES E ROSSIELLO, 1995).

A proporção da clorofila encontrada na folha está ligada diretamente com o teor de N encontrado na planta. Isto é atribuído pelo fato de que 50 a 70% do N existente na folha participam das enzimas presentes nos cloroplastos (ARGENTA et al., 2001).

Para essa primeira fase da fotossíntese a interceptação luminosa tem papel fundamental para seu perfeito funcionamento, tornando-a assim dependente das folhas, pois são elas as responsáveis pela captura de energia. É essencial que toda a luz incidente seja utilizada pelo tecido fotossintético, mas, a ocorrência de alterações na interceptação luminosa pode ser influenciada por diversos fatores como estágio de desenvolvimento, manejo da pastagem e sistema de pastejo, espécie e estação do ano (FAGUNDES, 1999; BRAGA et al., 2009).

Plantas forrageiras do gênero *Cynodon spp.* evidenciam que a máxima taxa de acúmulo de massa de MS é obtida quando a interceptação luminosa pelo dossel forrageiro atinge 95% na entrada dos animais nas pastagens. Essa porcentagem é apresentada como condição ótima de manejo para cada cultivar expressar o seu potencial de produção (SANTOS E VIEIRA, 2011).

A diminuição de luz nas folhas anteriores pode diminuir a taxa fotossintética, e esta, entrará no ponto de compensação, passando-se de fonte (fornecimento) para dreno (consumindo) (MAGALHÃES et al., 2013). De acordo com Fagundes et al. (1999), pastos mantidos com maior altura apresentam maiores valores de IAF e interceptação luminosa, cuja taxa de crescimento do pasto chega próximo ao máximo ao interceptar 95% da luz.

Após o pastejo, o pasto começa a rebrotar com o objetivo de refazer sua área foliar, interceptar luz e crescer novamente. No início são produzidas mais folhas, devido ao acúmulo de folhas mortas e colmos. Nessa fase, a prioridade da planta é refazer sua área foliar com o objetivo de interceptar a luz incidente, com as folhas sendo os componentes mais eficientes, pelo fato de se encontrarem expostas e a competição por luz ser baixa, fazendo com que a planta priorize a produção de folhas (BROUGHAM, 1956; PAINTER E DETLING, 1981; PARSONS et al., 1983; PARSONS E PENNING, 1988; LEE et al., 2010 ).

Esse processo acontece até o momento que a planta aumenta sua massa de matéria fresca e as folhas começam a se sobrepor, sombreando umas às outras, principalmente aquelas mais próximas do solo. Esse ponto é quando 95% de toda a luz incidente é interceptada (BRAGA et al., 2009).

Em relação à etapa de carboxilação, que também é chamada de ciclo fotossintético redutivo de carbono ou ciclo de Calvin, ocorre com a utilização dos produtos da etapa fotoquímica ATP e NADPH e da assimilação do CO<sub>2</sub> do ar, que juntos proporcionarão na formação da molécula de sacarose ou amido, dentro do citosol ou do cloroplasto, respectivamente (BLACK Jr, 1973; SANDRIN et al., 2006).

Porém, a taxa fotossintética varia de acordo com o metabolismo apresentado pela planta, podendo este ser C<sub>4</sub>, C<sub>3</sub> e MAC (metabolismo do ácido das crassuláceas) para fixação de CO<sub>2</sub> atmosférico. As plantas C<sub>4</sub> se destacam mais fotossinteticamente em comparação às demais (BLACK Jr, 1973; EHLERINGER E MONSON, 1993).

A rota fotossintética das plantas C<sub>4</sub> é a via metabólica adicional ao ciclo C<sub>3</sub>, que inclui algumas alterações no desenvolvimento foliar, como a estrutura denominada de "anatomia Kranz", que se distingue pelo feixe vascular desenvolvido e cercado por células da bainha dos feixes vasculares, que possuem cloroplastos sem grana e que tem em seu entorno as células mesófilas, com cloroplastos com grana (CARVALHO et al., 2012; RAVEN, 2011).

Em comparação à concentração interna de CO<sub>2</sub>, as plantas C<sub>4</sub> exigem menor quantidade em comparação com plantas C<sub>3</sub>. Porém, tais plantas C<sub>4</sub> possuem maior desempenho se comparado a C<sub>3</sub> e MAC, sendo tal comportamento ligado a eficiência da carboxilação da PEPcase, combinada com a inibição da fotorrespiração promovida pelo mecanismo C<sub>4</sub> de concentração interna de CO<sub>2</sub> junto ao sítio ativo da Rubisco (CARVALHO et al., 2009).

A taxa máxima de fotossíntese para as plantas do ciclo C<sub>3</sub> é de 15 a 39 mg CO<sub>2</sub> dm<sup>-2</sup> de folha, com temperatura do dia para ótima fixação de CO<sub>2</sub> de 15 a 30°C, o que resulta nestas condições na taxa de crescimento de 34 a 39 g MS m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, com produção de massa de MS de aproximadamente 45 t ha<sup>-1</sup> ano (MORAES E LANG, 2013; MARENCO E LOPES, 2005).

### 2.3.2 Respiração

Respiração e fotossíntese apresentam benefícios mútuos em plantas recebendo iluminação (RASMUSSEN E ESCOBAR, 2007). O uso de inibidores da fotossíntese ou especificamente do ciclo de Calvin-Benson identificou a importância do metabolismo do carbono na respiração (HOEFNAGEL et al., 1998). Foi demonstrado também que a respiração protege as folhas em pleno sol da fotoinibição, bem como o transporte oxidativo de elétrons e fosforilação apresentam papel mais importante que as reações de glicólise e do ciclo do ácido tricarboxílico nesta interação (RAGHAVENDRA et al., 1994).

A respiração é constituída basicamente de três componentes: reações glicolíticas, descarboxilação de compostos carbônicos para produção de  $\text{CO}_2$  e redução de nucleotídeos (NADH e  $\text{FADH}_2$ ) e, a oxidação de NADH/ $\text{FADH}$  consumindo  $\text{O}_2$  e produzindo ATP (JAMES, 1946; MILLAR et al., 2011).

Na respiração da célula vegetal, o carbono reduzido é derivado de fontes como sacarose, triose-fosfato da fotossíntese, frutanos e outros açúcares, bem como, triacilgliceróis e proteínas, como no caso específico das sementes (GODDARD E MEEUSE, 1950).

A reação da respiração é o inverso da fotossíntese, sendo a sacarose oxidada totalmente a  $\text{CO}_2$  e o  $\text{O}_2$  atuando como aceptor de elétrons, reduzindo à água ao término da reação. A energia livre produzida e liberada pela reação é fortemente negativa, ou seja, esta vai para o ambiente e pode promover a alteração da temperatura. Tal desprendimento energético é controlado pelas fases distintas, bem como pela formação de ATP, que captura parte desta energia, tudo de maneira a impedir que a célula se queime e ocorra destruição das organelas celulares (TORO E PINTO, 2015).

- 1) Glicólise: Por ser o principal açúcar translocado na maioria das plantas e a forma química que a maioria dos tecidos não clorofilados importa, a rota glicolítica usa sacarose e produz o malato. O processo se inicia quando enzimas presentes na parede celular, vacúolo e citosol (invertases) hidrolisam-na à glicose e frutose, sendo estas fosforiladas à hexose-fosfato, com gasto de ATP.

No plastídeos apenas, ocorre o catabolismo de amido, que eventualmente

pode fornecer substrato para a via glicolítica, sendo este processo de ocorrência noturna, apenas. Entretanto, durante o período diurno, produtos da fotossíntese (triose-fosfato) podem ingressar diretamente na rota, demonstrando interação entre os processos metabólicos.

Nesta fase inicial, todas as fontes de carbono são fosforiladas a triose-fosfato, independente da origem de seu fornecimento. Após a formação do gliceraldeído-3-fosfato, ocorre a oxidação do aldeído a ácido carboxílico, reduzindo  $\text{NAD}^+$  a  $\text{NADH}$ . Em continuação, ocorre formação de ATP e 3-fosfoglicerato, por transformação enzimática nesta etapa. Assim, cada molécula de sacarose fornece ATP até esta etapa.

A formação do piruvato na etapa seguinte ocorre por formação de água e ATP provenientes da transformação do 3-fosfoglicerato em fosfoenolpiruvato (PEP) e em piruvato propriamente dito, fechando-se o ciclo. Durante esta etapa uma molécula de sacarose produz mais quatro ATP's. Entretanto, forte inibidor da glicólise em plantas é a presença do PEP no citosol, sendo este regulado pelos produtos do ciclo tricarboxílico.

- 2) Rota Oxidativa das Pentoses: Esta é a via que também auxilia na produção energética, usando enzimas solúveis no citosol e plastídeos para transformar hexose-fosfato em ribulose-fosfato, com liberação de carbono na forma de  $\text{CO}_2$  e geração de duas moléculas de  $\text{NADPH}$ . As demais fases da rota formam triose-fosfato (gliceraldeído-3-fosfato e frutose-6-fosfato), os quais são metabolizados pela via glicolítica, produzindo piruvato. Esta rota contribui com 10 a 20% da produção de energia total, sendo mais utilizada em períodos distintos do crescimento da planta, por fornecer substratos específicos (KRUGER E VON SCHAEWEN, 2003).
- 3) Ciclo do Ácido Tricarboxílico: Esta etapa da respiração ocorre dentro da mitocôndria, organela de formação e multiplicação similar ao cloroplasto. O piruvato é então descarboxilado na matriz mitocondrial por várias enzimas, produzindo  $\text{NADH}$ ,  $\text{CO}_2$  e acetil-CoA, sendo este último transformado bioquimicamente em ácido oxaloacetato, formando-se na sequência, duas moléculas de citrato. Este passa por duas reações de descarboxilação oxidativa, formando  $\text{NADH}$  e  $\text{CO}_2$  por molécula, e como produto, succinil-CoA, que é oxidado à oxalocetato, regenerando o ciclo.

Prótons e elétrons removidos da transformação do succinato, à fumarato, são usados para formar o  $\text{FADH}_2$ , outro cofator usado nas reações redox. Assim, esta etapa produz três moléculas de  $\text{CO}_2$ , quatro de NADH, uma de  $\text{FADH}_2$  e um ATP, para cada molécula de piruvato.

- 4) Fosforilação Oxidativa: Última etapa da respiração ocorre na membrana mitocondrial interna, de maneira a converter a energia armazenada nos outros processos nas formas de NADH e  $\text{FADH}_2$  à ATP, para uso indistinto pela planta.

A cadeia transportadora de elétrons é composta de quatro complexos multiprotéicostransmembrana, que atuam como carreadores ativos primários [exceção ao complexo protéico II (AFFOURTIT et al., 2001)], envolvidos na transferência de elétrons dos receptores das outras fases ( $\text{NAD}^+$  e FAD) para o  $\text{O}_2$ , formando-se a água, acoplado à síntese de ATP, sendo seu número, dependente da natureza do doador e elétrons. Esta fase é extremamente dependente de oxigênio, e não ocorre o fornecimento do mesmo, mas sim o processo de fermentação, com menor produção de ATP, além do acúmulo de alanina, succinato, malato e chiquimato (PERATA E ALPI, 1993).

Os tecidos e órgãos das plantas apresentam taxas de respiração diferentes (MILLAR et al., 2011). Desta forma, pode-se chamar de respiração de manutenção aquela que sustenta o funcionamento e a reposição dos tecidos existentes e, a de crescimento, a que fornecerá energia para formação de novos tecidos, resultando em atividade metabólica elevada e taxa respiratória tão alta quanto (AMTHOR, 1984; THORNLEY, 2011).

Eventos específicos como desenvolvimento foliar, termogênese, amadurecimento de frutos, ataque de parasitas e estresse oxidativo podem promover a atuação de enzima alternativa, em nível do complexo ubiquinona (ubiquinol: oxigêniooxidoreductase), atuando como carreador ativo secundário na redução do oxigênio (AFFOURTIT et al., 2001), na diminuição da concentração de oxigênio (hipoxia e anoxia) levando a planta a controlar a oferta de piruvato para a mitocôndria, procedendo-se então ao processo de fermentação para reduzir a demanda oxidativa (KENNEDY et al., 1992; ZABALSA et al., 2009; VAN DONGEN et al., 2011).

A diminuição no conteúdo de água na planta eleva a respiração em 20%, causando após, decréscimo conforme a redução se intensifica, diminuindo o fornecimento do malato às raízes, mas promovendo seu aumento na parte aérea (KAUL, 1966). Já a senescência foliar promove elevação na atividade respiratória, uma vez que um quinto da demanda respiratória parece ser causada pela liberação de aminoácidos livres durante a senescência (TETLEY E THIMANN, 1974; THIMANN et al., 1974; SATLER E THIMANN, 1983).

### 2.3.3 Absorção de Água e Nutrientes

A absorção de água pela planta se deve as diferenças entre os potenciais hídricos entre solo e planta (STEUDLE, 2000). Esta pode ser dividida em três componentes, dos quais, o potencial osmótico do solo só é considerado em solos sabidamente salinos. Desta forma, para os demais tipos de solo a pressão hidrostática e o potencial gravitacional apresentam interesse (SAXTON et al., 1986; ROOIJ, 2009).

A pressão hidrostática se aproxima de zero quando os solos estão úmidos, sendo extremamente interessante e importante naqueles em que apresentam textura mais arenosa. Entretanto, mesmo em solos mais argilosos é de suma importância, uma vez que é produto da tensão superficial da interface ar-água. Por este lado, a medida que o conteúdo de água no solo decresce, a água que se encontra presente se move para os espaços entre as partículas do solo, sendo removida primeiro dos espaços maiores e na sequência, dos espaços menores entre e dentro das partículas do solo, gradativamente. O movimento da água no solo ocorre pelo deslocamento de regiões de maiores conteúdos de água, com maiores espaços preenchidos por esta, para as regiões de menores espaços e com menor conteúdo (COWAN, 1965; SAXTON et al., 1986; PASSIOURA, 1988).

O potencial gravitacional está associado à elevação do local onde se encontra a planta, já que quanto maior a elevação, maior o movimento da água para baixo, sofrendo a ação da força gravitacional (OR E WRAITH, 2002).

Conforme as plantas absorvem a água do solo por meio dos pêlos absorventes das raízes, a água próxima à estas, diminui-se, gerando gradiente de

pressão. Como os espaços entre as partículas do solo se conectam, a água se move obedecendo ao gradiente de pressão criado, por fluxo de massa. Entretanto, esta movimentação é dependente também da condutividade hidráulica do solo, que decresce conforme a quantidade de água presente no solo também decresce, uma vez que ocorre a substituição desta nos espaços das partículas do solo, por ar, restringindo a água à periferia, o que vai limitando-a aos canais menos numerosos e mais estreitos e promove a diminuição na condutividade hidráulica (JONES, 2007).

Uma vez absorvida pelas células da epiderme da parte jovem da raiz, a água se move até a endoderme por três rotas: apoplástica, simplástica e transmembrana.

- 1) Apoplástica: a água se move pelas paredes celulares e espaços extracelulares sem atravessar qualquer tipo de membrana, deslocando-se apenas pelo parênquima cortical da raiz até atingir a endoderme, onde ocorre obstrução pela estria de Caspary.
- 2) Simplástica: a água se desloca pela região citoplasmática das células, usando os plasmodesmos interconectados, sempre em direção ao xilema.
- 3) Transmembrana: a água se desloca de uma célula à outra atravessando a membrana plasmática na entrada e na saída de uma célula em direção a próxima, sempre em direção ao xilema, por meio de um canal proteico denominado aquaporina. Aquaporinas são tipo específico de canal de transporte de soluto, que facilitam o transporte de água e pequenas moléculas de carga neutra (LI et al., 2014). Nas raízes foi encontrado o subtipo proteína intrínseca de membrana plasmática (PIP), sendo o mesmo localizado no xilema e nas regiões próximas à ele, bem como nas folhas, onde se verificou o subtipo proteína intrínseca de tonoplasto (TIP), que atuam inclusive, na movimentação das folhas (UEHLEIN E KALDENHOFF, 2008). Os canais de aquaporina apresentam ação positiva do ácido abscísico, ocasionando o incremento do fluxo de água transcelular. Indiretamente ela atua na concentração de CO<sub>2</sub> no estômato, por elevar o turgor das células-guarda e promover sua abertura (KALDENHOFF E FISCHER, 2006; KALDENHOFF et al., 2008) e como facilitador de transporte de peróxido (BIENERT et al., 2007). A presença é extremamente importante no controle da regulação das relações hídricas

na planta (CHAUMONT E TYERMAN, 2014; AFZAL et al., 2016), atuando diretamente sobre a transpiração (MAUREL et al., 2016).

Apesar das três rotas distintas existirem, o deslocamento da água ocorre por gradientes e resistências diferentes, o que permite a molécula usar mais de um tipo de rota para se locomover em determinado tempo e espaço. A função desta água é atingir todas as células da planta. Desta forma, o gradiente de pressão gerado pelas folhas é que, conjuntamente com o gradiente radicular, promover o deslocamento da água em direção às primeiras (BOYER, 1974).

A água absorvida atinge o xilema, um tubo contínuo, formado por células mortas, as quais reduzem a resistência ao deslocamento da água, até atingirem as folhas. Quando as atinge, a água passa do xilema para o parênquima foliar por campos de pontuação existentes nas células xilemáticas em direção às do mesofilo, se distribuindo na forma de vapor ou líquido, em que a primeira, pode atingir a atmosfera pela abertura estomática.

Com relação à condução da água na forma líquida, o deslocamento desta, se dá por células vivas, de alta resistência hidráulica. Assim, têm-se variações de resistência e condutividade hidráulica em função da distribuição do xilema pela lâmina foliar, tamanho e número destes. Plantas com nervuras paralelas (gramíneas) tendem a apresentar resistência hidráulica menor e maiores taxas fotossintéticas (BRODRIBB et al., 2007).

Entretanto, o que controla a transpiração é a diferença de concentração de vapor de água entre os espaços intercelulares das folhas e a massa atmosférica externa, bem como, a resistência a esta perda. Quem auxilia no aumento ou diminuição desta resistência são as células-guardas, que promovem o fechamento ou abertura estomática em função do turgor, presença de determinados íons, como  $K^+$  e hormônios (como ácido abscísico) (CAIRD et al., 2007).

Segundo Taiz e Zieger (2013), a razão da transpiração para cada molécula de  $CO_2$  fixada no ciclo de Calvin-Benson, é de 400 moléculas de água perdidas para uma de carbono fixado. Outros autores trabalham com as mesmas variáveis, entretanto, chamando de eficiência do uso da água, em que, para cada uma molécula de carbono fixado, quantas de água são necessárias.

Com relação aos nutrientes, áreas distintas das raízes promovem sua absorção, pois estão relacionados com o tipo de nutriente e a espécie vegetal. Desta



forma, tanto a porção apical da raiz quanto a superfície desta podem promover a absorção, ocorrendo se o ápice radicular apresenta demanda elevada por determinado nutriente e se este se encontra em disponibilidade relativamente elevada (CLARKSON, 1985).

Os nutrientes podem se mover em direção à raiz, no solo, por fluxo de massa ou por difusão, além da interceptação radicular. A quantidade fornecida por fluxo de massa está diretamente relacionada à quantidade de água no solo, bem como, a pressão exercida pela transpiração nas folhas, assim como o fluxo da água em direção à estas. Com relação à difusão, os nutrientes se deslocam por diferença de potencial hídrico entre solo e sistema radicular, sendo tal absorção pela raiz. Entretanto, esta mobilidade é dependente do nutriente e tipo químico (BALIGAR et al., 2001).

#### 2.3.4 Transporte de Solutos

O transporte de solutos depende da permeabilidade da membrana, ou seja, da composição desta e da natureza química do soluto. As membranas biológicas apresentam proteínas de transporte que facilitam a passagem de determinados elementos (íons e nutrientes). Estas podem ser canais, carregadores e bombas, apresentando especificidade ao soluto transportado, não sendo, entretanto, absoluto, ou seja, pode transportar outro elemento, dependente da preferência deste naquele momento. Contudo, mantém a especificidade em relação à carga da molécula transportada (HEDRICK et al., 1988; CHRISPEELS et al., 1999).

- 1) Canais: são proteínas transmembrana que atuam como poros seletivos, permitindo a passagem de moléculas e íons por difusão. o seu tamanho, densidade e natureza das cargas de superfície determinam sua especificidade. Assim, seu transporte é passivo, restringindo-se principalmente, a íons e água.
- 2) Carreadores: não apresentam poros ao longo da membrana, o que leva a substância a se ligar em sítio específico da proteína, o que os torna altamente seletivos e com tempo de transporte superior se comparado aos poros. A ligação altera a conformação da proteína, que expõe o soluto ao

outro lado da membrana, ocorrendo logo após, a dissociação entre as partes. O transporte pode ser passivo ou ativo secundário, sendo este importante na absorção de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , aminoácidos, peptídeos, sacarose e efluxo de  $\text{Na}^+$ . Este tipo de transporte utiliza a força motriz gerada no transporte ativo primário (prótons) para dirigir o transporte dessas outras substâncias contra seu gradiente de potencial eletroquímico, podendo então ser do tipo simporte, em que ambos solutos se movem na mesma direção, ou do tipo antiporte, sendo que um dos solutos se move na direção contrária a do outro, mas ao mesmo tempo.

- 3) Bombas: são proteínas que realizam o transporte ativo primário, contra gradiente de potencial eletroquímico e com gasto energético superior ao normalmente usado pelos carreadores. Para as plantas, o principal íon bombeado é o  $\text{H}^+$ , sendo a nível de membrana plasmática como vacuolar (SONDERGAARD et al., 2004).

## 2.4 PASTEJO X QUALIDADE NUTRICIONAL

O acúmulo de biomassa e rendimento das culturas é determinado pela assimilação de carbono e nitrogênio (TURCO, 2011). O carbono que não é utilizado na respiração aumenta o teor da massa da MS da planta e pode ser transferido para reservas ou para o crescimento (MARTIN et al., 2011).

Os nutrientes encontrados são de natureza variada, podendo estar na forma de proteínas, CHO, gorduras, vitaminas e minerais. Nessas condições, enfatiza-se a importância dos conceitos de valor nutritivo e do valor alimentício destas (GOMIDE E QUEIROZ, 1994). Porém, de modo geral, os constituintes químicos das plantas forrageiras podem ser divididos em duas grandes categorias, ou seja, aqueles que constituem a parede celular e aqueles contidos no conteúdo celular.

Com o intuito de melhorar a nutrição dos animais, vem sendo desenvolvido o fracionamento dos alimentos, ou seja, reduzir cada porção, para verificar os constituintes das mesmas. As proteínas e CHO são subdivididos pela composição química, pelas características físicas, pela taxa de degradação e pela

digestibilidade pós-ruminal, permitindo prever os valores de energia líquida e de proteína metabolizável de cada alimento, sobre interação dessas variáveis (BERCHIELLI et al., 2006).

As frações de proteínas e CHO e, suas taxas de degradação são utilizadas para quantificar os nutrientes disponíveis para dar suporte a fermentação ruminal de dois grupos de microrganismos, os degradadores de carboidratos fibrosos (CF) e os de carboidratos não fibrosos (CNF) (BERCHIELLI et al., 2006).

Os primeiros compõem a parede celular vegetal, que, juntamente com a lignina, possuem funções de sustentação e proteção, representadas basicamente, pela celulose e hemicelulose, os quais são de degradações lenta e parcialmente disponíveis ao animal. Os CNF, representados pelos açúcares solúveis em água, amido e pectina, sendo rápidos e completamente digestíveis pelo animal (MERTENS, 1987; MERTENS, 1996).

A fibra é considerada o composto mais importante na nutrição e alimentação de ruminantes, pelo fato de serem os mais abundantes na massa da MS de CHO, compreendendo a maior porção da parede celular das células vegetais. Devido às características nutricionais, a fibra é o composto que mais influencia na dinâmica digestiva dos animais ruminantes, pois, esses componentes estruturais são degradados lentamente (ALVES et al., 2008).

Porém, a fibra é componente crítico na alimentação, o que pode limitar a produtividade do animal se fornecida em excesso (NEUMANN, 2002). No entanto, a partir da década de 90, os nutricionistas passaram a analisá-la não mais pelo método da fibra bruta (FB), que consistia de celulose com poucas quantidades de lignina e hemicelulose, passando a utilizar os métodos de fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN) para expressar a concentração de fibras e para o balanceamento de rações para ruminantes (LIMA, 2003). O método proposto por Van Soest e Wine (1967) consistiu em fracionar os componentes fibrosos, favorecendo a possibilidade de precisão na estimativa do valor nutritivo das forrageiras.

Segundo Berchielli et al. (2006), as frações de proteínas e CHO e, suas taxas de degradação são utilizadas para quantificar nutrientes disponíveis para dar suporte à fermentação ruminal dos dois grupos de microrganismos-os fermentadores de CF, que utilizam amônia como fonte de N e fermentadores de CNF, que utilizam

tanto amônia quanto aminoácidos ou peptídeos como fonte de N. As constituições desses compostos oscilam durante o ciclo da planta, pois a parede celular vegetal cresce para proporcionar estabilidade estrutural e, conferir proteção e sustentação (CABRAL et al., 2000).

Com base no fracionamento de CHO e compostos nitrogenados, o método é analisado pelo Sistema de 'Cornell Net Carbohydrate and Protein System' (CNCPS) que apresenta dinâmica da degradação de N e CHO no rúmen, para que se consiga a máxima eficiência de síntese microbiana, redução das perdas energéticas e nitrogenadas ocasionadas pela fermentação ruminal. A base dos modelos para esse sistema estima a quantidade de proteína microbiana sintetizada, do escape ruminal de nutrientes e, com isso, da proteína metabolizável, a partir dos dados das frações de CHO e proteínas, bem como, de suas taxas de degradação (RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992). Os CHO nas forrageiras totalizam cerca de 60 a 80% da massa da MS, principal fonte de energia para os seres vivos compreendidos nos primeiros níveis tróficos (FERNANDES et al., 2003).

No rúmen acontece o principal processo de digestão dos ruminantes, procedimento esse desencadeado pela alta concentração microbiana presente nesse órgão (VAN SOEST, 1994). O resultado desse processo é a elevada eficiência em consumo de alimentos fibrosos possibilita vantagem aos ruminantes, porém, não adquirida por outros animais.

A digestibilidade aparente é conceituada pela porção do alimento ingerido, que é retida, para sofrer ações microbianas no sistema gastrointestinal (DETMANN et al., 2009). Fatores como ambiente, potencial genético e/ou interação dos mesmos, resultam no sucesso ou insucesso do desempenho produtivo dos animais (VAN SOEST, 1994).

O conhecimento à respeito da degradação ruminal de variadas fontes alimentícias é de extrema importância (TONANI et al., 2001) para se buscar a maximização da produtividade visando redução de custos. Portanto, conhecer os aspectos relacionados ao grau de maturidade da planta, forma de processamento, relação colmo-folha, bem como, identificar e entender o que influencia no consumo de volumoso pelo animal (LADEIRA et al., 2001) são pontos importantes visando a produção animal.

O trabalho de Orskov e Mcdonald (1979) descreveu que fatores como

extensão da digestão potencial e taxa de fermentação, caracterizadas pelo tempo e taxa de redução do tamanho da partícula, expressam a qualidade propriamente dita da forragem.

O alimento volumoso pode ser caracterizado como de origem tropical ou temperada. No caso do tropical, alguns pontos como idade da planta, época do ano, adubação e manejo aplicado ao solo, composição nutricional, taxa de degradação e espécie podem influenciar sobre a digestibilidade (VAN SOEST et al., 1991; VAN SOEST, 1994).

Em relação ao balanceamento de dietas para ruminantes com o uso do NRC (2001), alguns critérios devem ser considerados como a taxa de digestão e das proporções alimentares, já que são indispensáveis para sincronizar a disponibilidade de nitrogênio e energia no rúmen, visando aperfeiçoar a digestão dos ingredientes à atividade dos microrganismos e as perdas oriundas da fermentação ruminal, como é o caso dos gases.

A disponibilidade de nutrientes para os ruminantes depende da degradação realizada pelos microrganismos do rúmen. Por sua vez, o crescimento da população microbiana varia com as condições do ambiente ruminal, tais como temperatura, pH, pressão osmótica, produtos da fermentação e baixa concentração de oxigênio. A cinética de degradação ruminal gera informações do processo de digestão que podem melhor descrever o valor nutritivo dos alimentos (VAN SOEST, 1994).

Para os ruminantes absorverem os ingredientes oriundos da forragem, a mesma deve sofrer ação dos microrganismos ruminais, realizando o processo de degradação da fibra. A determinação da cinética de degradação possibilita o entendimento mais aprofundado da atividade digestiva, obtendo-se valor mais específico dos nutrientes do alimento, através da mensuração da produção de gases, produzidos na digestão (VAN SOEST, 1994).

O estágio de maturidade da planta forrageira influencia no valor nutricional, conforme ela vai se desenvolvendo, tendo a intensificação da lignificação com esse processo, diminuindo a proporção folha-colmo (WILSON, 1982; VAN SOEST, 1994).

A relação folha-colmo é índice utilizado para mensurar o valor nutritivo da pastagem, já que as folhas fazem parte da melhor fração em se tratando de PB

na planta, com menores teores de fibras e conseqüentemente maior digestibilidade- porcentagem do mesófilo maior que de esclerênquima + epiderme, segundo Akin (1981) e Jung e Vogel (1986), resultando em melhor desempenho dos animais (VAN SOEST, 1994).

A produção e qualidade da forragem pode sofrer influência do intervalo de cortes estabelecidos, em que a qualidade decai, quando estabelecidos intervalos de corte mais longos, porém, a produção da massa da MS aumenta (FERREIRA et al., 2005).

Na escolha de determinada forrageira, a produção de massa da MS deve ser analisado, bem como, o manejo a ser aplicado. No entanto, o ponto de corte em diferentes idades é importante para avaliar a degradação ruminal e para fazer a comparação entre espécies e determinar o estágio ideal de utilização na alimentação animal (RODRIGUES et al., 2012).

As proteínas são divididas e subdivididas em fração A, B1, B2, B3, e C quando se faz uso do sistema de Cornell, possibilitando melhor entendimento das frações dos alimentos (SNIFFEN et al., 1992).

A porção que apresenta maior digestibilidade no rúmen devido ser constituída de nitrogênio não proteico (NNP) é denominado fração A, já que a fração B corresponde a proteína verdadeira, subdividida em outras três frações. A fração B1 tem intensa solubilidade no rúmen, B2 com taxa de degradação intermediária, B3 degradação lenta em função da associação da parede celular com a proteína e a fração que não é digerível no rúmen e no intestino, sendo denominada fração C (SNIFFEN et al., 1992).

Ao comparar gramíneas tropicais com temperadas, algumas diferenças são visíveis. As tropicais se destacam pela alta produtividade. No entanto, ao longo do período de crescimento, acumulam FDN, ou seja, parede celular, que nutricionalmente não é interessante, pois apresenta variação na digestão dos alimentos e causa efeito no consumo, por ocupar espaço no trato gastrointestinal, consequência da digestão lenta e incompleta (VAN SOEST, 1994; MERTENS, 1996).

Em se tratando de ruminantes, a utilização de volumosos na dieta tem por objetivo usufruir da principal fonte de energia proveniente da degradação de celulose e hemicelulose, possibilitando condições para o animal se manter, crescer e produzir atendendo as exigências nutricionais (ÍTAVO et al., 2002). A medida que se

adiciona compostos fibrosos na dieta de ruminantes, a taxa de degradabilidade diminui (SOUZA et al., 2000).

Conforme Balsalobre et al. (2003) para se chegar no senso comum sobre a degradação da massa da MS de diferentes porções de CHO e proteínas torna-se necessário sincronizar a degradação de ambos.

Os componentes das plantas como celulose e hemicelulose geralmente são digeridos somente quando não ocorre lignificação, já que a digestão não acontece por completo, com a incrustação de lignina, devido a ineficiência dos microrganismos em degradá-la (WHITEMAN, 1980). Isso acarreta na diminuição de digestibilidade, que pode ser medida pela quantidade de alimento ingerido em relação a quantidade defecada, observando-se assim a diferença retida.

Para se quantificar a digestibilidade, existem algumas técnicas que podem ser utilizadas, sendo estas “*in vivo*”, “*in situ*” e “*in vitro*”.

A técnica de degradação “*in vivo*” se assemelha mais ao que acontece no animal. No entanto, tem alguns pontos que a tornam de difícil aplicação, como a demanda de mão de obra, infraestrutura para manter os animais, exige quantidade de alimento disponível e demanda tempo gerando alto custo. Contudo, essa técnica avalia-se a degradabilidade de modo geral, sem particularidades do sistema gastrointestinal (FERRARI, 2003).

A técnica “*in situ*” é considerada como segura na determinação da degradabilidade, pois o alimento em estudo fica em contato com o ambiente ruminal estudado. Esta técnica também é conhecida como técnica do saco de náilon, caracterizada pelo rápido processo de degradação do alimento presente no ambiente ruminal. No entanto, todas as atividades digestivas não agem sobre o alimento, como mastigação, ruminação e passagem (VAN SOEST, 1994). A técnica destaca-se por possibilitar a avaliação de vários alimentos ao mesmo tempo, gerando baixo custo e com processo rápido. Necessita-se para isso, de animais fistulados, gerando resultado mais próximo da técnica “*in vivo*” (MERTENS, 1993). Porém, esta apresenta algumas inconveniências nas questões tamanho de partículas, tempo de incubação do material, porosidades dos sacos de náilon, contaminação, frequência de alimentação (MERTENS, 1993; MADSEN E HVELPLUND, 1994; VAN SOEST, 1994).

Conforme Soares (2007) a inserção de sacos de náilon no rúmen e a

permanência no compartimento digestivo dependem do tempo pré-determinado, sendo possível o acompanhamento do processo de degradabilidade do material.

O resíduo da fermentação, ou seja, dos gases ditos como nocivos ao meio ambiente remetem à técnica de degradação "*in vitro*", tendo a produção de gás importante papel no processo. É caracterizada por incubar em meio de cultura, solução tampão e líquido ruminal oriundo de bovino fistulado. O alimento incubado sofre ação degradativa, levando à fermentação que desencadeia na produção de gases, ácidos da fermentação ou adere-se à biomassa microbiana (RYMER et al. 2005).

Da mesma forma, necessita de conhecimento da disponibilidade dos nutrientes ao longo do período produtivo. Destaca-se que, a digestibilidade "*in vitro*", é mais usada pela sua praticidade, rapidez e custo reduzido, quando comparada à técnica "*in vivo*", para fazer a análise de alimentos (OLIVEIRA et al., 1993). A metodologia "*in vitro*" busca simular o ambiente ruminal do animal ao qual o alimento fica exposto. Porém, essa técnica realiza a coleta de líquido ruminal do animal fistulado e o restante do procedimento é feito em laboratório. As amostras de alimento juntamente com a fração de líquido ruminal, ficam mantidas em recipiente por até 96 horas para mensurar a degradabilidade. No entanto, quesitos como temperatura de 39°C, pH de 6,9, anaerobiose e presença de microrganismos devem ser mantidos (MOULD et al., 2005).

A partir da ação dos microrganismos durante a fermentação, a cinética de produção de gases de CHO pode ser mensurada, seja oriunda de CF como CNF (SCHOFIELD et al., 1994; SCHOFIELD E PELL, 1995). Com isso, obtêm-se os gases resultantes da degradação anaeróbica microbiana, dióxido de carbono, metano e ácidos graxos voláteis (AGV) (SCHOFIELD E PELL, 1995). Contudo, a quantidade de gás produzida durante a incubação do ingrediente é reflexo da concentração de ácidos graxos de cadeia curta, o combustível energético dos ruminantes (GETACHEW et al., 2004).

No entanto, segundo Krishnamoorthy et al., (2005), o método demanda atenção em determinados pontos do processo como na fonte e preparo do inóculo, preparo do substrato, bem como, na composição e preparo do meio, podendo influenciar na aferição de produção de gases. Porém, a informação obtida através do método '*in vitro*' deve ser comparada com a composição química dos alimentos e



posterior entendimento através de modelos matemáticos.

Entre os métodos existentes têm-se o de Tilley e Terry (1963), sendo este o que se mantém como um dos mais adotados. Este é caracterizado em manter a digestão por 48 horas e posteriormente com presença de pepsina a digestão por mais 48 horas, gerando no resíduo indigerível, com compostos de matérias insolúveis em pepsina e microrganismos. Já Goering e Van Soest (1975), aboliram o uso de digestão com presença de pepsina, trocando-a por tratamento do resíduo em detergente neutro, gerando no resíduo composto de parede celular indigestível, resultando no processo com a mesma confiabilidade, mais com a metade de tempo gasto.

Buscando maior precisão nas análises, Mabweesh et al. (2000) desenvolveram incubadora artificial por meio do uso do saco de tecido-não-tecido (TNT), visando assim simular a fermentação ruminal com a possibilidade de utilizar vários alimentos no mesmo recipiente, sendo considerado o material que desapareceu, segundo esse processo, como o digestível (CASALI et al., 2008).

Os teores de fibra relacionados a de detergente neutro (FDN) e detergente ácido (FDA) confrontam com a digestibilidade. Da mesma forma, o estágio de amadurecimento da planta no ponto de corte afeta o valor nutricional (RIBEIRO et al., 2001). O resultado do envelhecimento da planta está na inversão dos componentes, diminuindo-se o teor de CHO e proteínas e, aumentando-se o teor de parede celular, que proporciona diminuição da digestibilidade do volumoso por parte dos microrganismos ruminais (ATAÍDE JÚNIOR et al., 2001).

Contudo Pell et al. (1994), verificaram que a interpretação da produção de gás oriunda da degradação ruminal, resulta no acúmulo de gás, que de certa forma é mais trabalhosa, pois necessita de modelos logísticos complexos se comparada a produção de gás de forma gravimétrica, aonde se tem o desaparecimento dos nutrientes em degradação.

Os alimentos com maior conteúdo de CF apresentam maior tempo de retenção no rúmen, conseqüentemente, incremento na produção de gás. Entretanto, quanto maior a quantidade de CNF, menor é o tempo de retenção no rúmen. A produção de gases ocorre no início do processo de fermentação, possibilitando a formação de componentes químicos essenciais aos microrganismos.

Cone e Gelder (1999) observaram que a incubação por 72 horas de

misturas de caseína com glucose promoveram uma diminuição na produção de gás de 32% quando comparadas com amostras de amido, resultando na identificação de que, cada percentual proteico na mistura causa uma redução de 2,48 mL g<sup>-1</sup> MO, demonstrando, conseqüentemente, que forrageiras mais novas, que apresentam relação maior de proteína/CHO, produzem menor quantidade de gás, devendo o mesmo ser corrigido para avaliação real.

A composição química dos alimentos contribui não apenas com a alteração da taxa de retenção ruminal e digestibilidade, mas verificasse que atua também de maneira direta, sobre a fermentação ruminal (MAKKAR, 2005), uma vez que a maior produção de gás está correlacionada com bactérias ruminais mais do que com protozoários (DIJKSTRA et al., 2012), alterando, inclusive, as características microbianas (SRINIVAS E KRISHNAMOORTHY, 2005). Assim, teores de PB e CNF estão relacionados com o volume de gás produzido durante a fermentação microbiana, apresentando o primeiro, depleção, enquanto que o segundo incrementa a produção (GETACHEW et al., 2004; CABRAL et al., 2000; MOREIRA et al., 2010).

A utilização de gordura como forma de incrementar o *by-pass* ruminal de proteína e de amido, permitindo sua digestão a nível de intestino, vem sendo utilizada, de maneira a mitigar a produção de metano, por reduzir ou alterar a fonte a ser degradada (MOULD et al., 1983; JENKINS E PALMQUIST, 1984; COPPOCK E WILKS, 1991; PALMQUIST et al., 1993; DHIMAN et al., 2001; DOHME et al., 2001; CHAI et al., 2004; KUMAR et al., 2009; PALIZDAR et al., 2012). Sob essas condições, ocorre a diminuição na produção de gases provenientes da fermentação ruminal, por alteração do tipo de substrato a ser degradado (TABRIZI et al., 2012).

Mello et al. (2006) trabalhando com silagens provenientes de diferentes híbridos de girassol, em épocas de semadura precoce, intermediária e tardia, detectaram que os valores de *Vf1* diminuíram (13,25, 12,5 e 11,25 mL, respectivamente) em função de época, e se correlacionavam com os teores de CNF que também diminuíram (24,5, 25,6 e 19,6%, respectivamente), mas os valores de PB dos híbridos se elevaram de outubro à dezembro (10,12 e 15%, respectivamente), o que pode ter influenciado a produção de gás da fração solúvel de rápida degradação, por ter complexado a amônia liberada durante a degradação ruminal com o CO<sub>2</sub> naturalmente produzido no rúmen, formando um precipitado

(carbonato de amônia), segundo achados detectados por Fondevilla e Barrios (2001).

Muniz et al. (2011) incubaram vários tipos de alimento secos e alguns considerados aquosos (silagem) e determinaram a produção de gás dispendida individualmente por esses vários alimentos. Os autores verificaram que ocorre correspondência entre os teores de PB e FDN dos alimentos, bem como do processo de confecção dos fenos e silagens utilizados no experimento, com a fermentação do substrato e sua degradabilidade, podendo apresentar alterações de volume de gases produzidos na fermentação por alterarem o período de latência dos microrganismos.

Souza et al. (2011) avaliando a qualidade da *Brachiaria brizantha* num sistema silvipastoril, determinaram produções máximas acumuladas de gás nos períodos chuvosos maiores que os dos períodos de seca, com tempo total de incubação de 96 horas, com comportamento similar para as taxas específicas de degradação, sem contudo, ocorrer efeito dos períodos sobre a latência.

O tempo de colonização das bactérias e protozoários do rúmen tem relação com o início do processo fermentativo (McALLISTER et al., 1994), podendo alterar a produção de gás obtida, bem como as taxas específicas de degradação, dependendo da composição química do alimento, estando diretamente relacionada com os teores de CHO de rápida degradação (NOGUEIRA et al., 2006; SOUZA et al., 2011).

#### 2.4.1 Gases Oriundos da Fermentação Ruminal

Efeito estufa nada mais é que fenômeno natural de aquecimento térmico da Terra, por produção de gases e sem ele a vida como se conhece não poderia existir (SILVA E PAULA, 2009).

Dentre os gases o metano é um dos mais nocivos, pois apresenta potencial de aquecimento cerca de 25 vezes maior que o CO<sub>2</sub> e tempo de vida na atmosfera de 9 a 15 anos, sendo sua taxa de crescimento anual de 7% (IPCC, 2006). O metano (CH<sub>4</sub>) é gás incolor e inodoro, considerado um dos mais simples hidrocarbonetos, com pouca solubilidade na água e quando adicionado ao ar, torna-

se altamente explosivo. Ele é produzido por processos naturais como decomposição de lixo orgânico, digestão de animais herbívoros, metabolismo de certos tipos de bactérias, vulcões, extração de combustíveis minerais e aquecimento de biomassa anaeróbica.

Os animais domésticos são responsáveis pela emissão de 15% deste gás na atmosfera (CHAVES et al., 2006) e para alguns, chega a 40% em se tratando de sistema de produção animal (TUBIELLO et al., 2014), o que pode representar aos animais, perda energética entre 2 a 15% (CZERKAWSKI, 1969; LENG, 1990; JOHNSON E JOHNSON, 1995; VAN NEVEL E DEMEYER, 1996; McALLISTER et al., 1996; McCAUGHEY et al., 1997; MATHISON et al., 1998).

Vários fatores influenciam a produção de metano pelos ruminantes, incluindo o nível de ingestão de alimentos, digestibilidade da dieta, processamento do alimento, adição de lipídeos e ionóforos à dieta, alterações na microflora ruminal e variações individuais (McCAUGHEY et al., 1999; POPP et al., 2000; BENCHAAAR et al., 2001; BOADI et al., 2004; LOVETT et al., 2005; PAPADOPOULOS et al., 2005; OMINSKI E WITTENBERG, 2006; WAGHORN E WOODWARD, 2006; BEAUCHEMIN et al., 2008; RIVERA et al., 2010; COTTLE et al., 2011; MEALE et al., 2012; OWEN et al., 2012; PATRA, 2012; BELL et al., 2011; ECKARD et al., 2010; PATRA, 2014; PAL et al., 2015).

Devido a presença de bactérias do gênero *Archaeae*, um dos mais antigos existentes desde o resfriamento da Terra (FORSTER et al., 2001; CARDOSO et al., 2003; HOOK et al., 2010) ocorre a retirada do ambiente ruminal dos íons hidrogênio e CO<sub>2</sub> liberados durante o processo bioquímico de geração de energia para as bactérias. O metano produzido é gerado constantemente, o que é imprescindível ao ambiente, uma vez que a permanência de H<sub>2</sub> torna o ambiente ácido, a ponto de selecionar os microrganismos existentes, alterando o equilíbrio ruminal (DIJKSTRA et al., 2012), que torna-se cada vez mais ácido, num ciclo que culmina com o óbito do animal se o mesmo não for interrompido.

Triolo et al. (2011), estudando um novo método de prever a produção potencial de metano, identificaram que as correlações de lignina, presente nas fezes dos animais, bem como na biomassa degradável no rúmen, ou quando se usava o teor presente em ambos, conjuntamente, era muito elevada, demonstrando que o componente químico é muito importante na produção ruminal de metano.

Yurtseven et al (2009), trabalhando com sistema de alimentação por escolha individual da dieta e sistema convencional de fornecimento de dieta predita, com ovelhas, observaram que, ao selecionar a dieta, os animais diminuíram a produção de metano e CO<sub>2</sub> e incrementaram a produção de ácido propiônico, o que não ocorreu com o grupo que recebeu a dieta formulada.

Não apenas a seleção da dieta é parte importante na produção de GEE's, mas também condições de temperatura do ambiente (ROMERO-PÉREZ et al., 2011) e gênero/tipo de bactérias metanogênicas estão relacionadas com maior ou menor eficiência dos animais em produzir metano. Zhou et al. (2009) observaram que maiores quantidades de bactérias do gênero *Methano brevibactere* sp, bem como *M. sphaerastadtmanae* estavam presentes em grupos considerados menos eficientes, além de verificarem maior variação nos microrganismos ruminais (27 tipos diferentes contra 22 dos eficientes).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 EXPERIMENTO DE CAMPO

O trabalho foi conduzido na área experimental da UNEPE (Unidade de Ensino e Pesquisa) Culturas Anuais, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Câmpus Dois Vizinhos, localizado na região Sudoeste do Estado do Paraná de latitude 25° 44' 01"S e longitude 53° 03' 26"W, no período de abril a setembro dos anos de 2013 e 2014.

O clima da região é subtropical úmido mesotérmico, tipo Cfa, com temperatura no mês mais quente superior a 22°C e no mês mais frio inferior a 18°C, segundo a classificação de Köppen (Alvares et al., 2013). A precipitação média anual é de 2.044 mm, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho (CABRERA, 2015).

Foram utilizadas variedades de *Avena sativa* L. IPR 126 e URS Guapa. Para implantação do experimento, procedeu-se com preparo do solo de forma convencional sob resteva de *Mucuna pruriens* (implantação ano 2013), aplicando-se adubação de base de 145 kg ha<sup>-1</sup>, pré-plantio das aveias, na formulação 08-20-10 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O). Posteriormente, procedeu-se plantio a lanço das sementes das duas cultivares descritas anteriormente.

Decorrido tal procedimento, realizou-se adubação de cobertura com nitrogênio logo após o corte de padronização das plantas, que ocorreu quando estas atingiram 25 cm de altura, usando-se uréia (45% de N) (COSTA et al., 2010; MACEDO, 2009; CARVALHO et al., 2010).

Os níveis de zero, 120, 240 e 360 kg N sob a forma de uréia como fonte, foram aplicados em intervalos de 21 dias pós-corte das plantas, após o corte de padronização (WILM et al., 1944; MANNETJE, 2000), mantendo-se sempre as mesmas em 10 cm acima do nível do solo, para proporcionar rebrota. Todo o material cortado foi retirado da área, não permanecendo para ciclagem.

Para o ano de 2014, o procedimento de implantação foi o mesmo (implantação, adubação de base e adubação de cobertura), mas a cultura de aveia foi estabelecida sobre resteva da cultura de sorgo (*Sorghum bicolor*).

Em ambos os anos, a área experimental foi constituída de 12 parcelas

com área de seis m<sup>2</sup>, as quais receberam as doses de nitrogênio elencadas anteriormente. Sendo adotado o delineamento em blocos casualizado com três repetições.

### 3.2 DETERMINAÇÕES DAS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS

A determinação das variáveis fisiológicas de crescimento ocorreu pela avaliação do número de perfilhos por planta, número de folhas por perfilho e altura após 10 cm. Para determinação da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, concentração intracelular de CO<sub>2</sub>, taxa de transpiração e temperatura da folha foram utilizadas duas folhas, com auxílio do aparelho IRGA (*Infra-red Gas Analyzer*) modelo LI6400XT (LI-COR, Lincoln, Nebraska-USA). Tais folhas apresentavam como características ser totalmente expandidas.

A área foliar foi mensurada pelo equipamento CID Bio-Science, modelo CL-202, escolhendo-se cinco folhas intactas de cada parcela dividida, a cada 21 dias e, o teor de clorofila foi mensurado pelo aparelho FALKER, com quatro folhas por parcela, a cada 18 dias, realizadas nas primeiras folhas (superiores) que apresentavam característica de estar totalmente expandidas.

### 3.3 DETERMINAÇÕES DAS VARIÁVEIS LABORATORIAIS

#### 3.3.1 Determinação Bromatológica

As amostras para as análises bromatológicas foram coletadas e acondicionados em sacos de papel com furos de aproximadamente 1 cm cada, de maneira a permitir a passagem do ar para proceder sua posterior secagem. Assim, as mesmas foram pesadas e submetidas à secagem em estufa com ventilação de ar forçado a 55°C durante 72 horas para determinação da massa de matéria seca ao ar. Após a secagem, as amostras foram pesadas novamente para determinação do valor de água perdida e moídas em moinho de faca com peneira de 2 mm e acondicionadas em sacos plásticos identificados. Foram determinados os teores de

matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e PB, de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

A análise de Fibra Insolúvel em Detergente Neutro (FDN) foi realizada pelo método de Mertens (2002). A Fibra Insolúvel em detergente Ácido (FDA), Lignina, Nitrogênio Insolúvel em Detergente Neutro (NIDN), Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido (NIDA), foram analisados de acordo com Van Soest e Robertson (1985). Essas análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da UTFPR - Câmpus Dois Vizinhos.

### 3.3.2 Digestibilidade *in vitro* Pela Cinética de Produção de Gases

Para a determinação da cinética de degradação ruminal, as amostras foram conduzidas para o Laboratório de Parasitologia da UTFPR - Câmpus Dois Vizinhos, onde foram realizadas as análises de digestibilidade *in vitro* pelo método de produção de gás. Este método consiste em incubar as amostras em frascos de vidro do tipo âmbar (100 mL) com tampa de borracha, hermeticamente lacrados com lacres de alumínio.

As amostras individuais secas ao ar (0,5 g) foram transferidas para os frascos. Posteriormente, as mesmas foram incubadas com 40 mL de meio de cultura reduzido mais 10 mL de inóculo ruminal. O meio de cultura (Tabela 1), a redução da solução e do inóculo foram preparados como único lote (HALL; MERTENS, 2008).

**Tabela 1** – Volume de água e concentração dos reagentes utilizados para o preparo das soluções que compõem o meio de cultura segundo Goering e Van Soest, (1970).

Solução	Água destilada	Reagentes
Solução tampão	1 L	4 g L <sup>-1</sup> (NH <sub>4</sub> )HCO <sub>3</sub> (bicarbonato de amônio). 35 g L <sup>-1</sup> NaHCO <sub>3</sub> (bicarbonato de sódio).
Solução de Macromineral	1 L	5,7 g L <sup>-1</sup> Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (fosfato dissódico ou fosfato de sódio dibásico anidro). 6,2 g L <sup>-1</sup> KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (dihidrogenofosfato de potássio ou fosfato de potássio monobásico anidro). 0,6 g L <sup>-1</sup> MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O (sulfato de magnésio heptahidratado). 2,2 g L <sup>-1</sup> NaCl (cloreto de sódio).



Solução de Micromineral	1 L	13,2 g 0,1 L <sup>-1</sup> CaCl <sub>2</sub> (cloreto de cálcio). 10,0 g 0,1 L <sup>-1</sup> MnCl <sub>2</sub> 4H <sub>2</sub> O (cloreto de manganês tetrahidratado). 1 g 0,1 L <sup>-1</sup> CoCl <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O (cloreto de cobalto hexahidratado) 8 g 0,1 L <sup>-1</sup> FeCl <sub>3</sub> 6H <sub>2</sub> O (cloreto de ferro hexagidratado).
Solução de NaOH	1 L	40 g L <sup>-1</sup> NaOH (hidróxido de sódio).
Solução Redutora	0,19 L	1,25 g de Cisteína HCl. 8 mL de solução 1 Molar de NaOH. 1,25 g de Sulfeto de Sódio Nonahidratado (Na <sub>2</sub> S 9H <sub>2</sub> O). Completar com água até 0,2 L.

O inóculo foi obtido a partir de dois bovinos da raça Holandêsa com aproximadamente 450 kg, dois anos e meio de idade, fistulados no rúmen segundo protocolo CEUA 2014-003. As fases líquida e fibrosa do conteúdo do rúmen foram recolhidas separadamente para encher completamente duas respectivas garrafas térmicas. O inóculo do filtrado foi adicionado ao meio de cultura reduzida na proporção de 4:1 e a mistura foi mantida a 39°C, com borbulhamento de gás CO<sub>2</sub> até que a mistura fosse transferida para os frascos.

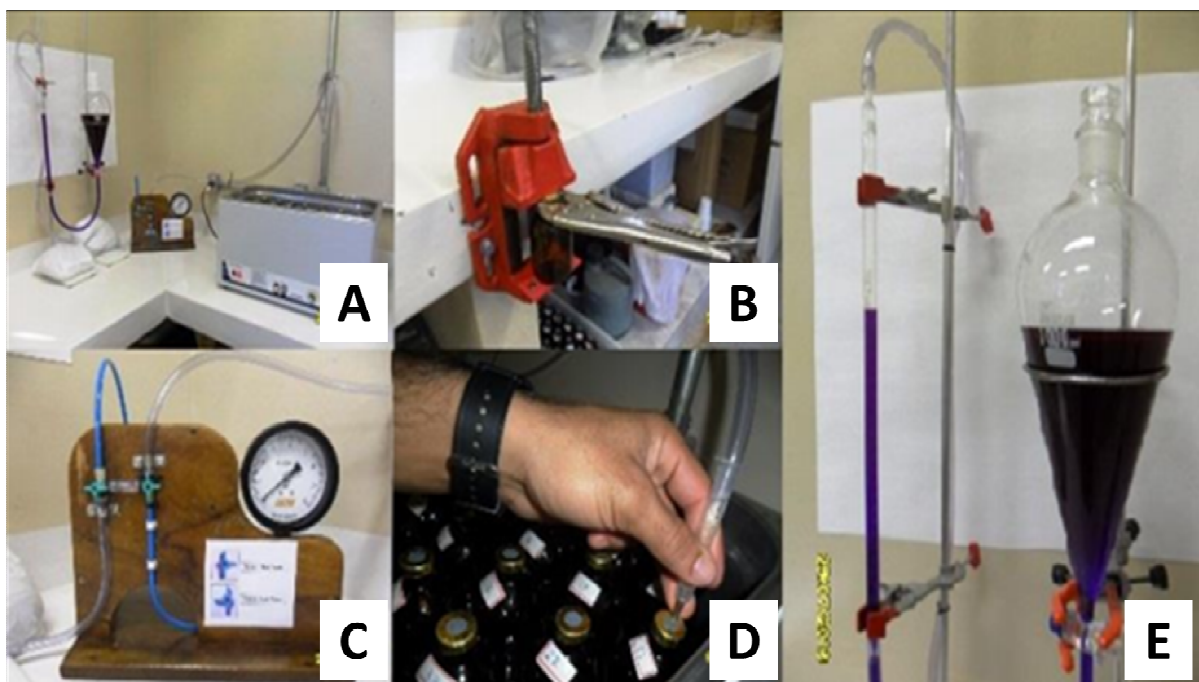
Os perfis de tempo de produção cumulativa de gás foram obtidos por meio de dispositivo não automatizado semelhante ao utilizado por Malafaia et al. (1998) com algumas modificações (OLIVEIRA, 2016).

O dispositivo contém manômetro (0 - 8 psi; incrementos de 0,05), que foi acoplado à válvula de três vias de plástico. Uma das mangueiras da válvula foi conectada ao tubo de silicone (5 mm de diâmetro e 1,5 m de comprimento) com agulha de calibre 20 ligada à extremidade solta do tubo. A segunda mangueira foi anexada ao manômetro por pequeno pedaço de tubo de silicone e braçadeiras plásticas. A terceira mangueira foi ligada por outro tubo de silicone (5 mm de diâmetro e 1,3 m de comprimento) para a parte superior de pipeta graduada 25 mL (incrementos de 0,1 ml), que teve a sua extremidade cônica ligada à haste estreita e apertada em forma de funil de separação (1.000 mL) com 0,4 m de um mesmo tipo de tubo de silicone.

O funil e pipeta foram ligados ao suporte de apoio de metal em posição

vertical e estático. O sistema de ligação foi preenchido da boca do funil com solução  $0,1 \text{ g L}^{-1}$  de resazurina para a marca de zero (menisco) da pipeta de acordo com o princípio dos vasos comunicantes. Foi realizado com cuidado o enchimento do sistema com o líquido para evitar bolhas de ar. A retenção da pressão do gás no espaço aéreo do frasco de fermentação foi lida no manômetro, inserindo a agulha de calibre 20 de extremidade solta através da rolha de borracha do frasco selado e o volume de gás produzido foi lido após a mudança da posição da válvula de três vias para permitir o deslocamento de cima para baixo do líquido no interior da pipeta.

O objetivo da extremidade solta é para que seja realizada a leitura da pressão e do volume, sem retirar o frasco do banho de água. No entanto, os frascos foram serem ligeiramente agitados no início da manhã e no início da noite para misturar o conteúdo da corrida de incubação. As leituras de pressão e de volume foram realizadas a 1, 2, 3, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 48, 72, e 96 h de incubação. Leituras de volume foram expressos em  $\text{mL } 0,1 \text{ g}^{-1}$  de MS (Figura 1).



**Figura 1** – Equipamentos para Mensuração dos Gases da Cinética Ruminal, com detalhes de Banho maria (A), morça de vedação (B), manômetro com vias de acesso do gás (C), recolhimento do gás (D) e quantificação do volume de gás (E). Fonte: Oliveira, (2014).

Imediatamente após a inoculação, foi realizada a leitura inicial que serviu para padronizar a pressão e descartar o volume dos gases em todos os tubos.

As curvas de produção acumulativa de gases observadas *in vitro* foram ajustadas pelo modelo logístico bicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994), dado por:

$$V = \frac{V_1}{1 + e^{[2-4k_1(t-\lambda)]}} + \frac{V_2}{1 + e^{[2-4k_2(t-\lambda)]}} + \varepsilon$$

em que:

$V$  = volume de gases (mL g<sup>-1</sup> MO degradada) no tempo  $t$ ;

$V_1$  = volume máximo de gases produzidos pela degradação da fração solúvel de rápida digestão;

$V_2$  = volume máximo de gases produzidos pela degradação da fração insolúvel potencialmente degradável de lenta digestão;

$V_T (V_1 + V_2)$  = volume total de gases produzidos;

$k_1$  = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração solúvel de rápida digestão;

$k_2$  = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração insolúvel potencialmente degradável de lenta digestão;

$t$  = tempo de incubação;  $\varepsilon$  = exponencial;

$\lambda$  = fase de latência (*lag time*);

$\varepsilon$  = erro experimental associado a cada observação, suposto ~ NIID  $(0; \sigma^2)$ .

O modelo foi ajustado às curvas de produção de gás por meio do procedimento NLIN do SAS (versão 9.4) usando o algoritmo de Marquardt.

### 3.3.3 Determinação de Gases de Efeito Estufa

Para a mensuração do metano foi coletada amostra de 10 mL do gás produzido por meio de recipiente tipo vacuntainer, nos horários 6, 9, 12, 24, 48 e 96 horas de incubação. As amostras foram tratadas de maneira idêntica as estabelecidas para determinação de cinética ruminal, sendo mantidas em banho-maria a 39°C. Após a coleta dos gases, as amostras foram enviadas ao laboratório do Departamento de Solos UFRGS, onde as mesmas foram analisadas em

Cromatógrafo gasoso (Shimadzu GC-2014, Modelo “Greenhouse”) equipado com três colunas operando a 70°C. O gás carreador foi o N<sub>2</sub> (25 mL/min), com injetor trabalhando a 250°C amostrando 1mL de amostra, e detector de captura de elétron (DCE) com <sup>63</sup>Ni a 325°C, sendo determinadas as concentrações de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> partes por milhão (ppm) e de N<sub>2</sub>O em partes por bilhão (ppb), as quais foram mL. As quantificações foram determinadas individualmente, para cada horário amostrado, uma vez que, após cada captura de gás, o restante era liberado por meio de agulha ligada a mangueira de silicone, acoplada a uma válvula, que era totalmente aberta, possibilitando a exclusão de todos os gases produzidos, em cada horário. Posteriormente, foi calculado o volume (mL) acumulado de gás em 96 horas pela soma do produzido em cada horário.

### 3.3.4 Análise Estatística

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados com quatro níveis de adubação (0, 60, 120 e 240 kg de N há<sup>-1</sup>) distribuídos aleatoriamente em três blocos. Sendo as forrageiras cortadas a cada 21 dias.

As variáveis analisadas foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e quando a diferença da normalidade era significativa ( $P < 0,05$ ) foram transformadas pelo procedimento de Box-Cox (Box e Cox, 1964).

A significância do efeito de tratamento foi verificada por meio da análise de medidas repetidas no tempo considerando os efeitos fixos dos níveis de adubação e dos cortes e os efeitos aleatórios dos blocos e do erro aleatório. O efeito da adubação nitrogenada sobre as variáveis foi verificado para cada forrageira em cada ano separadamente, sendo considerada medida repetida os diferentes cortes dentro de cada ano.

Foram testados quatro tipos de matriz de variância e covariância: VC (componente de variância), CS (simetria composta), AR (1) (auto-regressiva de primeira ordem) e UN (não estruturada) usando o PROC MIXED do SAS (v 9.4). Para escolher a matriz que melhor se ajustava aos dados foi usado o método ML (máxima verossimilhança) para se estimar o modelo estatístico e o Critério de Akaike corrigido (AICC) como critério de escolha, considerando sempre, o melhor modelo

aquele que apresentasse o menor valor de AICC (Littel et al. 2006). Após a escolha da melhor matriz para cada variável analisada, o PROC MIXED foi usado novamente para ajustar o modelo estatístico aos dados, mas com o método REML (máxima verossimilhança restrita) usando a matriz previamente escolhida em cada caso. As variáveis cujo valor de  $p < 0,05$  para efeito de tratamento, foram submetidas à análise de regressão robusta em função do nível de adubação, testando-se os efeitos linear, quadrático e cúbico.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ANO 2013

#### 4.1.1 IPR 126

Na Tabela 2 observou-se a resposta estatística após a aplicação da metodologia utilizada. Entretanto, apenas as variáveis PB, CT, k1, eficiência do uso da água (WUE), transpiração foliar e temperatura da folha apresentaram valores significativos quando submetidas à análise de regressão robusta em função do nível de adubação.

**Tabela 2** – Valores das Estruturas das Matrizes de Variância e Covariância (Matriz R) para as Variáveis Mensuradas de IPR 126 no ano de 2013, em Dois vizinhos-PR.

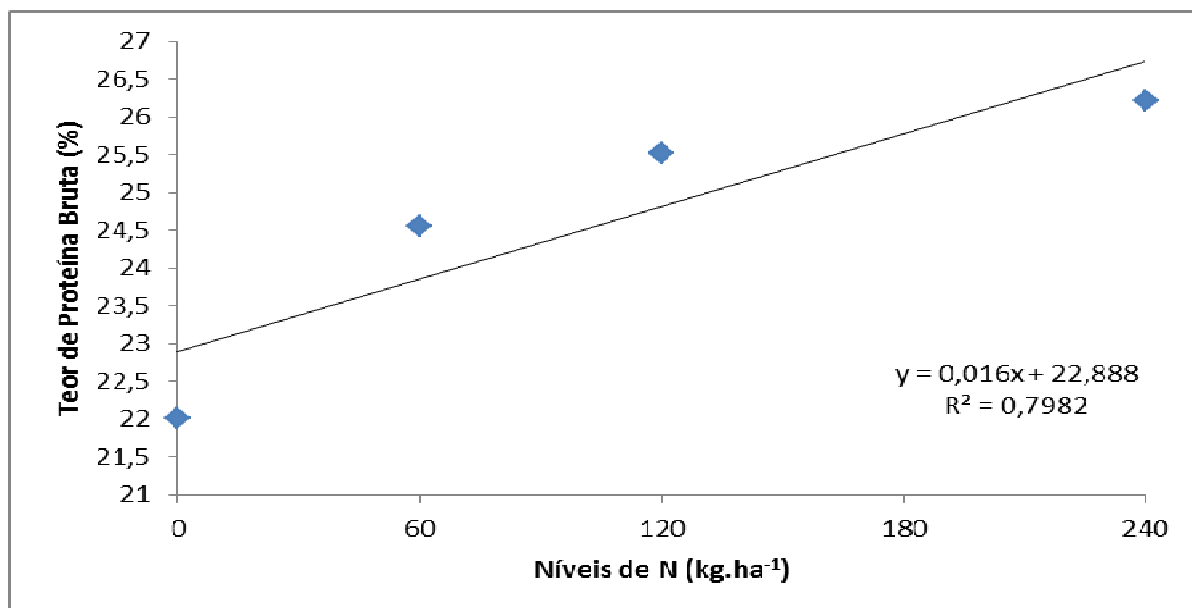
Variáveis Mensuradas <sup>1</sup>	VC	CS	UN	AR(1)	P-value
PB	166,4*	167,1	171,5	168,2	0,0017
CT	186*	186,3	197,9	187,9	0,0104
CHOs	173,2	172,8	168,3*	179	0,3757
CNF	204,9	207,7	215,5	204,8*	0,0122
FDN	193,9*	196,7	206,4	197,9	0,472
LIG	140,8*	143,7	149,7	142,7	0,4509
MM	-358,8*	-357,4	-350,2	-356,7	0,5055
EE	143*	145,3	156,1	145,6	0,4117
PIDA	84*	86,6	97,1	86,8	0,1154
MS	83,7*	85,5	94	84,8	0,7196
vf2	177,2*	177,5	183,3	179,6	0,0262
k2	-296,7	-297,2	-299,4	-294,3*	0,0174
L	-40,4	-43,8	-30,1*	-40,2	0,1325
vf1	459,4*	461,4	466,9	461,8	0,0333
k1	126	123,5*	127,1	128,7	0,01
Nº de Perfilhos	199*	199,3	210,2	203,1	0,0059
Área Foliar	385,5*	387	393,6	387,6	0,3138

Nº de Folhas	70,4*	73,2	73,6	74,6	0,3176
Peso Planta Inteira	60,6	56,2*	59,5	62,7	0,9836
Peso das Folhas	85,7	83	78,6*	88,6	0,0152
Peso dos Colmos	162,9	154,1*	163,4	164,8	0,379
Peso Fresco	196,9	198	196*	199,1	0,9075
Peso Seco	165,5	162,7*	165,4	168,4	0,6223
Assimilação de CO <sub>2</sub> (Photo)	187,3	184,5*	194,6	189,6	0,5845
Concentração Intracelular de CO <sub>2</sub> (Ci)	321,3	324,1	319,7*	320,2	0,5667
Eficiência do Uso da Água (WUE)	139,3*	141,1	145,1	146,7	0,0007
Condutância da Água (Cond)	34,9	30,3*	39,2	30,5	0,938
Transpiração (Trmmol)	328,8*	329,5	341,7	331,2	0,0232
Temperatura da Folha (CTleaf)	N	2680,1*	n	2680,9	0,0004
CH <sub>4</sub>	N	1232,7*	n	1234,7	0,5923
N <sub>2</sub> O	287,5*	288,7	294,3	292,8	0,9069

<sup>1</sup>- PB-proteína bruta; CT-carboidratos totais; CHOs-Carboidratos Solúveis; CNF-Carboidratos Não Fibrosos; FDN-Fibra em Detergente Neutro; LIG-Lignina; MM-Matéria Mineral; EE-Extrato Etéreo; PIDA-Proteína Indigestível em Detergente Ácido; MS-Matéria Seca; vf2-volume máximo de gás produzido pela degradação da fração insolúvel potencialmente degradável de digestão lenta; k2-Taxa Específica de produção de gás pela degradação da fração insolúvel potencialmente degradável de digestão lenta; L-latência; vf1- volume máximo de gás produzido pela degradação da fração solúvel de rápida digestão; k1-taxa específica de produção de gás pela degradação da fração solúvel de rápida digestão; CH<sub>4</sub>-metano; N<sub>2</sub>O-óxido nitroso.

\* Identificação da matriz que melhor se ajustou aos dados pelo método ML (máxima verossimilhança) segundo Littel et al. (2006), considerando p<0,05.

Houve efeito linear crescente na variável nutricional PB, conforme Figura 2 .



**Figura 2** – Teores de Proteína Bruta segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2013 em Dois Vizinhos – PR.

Era esperado que a elevação nos níveis de N proporcionasse aumento nos teores de PB, uma vez que o N é molécula fundamental de material genético envolvido na rebrota por elevação do número de células na planta, bem como é parte integrante do pigmento clorofilado e de enzima que atua no processo de fotossíntese, que representa entre 50 a 70% do conteúdo de N determinado, como ressaltam Argenta et al. (2001), Streit et al. (2005), Sofiati et al. (2009) e Maranhão et al. (2009).

Em se tratando da alimentação animal, principalmente no período de menor produção de gramíneas perenes, é necessário fornecer outra fonte de suprimento protéico aos ruminantes, como forma de manter a demanda protéica pelos microrganismos ruminais, para não alterar o processo de fermentação. Assim, ao verificar o teor de PB da aveia IPR 126, observou-se que a mesma foi responsiva às adubações de N, elevando-se o teor protéico acima do mínimo necessário requerido pelos microrganismos (PRESTON E LENG, 1987; OLIVEIRA et al., 2013; MEDEIROS E MARINO, 2016).

Desta forma, o fornecimento não se limita a quantidade, mas possivelmente, a qualidade da composição aminoacídica, permitindo melhor atuação dos microrganismos ruminais, com retorno na manutenção das funções vitais dos animais. Essa resposta pode ser corroborada por outros trabalhos (ASSEFA E LEDIN, 2001; ALVES E BELLINGIERI, 2004; ALIPATRA et al., 2013; LUPATINI et al.,



2013; RATAN et al., 2016).

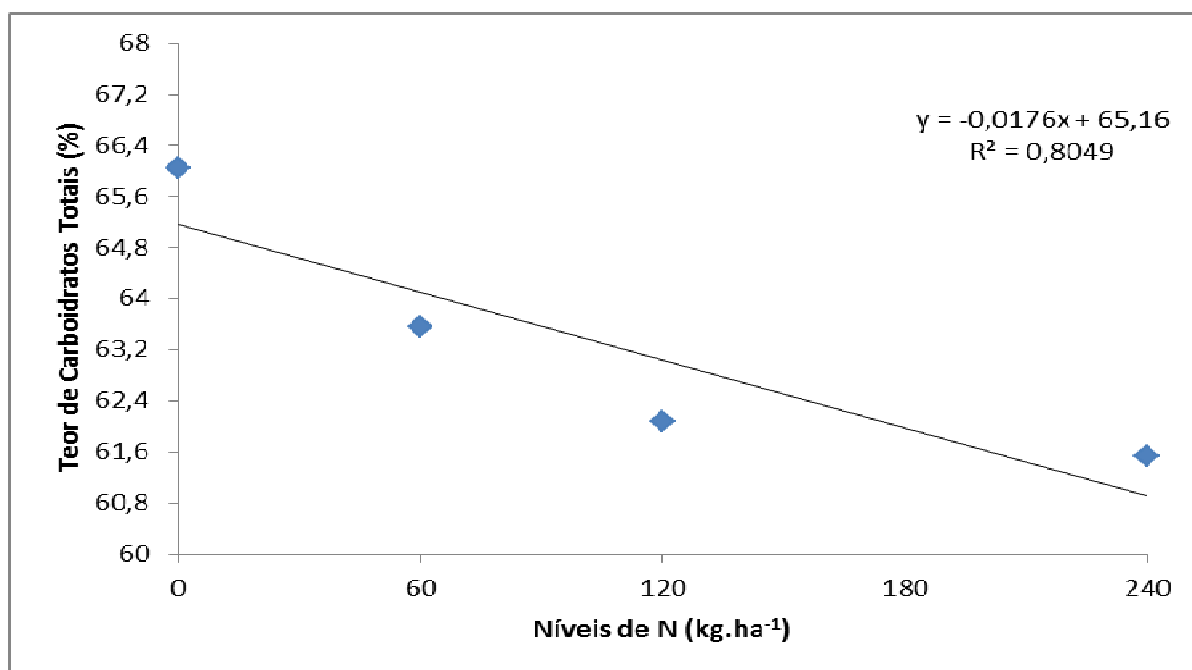
Esta elevação nos teores de proteína poderia atuar na resposta à produção de gases de efeito estufa, com incremento na produção de CO<sub>2</sub> ruminal devido a maior fonte de nutrientes aos microrganismos ruminais para seu processamento e menor produção de metano, como verificado em alimentos ricos em proteína e taninos condensados (leguminosas), conforme observado no trabalho de Archimède et al. (2011). Entretanto, não houve efeito para essas variáveis no presente trabalho.

Algumas condições podem ter influenciado nesta resposta, como a atuação dos microrganismos, uma vez que, ao se elevar o teor de proteína, há uma depleção nos gases da ruminação, reduzindo a fermentação, por elevação na razão proteína/carboidrato, condição corroborada por trabalhos de Cone e Gelder (1999), Getachew et al. (2004), Cabral et al. (2000) e Moreira et al. (2010) e verificado neste trabalho.

Entretanto, mesmo representando entre 60 a 80% de toda massa de matéria seca da planta, os teores de carboidratos sofrem variação na composição e degradação, estando associado ao ciclo, idade, genoma e condição de nutrição da planta, interferindo na disponibilidade de energia para fermentação microbiana. Condição esta corroborada por trabalhos de Russell et al. (1992), Sniffen et al. (1992) e Van Soest (1994).

Verificou-se neste trabalho que os teores de carboidratos totais decresceram (Figura 3), o que resulta em alteração na quantidade e composição dos gases produzidos na fermentação, incrementado pela menor razão entre os nutrientes proteína e carboidrato.

A variável carboidratos totais é o somatório dos carboidratos não fibrosos (CNF) compreendidos pelo amido, pectina e açúcares solúveis com os carboidratos fibrosos (CF) celulose e hemicelulose.



**Figura 3** – Teores de Carboidratos Totais segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2013 em Dois Vizinhos – PR.

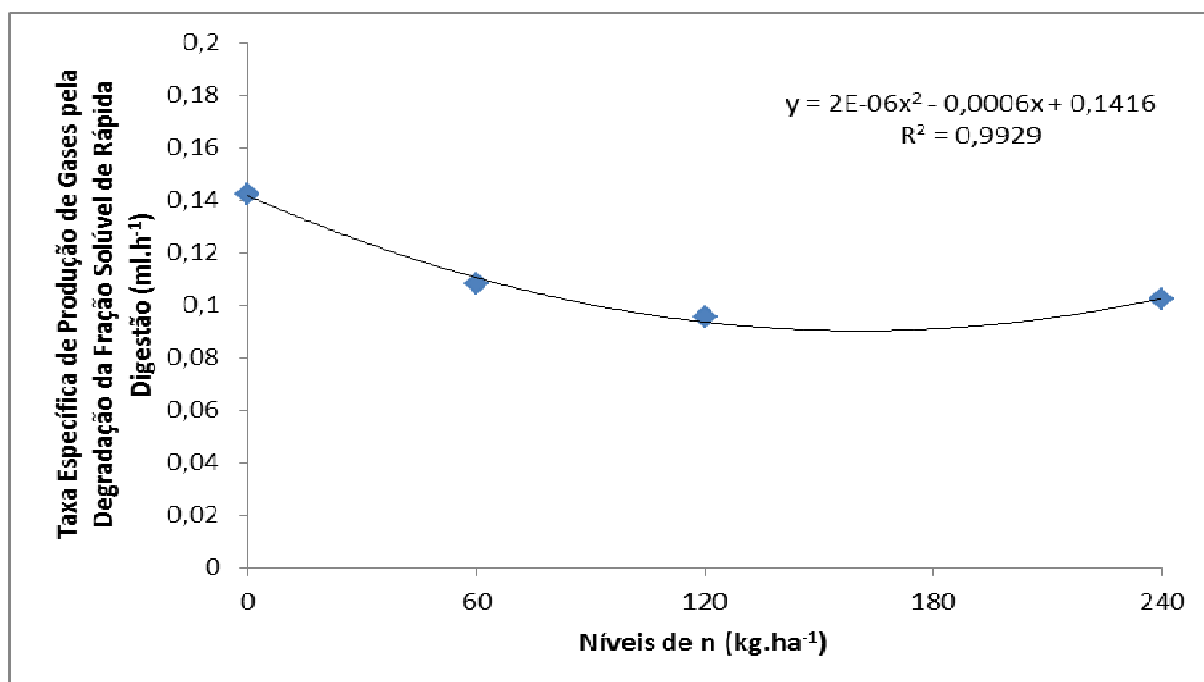
Esperava-se que os teores de nitrogênio contribuíssem na produção de maior número de células, com teores de carboidratos de rápida degradação em maior concentração. Apesar da variável CNF ter apresentado  $p < 0,05$  na análise de medidas repetidas quando se aplicou a análise de regressão robusta, a mesma não apresentou significância, como CHOs, peso das folhas, colmos e planta inteira, que estariam contribuindo com o fornecimento de carboidratos.

Em se tratando de alimentação animal, condição em que os microrganismos ruminais irão degradar proteína e carboidrato presentes nos alimentos, influencia no desempenho animal. Contribuem para esta orientação, as variáveis de cinética ruminal.

Quando avaliou-se a atividade ruminal, verificou-se que a taxa específica de degradação da fração de rápida digestão se mostrou quadrática (Figura 4), com valor mínimo obtido com 162 Kg N, demonstrando que as quantidades de proteína e carboidrato disponíveis produziram menor quantidade de gás conforme se elevou os níveis de adubação.

Acredita-se que, com os teores de carboidratos totais reduzindo e os de proteína elevando-se com os níveis de adubação, promoveu a disponibilização de amônia por degradação da proteína pelos microrganismos ruminais, o que pode ter acarretado na formação de precipitado com o CO<sub>2</sub> naturalmente presente (carbonato

de amônia), diminuindo a produção de gás e a taxa específica, por consequência, corroborado conforme achados de Fondevilla e Barrios (2001), bem como na quantidade deste gás recuperado na identificação dos gases de efeito estufa, em que não houve significância.



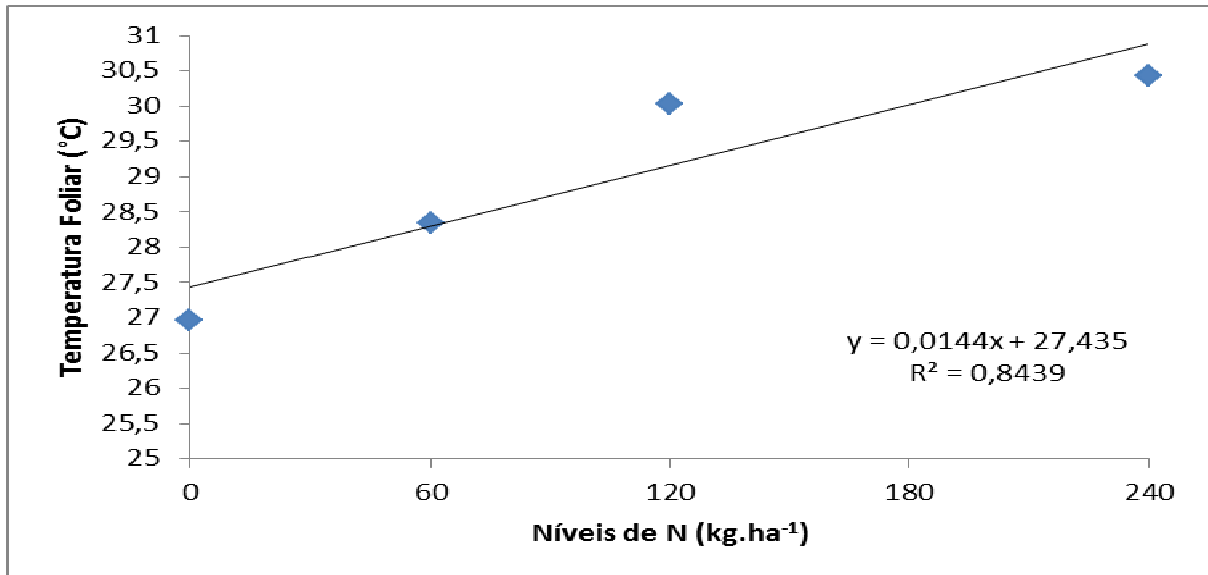
**Figura 4** – Taxa específica de produção de gases pela degradação da fração solúvel de rápida digestão (k1) segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2013 em Dois Vizinhos – PR.

Desta forma, cinética de degradação ruminal pode ser afetada pela composição botânica e o valor nutritivo da pastagem. A condição verificada neste trabalho pode ser corroborada por Keim et al. (2013), em que, trabalhando com pastagens nativas com várias composições botânicas, observaram que os valores de PB e FDN apresentaram interação elevada entre composição e período de corte para a cinética, sendo mais expressiva na primavera que no outono, quando as plantas apresentam valores mais elevados de PB.

Contudo, para que a planta possa acumular nutrientes, é imprescindível que a mesma realize atividades metabólicas, como de fotossíntese e respiração. Assim, verificou-se que houve uma elevação na temperatura da folha conforme se elevavam os níveis de adubação, demonstrando atividade metabólica (Figura 5).

Na fotossíntese, a primeira etapa (fotoquímica) promove a quebra da molécula de água por ação dos raios solares, sendo uma etapa exotérmica, em que,

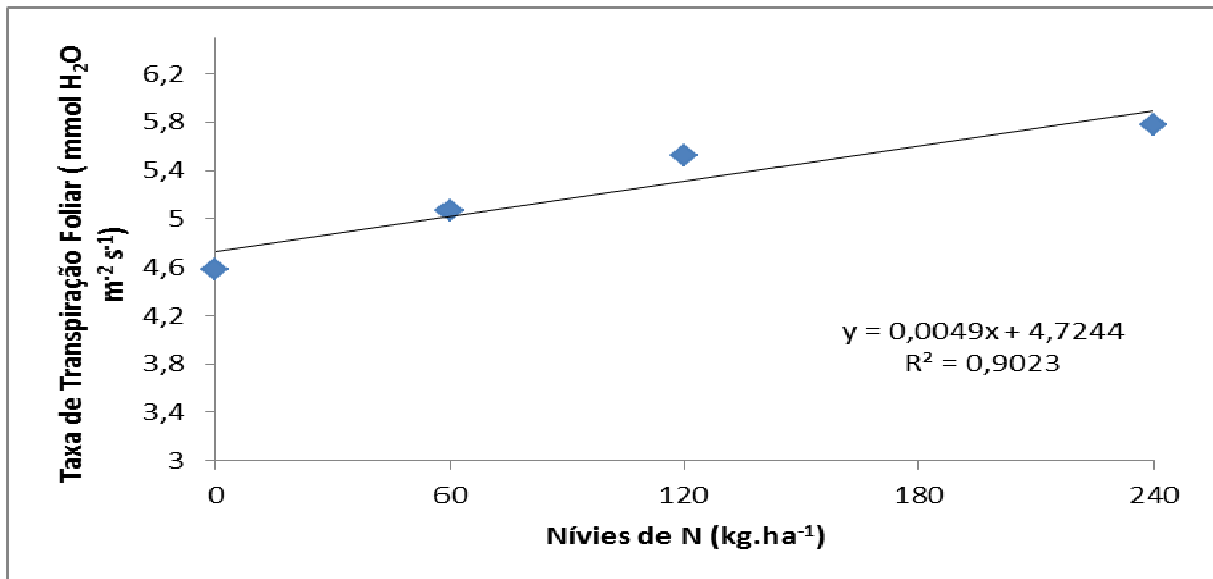
ao passar de um nível energético maior (comprimento de onda de 450nm) para um de menor nível (comprimento de onda de 680nm), a clorofila perde calor, assim como perde energia também pela emissão de fluorescência. Este calor liberado altera a temperatura da folha.



**Figura 5** – Temperatura foliar segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2013 em Dois Vizinhos – PR.

A temperatura deve ser mantida o mais constante possível, equilibrando as condições de transpiração e absorção de água. Assim, quando a temperatura se eleva, ocorre perda de água na forma de vapor pelos estômatos, até que seu fechamento seja total. Esta reposição ocorre beneficiada pelos canais de transporte de água, aquaporinas, contanto que a diferença de potencial hídrico no solo o permita.

A condução de água pelas aquaporinas atua de forma indireta na concentração de CO<sub>2</sub> por atuar no turgor dos estômatos. Entretanto, neste trabalho não foi verificado efeito dos níveis de N sobre as variáveis fisiológicas de taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, condutância de água e concentração intracelular de CO<sub>2</sub>. Contudo, houve efeito significativo sob a taxa de transpiração (Figura 6), que apresenta atuação direta dos canais de aquaporina, bem como seu controle se dá pela diferença de concentração de vapor de água entre os espaços intercelulares das folhas e a massa atmosférica externa, bem como, a resistência a esta perda.



**Figura 6** – Taxa de transpiração foliar segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2013 em Dois Vizinhos – PR.

Assim, mesmo que ocorra elevação da temperatura da folha, a planta realiza atividade para preservar as atividades metabólicas intactas e promover seu desenvolvimento. Embora não tenha ocorrido efeito significativo nas variáveis de produção (número de perfilhos.planta<sup>-1</sup>, número de folhas.perfilho<sup>-1</sup>, área foliar, peso de folha, colmo e planta inteira), observou-se estímulo indireto, por determinação de variáveis fisiológicas de taxa de transpiração e eficiência do uso da água.

A elevação da temperatura da folha pode estar associada a respiração de manutenção, aquela que sustenta o funcionamento e a reposição dos tecidos existentes, resultando em atividade metabólica elevada, já que não houve efeito sob a emissão de novos tecidos.

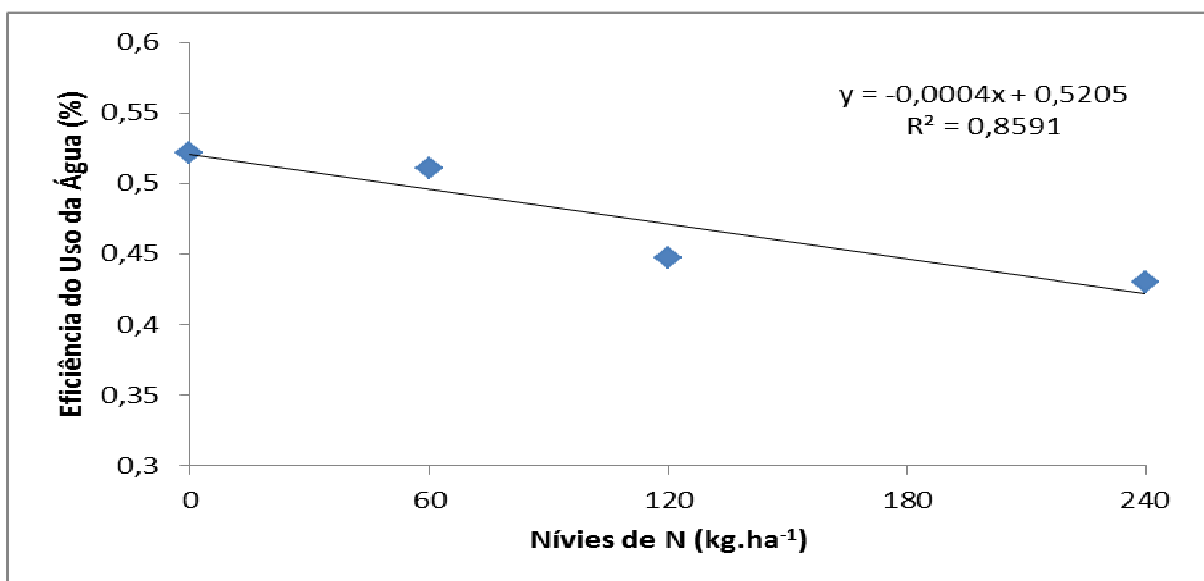
Alguns trabalhos encontraram incremento na atividade metabólica de gramíneas temperadas quando se adicionou níveis de nitrogênio ao sistema (LONGNECKER et al., 1993; ALMEIDA et al., 2000; MUNDSTOCK E BREDEMEIER, 2001; VALÉRIO et al., 2009; ZHU et al., 2010; FAZAL et al., 2012; ALIPATRA et al., 2013; DEISS et al., 2014; MIDHA et al., 2015; FINNAN E SPINK, 2017), o que corrobora com os resultados obtidos neste trabalho.

O fornecimento de minerais e fotoassimilados permite à planta expressar o completo processo metabólico, sendo revertido em várias atividades de desenvolvimento e morfologia da planta. Fageria et al. (2006) determinaram que esta condição eleva-se até o limite máximo, após o qual decai, sendo a idade, a

condição predominante, pois interfere na capacidade da planta de aproveitar a luz e os nutrientes, por estresse dos mecanismos de metabolismo, determinados geneticamente.

Entretanto, estas são características determinadas geneticamente, à qual é atendida suprindo a exigência de N, o que foi verificado neste trabalho, já que não houve efeito dos níveis de adubação sobre essas variáveis, bem como sobre o índice de clorofila Falker.

Com relação à eficiência do uso da água (WUE), a mesma apresenta relação com os processos metabólicos da planta, vez que, ao elevá-los, observa-se elevação na temperatura foliar, que acarreta acréscimo na transpiração, diminuindo assim, a eficiência do uso da água pela planta, conforme observado na Figura 7, observando-se efeito linear decrescente ao se incrementar os níveis de N ofertados.



**Figura 7**– Eficiência do uso da água (WUE) segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2013 em Dois Vizinhos – PR.

Denomina-se eficiência do uso da água (WUE) a razão entre a taxa fotossintética e a taxa de transpiração (Taiz e Zieger, 2013). Assim, mesmo que não tenha ocorrido efeito sob a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, podemos dizer que houve estímulo à mesma, uma vez que encontrou-se efeito para WUE.

Ao elevar a taxa de transpiração, indiretamente a planta promove a absorção e deslocamento dos nutrientes da solução do solo, pois absorve a solução por meio das vias apoplástica e simplástica, cabendo aos canais de aquaporinas o

deslocamento exclusivo da água, para manter o turgor citoplasmático e as atividades metabólicas.

#### 4.1.2 URS GUAPA

Na Tabela 3 observou-se resposta da análise estatística, onde apenas as variáveis peso das folhas (em gramas) e temperatura foliar apresentaram significância quando aplicada a regressão robusta.

**Tabela 3** – Valores das Estruturas das Matrizes de Variância e Covariância (Matriz R) para as Variáveis Mensuradas de URS Guapa no ano de 2013, em Dois vizinhos-PR.

Variáveis Mensuradas <sup>1</sup>	VC	CS	UN	AR(1)	P-value
MM	71*	74,2	73,8	77,5	0,4473
EE	40	41,8	31,3*	38,2	0,2288
PB	110,1	108,5*	109,6	112,6	0,1092
PIDA	87,1*	89,5	89	92,9	0,6333
CT	123,3	117,3*	117,3	121,4	0,0442
CHOs	119,2*	122,8	120	122	0,1279
CNF	142,2*	145,7	148,2	149,8	0,7469
LIG	41,6	43,8	37,1*	42,7	0,0263
MS	160*	162,8	163,9	165	0,5405
FDN	N	813,2*	N	813,2	0,5813
vf1	118,9*	121,3	119,8	123,5	0,2445
k1	-86,3*	-83,6	-80,3	-79,5	0,5946
vf2	105,3*	108,7	112,6	112,8	0,9222
k2	-216,3*	-213	-211,7	-213	0,7244
L	43,1*	45,8	45,5	49,8	0,6392
Teor de Clorofila	154,7*	157,9	156,9	159,9	0,8309
Nº de Perfilhos	133,8*	137,3	141	137,3	0,3503
Área Foliar	252,7	255,1	250,5*	258,5	0,1417
Peso Fresco	318,9	318*	319	320,5	0,2217
Peso Seco	232,6*	236,1	239,8	240	0,2668
Nº de Folhas	40,6*	43,7	46,7	43,7	0,2597
Peso Planta Inteira	28	27,9*	31,5	29,9	0,0124
Peso das Folhas	19,5	19,1*	23,1	22,5	0,007
Peso dos Colmos	81,6	80,2*	82,3	84,3	0,325
Peso Material Morto	73,8	68,7	68,3*	72,7	0,0194

Eficiência do Uso da Água (WUE)	-84,3*	-80,7	-79,8	-80,7	0,0019
Assimilação de CO <sub>2</sub> (Photo)	122,6*	126,1	127,8	128,4	0,5809
Condutância da Água (Cond)	-14,9	-12,8	-18,2*	-8,7	0,0371
Transpiração (Trmmol)	63,3*	66,9	65,5	66,9	0,2283
Temperatura da Folha (CTleaf)	80,1*	83	84,4	87,1	0,0265
Concentração Intracelular de CO <sub>2</sub> (Ci)	N	1872,6*	N	1876,7	0,0491

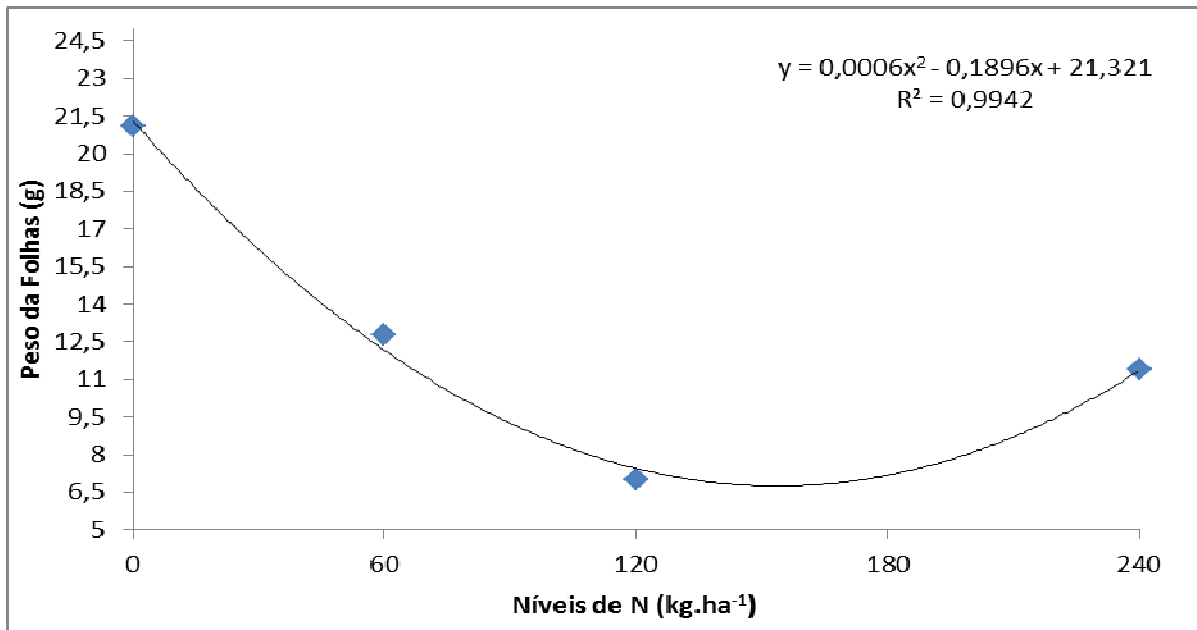
<sup>1</sup>- PB-proteína bruta; CT-carboidratos totais; CHOs-Carboidratos Solúveis; CNF-Carboidratos Não Fibrosos; FDN-Fibra em Detergente Neutro; LIG-Lignina; MM-Matéria Mineral; EE-Extrato Etéreo; PIDA-Proteína Indigestível em Detergente Ácido; MS-Matéria Seca; vf2-volume máximo de gás produzido pela degradação da fração insolúvel potencialmente degradável de digestão lenta; k2-Taxa Específica de produção de gás pela degradação da fração insolúvel potencialmente degradável de digestão lenta; L-latência; vf1- volume máximo de gás produzido pela degradação da fração solúvel de rápida digestão; k1-taxa específica de produção de gás pela degradação da fração solúvel de rápida digestão.

\* Identificação da matriz que melhor se ajustou aos dados pelo método ML (máxima verossimilhança) segundo Littel et al. (2006), considerando  $p < 0,05$ .

A adubação nitrogenada estimula incremento nas estruturas morfológicas da planta, uma vez que o N é componente do conteúdo celular, bem como dos constituintes genéticos (DNA, RNA, organelas, enzimas), estimulando a divisão celular e o incremento do número de células.

Mesmo que o número de perfilhos.planta<sup>-1</sup> e de folhas.perfilho<sup>-1</sup> não tenham respondido significativamente ao incremento da adubação, os mesmos, de forma indireta, atuam na resposta da variável peso das folhas (Figura 8), que neste trabalho apresentou ponto de mínimo com oferta de 138Kg de N.





**Figura 8** – Peso das folhas (em gramas) segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca URS Guapa para o ano de 2013 em Dois Vizinhos – PR.

Esta variável está diretamente relacionada à atividade metabólica da planta, na formação de novos tecidos e no seu desenvolvimento, corroborando com Heyser e Nabors (1982), em que a formação das folhas de gramíneas ocorre pelo arranjo túnica-corpo. Entretanto, o número de camadas da túnica pode variar entre cultivares e plantas dentro da mesma espécie, influenciando a formação das folhas, o que pode resultar em distinta resposta entre os cultivares com relação a peso, bem como, pela disponibilidade de nitrogênio, que acarreta na preservação da oferta de CHO para fotossíntese e restringe para formação e crescimento.

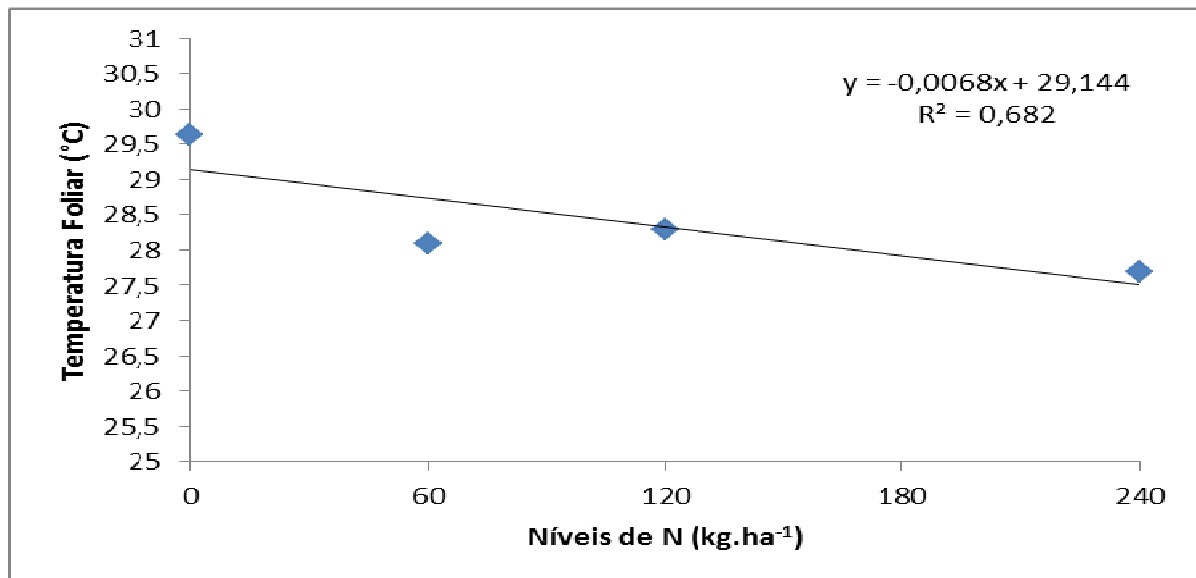
Entretanto, a elevação do peso foliar só é possível uma vez que a planta apresente pigmentos clorofilados e organelas correspondentes, na condição de produzir carboidratos e moléculas energéticas, produtos que serão utilizados durante o processo de desenvolvimento.

Como a produção de folhas está relacionada à divisão celular e diferenciação, bem como, a ação de estímulos hormonais, há necessidade de utilização de nutrientes, com maior ênfase ao N, por estar associado com construção de material genético, enzimas, hormônios e substâncias nitrogenadas (BREDEMEIER E MUNDSTOCK, 2000).

A folha é órgão importante para as plantas, pois nela estão concentradas as organelas relacionadas com a produção de energia (cloroplastos),

uma vez que é nesta estrutura que ocorre tanto a parte fotoquímica quanto a bioquímica do ciclo fotossintético. Dentro deste prisma, se uma planta apresentar maior quantidade de folhas, haverá maior chance de realizar maior produção fotossintética (ZHONG E SHANGGUAN, 2014; BRISKE, 1996; BRISKE E NOY-MEIR, 1997; BRISKE E NOY-MEIR, 2017), mantendo tanto sua manutenção como seu crescimento, mesmo que ocorra competição ou sombreamento de determinada área.

Assim, ao estimular a atividade metabólica, houve incremento na temperatura foliar, a qual foi decrescendo segundo os níveis de N aplicados (Figura 9), demonstrando a resposta do material genético URS Guapa a níveis mais baixos de N, como maiores estimuladores de formação.



**Figura 9** – Temperatura Foliar (°C) segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca URS Guapa para o ano de 2013 em Dois Vizinhos – PR.

Ressalta-se que o nível considerado como zero não exige a existência de nitrogênio na área, sendo apenas por resultar o não oferecimento de uréia, realizado nos demais níveis. Contudo, como o experimento foi executado em área proveniente da incorporação de *Mucuna pruriens* no ano anterior, a atividade microbiana do solo, geradora do processo de degradação do material incorporado, disponibilizou tal nutriente de maneira contínua, possibilitando à URS Guapa, a obtenção do mesmo.

## 4.2 ANO 2014

## 4.2.1 IPR 126

Na Tabela 4 observou-se as variáveis que apresentaram efeito significativo quanto à adubação nitrogenada.

**Tabela 4** – Valores das Estruturas das Matrizes de Variância e Covariância (Matriz R) para as Variáveis Mensuradas de IPR 126 no ano de 2014, em Dois vizinhos-PR.

Variáveis Mensuradas <sup>1</sup>	VC	CS	UN	AR(1)	P-value
MM	68,8	68,1	69,1	46,9*	0,095
EE	71,9*	74,4	76,4	78,4	0,5115
PB	101,6*	104,8	106,3	106,4	0,1385
PIDA	62,4	51,1	54,1	48,4*	0,1991
CT	89,8	83,5*	84,3	87,5	0,0015
CNF	134,9	131,6*	135,5	132,2	0,9654
FDN	140,6	138,2*	141,2	138,5	0,4685
LIG	60,7	59,7	53,3*	63,7	0,464
MS	140,7	138,6*	142,5	142,7	0,0275
CHOs	64,6	58,6	57,7*	58,3	0,637
k2	-203,9*	-200,4	-196,4	-196,4	0,2213
vf1	-157,5	-154,8	-163,8*	-150,8	0,008
k1	-142,2	-140,3	-145,2*	-136,3	0,0491
vf2	657,4*	658,5	660	662,6	0,0097
L	-26,3	-23,9	-33*	-19,9	0,1341
Teor de Clorofila	143,3*	146,9	145,2	150,9	0,2594
Nº de Perfilhos	103,2*	104	107,3	108	0,014
Área Foliar	188,3*	191,9	195,9	191,9	0,1811
Peso Planta Inteira	211,1	203,9*	207,4	207,9	0,0184
Peso das Folhas	184,5	183,6*	187,7	187,7	0,0792
Peso dos Colmos	178,6	170,9	174,8	168,4*	0,1778

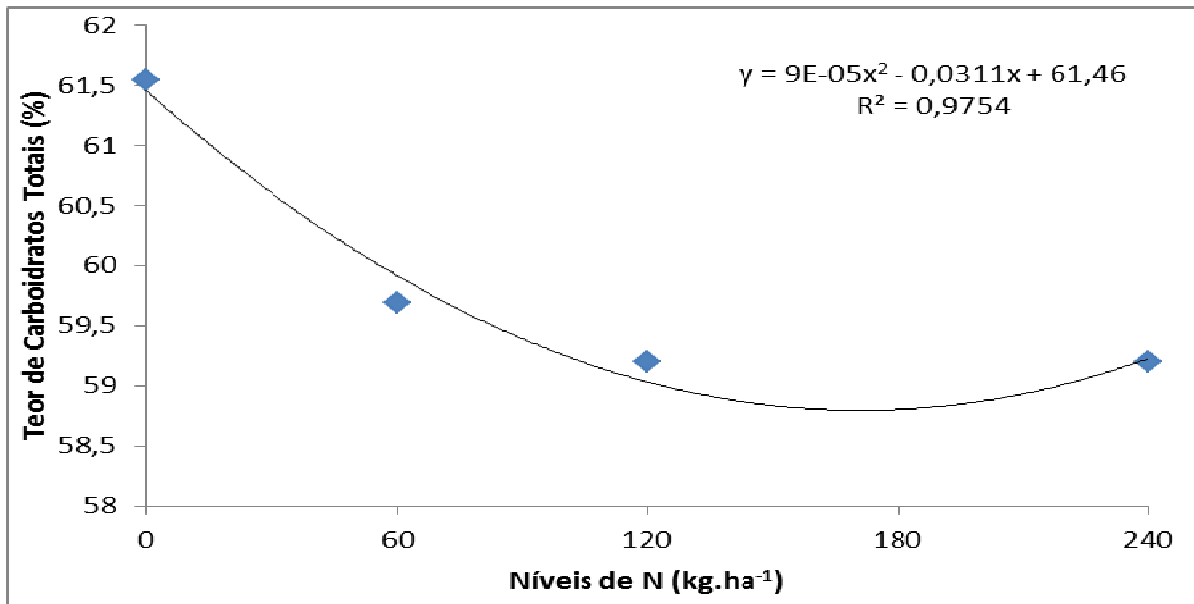
Peso Material Morto	121,7*	122,4	125,1	126,5	0,5055
Nº de Folhas	112,6*	115,4	119,4	119,4	0,0283
Peso Fresco	32,1	19,9*	22,7	24	0,0045
Peso Seco	26,7	6,8*	9,6	10,1	0,0004
Temperatura da Folha (CTleaf)	94,9*	97,7	101,7	101,7	0,1052
Eficiência do Uso da Água (WUE)	11,7*	15,2	19,3	19,3	0,0038
Assimilação de CO <sub>2</sub> (Photo)	337,6*	341,2	343,3	339,6	0,0028
Condutância da Água (Cond)	85,6	77,3	81,2	71,8*	0,0807

<sup>1</sup>- PB-proteína bruta; CT-carboidratos totais; CHOs-carboidratos solúveis; CNF-carboidratos não fibrosos; FDN-fibra em detergente neutro; LIG-lignina; MM-matéria mineral; EE-extrato etéreo; PIDA-proteína indigestível em detergente ácido; MS-matéria seca; vf2-volume máximo de gás produzido pela degradação da fração insolúvel potencialmente degradável de digestão lenta; k2-taxa específica de produção de gás pela degradação da fração insolúvel potencialmente degradável de digestão lenta; L-latência; vf1- volume máximo de gás produzido pela degradação da fração solúvel de rápida digestão; k1-taxa específica de produção de gás pela degradação da fração solúvel de rápida digestão.

\* Identificação da matriz que melhor se ajustou aos dados pelo método ML (máxima verossimilhança) segundo Littel et al. (2006), considerando  $p < 0,05$ .

Dos nutrientes, apenas carboidratos totais apresentou efeito significativo, compreendido por equação quadrática decrescente com ponto de mínimo com oferta de 176Kg de N (Figura 10). Tal resposta está associada à formação celular, que diminui com a aplicação de níveis mais elevados de N. Provavelmente, isto ocorreu por estar relacionada à condição genética da planta, do uso de nitrogênio e formação de células meristemáticas e parenquimáticas.

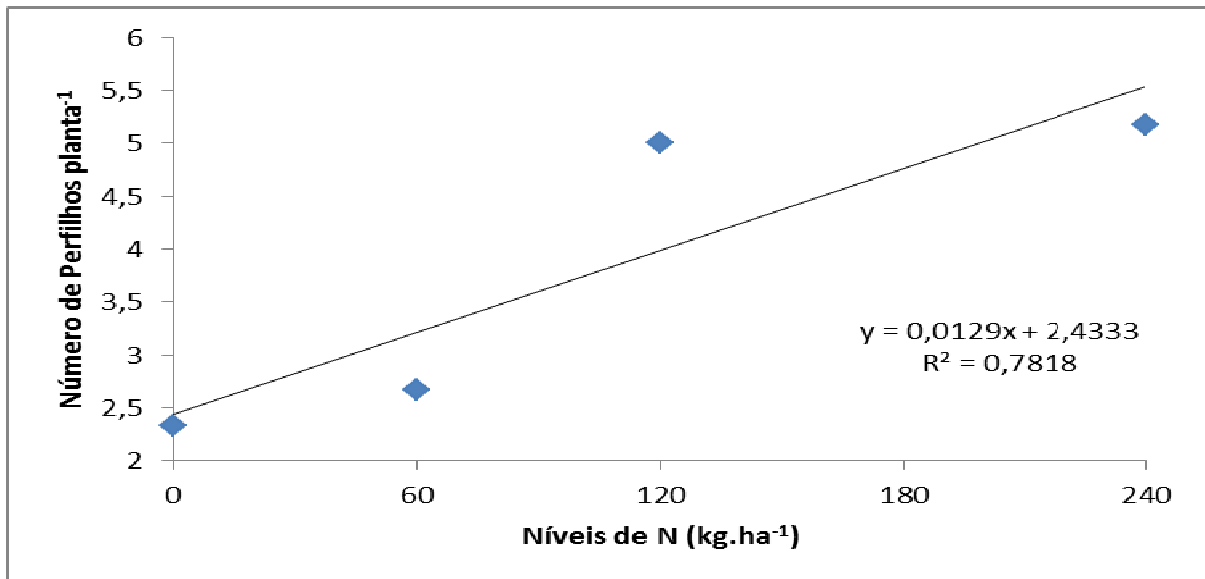
Esta resposta pode ser corroborada por trabalhos de Fricke et al.(1997), Fricke e Flowers (1998) e Fricke (2002), em que observaram que plantas recebendo quantidades acima do mínimo necessário de nitrogênio tiveram sua taxa de alongamento celular limitada pela provisão de água pela absorção radicular ou pelo crescimento da parede celular, com menor teor de carboidratos.



**Figura 10** – Teor de Carboidratos Totais (%) segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2014 em Dois Vizinhos – PR.

Na Figura 11 observou-se incremento linear no número de perfilhos estimulado pelos níveis de N, determinando que a célula vegetal possa se expandir e elevar seu volume até nível máximo, determinado geneticamente, promovendo na sequência, estímulo para divisão celular e acondicionamento do conteúdo celular excedente, em se tratando de única célula.

A planta foi estimulada pelo fornecimento de nitrogênio, promovendo a emissão de novos tecidos. Para tanto, houve gasto energético conhecido como respiração de crescimento, necessário para promover a construção dos centros de reação fotossintéticos e outras estruturas necessárias para seu desenvolvimento.



**Figura 11** – Número de Perfilhos.planta<sup>-1</sup> segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2014 em Dois Vizinhos – PR.

O fato de elevar o aparecimento de perfilhos está associado ao desenvolvimento de células meristemáticas basais na formação de maior número de plantas, de características genéticas idênticas, possibilitando a formação de estruturas de sobrevivência (sementes) (PLASTER, 2009; DALE E MILTHORPE, 1981; CREGAN E BERKUM, 1984; DAVIES, 1988; CHAPMAN E LEMAIRE, 1993; FRICKE et al., 1997).

O perfilho deve possuir no mínimo três folhas maduras para ser considerado autossuficiente em produção de fotoassimilados, de maneira a conseguir equilibrar dreno e produção (LONGNECKER et al., 1993; ALMEIDA et al., 2000; MUNDSTOCK E BREDEMEIER, 2001; VALÉRIO et al., 2009) e permitir o desenvolvimento de novas estruturas, como verificado por este trabalho.

Akhtar et al. (2013) identificaram que o fornecimento de água à cultura durante seu período de crescimento foi vital no desenvolvimento dos perfilhos por planta sendo verificado também por Bahmani et al. (1997), em que as condições de água e temperatura atuaram na eficiência de aproveitamento da adubação nitrogenada, alterando o número de perfilhos por planta, similar aos dados obtidos neste trabalho.

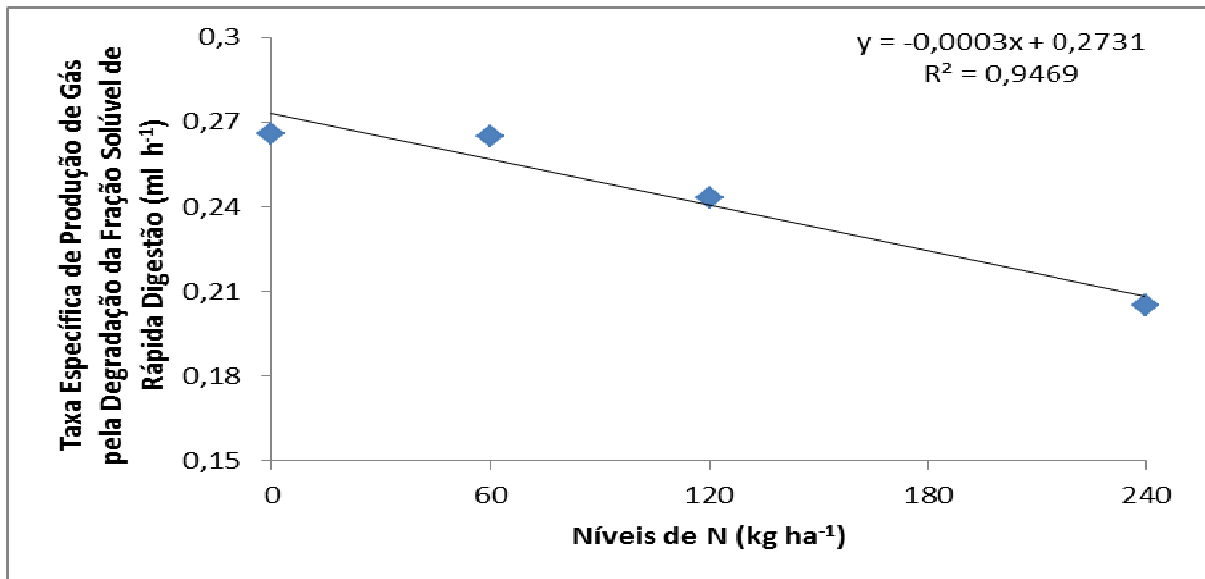
Segundo a escala de Zadoks et al. (1974) de desenvolvimento de cereais de inverno, as plantas de aveia se encontravam dentro do período de perfilhamento, que segundo tais autores, compreendem na faixa de 28 a 52 dias

após-emergência (DAE). Assim, o manejo de corte em média 21 dias, proporcionou a manutenção do estágio de perfilhamento, não causando danos aos meristemas apicais, possibilitando sua rebrota, conforme corroborado pelo trabalho de Cargnelutti Filho et al. (2015)

Entretanto, acredita-se que, mesmo tendo ocorrido efeito para número de perfilhos, seu desenvolvimento não ocorreu de forma plena, ficando restrito ao número e não à altura e ao vigor, estando sim, essas variáveis, relacionadas ao teor de carboidrato total, pois era esperado então que os níveis de PB e de CT acompanhassem a mesma resposta, fato que não ocorreu, apresentando efeito significativo apenas para o segundo, que atua na composição química do alimento fornecido aos ruminantes em amior proporção.

A qualidade nutritiva da forrageira pode ser alterada como consequência de sua maturidade fisiológica, por alteração nos componentes nutricionais, em razão da diminuição da taxa de crescimento da planta ou quando associado a outros fatores como clima, estação do ano, tipo de forrageira, umidade do solo, relação folha:colmo, bem como características fisiológicas e morfológicas (KILCHER, 1981).

Assim, quando se observa as variáveis de cinética ruminal, verificou-se que as mesmas foram influenciadas pelas variáveis de composição (Figura 12), com o volume máximo ( $v_f1$ ) e a taxa específica de produção de gás pela degradação da fração de CNF apresentando efeito linear crescente e decrescente em resposta à elevação dos níveis de adubação, respectivamente.



**Figura 12** – Taxa específica de produção de gás pela degradação da fração de rápida digestão (k1) segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2014 em Dois Vizinhos – PR.

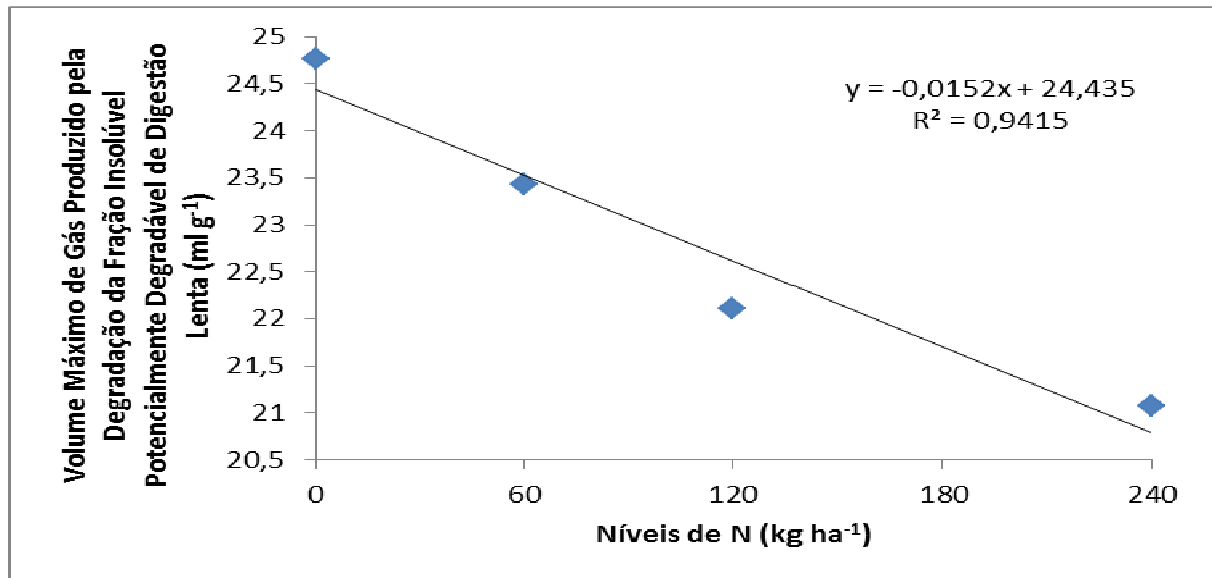
Estas variáveis estão relacionadas aos conteúdos de PB, EE e CHO's solúveis presentes no tecido vegetal, nos quais, neste experimento, para este cultivar, no referido ano, não apresentaram efeito significativo perante ao incremento de N. Mesmo a formação de novas células dada pelo incremento linear do número de perfilhos não foi capaz de elevar essas variáveis e atuar, de forma positiva, naquelas relacionadas à digestão das frações solúveis.

A quantificação dos teores de proteína ligados à parede celular, e dos teores de CHO de rápida digestão e potencialmente digestíveis devem ser observados, pois é justamente em função de equilíbrio entre as fontes de CHO e proteína que reside a produção microbiana, que apresenta teores de aminoácidos similares aos requeridos pelos animais superiores, bem como parte da proteína que escapa à digestão ruminal, contribuindo para o desempenho animal.

Além disso, as fontes de CHO são transformadas em AGV, que desempenham papel extremamente importante no rendimento energético dos ruminantes (CULLEN et al, 1986; RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992; VAN SOEST, 1994; EKINCI E BRODERICK, 1997; CALDAS NETO, et al. 2008), e há necessidade de oferta de N ao ambiente de forma a estimular a digestão pelos microrganismos. Esta condição está relacionada à elevação da PB, bem como de CHO solúveis e outros nutrientes prontamente digestíveis, ou seja, CNF (BEUVINK E SPOELSTRA, 1992).



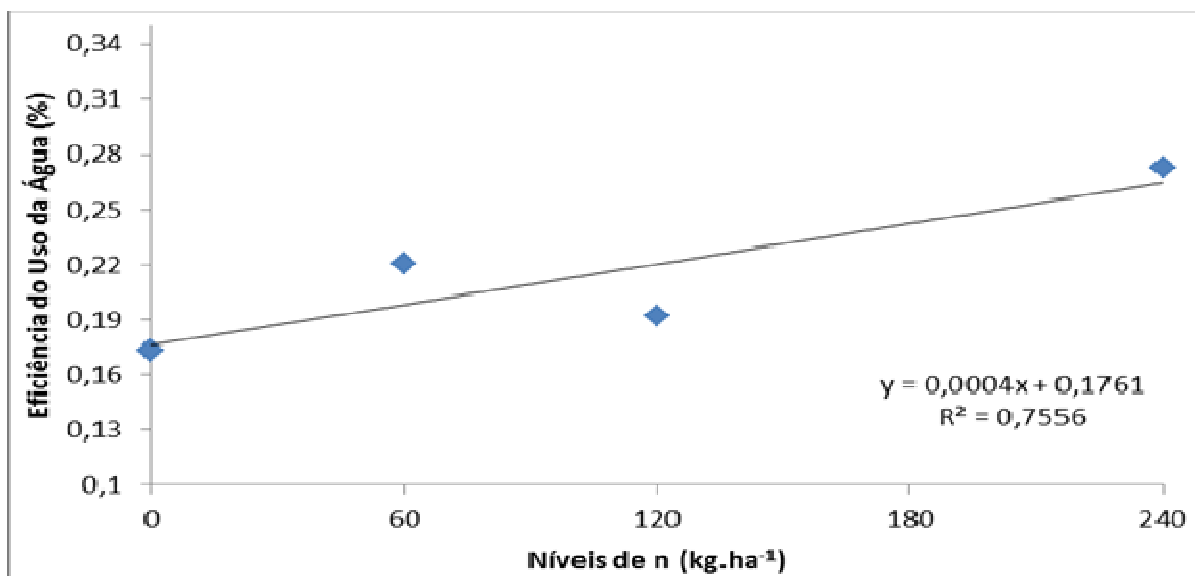
Resposta similar também pode ser observada referente à variável de volume máximo de gás produzido pela degradação da fração de lenta digestão (vf2) (Figura 13), acompanhando o mesmo efeito verificado na variável carboidratos totais, corroborando com a ideia de que houve formação de perfilhos, sem contudo, os mesmos terem apresentado pleno desenvolvimento.



**Figura 13** – Número de Perfilhos.planta<sup>-1</sup> segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2014 em Dois Vizinhos – PR.

Acredita-se que possa ter contribuído para essas respostas decrescentes de CT, vf1, k1, vf2, uma menor precipitação durante o período experimental, mesmo não tendo sido estudado, que estaria atuando de forma negativa, na solubilização da fonte nitrogenada aplicada e na absorção pelas raízes, bem como no aproveitamento deste, via translocação de solutos, e formação de novos tecidos, sendo corroborado pelos trabalhos de Fricke et al. (1997), Fricke e Flowers (1998) e Fricke (2002).

Mesmo tendo ocorrido resposta significativa decrescente para as variáveis acima, o incremento positivo na produção de perfilhos estimulou a atividade metabólica, e com isso, a eficiência do uso da água (WUE) (Figura 14).



**Figura 14** – Eficiência do uso da água (WUE) segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca IPR 126 para o ano de 2014 em Dois Vizinhos – PR.

Se a WUE é a razão entre fotossíntese e transpiração, estando uma delas alterada, altera-se a razão. Assim, mesmo que não tenha sido verificado efeito da adubação nitrogenada diretamente nas variáveis fisiológicas de taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> e da taxa de transpiração, para que a razão seja positiva e crescente, a taxa de assimilação, obrigatoriamente, foi maior.

Desta forma, uma possibilidade de manter a transpiração mais baixa e elevar a taxa de assimilação, está na organização do dossel da planta, da sua arquitetura, possibilitando momentos de sombra para outros perfilhos, mantendo um microclima que permite a manutenção de água nas células guarda e a troca gasosa.

Além disso, a disponibilidade de água no solo influencia diretamente a atividade fotossintética, a transpiração, a translocação de nutrientes, bem como atua na turgidez/plasmólise das células, possibilitando sua multiplicação e atividades metabólicas. Entretanto, as variáveis assimilação de CO<sub>2</sub>, transpiração foliar, condutância, PB, CHO's solúveis, EE, não apresentaram efeito do incremento nos níveis de N (Tabela 4).

#### 4.2.2 URS GUAPA

Na Tabela 5 observa-se a resposta da análise estatística, em que

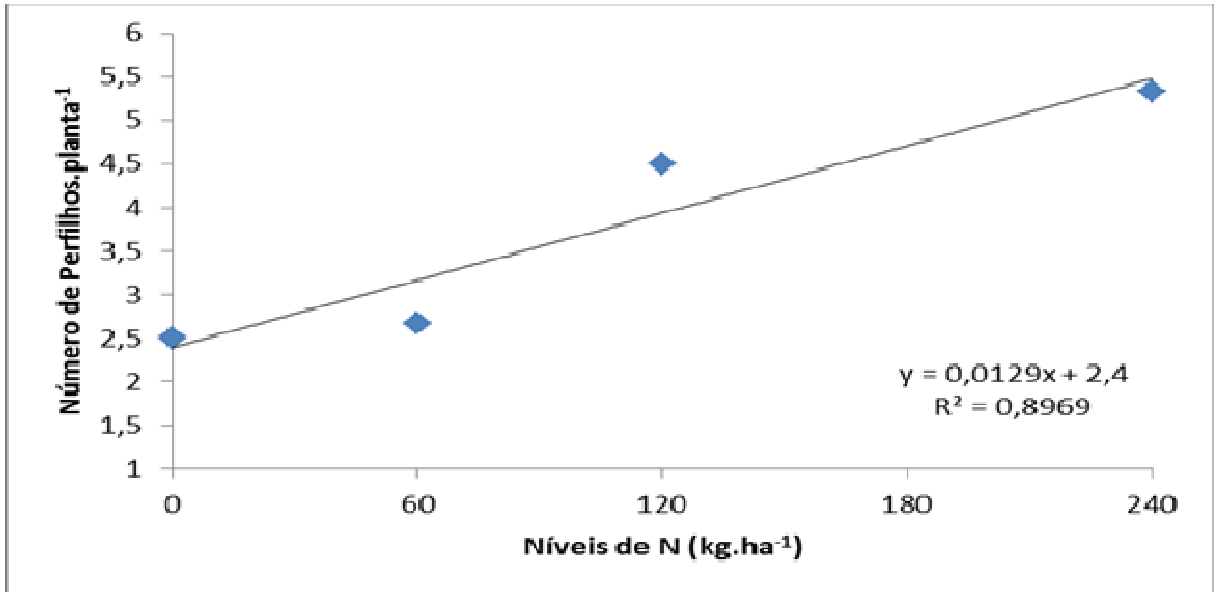
apenas as variáveis número de perfilhos, transpiração e temperatura foliar apresentaram efeito significativo à adubação.

**Tabela 5** – Valores das Estruturas das Matrizes de Variância e Covariância (Matriz R) para as Variáveis Mensuradas de URS Guapa no ano de 2014, em Dois vizinhos-PR.

Variáveis Mensuradas	VC	CS	UN	AR(1)	P-value
Teor de Clorofila	143,7*	146,3	150,3	149,3	0,3696
N° de Perfilhos	98,9*	100,3	102,8	104,4	0,0124
Área Foliar	182,7*	186,2	190,2	186,2	0,2238
Peso Fresco	294,5	294,3*	295,4	298,4	0,1474
Peso Seco	212,8*	216,3	220,3	220,3	0,1773
N° de Folhas	126,5*	129,1	132,8	133,2	0,0451
Peso Planta Inteira	-52,7	-63,8*	-59,8	-60	0,1848
Peso das Folhas	-4,2	-15,8*	-11,8	-12	0,0495
Peso dos Colmos	-45,9	-51,4*	-48,8	-47,4	0,4922
Peso Material Morto	119,3*	122,9	122,9	122,9	0,713
Eficiência do Uso da Água (QUE)	-98,7*	-95,3	-91,3	-92,3	0,3369
Assimilação de CO <sub>2</sub> (Photo)	109,1*	112,5	115,8	116,5	0,16
Condutância da Água (Cond)	153,1	141,2	144,7	108,7*	0,3729
Transpiração (Trmmol)	375,2	369,6	366*	373,7	0,0002
Temperatura da Folha (CTleaf)	n	1797,9*	N	1802	0,0004
Concentração Intracelular de CO <sub>2</sub> (Ci)	176,1*	179,6	183,6	179,6	0,5461

\* Identificação da matriz que melhor se ajustou aos dados pelo método ML (máxima verossimilhança) segundo Littel et al. (2006), considerando  $p < 0,05$ .

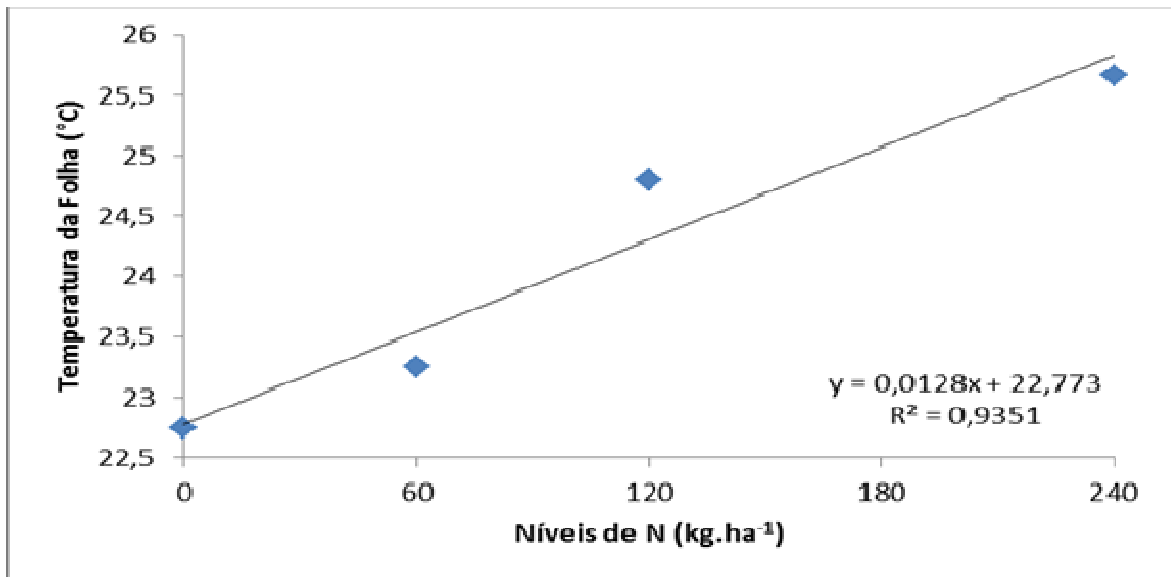
Ao estimular o incremento positivo no número de perfilhos.planta<sup>-1</sup> (Figura 15), a adubação nitrogenada interfere diretamente na elevação do metabolismo celular.



**Figura 15** – Número de Perfilhos.planta<sup>-1</sup> segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca URS Guapa para o ano de 2014 em Dois Vizinhos – PR.

O fato de realizar o corte faz com que a planta acione as células meristemáticas e realize a diferenciação das mesmas, dando início ao estabelecimento de perfilhos novos. Assim, a prática de realizar corte ou pastejo promove o aumento da emissão de perfilhos, que, se associado à aplicação de nitrogênio, estabelece maior vigor a cultura (ALIPATRA et al., 2013), o que vai de encontro ao verificado neste trabalho, em que ocorreu incremento significativo do número de perfilhos.

Ao promover um incremento de estruturas afilhaves, a planta deve atuar, a nível metabólico, dentro da atividade respiratória de crescimento, sem contudo, deixar de lado a respiração de manutenção. Tais atividades promovem a elevação da temperatura foliar, por gerar moléculas energéticas como ATP. Tal elevação em relação aos níveis de nitrogênio ofertados pode ser verificado na Figura 16.

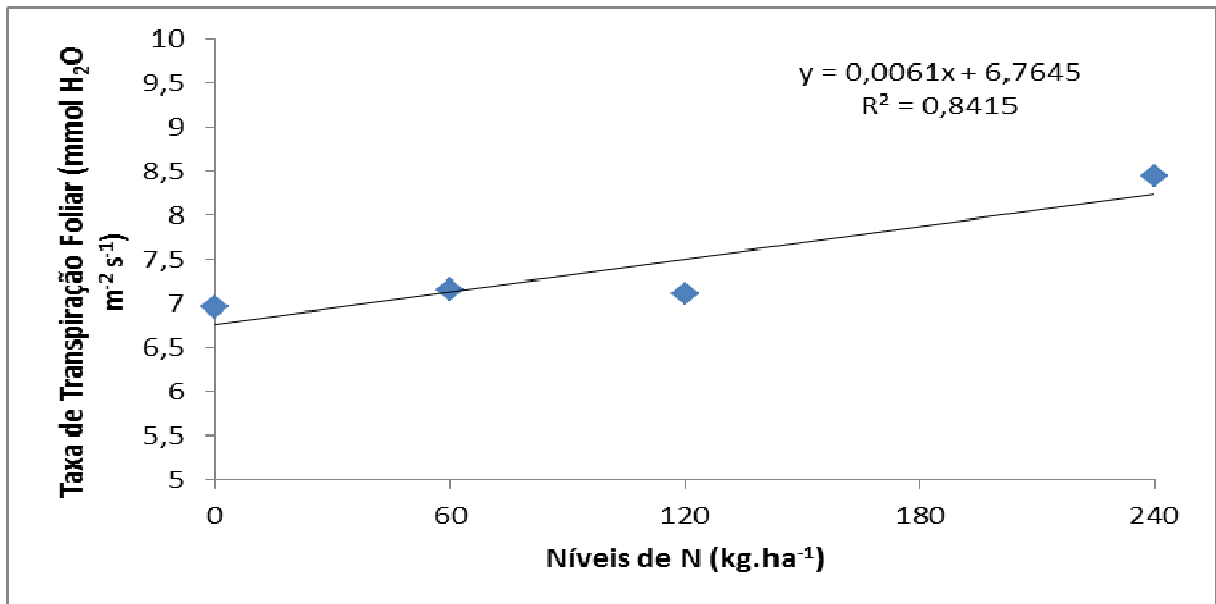


**Figura 16** – Temperatura Foliar (°C) segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca URS Guapa para o ano de 2014 em Dois Vizinhos – PR.

A fase glicolítica da respiração é concebida por usar sacarose, uma vez que nem todos os tecidos possuem células clorofiladas, mas necessitam de energia, ocorrendo a degradação por enzimas contidas na parede celular, citosol e vacúolo, com o uso de ATP. Assim, cada célula em respiração promove a quebra da ligação fosfatídica com desprendimento energético, o qual volta ao meio celular, com alteração da temperatura, sendo a mesma variável uma vez que cada tecido e órgão da planta apresenta taxas respiratórias distintas.

Uma parte desta energia gerada é então restabelecida, mas outra parte é mantida na célula, na forma de calor. Assim, mesmo a disponibilidade de água para a célula pode atuar de forma positiva na respiração, elevando-a em até 20% por um determinado tempo, após o qual, se a condição de temperatura foliar não for equilibrada, ocorre a senescência dos tecidos.

Para manter a eficiência metabólica da planta, a mesma procede a elevação da taxa de transpiração (Figura 17), em que, a quantidade de água absorvida pelas raízes, deslocamento da mesma por vias apoplástica e simplástica, e pelos canais de aquaporina, deslocando-se pelas células do xilema, com menor resistência, e por células vivas, com maior resistência.



**Figura 17** – Taxa de transpiração foliar segundo os níveis de N aplicados na cultivar de aveia branca URS Guapa para o ano de 2014 em Dois Vizinhos – PR.

Entretanto, a maior efetividade na manutenção da transpiração é mantida entre a concentração de vapor de água entre os espaços intercelulares das folhas e a massa atmosférica externa, bem como, a resistência a esta perda. Quem atua diretamente no aumento ou diminuição desta resistência são as células-guardas, promovendo fechamento ou abertura estomática em função do turgor, presença de determinados íons, como K<sup>+</sup> e hormônios (como ácido abscísico). Assim, a presença de água no solo e a manutenção do potencial hídrico são importantes.

Apesar de não ser verificado efeito na assimilação de CO<sub>2</sub> e no índice de clorofila Falker, proporcionado pelo incremento no número de perfilhos, supõe-se que houve aumento na atividade fotossintética, uma vez que, com maior elevação da temperatura da folha e a transpiração, demonstra-se aumento nas atividades metabólicas da planta, efeito promovido no acréscimo da incorporação de N, verificado também pelo aumento no número de perfilhos.planta<sup>-1</sup>.

Não foi verificado efeito sobre a eficiência do uso de água (WUE), possivelmente causado pela elevação na taxa de transpiração, que promove uma diminuição no valor obtido da razão assimilação de CO<sub>2</sub> e taxa de transpiração, já que ocorreu resposta significativa positiva para perfilhos.

Para as demais variáveis podem estar envolvidas as condições genéticas de desenvolvimento do material vegetal, que não foi responsivo aos níveis

de N ofertados, possivelmente por ser oriundo de programa de melhoramento que utiliza cultivares com características já bem fixadas.

Desta forma, os programas de melhoramento devem buscar cultivares que apresentem produções superiores em níveis menores de N, como forma da capacidade de sobrevivência das mesmas (ZHU et al., 2014).

## 5 CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada influenciou os teores de carboidratos totais em IPR126, com decréscimo na produção de gases pela cinética ruminal associada à degradação dos mesmos, para os anos avaliados;

A eficiência do uso da água pela cultivar IPR126 foi crescente, para os anos avaliados, indicando atuação dos níveis de nitrogênio sob a atividade metabólica da cultivar no crescimento e desenvolvimento;

O efeito da adubação nitrogenada sob a cultivar URS Guapa foi variada segundo o ano de avaliação, demonstrando que outras variáveis podem comprometer a atuação dos níveis de nitrogênio sobre crescimento, desenvolvimento e de qualidade;

Não ocorreu efeito da adubação sobre a emissão de gases de efeito estufa neste trabalho, indicando que a composição da célula vegetal não é o fator preponderante, uma vez que as variáveis relacionadas à cinética e produção microbiana apresentaram níveis decrescentes, com efeito observado apenas em IPR 126.

Dentre as cultivares utilizadas, IPR 126 apresentou resposta para variáveis fisiológicas, de produção, de composição química e de cinética ruminal, para ambos os anos, enquanto que URS Guapa apresentou respostas para variáveis de produção, apenas, para os anos avaliados, demonstrando menor influência da adubação sobre sua resposta.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, S. A., PINTO, F. A. C., QUEIROZ, D. M., SANTOS, N. T., CARNEIRO, J. E. S. Determination of nitrogen and chlorophyll levels in bean-plant leaves by using spectral vegetation bands and índices. **Revista Ciência Agronômica**. v. 44, n. 3, p. 464-473, 2013.

ADAMI, P. F., PITTA, C. S. R. Pastagem e bovinocultura de leite. **Pronatec**. 80 p. 2012.

AFFOURTIT, C., KRAB, K., MOORE, A. L. Review - Control of plant mitochondrial respiration. **Biochimica et Biophysica Acta**. v. 1504, p. 58-69. 2001.

AFZAL, Z., HOWTON, T. C., SUN, Y., MUKHTAR, M. S. Review - The Roles of Aquaporins in Plant Stress Responses. **Journal of Developmental Biology**. v. 4, n. 9, p. 1-22. 2016.

AKHTAR, N., IQBAL, J., ANEES-UL-HUSNAIN, S., ARSHAD, M., JAHANGEER, A., AHMAD, Z. A. Effect of irrigation scheduling on oats forage production. **Journal Of Agriculture Reseach**. v. 51, n. 2, p. 141-148. 2013.

AKIN, D. E. Histological and phisical factors affecting digestibility of forages. **Agronomy Journal**, v. 81, n. 1, p. 17-25. 1989.

ALEXANDRINO, E., NASCIMENTO Jr., D., MOSQUIM, P. R., REGAZZI, A. J., ROCHA, F. C. Características morfogênicas e estruturais na rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a três doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1372-1379. 2004.

ALIPATRA, A., KUNDU, C. K., MANDAL, M. K., BANERJEE, H., BANDOPADHYAY, P. Yield and quality improvement in fodder oats (*Avena sativa* L.) through split application of fertilizer and cutting management. **Journal of Crop and Weed**. v. 9, n. 2, p. 193-195. 2013.

ALMEIDA, M. L. de, SANGOI, L., ROSA, J. L. Ausência de influência de afilamento na determinação da densidade de plantas para aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. Pelotas - RS. **Resultados Experimentais**. Pelotas: Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia. p. 77- 80. 2000.

ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L. M., SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. v. 22, n. 6, p. 711-728. 2013.

ALVES, A. A., MOREIRA FILHO, M. A., SILVA, D. C. da, AZÊVEDO, D. M. M. R. Avaliação de alimentos para ruminantes no Nordeste do Brasil. In: **Anais do I**

**Congresso Brasileiro de Nutrição Animal**, 2008, Fortaleza. v. 1. CD-Rom. Fortaleza, Ceará. 2008.

ALVES, L. L., BELLINGIERI, P. A. Efeito de doses de nitrogênio e potássio no crescimento, na composição química e nos teores de amônio e nitrato da parte aérea de aveia-amarela cultivada em casa de vegetação – **Científica**. v. 32, n. 2, p. 107-114. 2004.

AMANULLAH, A., HIDAYATULLA, H., AMANULLAH, J., STEWART, B. A. Growth dynamics and leaf characteristics in oats (*avena sativa* L.) differ at excessive nitrogen and phosphorus application. **Pakistan Journal of Botany**. v. 45, n. 3, p. 853-863. 2013.

AMTHOR, J. The role of maintenance respiration in plant growth. **Plant, Cell and Environment**. v. 7, p. 561-569. 1984.

ANGHINONI, I. **Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. In: SANTANA, M. B. M. Adubação nitrogenada no Brasil. Ilhéus: CEPLAC/SBCS. Cap. I, p. 1-18. 1986.

ARCHIMÈDE H., EUGÈNE M., MARIE MAGDELEINE C., BOVAL M., MARTIN C., MORGAVI D. P., LECOMTE P., DOREAU M. Comparison of methane production between C3 and C4 grasses and legumes. **Animal Feed Science and Technology**. v. 166-167, p. 59-64. 2011.

ARGENTA, G., SILVA, P. R. F. da, BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**. Santa Maria. v. 31, n. 4, p. 715-722. 2001.

ASSEFA, G., LEDIN, I. Effect of soil type, fertiliser on the establishment, growth, forage yield, quality and voluntary intake by cattle of oats and vetches cultivated in pure stand and mixtures. **Animal Feed Science and Technology**. v. 92, p. 95-11. 2001.

ASSIS, M. A. de, SANTOS, G. T. dos, CECATO, U., DAMASCENO, J. C., PETIT, H. V., BETT, V., GOMES, L. H., DANIEL, M. Degradabilidade in situ de gramíneas do gênero *Cynodon* submetidas ou não a adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum**, v. 21, n. 3, p. 657-663. 1999.

ASSMANN, T. S., ASSMANN, A. L., ASSMANN, J. M., SOARES, A. B., BORTOLLI, M. A. Produção de gado de corte e de pastagem de aveia em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 39, n. 7, p. 1387-1397. 2010.

ATAÍDE JÚNIOR, J. R., PEREIRA, O. G., VALADARES FILHO, S. C., GARCIA, R., CECON, P. R., ALVES, M. J., MOREIRA, A. L. Consumo, digestibilidade e

desempenho de novilhos alimentados com rações à base de feno de Capim-Tifton 85, em diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 30, n. 1, p. 215-221. 2001.

BAHMANI, I., THOM, E. R., MATTHEW, C. Effect of nitrogen and irrigation on productivity of different Ryegrass ecotypes when grazed by dairy cows. **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**, v. 59, p. 117-123. 1997.

BALIGAR, C., FAGERIA, N. K., HE, Z. L. Nutrient use efficiency in plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v. 32, n. 7 e 8, p. 921-950. 2001.

BALSALOBRE, M. A. A., CORSI, M., SANTOS, P. M., PENATI, M. A., DEMETRIO, C. G. B. Cinética da degradação ruminal do capim Tanzânia irrigado sob três níveis de resíduo pós-pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 32, p. 1747-1762. 2003.

BARTH NETO, A., BOLETA, V. S., PANCERA JUNIOR, E. J., ALMEIDA, G. M. de, CANTO, M. W. do, GASPARINO, E., BALTAZAR, L. F. Nitrogênio e época de colheita nos componentes da produtividade de forragem e sementes de capim mombaça. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v. 45, n. 11, p. 1312-1320. 2010.

BEAUCHEMIN, K. A., KREUZER, M., O'MARAC, F., McALLISTER, T. A. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. v. 48, p. 21-27. 2008.

BELL, M. J., WALL, E., SIMM, G., RISSEL, G. Effects of genetic line and feeding system on methane from dairy sistem. **Animal Feed Science and Technology**. Amsterdam. v. 166-167, p. 699-707. 2011.

BEN, J. R., POTTKER, D., FONTANELI, R. S., WIETHOLTER, S. Resposta da aveia-preta à adubação nitrogenada em semeadura direta sobre pastagens nativas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 22, n. 1, p. 723-730. 1998.

BENCHAAR, C., POMAR, C., CHIQUETTE, J. Evaluation of diet strategies to reduce methane production in ruminants: a modelling approach. **Canadian Journal of Animal Science**. v. 81, p. 563-574. 2001.

BERCHIELLI, T. T., PIRES, A. V., OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**, Jaboticabal, SP. FUNEP. 583 p. 2006.

BEUVINK, J. M. W., SPOELSTRA, S. F. Interactions between abstrate, fermentation end products, buffering systems and gas production upon fermentation of different carboydrates by mixed rumen microorganisms *in vitro*. **Applied Microbiology and Biotechnology**. v. 37, n.4, p. 505-509. 1992.

BIENERT, G. P., MOLLER, A. L. B., KRISTIANSEN, K. A., SCHULZ, A., MOLLER, I.

M., SCHJOERRING, J. K., JAHN, T. P. Specific Aquaporins Facilitate the Diffusion of Hydrogen Peroxide across Membranes. **The journal of biological chemistry**. v. 282, n. 2, p. 1183–1192. 2007.

BLACK Jr, C. C. Photosynthetic carbon fixation in relation to net CO<sub>2</sub> uptake. **Annual Review of Plant Physiology**. v. 24, p. 253-286.1973.

BOADI, D., BENCHAAR, C., CHIQUETTE, J., MASSÉ-MITIGATION, D. Strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: Update review. **Canadian Journal of Animal Science**. v. 84, p. 319-335. 2004.

BOJOVIĆ, B., MARKOVIĆ, A. Correlation between nitrogen and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Kragujevac Journal of Science**. v. 31, p. 69-74. 2009.

BOX, G. E. P., COX, D. R. An Analysis of Transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**. v. 26, n. 2, p. 211-252. 1964.

BOYER, J. S. Water Transport in Plants: Mechanism of Apparent Changes in Resistance during Absorption. **Planta**. v. 117, p.187-207. 1974.

BRAGA, G. J., MELLO, A. C. L. de, PEDREIRA, C. G. S., MEDEIROS, H. R. de. Fotossíntese e taxa diária de produção de forragem em pastagens de capim-tanzânia sob lotação intermitente. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v. 44, n. 1, p. 84-91. 2009.

BREDEMEIER, C., MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**. Santa Maria. v. 30, n. 2, p. 365-372. 2000.

BRISKE, D. D. Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation. In: HODGSON, J., ILLIS, A. W. (Eds.). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International. p. 37-68. 1996.

BRISKE, D. D.; NOY-MEIR, I. Plant response to grazing: a comparative evaluation of annual and perennial grasses. In: Papanastasis, V. P., Peter, D. (eds). **Ecological basis of livestock grazing in Mediterranean ecosystems**. Proceedings of the International Workshop. Thessaloniki, Greece. p. 13-26. 1997.

BRODRIBB, T. J., FEILD, T. S., JORDAN, G. J. Leaf maximum photosynthetic rate and venation are linked by hydraulics. **Plant Physiology**. v. 144, p. 1890-1898. 2007.

BROUGHAM, R. M. Effects of intensity of defoliation on regrowth of pastures. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 5, p. 377-387. 1956.

BURTON, G. W., MONSON, W. G. Registration of "Tifton 78" bermudagrass. **Crop Science**. Madison, WI, United States of America. v. 28, n. 2, p. 187-188. 1988.

CABRAL, L. S., VALADARES FILHO, S. C., MALAFAIA, P. A. M., LANA, R. P., SILVA, F. C. da, VIEIRA, R. A. M., PEREIRA, E. S. Frações de Carboidratos de Alimentos Volumosos e suas Taxas de Degradação Estimadas pela Técnica de Produção de Gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 29, n. 6, p. 2087-2098, 2000.

CABREIRA, M. A. F. **Levantamento das classes de solos da área experimental da Universidade Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharelado em Engenharia Florestal). UTFPR. 54 p. 2015.

CAIRD, M. A., RICHARDS, J. H., DONOVAN, L. A. Nighttime Stomatal Conductance and Transpiration in C3 and C4 Plants. **Plant Physiology**, v. 143, p. 4–10. 2007.

CALDAS NETO, S. F., ZEOULA, L. M., PRADO, I. N., BRANCO, A. F., KAZAMA, R., GERON, L. J. V., MAEDA, E. M., FERELI, F. Proteína degradável no rúmen na dieta de bovinos: digestibilidades total e parcial dos nutrientes e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 37, n. 6, p. 1094-1102. 2008.

CARDOSO, A. M., CLEMENTINO, M. B. M., MATINS, O. B., VIEIRA, R. P., ALMEIDA, R. V., ALQUERES, S. M. C., ALMEIDA, W. I de. Archaea: potencial biológico. **Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**. 30 ed, p. 71-77. 2003.

CARGNELUTTI FILHO, A., TOEBE, M., ALVES, B. M., BURIN, C., SANTOS, G. O. dos, FACCO, G., NEU, I. M. M. Relações lineares entre caracteres de aveia preta. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 45, n. 6, p. 985-992. 2015.

CARVALHO, C. M. de., LACERDA, C. F., VIEIRA, M. R., RODRIGUES, C. F., AMÉRICO, J. G., NEVES, A. L. R. Comportamento ecofisiológico das culturas de milho e feijão-de-corda sob diferentes condições de cultivo. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v. 2, n. 2, p. 1-10. 2009.

CARVALHO, M. A. de F., LANNA, A. C., STEIN, V. C. Arroz C4: Desafios e Perspectivas - Utilização da aveia na alimentação animal. Santo Antonio do Goiás. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. 40 p. 2012.

CARVALHO, P. C. F., SANTOS, D. T. dos, GONÇALVES, E. N., MORAES, A. de, NABINGER, C. **FORAGEIRAS DE CLIMA TEMPERADO**. In: FONSECA, D. M., MARTUSCELLO, J. A. Plantas Forrageiras. Viçosa, Ed. UFV. 537 p. 2010.

CASALI, A. O., DETMANN, E., VALADARES FILHO, S. C., PEREIRA, J. C., HENRIQUES, L. T., FREITAS, S. G., PAULINO, M. F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis

em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 37, n. 2, p. 335-342. 2008.

CASTRO, G. S. A., COSTA, C. H. M. da, FERRARI NETO, J. Ecofisiologia da aveia branca. **Scientia Agraria Paranaensis**. v. 11, n. 3, p. 1-15. 2012.

CHAI, W. Z., VAN GELDER, A. H., CONE, J. W. Relationship between gas production and starch degradation in feed samples. **Animal Feed Science and Technology**. v. 114, p. 195-204. 2004.

CHANG, S. X., ROBISON, D. J. Nondestructive and rapid estimation of hardwood foliar nitrogen status using the SPAD-502 chlorophyll meter. **Forest Ecology and Management**. v. 181, p. 331-338. 2003.

CHAPMAN, D. F., LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. IN: International grassland Congress, 17. **Proceeding**. p. 95-104. 1993.

CHAUMONT, F., TYERMAN, S. D. Aquaporins: Highly Regulated Channels Controlling Plant Water Relations. **Plant Physiology**. v. 164, p. 1600-1618. 2014.

CHAVES, A. V., THOMPSON, L. C., IWAASA, A. D., SCOTT, S. L., OLSON, M. E., BENCHAAAR, C., VEIRA, D. M., MCALLISTER, T. A. Effect of pasture type (alfalfa vs. grass) on methane and carbon dioxide production by yearling beef heifers. **Canadian Journal of Animal Science**. v. 86, p. 409-418. 2006.

CHRISPEELS, M. J., CRAWFORD, N. M., SCHROEDER, J. I. Proteins for Transport of Water and Mineral Nutrients across the Membranes of Plant Cells. **The Plant Cell**. v. 11, p. 661-675. 1999.

CLARKSON, D. T. Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants. **Annual Review of Plant Physiology**. v. 36, p. 77-115. 1985.

COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA FUNDAÇÃO ABC. **Indicações técnicas para a cultura da aveia (grãos e forrageira)**. Passo Fundo: UPF. 136 p. 2014.

CONE, J. W., VAN GELDER, A. H. Influence of protein fermentation on gas production profiles. **Animal Feed Science Technology**. v. 76, n. 3-4, p. 251-264. 1999.

COPPOCK, C. E., WILKS, D. L. Supplemental fat in high-energy rations for lactating cows: effects on intake, digestion, milk yield, and composition. **Journal of Animal Science**. v. 69, p. 3826-37. 1991.

COSTA, J. A. A. da. **Competição entre gramíneas C3 e C4 nativas do Rio Grande**

**do Sul.** Dissertação (Doutorado em Zootecnia). Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 139 p. 2003.

COSTA, K. A. P., FAQUIN, V., OLIVEIRA, I. P. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-marandu. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia.** v. 62, n. 1, p. 192-199. 2010.

COTTLE, D. J., NOLAN, J. V., WIEDEMANN, S. G. Ruminant enteric methane mitigation: a review. **Animal Production Science.** v. 51, p. 491-514. 2011.

COWAN, I. R. Transport of water in the soil-plant-atmosphere system. **Journal of Applied Ecology.** v. 2, n. 1, p. 221-239. 1965.

CRAUFURD, P. Q., WHEELER, T. R., ELLIS, R. H., SUMMERFIELD, R. J., WILLIAMS, J. H. Effect of temperature and water deficit on water use efficiency, carbon isotope discrimination and specific leaf area in peanut. **Crop Science.** v. 39, p. 136-142. 1999.

CREGAN, P. B., BERKUM, P. Genetics of nitrogen metabolism and physiological-biochemical selection for increased grain crop productivity. **Theoretical and Applied Genetics.** Heidelberg, v. 67, p. 97-111. 1984.

CRUZ, P., BOVAL, M. Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: LEMAIRE, G., HODGSON, J., MORAES, A. (Eds.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology.** Wallingford: CABI Publishing. p.151-168. 2000.

CRUZ, J. L., PELACANILL, C. R., CARVALHO, J. E. B. de, SOUZA FILHO, L. F. da S., QUEIROZ, D. C. Níveis de nitrogênio e a taxa fotossintética do mamoeiro "golden". **Ciência Rural.** v. 37, n. 1, p. 64-71. 2007.

CULLEN, A. J., HARMON, D. L., NAGARAJA, T. G. *In Vitro* Fermentation of Sugars, Grains, and By-Product Feeds in Relation to Initiation of Ruminal Lactate Production. **Journal of Dairy Science.** v. 69, p. 2616-2621. 1986.

CZERKAWSKI, J. W. Methane production in ruminants and its significance. **World review of nutrition and dietetics.** v. 11, p. 240-282. 1969.

DALE, J. E., MILTHORPE, F. L. General features of production and growth leaves. In: The growth and functioning of leaves. Proceedings of a Symposium held prior to the Thirteenth International Botanical Congress at the University of Sydney. **Proceed.** Sydney, p. 18-20. 1981.

DAVIES, A. The regrowth of grass swards. In: JONES, M. B., LAZENBY, A. (eds.). **The grass crop: the physiological basis of production.** London: Chapman and Hall. p. 85-127. 1988.

DEISS, L., de MORAES, A., PELISSARI, A., SKORA NETO, F., de OLIVEIRA, E. B., DA SILVA, V. P. Oat tillering and tiller traits under different nitrogen levels in an eucalyptus agroforestry system in Subtropical Brazil. **Ciência Rural**. Santa Maria. v. 44, n. 1, p. 71-78. 2014.

DETMANN, E., SILVA, J. F. C., VÁSQUEZ, H. M., HENRIQUES, L. T., HADDADE, I. R. Cinética da degradação ruminal dos carboidratos de quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte e doses de adubação nitrogenada: técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 38, n. 1, p. 149-158. 2009.

DHIMAN, T. R., MAC QUEEN, I. S., LUCHINI, N. D. Milk yield response of dairy cows fed fat along with protein. **Animal Feed Science and Technology**. v. 90, p. 169-184. 2001.

DIJKSTRA, J., ELLIS, J. E., KEBREAB, E., STRATHE, A. B., LÓPEZ, S., FRANCE, J., BANNINK, A. Ruminant ph regulation and nutritional consequences of low ph. **Animal Feed Science Technology**. v. 172, p. 22-33. 2012.

DOHME, F., MACHMUELLER, A., WASSERFALLEN, A., KREUZER, M. Ruminant methanogenesis as influenced by individual fatty acids supplemented to complete ruminant diets. **Letters in Applied Microbiology**. v. 32, p. 47-51. 2001.

DURU, M., DUCROCQ, H.. Growth and Senescence of Successive Leaves on a Cocksfoot Tiller. Effect of Nitrogen and Cutting Regime. **Annals of Botany**. v. 85, p. 645-653. 2000.

DWYER, L. M., ANDERSON, A. M., MA, B. L., STEWART, D. W., TOLLENAAR, M., GREGORICH, E. Quantifying the non' linearity in chlorophyll meter response to corn leaf nitrogen concentration. **Canadian Journal of Plant Science**. v. 75, p. 179-182. 1995.

ECKARD, R. J., GRAINGER, C., KLEIN, C. A. M. Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: A review. **Livestock Science**, Oxford. v. 130, p. 47-56. 2010.

EHLERINGER, J. R., MONSON, R. K. Evolutionary and ecological aspects of photosynthetic pathway variation. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**. v. 24, p. 411-439. 1993.

EKINCI, C., BRODERICK, G. A. Effect of Processing High Moisture Ear Corn on Ruminant Fermentation and Milk Yield. **Journal of Dairy Science**. v. 80, p. 3298-3307. 1997.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro. 2000.



EVANS, J. R. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C3 plants. **Oecologia**. v. 78, p. 9-19. 1989.

FAGERIA, N. K., BALIGAR, V. C., CLARK, R. B. Root Architecture. **Physiology of Crop Production**. The Haworth Press, Binghamton, NY, USA. p. 23-59. 2006.

FAGUNDES, J. L., SILVA, S. C. da, PEDREIRA, C. G. S., SBRISSIA, A. F., CARNEVALLI, R. A., CARVALHO, C. A. B. de, PINTO, L. F. de M. Índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de cynodon spp. sob diferentes intensidades de pastejo. **Scientia Agricola**. v. 56, n. 4, p. 1141-1150. 1999.

FAZAL, H., HUSSAIN, F., ARIF, M. Effect of different nitrogen levels and cutting on growth behavior of dual purpose barley. **Scholarly Journal of Agricultural Science**. v. 2, n. 10, p. 263-268. 2012.

FEIBO, W., LIANGHUAN, W., FUHUA, X. Chlorophyll meter to predict nitrogen sidedress requirements for short-season cotton *Gossypium*. **Field Crops Research**. v. 56, p. 309-314. 1998.

FELLER, U., ANDERS, I., MAE, T. Rubiscolytics: fate of Rubisco after its enzymatic function in a cell is terminated. **Journal of Experimental Botany**. v. 59, n. 7, p. 1615-1624. 2008.

FERNANDES, A. M., DE QUEIROZ, A. C., PEREIRA, J. C., LANA, R. P., BARBOSA, M. H. P., FONSECA, D. M. da, DETMANN, E., CABRAL, L. S., PEREIRA, E. S., VITTORI, A. Fracionamento e Cinética da Degradação In Vitro dos Carboidratos Constituintes da Cana-de-Açúcar com Diferentes Ciclos de Produção em Três Idades de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 32, n. 6, p. 1778-1785. 2003.

FERNANDES, M. S., ROSSIELLO, R. O. P. Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition. **Critical Reviews in Plant Sciences**. v. 14, n. 2, p. 111-148. 1995.

FEROLLA, F. S., VÁSQUEZ, H. M., SILVA, J. F. C. da, VIANA, A. P., DOMINGUES, F. N., AGUIAR, R. S. Produção de matéria seca, composição da massa de forragem e relação lâmina foliar/caule + bainha de aveia-preta e triticale nos sistemas de corte e de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 36, n. 5, p. 1512-1517. 2007.

FERRARI, R. V. B. **Estimativa do efeito associativo entre concentrados e volumosos, através de medida de digestibilidade in situ da matéria seca e da fibra em detergente neutro**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 97 p. 2003.

FERREIRA, D. J. de, ZANINE, A. M. de. Importância da pastagem cultivada na produção da pecuária de corte brasileira. **Revista Eletrônica de Veterinária**. v. 8,

p. 1-18. 2007.

FERREIRA, E. V. O., ANGHINONI, I., CARVALHO, P. C. F., COSTA, S. E. V. A., CAO, E. G. Concentração do potássio do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 33, p. 1675-1684. 2009.

FERREIRA, G. D. G., SANTOS, G. T. S., CECATO, U., CARDOSO, E. C. Composição química e cinética da degradação ruminal de gramíneas do gênero *Cynodon* em diferentes idades ao corte. **Acta Scientiarum**. v. 27, n. 2, p. 189-197. 2005.

FINNAN, J. M., SPINK, J. Identification of yield limiting phenological phases of oats to improve crop management. **Journal of Agricultural Science**. v. 155, p. 1-17. 2017.

FLOSS, E. L., PALHANO, A. L., SOARES FILHO, C. V., PREMAZZI, L. M. Crescimento, produtividade, caracterização e composição química da aveia branca. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá. v. 29, n. 1, p. 1-7. 2007.

FONDEVILA, M., BARRIOS, A. The gas production technique and its application to the study of the nutritive value of forages. **Cuban Journal of Agricultural Science**. v. 35, n. 3, p. 187-196. 2001.

FORSTER, R. J., KLIEVE, A. V., OUWERKERK, D. Advances in evaluating and altering the rumen microbial ecosystem. **Recent Advances in Animal Nutrition in Australia**. v. 13, p. 37-42. 2001.

FRANÇA, M. G. C., ARAUJO, A. P., ROSSIELLO, R. O. P., RAMOS, F. T. Relações entre crescimento vegetativo e acúmulo de nitrogênio em duas cultivares de arroz com arquiteturas contrastantes. **Acta botânica brasileira**. v. 22, n. 1, p. 43-49. 2008.

FRANK, A. B., BAUER, A. Effect of temperature and fertilizer N on apex development in spring wheat. **Agronomy Journal**. v. 74, p. 504-509. 1982.

FRICKE, W. Biophysical Limitation of Cell Elongation in Cereal Leaves. **Annals of Botany**. v. 90, p. 157-167. 2002.

FRICKE, W., FLOWERS, T. Control of leaf cell elongation in barley. Generation rates of osmotic pressure and turgor, and growth-associated water potential gradients. **Planta**. v. 206, n. 1, p. 53-65. 1998.

FRICKE, W., McDONALD, A. J. S., MATTSON-DJOS, L. Why do leaves and cells leaf of N-limited barley elongate at reduced rates?. **Planta**. v. 202, p. 522-530. 1997.

FRIZZONE, J. A., TEODORO, R. E. E., PEREIRA, A. S., BOTREL, T. A. Lâminas de

água e doses de nitrogênio na produção de aveia (*avena sativa* L.) para forragem. **Scientia Agricola**. v. 52, n. 3, p. 578-586. 1995.

GEIGER, M., HAAKE, V., LUDEWIG, F., SONNEWALD, U., STITT, M. The nitrate and ammonium nitrate supply have a major influence of photosynthesis, carbon metabolism, nitrogen metabolism and growth to elevated carbon dioxide in tobacco. **Plan, Cell and Environment**. v. 22, p. 1177-1199. 1999.

GETACHEW, G., ROBINSON, P. H., DEPETERS, E. J., TAYLOR, S. J. Relationships between chemical composition, dry matter degradation and in vitro gas production of several ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**. v. 111, p. 57-71. 2004.

GODDARD, D. R., MEEUSE, J. D. Respiration of higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**. v. 1, p. 207-232. 1950.

GOERING, H. K., VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analysis**. Agricultural handbook n. 379. U.S.D.A., Washington. 1970.

GOERING, H. K., VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analyses** (Apparatus, reagents, procedures, and some applications). Agriculture Handbook 379. United States Department of Agriculture. 20 p. 1975.

GOES, R. H. de T. e B. de, SOUZA, K. A. de, NOGUEIRA, K. A. G., PEREIRA, D. de F., OLIVEIRA, E. R. de, BRABES, K. C. da S. Degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta, e tempo de colonização microbiana de oleaginosas, utilizadas na alimentação de ovinos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 373-378. 2011.

GOMIDE, J. A. **Manejo de pastagens para a produção de leite**. In: Simpósio Internacional de forragicultura. Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 31. Maringá. p. 141-168. 1994.

GOMIDE, J. A., QUEIROZ, D. S. **Valor alimentício das Brachiarias**. In: Simpósio Sobre Manejo Da Pastagem, 11. Piracicaba. Anais. FEALQ. p. 223-247. 1994.

HALL, M. B., MERTENS, D. R. *In vitro* fermentation vessel type and method alter fiber digestibility estimates. **Journal of Dairy Science**. v. 91, p. 301-307. 2008.

HARPER, J. E. Nitrogen metabolism. In: BOOTE, K. J., BENNETT, J. M., SINCLAIR, T. R., PAULSEN, G. M. **Physiology and determination of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/SSSA. Cap. 11A. p. 285-302. 1994.

HEDRICH, R., BARBIER-BRYGOO, H., FELLE, H., FLÜGGE, V. I., LÜTTGE, U., MAATHUIS, F. J. M., MARX, S., PRINS, H. B. A., RASCHKE, K., SCHNABL, H., SCHROEDER, J. I., STRUVE, I., TAIZ, L., ZIEGLER, P. General Mechanisms for

Solute Transport Across the Tonoplast of Plant Vacuoles: a Patch-Clamp Survey of Ion Channels and Proton Pumps. **Botanica Acta**. v. 101, p. 7-13. 1988.

HEYSER, J. W., NABORS, M. W. Long Term Plant Regeneration, Somatic Embryogenesis and Green Spot Formation in Secondary Oat (*Avena sativa*) Callus. **Zeitschrift für Pflanzenphysiologie**. v. 107, n. 2, p. 153-160. 1982.

HODGSON, J. **Grazing management: science in to practice**. Longman Scientific and Technical. Longman Group. London, UK. 1990.

HODGSON, J. Variations in the surface characteristics of the sward and the short-term rate of herbage by calves and lambs. **Grass and Forage Science**. v. 36, p. 49-57. 1981.

HOEFNAGEL, M. H. N., ATKIN, O. K., WISKICH, J. T. Interdependence between chloroplasts and mitochondria in the light and the dark. **Biochimica et Biophysica Acta**. v. 1366, p. 235-255. 1998.

HOKMALIPOUR, S., DARBANDI, M. H. Effects of Nitrogen Fertilizer on Chlorophyll Content and Other Leaf Indicate in Three Cultivars of Maize (*Zea mays* L.). **World Applied Sciences Journal**. v. 15, n. 12, p. 1780-1785. 2011.

HOOK, S. E., WRIGHT, A. D. G., McBRIDE, B. W. Methanogens: Methane Producers of the Rumen and Mitigation Strategies. **Archaea**. v. 2, p. 1-11. 2010.

IAPAR. **Cartas Climáticas do Paraná**. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em 23 de julho de 2013.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2005. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 04 de junho de 2013.

IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 6: Grassland. In **Agriculture, Forestry and Other Land Use**. v. 4, p. 6.1-6.49. 2006.

ÍTAVO, L. C. V., VALADARES FILHO, S. de C., SILVA, F. F. da, VALADARES, R. F. D., CECON, P. R., ÍTAVO, C. C. B. F., MORAES, E. H. B. K. de, PAULINO, P. V. R. Consumo, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente de fenos de gramíneas do gênero *Cynodone* rações concentradas utilizando indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 31, p. 1024-1032. 2002.

JAMES, W. O. The respiration of plants. **Annual Review of Biochemistry**. v. 15, p. 417-432. 1946.

JENKINS, T. C., PALMQUIST, D. L. Effect of fatty acid or calcium soaps on rumen and total nutrient digestibility of dairy rations. **Journal of Dairy Science**. v. 65, n. 5,

p. 978-986. 1984.

JOHNSON, K. A., JOHNSON, D. E. Methane emission from cattle. **Journal of Animal Science**. v. 73, p. 2483-2492. 1995.

JONES, H. G. Monitoring plant and soil water status: established and novel methods revisited and their relevance to studies of drought tolerance. **Journal of Experimental Botany**. v. 58, n. 2, p. 119-130. 2007.

JUNG, H. G., VOGEL, K. P. Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material. **Journal Animal Science**. v. 62, p. 1703. 1986.

KALDENHOFF, R., FISCHER, M. REVIEW: Aquaporins in plants. **Acta Physiologica**. v. 187, p. 169-176. 2006.

KALDENHOFF, R., RIBAS-CARBO, M., SANS, J. F., LOVISOLO, C., HECKWOLF, M., UEHLEIN, N. Aquaporins and plant water balance. **Plant, Cell and Environment**. v. 31, p. 658-666. 2008.

KAUL, R. Effect of water stress on respiration of wheat. **Canadian Journal of Botany**. v. 44, p. 623-632. 1966.

KENNEDY, R. A., RUMPHO, M. E., FOX, T. C. Anaerobic Metabolism in Plants. **Plant Physiology**. v. 100, p. 1-6. 1992.

KILCHER, M. R. Plant Development, Stage of Maturity and Nutrient Composition. **Journal of Range Management**. v. 34, n. 5. 1981.

KEIM, J. P., VALDERRAMA, X., ALOMAR, D., LÓPEZ, I. F. *In situ* rumen degradation kinetics as affected by type of pasture and date of harvest. **Scientia Agricola**. v. 70, n. 6, p. 405-414. 2013.

KRISHNAMOORTHY, U., RYMER, C., ROBINSON, P. H. The in vitro gas production technique: limitations and opportunities. **Animal Feed Science and Technology**. Amsterdam. v. 123-124, n. 1, p. 1-7. 2005.

KRUGER, N. J., SCHAEWEN, A. von. The oxidative pentose phosphate pathway: structure and organisation. **Current opinion in plant biology**. v. 6, n. 3, p. 236-246. 2003.

KUMAR, S., PUNIYA, A. K., PUNIYA, M., DAGAR, S. S., SIROHI, S. K., SINGH, K., GRIFFITH, G. W. Factors affecting rumen methanogens and methane mitigation strategies. **World J Microbiol Biotechnol**. v. 25, p. 1557-1566. 2009.

KUSANO, M., FUKUSHIMA, A., REDESTIG, H., SAITO, K. Metabolomic approaches

toward understanding nitrogen metabolism in plants: review paper. **Journal of Experimental Botany**. v. 62, n. 4, p. 1439-1453. 2011.

LADEIRA, M. M., RODRIGUEZ, N. M., GONÇALVES, L. C., BORGES, I., BENEDETTI, E., BRITO, S. C., SÁ, L. A. P. Cinética ruminal do feno de *Stylosanthes guianensis*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 53, p. 1-8. 2001.

LANGER, R. H. M. Tillering in herbage grasses. **Herbage Abstract**. v. 35, n. 3, p. 141-148. 1963.

LEE, J. M., DONAGHY, D. J., SATHISH, P., ROCHE, J. R. Perennial ryegrass regrowth after defoliation – physiological and molecular changes. **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**, v. 72, p. 127-134. 2010.

LEE, Y. J., YANG, C. M., CHANG, K. W., SHEN, Y. Effects of nitrogen status on leaf anatomy, chlorophyll content and canopy reflectance of paddy rice. **Botanical Studies**. v. 52, p. 295-303. 2011.

LEMAIRE, G., CHAPMAN, D. **Tissue flows in grazed plants communities**. In: HODGSON, J, ILLIUS, A.W. (Eds.) The ecology and management of grazing systems. Wallingford: CAB. p. 3-36. 1996.

LEMAIRE, G., AGNUSDEI, M. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. In: LEMAIER, G., HODGSON, J., MORAES, A. de, NABINGER, C., CARVALHO, P. C. de F. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. [s.l.]: CAB International. p. 265-288. 2000.

LENG, R A. Factors affecting the utilization of “poor-quality” forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Research review**. London. v. 3, n. 3, p. 277-303. 1990.

LI, G., SANTONI, V., MAUREL, C. Plant aquaporins: Roles in plant physiology. **Biochimica et Biophysica Acta**. n. 1840, p. 1574-1582. 2014.

LIMA, M. L. M. **Análise comparativa da efetividade da fibra de volumoso e subproduto**. Tese (Doutorado em Zootecnia). ESALQ/USP, Piracicaba. 121 p. 2003.

LINS, T. O. J. D. **Morfogênese e interceptação luminosa em Capim-tanzânia consorciado com estilosantes Campo Grande ou adubado com nitrogênio sob pastejo**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 61 p. 2011.

LITTELL, R. C., MILLIKEN, G. A., STROUP, W. W., WOLFINGER, R. D., SCHABENBERGER, O. **SAS® for Mixed Models**, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc, 2006.

LONGNECKER, N., KIRBY, E. J. M., ROBSON, A. Leaf emergence, tiller growth, and apical development of nitrogen-deficient spring wheat. **Crop Science**, Madison. v. 33, n. 1, p. 154-160. 1993.

LOVETT, D. K., STACK, L. J., LOVELL, S., CALLAN, J., FLYNN, B., HAWKINS, M. O'MARA, F. P. Manipulating enteric methane emissions and animal performance of late-lactation dairy cows through concentrate supplementation at pasture. **Journal Dairy Science**. v. 88, p. 2836-2842. 2005.

LUPATINI, G. C., RESTLE, J., VAZ, R. Z., VALENTE, A. V., ROSO, C., VAZ, F. N. Produção de bovinos de corte em pastagem de aveia preta e azevém submetida à adubação nitrogenada. **Ciencia Animal Brasileira**. v. 14, n. 2, p. 164-171. 2013.

MABJEESH, S. J., COHEN, M., ARIELL, A. *In vitro* methods for measuring the drymatter digestibility of ruminant feedstuffs: Comparison of methods and inoculum source. **Journal of Dairy Science**. v. 83, p. 2289-2294. 2000.

MACARI, S., ROCHA, M. G. da, RESTLE, J., PILAU, A., FREITAS, F. K. de, NEVES, F. P. Avaliação da mistura de cultivares de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) com azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) sob pastejo. **Ciência Rural**. Santa Maria. v. 36, n. 3, p. 910-915. 2006.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 38, p. 133-146. 2009.

MADSEN, J., HVELPLUND, T. Prediction of in situ protein degradability in the rumen. Results of a European ring test. **Livestock Production Science**. v. 39, p. 201-212. 1994.

MAKKAR, H. P. S. In vitro gas methods for evaluation of feeds containing phytochemicals. **Animal Feed Science and Technology**. v. 123-124, p. 291-302. 2005.

MALAFAIA, P. A. M., VALADARES FILHO, S. de C., VIEIRA, R. A. M., SILVA, J. F. C. da, PEREIRA, J. C. Cinética Ruminal de Alguns Alimentos Investigada por Técnicas Gravimétricas e Metabólicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 27, n. 2, p. 370-380. 1998.

MANNETJE, L. T. **Measuring biomass of grassland vegetation**. In: MANNETJE, L. t., JONES, R. M. Field and laboratory methods for grassland and animal production research. p. 151-178. 2000.

MARANHÃO, C. M. A., SILVA, C. C. F. da, BONOMO, P., PIRES, A. J. V. Produção e composição químico bromatológica de duas cultivares de raquiária adubadas com nitrogênio e sua relação com o índice SPAD. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá. v. 31, n. 2, p. 117-122. 2009.

MARENCO, R. A., LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal**. Viçosa. Editora UFV. 2005.

MARTIN, T. N., PAVINATO, P. S., SILVA, M. R., ORTIZ, S., BERTONCELI, P. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forragens conservadas. **Anais. Simpósio: Produção e Utilização de Forragens Conservadas**, Maringá, p. 173-219. 2011.

MASLE, J. **Competition among tillers in winter wheat: consequences for growth and development of crops**. In: Sheat Growth and Modelling. New York, Plenum Press. p. 33-54. 2005.

MATHISON, G. W., OKINE, E. K., McALLISTER, T. A., DONG, Y., GALBRAITH, J. ; DMYTRUK, O. I. N. Reducing methane emissions from ruminants. **Journal Applied Animal Research**, v.14, p.1-28, 1998.

MAUREL, C., VERDOUCQ, L., RODRIGUES, O. Review-Aquaporins and plant transpiration. **Plant, Cell and Environment**. v. 39, p. 2580-2587. 2016.

McALLISTER, T. A., OKINE, E. K., MATHISON, G. W., CHENG, K. J. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane Production in ruminants. **Canadian Journal of Animal Science**. v. 76, n. 2, p. 231-243. 1996.

McALLISTER, T. A., BAE, H. D., YAMKE, L. J., CHENG, K. J., HA, J. K. A review of the microbial digestion of feed particles in the rumen. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**. v. 7, n. 3, p. 303-316. 1994.

McCAUGHEY, W. P., WITTENBERG, K. and CORRIGAN, D. Methane production by steers on pasture. **Canadian Journal Animal Science**, v. 77, p. 519–524. 1997.

McCAUGHEY, W. P., WITTENBERG, K. and CORRIGAN, D. Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. **Canadian Journal Animal Science**, v.79, p. 221-226. 1999.

MEALE, S. J., CHAVES, A. V., BAAH, J., McALLISTER, T. A. Methane Production of Different Forages in *In vitro* Ruminal Fermentation. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**. v. 25, n. 1, p. 86-91. 2012.

MEDEIROS, S. R. de, MARINO, C. T. Carboidratos na nutrição de gado de corte. In: **Nutrição de Bovinos de Corte:fundamentos e aplicações**. MEDEIROS, S. R., GOMES, R. da C., BUNGESTAB, D. J. (eds.) Embrapa, Brasília. 176 p. 2015.

MELLO, R., NÖRNBERG, J. L., DE QUEIROZ, A. C., MIRANDA, E. N., MAGALHÃES, A. L. M., de DAVID, D. B., SARMENTO, J. L. R. Composição química, digestibilidade e cinética de degradação ruminal das silagens de híbridos de girassol em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 35, n. 4, p. 1523-1534. 2006.



MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**. v. 85, n. 6, p. 1217-1240. 2002.

MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**. v. 64, p. 1548-1558. 1987.

MERTENS, D. R. **Rate and extent of digestion**. In: FORBES, J. M., FRANCE, J. (Eds.) Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. Cambridge, England: Commonwealth Agricultural Bureaux, Cambridge University Press. p. 13-51. 1993.

MERTENS, D. R. **Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations**. In: Informational Conference With Dairy and Forage Industries. Wisconsin, USA. Proceedings. p. 81-92. 1996.

MIDHA, L. K., DUHAN, B. S., ARYA, S. Performance of promising entries of oat (*avena sativa* L.) under different nitrogen levels. **Forage Research**. v. 41, n. 2, p. 122-125. 2015.

MIFLIN, B. J., LEA, P. J. The pathway of nitrogen assimilation in plants. **Phytochemistry**, New York. v. 15, p. 873-885. 1976.

MILLAR, A. H., WHELAN, J., SOOLE, K. L., DAY, D. A. Organization and Regulation of Mitochondrial Respiration in Plants. **Annual Review of Plant Physiology**. v. 62, p. 79-104. 2011.

MONTAGNER, D. B. **Fluxos de Carbono e Nitrogênio em pastos sob pastejo**. Disciplina Zoo 750 e 753. Viçosa. 2004.

MOOSAVI, G. R. S., SEGHATOLESLAMI, M. J., JAVADI, H., ANSARI-NIA, E. Effect of irrigation intervals and planting patterns on yield and qualitative traits of forage sorghum. **Advances in Environmental Biology**. v. 5, n. 10, p. 3363-3368. 2011.

MORAES A. de, LANG, C. R., **Manejo de pastagem**. Disponível em <[http://www.forragicultura.ufpr.br/cariboost\\_files/MANEJODEPASTAGEMCOMPLETO.pdf](http://www.forragicultura.ufpr.br/cariboost_files/MANEJODEPASTAGEMCOMPLETO.pdf)>. Acesso em 23 de julho de 2013.

MORAES, A. de, ALVES, S. J., CANTO, M. W. do, CECATO, U. **Espécies forrageiras recomendadas para a produção animal**. Disponível em: <[http://www.forragicultura.ufpr.br/cariboost\\_files/especiesforrageiras.pdf](http://www.forragicultura.ufpr.br/cariboost_files/especiesforrageiras.pdf)>. Acesso em: 15 de julho de 2013.

MOREIRA, A. L., RUGGIERI, A. C., REIS, R. A., SEIXAS, P. F., PEDREIRA, M. S., GODOY, R. Avaliação da aveia preta e de genótipos de aveia amarela para produção de forragem. **ARS Veterinária**. v. 21, p. 175-182. 2005.

MOREIRA, A. L. Melhoramento de pastagem através da técnica de sobressemeadura de forrageiras de inverno. Agência Paulista de Tecnologias do Agronegócio. APTA Regional. **Pesquisa & Tecnologia**. v. 3, n. 1. 2006.

MOREIRA, F. B., CECATO, U., PRADO, I. N., WADA, F. Y., REGO, F. C. A., NASCIMENTO, W. G. Avaliação de aveia preta cv lapar 61 submetida a níveis crescentes de nitrogênio em área proveniente de cultura de soja . **Acta Scientiarum**. v. 23, n. 4, p. 815-821. 2001.

MOREIRA, F. M. S., SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2 ed. Lavras: Editora UFLA. 2006.

MOREIRA, P. C., REIS, R. B., REZENDE, P. L. de P., WASCHECK, R. de C., MENDONÇA, A. C. de, DUTRA, A. R. Produção cumulativa de gases e parâmetros de France avaliados pela técnica semiautomática in vitro de fontes de carboidratos de ruminantes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v. 11, n. 2, p. 452-462. 2010.

MOULD, F. L., KLIEM, K. E., MORGAN, R., MAURICIO, R. M. *In vitro* microbial inoculum: a review of its function and properties. **Animal Feed Science and Technology**. v. 123-124, p. 31-50. 2005.

MOULD, F. L., ØRSKOV, E. R., MANN, S. O. Associative effects of mixed feeds. Part 1. Effect of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. **Animal Feed Science and Technology**. v. 10, p. 15-30. 1983.

MULLEN, R. E. **Crop Science: principles and practice**. 3.ed. Edina: Burgess Publishing. 352 p. 1996.

MUNDSTOCK, C. M., BREDEMEIER, C. Disponibilidade de nitrogênio e sua relação com o afilamento e o rendimento de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 31, n. 2, p. 205-211. 2001.

MUNIZ, E. B., MIZUBUTI, I. Y., PEREIRA, E. S., PIMENTEL, P. G., RIBEIRO, E. L. A., ROCHA JÚNIOR, J. N., CAPELARI, M. G. M., BRITO, V. M. Cinética de degradação ruminal de carboidratos de volumosos secos e aquosos: técnica de produção de gases. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina. v. 32, n. 3, p. 1191-1200. 2011.

MUSHARI, A., NAEEM, A. L. Water use efficiency and dry-hay production of alfalfa in Al-Ahsa, Saudi Arabia. **International Journal of Soil Science**. v. 3, n. 3, p. 119-126. 2008.

NELSON, C. J. Shoot morphological plasticity of grasses: Leaf growth vs. Tillering. In: LEMAIRE, G., HODGSON, J., MORAES, A. de, NABINGER, C., CARVALHO, P.

C. de F. (Ed.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CAB International. p. 101-126. 2000.

NEUMANN, M. **Avaliação, composição, digestibilidade, e aspectos metabólicos da fibra**. Seminário de Bioquímica do Tecido Vegetal. Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias da UFRGS. p. 1-34. 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. rev. ed. Washington, DC. 381 p. 2001.

NOGUEIRA, U. T., MAURÍCIO, R. M., GONÇALVES, L. C. Comparação de substratos com diferentes qantidades de carboidratos solúveis utilizando a técnica semi-automática de produção de gases. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária**. v. 58, n. 4, p. 633-641. 2006.

OLIVEIRA, M. D. S., VIEIRA, P. F., MARTINS, A. S., BANZATTO, D. A. Efeito de métodos de coleta de fluido ruminal sobre a digestibilidade *in vitro* de alguns nutrientes de ração para bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 22, n. 5, p. 794-800. 1993.

OLIVEIRA, V. da S., SANTANA NETO, J. A., VALENÇA, R. de L. Características químicas e fisiológicas da fermentação ruminal de bovinos em pastejo. Revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**. Ano XI, n. 20. 2013.

OLIVEIRA, J. G. de. **Avaliação de modelos matemáticos de cinética de degradação ruminal**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Produção Animal, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos. 65 p. 2016.

OMINSKI, K. H., WITTENBERG, K. M. Strategies for reducing enteric methane emissions in forage-based beef production systems. In BHATTI, J. S., LAL, R., APPS, M. J., PRICE, M. A. eds. **Climate change and managed ecosystems**. CRC Press, Boca Raton, FL. p. 261–272. 2006.

OR, D., WRAITH, J. M. **Soil Water Content and Water Potential Relationships**. In: Soil Physics Companion. Ed. A. W. Warrick. CRC Press, Washington DC. p. 49-82. 2002.

ORSKOV, E. R., McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**. v. 92, n. 2, p. 499-503. 1979.

OWEN, E., SMITH, T., MAKKAR, H. Successes and failures with animal nutrition practices and technologies in developing countries: A synthesis of an FAO e-conference. **Animal Feed Science and Technology**. v. 174, p. 211-226. 2012.

PAINTER, E. L., DETLING, J. K. Effects of Defoliation on Net Photosynthesis and Regrowth of Western Wheatgrass. **Journal of Range Management**. v. 34, n. 1, p. 68-71. 1981.

PALIZDAR, M. H., SADEGHIPANAH, H., AMANLOU, H., MOHAMMADIAN-TABRIZI, H. R., MIRHADI, A. Effects of soybean meal coated with fat on *in vitro* organic matter fermentation and gas production. **Journal of Animal and Veterinary Advances**. v. 11, p. 171-180. 2012.

PAL, K., PATRA, A. K., SAHOO, A. Evaluation of feeds from tropical origin for *in vitro* methane production potential and rumen fermentation *in vitro*. **Spanish Journal of Agricultural Research**. v. 13, n. 3, 12 p. 2015.

PALMQUIST, D. L., WEISBJERG, M. R., HVELPLUND, T. Ruminant, intestinal, and total digestibilities of nutrients in cows fed diets high in fat and undegradable protein. **Journal of Dairy Science**. v. 76, p. 1353-1364. 1993.

PAPADOPOULOS, Y. A., MCKENZIE, D. B., McRAE, K. B., CLARK, E. A.; CHARMLEY, E. Evaluating the performance of alfalfa cultivars in rotationally grazed pastures. **Canadian Journal Plant Science**. v. 85, p. 147-150. 2005.

PARSONS, A. J., PENNING, P. D. The effect of duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate growth in a rotationally grazed sward. **Grass and Forage Science**. v. 43, n. 1, p. 15-27. 1988.

PARSONS, A. J., JOHNSON, I. R., WILLIAN, J. H. H. Leaf age structure and canopy photosynthesis in rotationally and continuously grazed swards. **Grass and Forage Science**. v. 43, n. 1, p. 1-14. 1988.

PARSONS, A. J., LEAFE, E. L., COLLETT, B., PENNING, P. D., LEWIS, J. The physiology of grass production under grazing ii. photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**. v. 20, p. 127-139. 1983.

PASSIOURA, J. B. Water transport in and to roots. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. v. 39, p. 245-265. 1988.

PATRA, A. K. A. Meta-analysis of the effect of dietary fat on enteric methane production, digestibility and rumen fermentation in sheep, and a comparison of these responses between cattle and sheep. **Livestock Science**. v. 162, p. 97-103. 2014.

PATRA, A. K. Enteric methane mitigation technologies for ruminant livestock: a synthesis of current research and future directions. **Environmental Monitoring and Assessment**. v. 184, p. 1929-1952. 2012.

PELL, A. N., SCHOFIELD, P., STONE, W. C. Rates of digestion of feeds measured *in*

*vitro* with computers. **Cornell Nutrition Conference**. Proceedings. Cornell University. p. 74-81. 1994.

PERATA, P., ALPI, A. Plant responses to anaerobiosis. **Plant Science**. v. 93, p. 1-17. 1993.

PEREIRA, L. E. T., SCARAVELLII, L. F. B., VENDRAMEI, C. J. O. T., TYSKAI, D., AGNOLINET, C. A. Produção de forragem em pastagem de bermuda sobre-semeada com aveia e azevém. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 38, n. 2, p. 457-462. 2008.

PEREIRA, O. G., ROVETTA, R., RIBEIRO, K. G., SANTOS, M. E. R., FONSECA, D. M. da, CECON, P. R. Crescimento do capim-tifton 85 sob doses de nitrogênio e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 41, n. 1, p. 30-35. 2012.

PLASTER, E. J. **Soil Science and Management**. 5th Edition. Delmar, 5 Maxwell Drive, Clifton Park, NY, USA. 2009.

PRESTON, T. R., LENG, R. A. **Matching Ruminant Production Systems with Available Resources in the Tropics and Subtropics**. Penambul Books, Armidale. 259 p. 1987.

RAGHAVENDRA, A. S., PADMASREE, K., SARADADEVI K. Interdependence of photosynthesis and respiration in plant cells: interactions between chloroplasts and mitochondria. **Plant Science**. v. 97, p. 1-14. 1994.

RASMUSSEN, A. G., ESCOBAR, M. A.. Light and diurnal regulation of plant respiratory gene expression. **Physiologia Plantarum**. v. 129, p. 57-67. 2007.

RATAN, N., SINGH, U. N., PANDEY, H. C. Yield and quality of oat (*Avena sativa* L.) as influenced by nitrogen and varieties in Bundelkhand region (U.P.) India. **Agricultural Science Research Journal**. v. 6, n. 1, p. 27-30. 2016.

RAVEN, P. H. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Koogan. 906 p. 2011.

RIBEIRO, K. G., GARCIA, R., PEREIRA, O. G., VALADARES FILHO, S. C., CECON, P. R. Consumo e digestibilidades aparentes total e parcial, de nutrientes, em bovinos recebendo rações contendo feno de capim-tifton 85 de diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 30, n. 2, p. 573-580. 2001.

RODRIGUES, O., FONTANELI, R. S., COSTENARO, E. R., MARCHESE, J. A., SCORTGANHA, A. C. N., SACCARDO, E., PIASECKI, C. Bases fisiológicas para o manejo de forrageiras. IN: **Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira**. FONTANELI, R. S., SANTOS, H. P. dos, FONTANELI, R. S. EMBRAPA. 2 ed. 544 p. 2012.

ROMERO-PÉREZ, G. A., OMINSKI, K. H., MCALLISTER, T. A., KRAUSE, D. O. Effect of Environmental Factors and Influence of Rumen and Hindgut Biogeography on Bacterial Communities in Steers. **Applied and Environmental Microbiology**. v. 77, n. 1, p. 258-268. 2011.

ROOIJ, G. H. Averaging hydraulic head, pressure head, and gravitational head in subsurface hydrology, and implications for averaged fluxes, and hydraulic conductivity. **Hydrology and Earth System Sciences**. v. 13, p. 1123-1132. 2009.

ROSO, C., RESTLE, J. Aveia preta, tritcale e centeio em mistura com azevém. 2. Produtividade animal e retorno econômico. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 29, n. 1, p. 85-93. 2000.

RUSSELL, J. B., O'CONNOR, J. D., FOX, D. G., VAN SOEST, P. J., SNIFFEN, C. J. A netcarbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I - Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**. v. 70, p. 3551-3561. 1992.

RYMER, C., HUNTINGTON, J. A., WILLIAMS, B. A., GIVENS, D. I. *In vitro* cumulative gas production techniques: History, methodological considerations and challenges. **Animal Feed Science and Technology**. Amsterdam, v. 123-124, n. 1, p. 9-30. 2005.

SÁ, J. F. de, PEDREIRA, M. S, SILVA, F. F. da, FIGUEIREDO, M. R. de, REBOUÇAS, G. M. N., SOUZA, D. R. de. Cinética da fermentação *in vitro* do capim-Marandu em diferentes idades de corte - **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v. 33, n. 3, p. 225-231. 2011.

SÁ, J. P. G. **Utilização da aveia na alimentação animal**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná. 20 p. 1995.

SALISBURY, F. B., ROSS, C. **Fisiología vegetal**. México: G. E. Iberoamérica. 759 p. 1994.

SANDINI, I. E., MORAES, A., PELISSARI, A., NEUMANN, M., FALBO, M. K., NOVAKOWSKI, J. H. Efeito residual do nitrogênio na cultura do milho no sistema de produção integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**. Santa Maria. v. 41, n. 8, p. 1315-1322. 2011.

SANDRIN, C. Z., DOMINGOS, M., FIGUEIREDO-RIBEIRO, R. C. L. Partitioning of water soluble carbohydrates in vegetative tissues of *Lolium multiflorum* Lam. ssp. *italicum* cv. Lema. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. v. 18, n. 2, p. 299-305, 2006.

SANTOS, A. G. T., VIEIRA, A. R. **Alturas de pastejo recomendadas para as principais forrageiras considerando 95% de interceptação luminosa**. Cadernos de Pós Graduação, FAZU, Uberaba, v. 2. 2011.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. SAS user's guide: version 9.3. Cary: SAS Institute. 2011.

SATLER, S. O., THIMANN, K. V. Relation between Respiration and Senescence in Oat Leaves. **Plant Physiology**. v. 72, p. 540-546. 1983.

SATTLER, R., RUTISHAUSER, R. The Fundamental Relevance of Morphology and Morphogenesis to Plant Research. **Annals of Botany**. v. 80, p. 571-582. 1997.

SAXTON, K. E., RAWLS, W. J., ROMBERGER, J. S., PAPENDICK, R. I. Estimating Generalized Soil-water Characteristics from Texture. **Soil Science Society of America Journal**. v. 50, p. 1031-1036. 1986.

SCHOFIELD, P., PELL, A. N. Measurement and kinetics analysis of the neutral detergent-soluble carbohydrates fraction of legumes and grasses. **Journal of Animal Science**. v. 73, n. 12, p. 3455-3463. 1995.

SCHOFIELD, P., PITT, R. E. , PELL, A. N. Kinetics of fiber digestion from in vitro gás production. **Journal Dairy Science**. v. 72, n. 11, p. 2980-2991. 1994.

SILVA, D. J., QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Universidade Federal de Viçosa. Imprensa universitária. 165 p. 2002.

SILVA, E. C. da, MURAOKA, T., VILLANUEVA, F. C. A., ESPINAL, F. S. C. Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v. 44, n. 2, p. 118-127. 2009.

SILVA, R. W. C., PAULA, B. L. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terrae Didática**. v. 5, n. 1, p. 42-49. 2009.

SKONIESKI, F. R. **Composição botânica, estrutural, valor nutricional e dinâmica do nitrogênio em pastagens de azevém consorciadas**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria. 77 p. 2009.

SNIFFEN, C. L., O'CONNOR, J. D., VAN SOEST, P. J. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets. II. Carbohidrate and protein availability. **Journal of Animal Science**. v. 70, n. 11, p. 3562-3577. 1992.

SOARES, A. P. M. **Ajuste do modelo de Orskov e McDonald (1979) a dados de degradação ruminal in situ utilizando mínimos quadrados ponderados**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo (ESALQ). Piracicaba, São Paulo – Brasil. 62 p. 2007.

SOARES, A. B., RESTLE, J. Produção animal e qualidade de forragem de pastagem de triticale e azevém submetida a doses de adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 31, n. 2, p. 908-917. 2002.

SOFIATTI, V, BRITO, G. G. de, SILVA, F. M. de O., BRANDÃO, Z. N., SILVA, D. M. A., SILVA, V. N. B. Determinação da concentração de pigmentos da fotossíntese em folhas de algodoeiro por meio do clorofilômetro portátil clorofilog-10301. In: **Congresso Brasileiro do Algodão**. Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados. Campina Grande: Embrapa Algodão. p. 852-858. 2009.

SONDERGAARD, T. E., SCHULZ, A., PALMGREN, M. G. Energization of Transport Processes in Plants. Roles of the Plasma Membrane H<sup>+</sup>-ATPase. **Plant Physiology**. v. 36, p. 2475–2482. 2004.

SOUZA, H. A. de, MODESTO, V. C., POMPEU, R. C. F. F., NATALE, W. Tamanho da amostra foliar para avaliação do estado nutricional e índice SPAD de capim-elefante irrigado para corte. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador. v. 15, n. 3, p. 584-591. 2014.

SOUZA, G. S. de, CASTRO, E. M. de, SOARES, A. M., SANTOS, A. R. dos, ALVES, E. Teores de pigmentos fotossintéticos, taxa de fotossíntese e estrutura de cloroplastos de plantas jovens de *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker cultivadas sob malhas coloridas. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina. v. 32, n. 1, p. 1843-1854. 2011.

SOUZA, N. H. de, FRANZOLIN, R., RODRIGUES, P. H. M., CLARO, G. R. del. Efeitos de níveis crescentes de fibra em detergenteneutro na dieta sobre a digestão ruminal em bubalinos e bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 29, p. 1565-1577. 2000.

SRINIVAS, B., KRISHNAMOORTHY, U. Influence of Diet Induced Changes in Rumen Microbial Characteristics on Gas Production Kinetics of Straw Substrates *In vitro* - **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**. v. 18, n. 7, p. 990-996. 2005.

STEUDLE, E. Water uptake by plant roots: an integration of views. **Plant and Soil**. v. 226, p. 45–56. 2000.

STOBBS, T. H. The effect of plant structure on the intake of tropical pasture. 1 – Variation in bite size of grazing cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**. v. 24, n. 6, p. 809-819. 1973.

STREIT, N. M., CANTERLE, L. P., CANTO, M. W. do, HECKTHEUER, L. H. H. As Clorofilas. **Ciência Rural**. v. 35, n. 3, p. 748-755. 2005.

TABRIZI H. M., SADEGHIPANAH, H., PALIZDAR, M. H., CHAMANI, M, FAZAELI, H.



Decreasing gas production rate and digestibility of barley grain using fat coating method. **Research opinions in animal & veterinary sciences**. v. 2, n. 5, p. 363-371. 2012.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed. 722 p. 2013.

TETLEY, R. M., THIMANN, K. V. The Metabolism of Oat Leaves during Senescence-I. Respiration, carbohydrate metabolism, and the action of cytokinins. **Plant Physiology**. v. 54, p. 294-303. 1974.

THIMANN, K. V., TETLEY, R. R., THAN, T VAN. The Metabolism of Oat Leaves during Senescence II. Senescence in leaves attached to the plant. **Plant Physiology**. v. 54, p. 859-862. 1974.

THORNLEY, J. H. M. Plant growth and respiration re-visited: maintenance respiration defined its an emergent property of, not a separate process within, the system and why the respiration:photosynthesis ratio is conservative. **Annals of Botany**. v. 108, p. 1365–1380. 2011.

TILLEY, J. M. A., TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**. v. 18, p. 104-111. 1963.

TONANI, F. L., RUGGIERI, A. C., QUEIROZ, A. C., ANDRADE, P. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e da fibra em detergente neutro em silagens de híbridos de sorgo colhidos em diferentes épocas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 53, n. 1, p.100-104. 2001.

TORO, G., PINTO, M. Plant respiration under low oxygen. **Chilean Journal Of Agricultural Research**. v. 75, p. 57-60. 2015.

TRIOLO, J. M., SOMMER, S. G., MØLLER, H. B., WEISBJERG, M. R., JIANG, X. Y. A new algorithm to characterize biodegradability of biomass during anaerobic digestion: Influence of lignina concentration on methane production potencial. **Bioresource Technology**. v. 102, p. 9395-9402. 2011.

TUBIELLO, F. N., SALVATORE, M., CÓNDROR GOLEC, R. D., FERRARA, A., ROSSI, S., BIANCALANI, R., FEDERICI, S., JACOBS, H., FLAMMINI, A. Agriculture, forestry and other land use emissions by sources and removals by sinks: 1990-2011 analysis. **ESS Working Paper**. n. 2. FAO, Rome, Italy. 2014.

TURCO, G. M. S. **Produção e composição física da planta de milho para silagem, cultivado em dois níveis de adubação associado a dois espaçamentos entre linhas e duas densidades de plantio**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Área de concentração em Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava. 65 p. 2011.

UEHLEIN, N., KALDENHOFF, R. Aquaporins and Plant Leaf Movements. **Annals of Botany**. v. 101, p. 1-4. 2008.

VALÉRIO, I. P., CARVALHO, F. I. F. de, OLIVEIRA, A. C. de, BENIN, G., MAIA, L. C., SILVA, J. A. G., SCHIMIDT, D. M., SILVEIRA, G. da. Fatores relacionados à produção e desenvolvimento de afilhos em trigo. **Semina Ciências Agrárias**. Londrina. v. 30, p. 1207-1218. 2009.

VAN DONGEN, J., GUPTA, K. J., RAMÍREZ-AGUILAR, S. J., ARAÚJO, W. L., NUNES-NESE, A., FERNIE, A. R. Regulation of respiration in plants: A role for alternative metabolic pathways. **Journal of Plant Physiology**. v. 168, p. 1434-1443. 2011.

VAN NEVEL, C. J., DEMEYER, D. I. Control of rumen methanogenesis. **Environ Monitor Assess**. v. 42, n. 1-2, p. 73-97. 1996.

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

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B. **Analysis of forages and fibrous foods. A laboratory Manual for Animal Science 613**. Cornell University. 202 p. 1985.

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, p. 3583-3597. 1991.

VAN SOEST, P. J., WINE, R. H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV Determination of plant cell-wall constituents. **Journal of AOAC**. v. 50, n. 1, p. 50-55. 1967.

VRIES, EWTP. de, JANSEN, D. M., TEM BERGE, H. F. M., BAKEMA, A. H. Simulation of ecophysiological processes in several annual crops. Wageningen: PUDOC. 271 p. 1989.

WAGHORN, G. C., WOODWARD, S. L. Ruminant contributions to methane and global warming – A New Zealand Perspective. In BHATTI, J. S., LAL, R., APPS, M. J., PRICE, M. A. eds. **Climate change and managed ecosystems**. CRC Press, Boca Raton, FL. p. 233–260. 2006.

WAHEED, A., AHMAD, W., SHEHZAD, M. A., SHAHID, M. Nitrogen and phosphorus: impact on forage oat (*avena sativa* L.) growth, yield and its quality attributes. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**. v. 49, n. 4, p. 473-479. 2012.

WARD, C. Y., BLASER, R. E. Carbohydrate food reserves and leaf area in regrowth of orchardgrass. **Crop Science**. v. 1, n. 5, p. 366-370. 1961.

WEGER, H. G., TURPIN, D. H. Mitochondrial respiration can support  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NO}_2^-$  reduction during photosynthesis. **Plant Physiology**, Lancaster. v. 89, p. 409-415, 1989.

WELCH, R. W. **The oat crop: production and utilization**. Chapman & Hall. London. 584 p. 2012.

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia. 49 p. 1986.

WHITEMAN, P. C. **Tropical Pasture Science**. New York: Oxford University Press. 392 p. 1980.

WILM, H. G., COSTELLO, D. F., KLIPPLE, G. E. Estimating forage yield by the double sampling methods. **Journal of the American Society of Agronomy**. v. 36, p. 194-203. 1944.

WILSON, J. R. **Environmental and nutritional factors affecting herbage quality**. IN: Hacker, J. B. (ed.). Nutritional Limits to Animal Production from Pastures. Commonwealth Agricultural Bureaux. Farnham Royal. p. 111-131. 1982.

YURTSEVEN, S., CETIN, M., ÖZTÜRK, I., CAN, A., BOGA, M., ŞAHİN, T., TURKOGLU, H. Effect of different feeding methods on methane and carbon dioxide emissions milk yield and composition of lactating Awassi sheep. **Asian Journal of Animal Veterinary Advances**. v. 4, n. 6, p. 278-287. 2009.

ZABALSA, A., VAN DONGEN, J. T., FROEHLICH, A., OLIVER, S. N., FAIX, B., GUPTA, K. J., IZLIN, E. S., IGAL, M., ORCARAY, L., ROYUELA, M., GEIGENBERGER, P. Regulation of Respiration and Fermentation to Control the Plant Internal Oxygen Concentration. **Plant Physiology**. v. 149, p. 1087-1098. 2009.

ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK, C. F. A decimal code for the growth stages Of cereals. **Weed Research**. v. 14, p. 415-421. 1974.

ZHANG, X., HUANG, G., ZHAO, Q. Differences in maize physiological characteristics, nitrogen accumulation, and yield under different cropping patterns and nitrogen levels. **Chilean Journal of Agricultural Research**. v. 74, n. 3, p. 326-332. 2014.

ZHOU, M., HERNANDEZ-SANABRIA, E., GUAN, L. L. Assessment of the Microbial Ecology of Ruminant Methanogens in Cattle with Different Feed Efficiencies. **Applied And Environmental Microbiology**. v. 75, n. 20, p. 6524–6533. 2009.

ZHU, X., LONG, S. P., ORT, D. R. Improving Photosynthetic Efficiency for Greater Yield. **Annual Review Plant Biology**. v. 61, p. 235-261. 2010.

ZHU, Y., FAN, X., HOU, X., WU, J., WANG, T. Effect of different levels of nitrogen

deficiency on switchgrass seedling growth. **The Corp Journal**. v. 2, p. 223-234. 2014.

ZONG, Y., SHANGGUAN, Z.. Nitrogen deficiency limited the improvement of Photosynthesis in maize by elevated CO<sub>2</sub> under drought. **Journal of Integrative Agriculture**. v. 13, n. 1, p. 73-81. 2014.

ZHONG, Y., SHANGGUAN, Z. Water Consumption Characteristics and Water Use Efficiency of Winter Wheat under Long-Term Nitrogen Fertilization Regimes in Northwest China. **PLOS ONE**. v. 9, n. 6, p. 1-8. 2014.