



Claudir Kniphoff

**RESPOSTA DE SORGO FORRAGEIRO À ADUBAÇÃO SOB  
PASTOREIO ROTATÍNUO NA REGIÃO NOROESTE - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso

Cruz Alta – RS, 2018

Claudir Kniphoff

**RESPOSTA DE SORGO FORRAGEIRO À ADUBAÇÃO SOB  
PASTOREIO ROTATÍNUO NA REGIÃO NOROESTE - RS**

Dissertação do Mestrado Profissional em  
Desenvolvimento Rural, para obtenção do título de  
Mestre em Desenvolvimento Rural pela Universidade  
de Cruz Alta (UNICRUZ).

Orientador: Prof. Dr. Jackson Ernani Fiorin  
Coorientadora: Profa. Dra. Juliana Medianeira Machado

Cruz Alta – RS, maio, 2018

Universidade de Cruz Alta – UNICRUZ  
Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão  
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* - Mestrado Profissional em Desenvolvimento  
Rural

## **RESPOSTA DE SORGO FORRAGEIRO À ADUBAÇÃO SOB PASTOREIO ROTATÍNUO NA REGIÃO NOROESTE - RS**

Elaborado por

Claudir Kniphoff

Dissertação apresentada como requisito parcial a  
obtenção do título de Mestre, pelo Programa de Pós-  
Graduação em Mestrado Profissional em  
Desenvolvimento Rural, UNICRUZ-2018.

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Jackson Ernani Fiorin  
Universidade de Cruz Alta - UNICRUZ

---

Prof. Dr. Emerson André Pereira  
Universidade do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ

---

Prof. Dr. Rafael Pivotto Bortolotto  
Universidade de Cruz Alta - UNICRUZ

Cruz Alta - RS, maio de 2018

Dedico a formação neste curso ao grande colega Guilherme  
K. Rossetto, ao qual nos deixou de forma inesperada  
durante o período do mestrado.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço principalmente a Deus, pois a ele seja toda honra e toda glória, por nos dar folego de vida e saúde para vencer todos os desafios que nos são propostos no dia a dia.

Também a minha família, que sempre está ao meu lado, tanto nas dificuldades, como nas vitórias, especialmente aos meus pais, pelos incentivos, minha esposa, que foi quem mais me motivou para realização deste curso e as minhas filhas meus maiores tesouros.

À Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ), por proporcionar a estrutura necessária para um aprendizado de qualidade.

Agradeço a diretora do curso do Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural, Dra. e professora Claudia Maria Prudêncio Mera, pois além de excelente profissional se demonstrou grande amiga durante todo o período do curso.

Ao grande amigo e orientador, Dr. e professor Jackson Ernani Fiorin, pelas horas dedicadas para concluirmos o curso.

A Dra. e professora Juliana M. Machado, que muito colaborou durante o curso, principalmente na realização do experimento a campo, juntamente com toda a equipe de estudo LEPAN, os quais também deixo meu agradecimento.

Ao Doutorando André Schoffel, que conduziu a análise estatística.

Agradeço também a todos os colegas que proporcionaram uma troca de experiência profissional que muito se somou qualidade do curso.

Aos demais professores e profissionais que de alguma forma ou outra contribuíram para ampliarmos os nossos conhecimentos.

## RESUMO

### RESPOSTA DE SORGO FORRAGEIRO À ADUBAÇÃO SOB PASTEJO ROTATÍNUO NA REGIÃO NOROESTE - RS

Autor: Claudir Kniphoff

Orientador: Prof. Dr. Jackson Ernani Fiorin

Coorientadora: Profa. Dra. Juliana Medianeira Machado

Dentre as espécies forrageiras utilizadas na alimentação de animais ruminantes, destaca-se o sorgo forrageiro. A escolha do pastejo adequado aliado à adubação correta, proporciona o aumento da produtividade e qualidade da pastagem produzida, garantindo a eficiência produtiva da atividade leiteira. O objetivo do trabalho foi avaliar a resposta do sorgo forrageiro sob pastejo rotatínuo à diferentes doses de adubação de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) e seu impacto na produtividade de leite na Região Noroeste do RS. Foram conduzidos três experimentos na área experimental do Setor de Produção Animal da UNICRUZ, Cruz Alta, RS. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 5 repetições. A semeadura do sorgo para pastejo cv. AG2501 foi realizada em 31 de outubro de 2016. No experimento com N, as doses foram: 0; 60; 120; 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de N. No experimento com P, as doses foram: 0; 40; 80; 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. No experimento com K, as doses foram: 0; 50; 100; 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Utilizou-se ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, como fertilizantes comerciais, respectivamente. As avaliações ocorreram sempre que a cultura atingiu 50 cm de altura, através de corte à 30 cm, com determinação da massa seca de folha, colmo e o total. A partir de análises bromatológicas foi estimado a conversão em leite, através da planilha MILK 95, expressando os resultados em L ha<sup>-1</sup>. Os resultados foram submetidos à análise da variância e de regressão, escolhendo modelos matemáticos de melhor ajuste e calculadas as doses de máxima eficiência técnica, econômica (MEE), e quantificada a eficiência de uso dos nutrientes, em kg ha<sup>-1</sup> de Massa Seca e L ha<sup>-1</sup> de leite por kg N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicados. Houve resposta do sorgo forrageiro à adubação nitrogenada, fosfatada e potássica com doses MEE para a estimativa de produção de leite em 117, 63 e 76 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente. A eficiência de uso do nutriente foi de 29,1, 33,6 e 19,3 litros de leite por kg de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicados, respectivamente. O retorno líquido foi de R\$ 10,46, 10,59 e 8,35 por cada R\$ investido em adubação nitrogenada, fosfatada e potássica, respectivamente.

**Palavras-chave:** Pastagem, Fertilizantes, Nitrogênio, Fósforo, Potássio.

## ABSTRACT

### EFFECT OF FORAGE SORGHUM ON FERTILIZATION UNDER ROTATIONAL MANAGEMENT IN THE NORTHWEST REGION OF RS

Author: Claudir Kniphoff

Advisor: Prof. Dr. Jackson Ernani Fiorin

Co-advisor: Profa. Dra. Juliana Medianeira Machado

Among the forage species used in the feeding of ruminant animals, stands out the sorghum forage. The choice of the appropriate management together with the correct fertilization, provides the increase of the productivity and quality of the pasture produced, guaranteeing the productive efficiency of the milk activity. The objective of this work was to evaluate the response of forage sorghum under rotational grazing to different doses of nitrogen (N), phosphate (P) and potassium (K) fertilization and its impact on milk yield in the Northwest Region of RS. Three experiments were conducted in the experimental area of the Animal Production Sector of UNICRUZ, Cruz Alta, RS. The experimental design was a randomized block with 5 replicates. Sowing of sorghum for grazing cv. AG2501 was performed on October 31, 2016. In the N experiment, the doses were: 0; 60; 120; 180 and 240 kg ha<sup>-1</sup> of N. In the P experiment, the doses were: 0; 40; 80; 120 and 160 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. In the K experiment, the doses were: 0; 50; 100; 150 and 200 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O. Urea, triple superphosphate and potassium chloride were used as commercial fertilizers, respectively. The evaluations occurred whenever the crop reached 50 cm in height, by cutting at 30 cm, with determination of the dry mass of leaf, stem and total. From the bromatological analyzes, the conversion to milk was estimated through the MILK 95 worksheet, expressing the results in L ha<sup>-1</sup>. The results were submitted to analysis of variance and regression, choosing mathematical models of best fit and calculated the doses of maximum technical and economic efficiency (MEE), and quantified the efficiency of nutrient use, in kg ha<sup>-1</sup> of Dry Mass and L ha<sup>-1</sup> of milk per kg N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O applied. There was response of forage sorghum to nitrogen, phosphate and potassium fertilization with MEE doses for the estimation of milk production in 117, 63 and 76 kg ha<sup>-1</sup> of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O, respectively. The efficiency of nutrient use was 29.1, 33.6 and 19.3 liters of milk per kg of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O applied, respectively. The net return was R\$ 10.46, 10.59 and 8.35 for each R\$ invested in nitrogen fertilization, phosphate and potassium, respectively.

**Keywords:** Pasture, Fertilizer, Nitrogen, Phosphorus, Potassium.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Precipitação pluviométrica diária e acumulada no período experimental da pesquisa resposta do sorgo forrageiro a adubação. UNICRUZ, Cruz Alta, RS, 2018.....22
- Figura 2 - Produção de massa seca total acumulado no ciclo (A), lâminas foliares (B) e colmo (C) por corte e número de perfilhos (D) do sorgo forrageiro em resposta a doses de nitrogênio.....27
- Figura 3 - Produção de massa seca total acumulado no ciclo (A), lâminas foliares (B) e colmo (C) por corte e número de perfilhos (D) do sorgo forrageiro em resposta a doses de fósforo..... 28
- Figura 4 - Produção de massa seca total acumulado no ciclo (A), lâminas foliares (B) e colmo (C) por corte e número de perfilhos (D) do sorgo forrageiro em resposta a doses de potássio.....29
- Figura 5 - Estimativa de produção de leite em resposta a adubação nitrogenada (A), fosfatada (B) e potássica (C) no sorgo forrageiro.....30



## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Curva de melhor ajuste, doses de máxima eficiência técnica (MET), econômica (MEE) e eficiência de uso de nutriente (EU) da resposta do sorgo às doses de nitrogênio, fósforo e potássio na produção de matéria seca MS total, MS Lâminas foliares e MS de colmos por corte, número de perfilhos e estimativa de produção de leite.....31
- Tabela 2 - Cenários de resposta econômica da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica numa propriedade que destina uma área de 10 ha para produção de leite sob sorgo forrageiro no período de verão.....34

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Objetivo geral.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>12</b>
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Importância da Pecuária Leiteira.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2 Sorgo na alimentação animal.....</b>	<b>14</b>
<b>3.3 Pastoreio rotatínuo.....</b>	<b>16</b>
<b>3.4 A importância da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica sob a produção de gramíneas tropicais .....</b>	<b>18</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>26</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>37</b>
<b>APÊNDICE A - Contagem de perfílios .....</b>	<b>45</b>
<b>APÊNDICE B - Cortes em diferentes estágios.....</b>	<b>46</b>
<b>APÊNDICE C - Medição de altura de plantas.....</b>	<b>47</b>
<b>APÊNDICE D - Roçadas após diferentes cortes .....</b>	<b>48</b>
<b>APÊNDICE E - Estágios de plantas em diferentes épocas de cortes.....</b>	<b>49</b>
<b>APÊNDICE F - Separação de folhas e colmos no laboratório, para posterior pesagem e encaminhamento para estufa.....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO A - Laudo com resultado de análise químico-bromatológicas – amostras diversas .....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXO B - Laudo com resultado de análise para teores de fósforo e potássio .....</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A maior parte das áreas agricultáveis no mundo está ocupada por pastagens, sejam elas naturais ou através de cultivos anuais ou perenes. No Brasil, de igual modo, com 172 milhões de hectares as pastagens representam a maior área agricultável do País (IBGE, 2007). Entretanto, as pastagens são exploradas de forma extrativista, sendo cultivadas em áreas de baixa fertilidade, onde, geralmente, não são repostos os nutrientes utilizados por estas, contribuindo conseqüentemente para a degradação dos solos.

O setor leiteiro tem um importante papel na ordem econômica e social do agronegócio brasileiro, com uma participação significativa no PIB da pecuária, elevando o Brasil à 5º maior produtor mundial de leite com 35,2 bilhões de litros (IBGE, 2015). A região sul é a de maior produção, tendo como destaque o Rio Grande do Sul por ser o Estado que mais produz leite, muito disso se dá pelo fato da Região Noroeste do Estado, contribuir com mais da metade da produção leiteira gaúcha. Esta região é privilegiada pelas condições edafoclimáticas, diversidade de espécies, qualidade nutricional das forragens e baixos custos de produção. Aliado a isto houve grandes investimentos da parte de indústrias lácteas, o que permitiu uma maior tecnificação do produtor rural, agregando valor e criando novas perspectivas para a cadeia leiteira.

As mudanças nem sempre são vantajosas, devido à grande tecnificação da região, houve uma seleção natural dos produtores, diminuindo o número de pequenos que migraram para outras atividades ou ainda venderam suas propriedades, causando êxodo rural e aumentando o número de grandes produtores, causando assim problemas socioeconômicos para a atividade.

A produção de leite na região se desenvolve, principalmente, em sistemas semi-intensivos, ou seja, pasto com suplementação alimentar no cocho, pois as pastagens são base alimentar da maioria dos animais leiteiros, devido ao seu baixo custo de produção, quando comparado a alimentação a base de concentrados.

O uso de pastagens cultivadas de verão apresenta-se como uma alternativa de uso da terra em sistemas que utilizam bovinos em pastejo, pois essas pastagens produzem alimentação de qualidade, o que possibilita melhores índices produtivos dos rebanhos. A escolha de um manejo adequado de pastagens, aliado a adubação correta, proporciona o aumento da produtividade da pecuária e a lucratividade do produtor.

O sorgo para corte/pastejo é uma fonte de alimento de alta qualidade para bovinos de leite no período de verão, pois, bem manejado pode render um longo período de pasto disponível, devido sua capacidade de rebrote, que possibilita vários cortes ou pastejos. No entanto, o sucesso no sistema de produção depende da disponibilidade e da qualidade dessa forragem, assim como do consumo da mesma por parte do animal, adicionado ao potencial genético do rebanho. Nesse contexto, o uso de pastagem cultivada de sorgo submetida aos distintos níveis de fertilização visa promover incremento na produtividade e qualidade da pastagem produzida, aumentando a eficiência e a sustentabilidade produtiva e econômica da atividade pecuária.

Devido à suma importância da cadeia produtiva leiteira, a Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ) através do Curso de Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural, está engajada na busca de uma agropecuária mais sustentável. Os resultados oriundos dessa pesquisa, possibilitará juntamente com a análise dos trabalhos de outras instituições, conduzir um sistema que priorize os conceitos de sustentabilidade, para contribuir com a permanência do agricultor no campo, estimulando a sucessão familiar e melhorando a qualidade de vida. Com isso trazendo a possibilidade de pequenos e médios produtores rurais, de continuar produzindo com ainda mais excelência, contribuindo com preservação do meio ambiente e assim pensando nas futuras gerações.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar a resposta à doses de nitrogênio, fósforo e potássio sob a produção de forragem de um híbrido interespecífico de sorgo submetido ao pastejo rotatínuo na região Noroeste do Rio Grande do Sul e o seu impacto na produção de leite.

### **2.2 Objetivos específicos**

Avaliar a resposta do sorgo forrageiro sob pastejo rotatínuo à diferentes doses de adubação nitrogenada e seu impacto na produtividade de leite na Região Noroeste do RS;

Avaliar a resposta do sorgo forrageiro sob pastejo rotatínuo à diferentes doses de adubação fosfatada e seu impacto na produtividade de leite na Região Noroeste do RS;

Avaliar a resposta do sorgo forrageiro sob pastejo rotatínuo à diferentes doses de adubação potássica e seu impacto na produtividade de leite na Região Noroeste do RS.

### **3 REVISÃO DA LITERATURA**

#### **3.1 Importância da Pecuária Leiteira**

Em 1961 se obteve os primeiros registros econômicos de produção de leite no Brasil de 5,2 milhões de Toneladas, pela Organização das Nações Unidas para alimentação e Agricultura (FAO, 2011). Desde a década de 90, o Brasil vem crescendo consideravelmente em relação a pecuária leiteira, saindo de uma produção de apenas 14,4 bilhões de litros ano<sup>-1</sup>, para uma produção de 35 bilhões de litros ano<sup>-1</sup> (IBGE, 2016), elevando o País ao 2º maior rebanho leiteiro do mundo com mais de 38,800 milhões de cabeças, ficando atrás apenas da Índia e na 5º posição na produção mundial de leite (SEAB, 2014). Com incremento médio aproximado de 1,1 milhões de litros de leite por ano<sup>-1</sup> no período de 2005 a 2015 (IBGE, 2016).

As regiões Sul e Sudeste do Brasil são as que mais contribuem para o crescimento da produção leiteira do país, com destaque para a região Sul com 35,2% do leite produzido no Brasil (IBGE, 2015). Dos Estados da região Sul o Rio Grande do Sul, se destaca por produzir 13% da produção leiteira nacional, sendo assim o maior produtor de leite dessa região com aproximadamente 40% do leite produzido (SEAB, 2014). Segundo Schneider, Mera e Zalamera (2017), o Rio Grande do Sul cresceu mais que o dobro em produção de leite em relação ao crescimento do País no período entre 2010 e 2013, em média 8% ao ano, chegando a 24% nesse período. Segundo Zoccal, Alves e Gasques (2012) a mesorregião Noroeste do Rio Grande do Sul é responsável pela produção leiteira de mais da metade do leite produzido no Estado, assumindo protagonismo em relação as demais regiões por produzir mais de 50% do leite produzido no Rio Grande do Sul. Essa forte influência da região ocorre devido aos fortes investimentos em instalações e ampliação de plantas industriais e laticínios (SCHNEIDER; MERA; ZALAMENA, 2017).

Mais de 8% do PIB gaúcho é proveniente da cadeia produtiva do leite, assumindo papel importante em relação ao volume do leite produzido no Brasil, contribuindo direta e indiretamente em questões socioeconômicas do Estado (FEIX; LEUSIN JÚNIOR, 2015). A alta produção leiteira é de suma importância para a economia brasileira, contribuindo com fatores econômicos e sociais como a produção familiar (FERREIRA et al., 2017), exercendo papel fundamental para a economia e para a sociedade, estimulando questões abrangentes desde a permanência dos jovens no campo, até o aumento das áreas ocupadas por leitárias.

Para Montoya, Pascal e Finamore (2014), a intensificação do sistema adotado nas propriedades está diretamente relacionada à permanência dos jovens no campo, pois quanto maior a produção, ou seja, mais intensificado o sistema adotado pela propriedade maior é a probabilidade de os filhos despertarem interesse em se manter no campo e continuar com os empreendimentos da família. Segundo os mesmos autores, cerca de 25% dos sucessores que produzem até 100 litros dia<sup>-1</sup> relatam que venderão a propriedade, já no extremo o oposto, nenhum dos sucessores se mostrou interessado em vender a propriedade, onde a produtividade é de mais de 500 litros dia<sup>-1</sup>, já 22% pensam em mudar de ramo e os que afirmam que continuarão na atividade somam 55%.

A maioria dos empreendimentos rurais da região Noroeste do Rio Grande do Sul são de pequenas propriedades rurais, abrangendo em média até 50 hectares, com sistema de produção de leite a pasto, e em 90% das propriedades se utiliza complemento alimentar no cocho (ENGERS et al., 2016; MEDEIROS; MORAES; FILHO, 2015).

Segundo Boin (1986), o nível genético produtivo da vaca e a eficiência do uso do pasto interferem na eficiência da adubação nitrogenada em termos de kg de leite produzidos por kg de N aplicados no solo, aliado a isso, alguns fatores são preponderantes para a ampliação da atividade na região Noroeste, entre eles, a taxa de lotação animal, a qualidade estrutural do solo, o manejo adequado de pastagens, a suplementação alimentar para que seja possível garantir a sustentabilidade produtiva e ambiental destas propriedades. Informações complementares como a eficiência bioeconômica, são necessárias para determinar a eficiência da conversão do nutriente aplicado no solo em relação a eficiência de conversão da forragem consumida em quilos de leite produzido (VILELA; MARTHA JÚNIOR; LUPINACCI, 2007), para se obter uma gestão de qualidade com sustentabilidade das propriedades rurais.

### **3.2 Sorgo na alimentação animal**

Grande parte do sucesso da produção leiteira do Brasil se dá pela utilização de pastagens, naturais ou cultivadas, devido ao baixo custo de produção, aliado a eficiência de conversão de fibras (celulose e hemicelulose) em energia digestível, por se tratar um herbívoro ruminante. Através da microflora ruminal é possível a digestão (FONTANELI, 2015), pois degrada alimentos ricos em fibra liberando energia através de ácidos graxos voláteis.

Com o objetivo de explorar a pecuária a baixo custo destaca-se a utilização de pastagens cultivadas nos sistemas de produção extensivo e semi-intensivo. Atualmente, a produção de volumosos em quantidade, qualidade, baixo custo são disponíveis durante todo o ano, desde

que bem manejadas. Dentre as opções disponíveis para a região Sul do Brasil pode ser a utilizado o sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor L. Moench*), pelas suas características de cultivo e seu valor nutritivo, com cultivares adaptadas para silagem, pastejo direto, e corte verde, o qual vem expandindo sua produção no Brasil de forma considerável nos últimos anos, principalmente pelo aumento da área plantada e utilização de genótipos adaptados ao clima e solo, alcançando maiores produtividades (TERRA et al., 2010).

Destaca-se por ser uma planta que apresenta crescimento acelerado, grande emissão de perfilhos, rápida elongação de colmos, resistência ao déficit hídrico e salino, e ser uma alternativa estratégica na alimentação animal, sendo eficiente e sustentável quanto ao uso da terra, o sorgo se apresenta como uma ótima alternativa para fabricação de silagem e pastejo direto (BUSO et al., 2011).

Sorgo para corte e/ou pastejo são híbridos interespecíficos obtidos através do cruzamento entre (*Sorghum sudanensis Piper Stapf x Sorghum bicolor L. Moench*). Os produtores de leite aceitam com facilidade, o sorgo, devido à alta produção de forragem de bom valor nutritivo, facilidade para cultivo e manejo para corte, resistência à seca, rápido estabelecimento e crescimento acelerado (ZAGO, 1997).

Conforme Magalhães, Rodrigues e Durães (2009), o sorgo por ser uma planta C4, necessita de temperaturas superiores a 21° para crescer e se desenvolver adequadamente. Pois temperaturas mais amenas, abaixo de 16° e acima de 38° interferem diretamente na produtividade. O estresse hídrico causa dormência na planta, levando 5 dias para retornar seu ritmo normal de crescimento, sendo assim o sorgo necessita durante seu ciclo, em torno de 380 a 600 mm, bem divididos em curtos períodos de tempo (SANS; MORAIS; GUIMARÃES, 2003).

A disponibilização do sorgo para os animais deve ocorrer de forma a ser pastejado em altura mínima inicial de 50 cm, devido a sua toxicidade, por apresentar diferentes graus de concentração de “durrina”, alcaloide nitrogenado, precursor do ácido cianídrico, podendo ser letal aos animais (FONTANELI, 2015). Neste cenário, se destacam pesquisas realizadas para selecionar e melhorar geneticamente as plantas forrageiras, sempre em busca de melhorias de produção. Nesse aspecto, o sorgo, que já é uma forrageira consagrada para pastejo e produção de silagem surge como alternativa também para uso em regimes de cortes, apresentando bons níveis de nutrientes e elevada produção de matéria seca por hectare. Segundo Ferreira et al. (2000) avaliações de sorgo cv. AG 2501, plantado em fevereiro, se obteve 2,91 a 5,83 T de MS ha<sup>-1</sup>; a PB variou de 12,1 a 8,4%; a FDN foi de 70,0 e 71,08%; a FDA foi de 40,19 e 39,81% para cortes em 42 e 56, dias respectivamente. Assim como Simili et al. (2008), avaliando



também a cultivar AG 2501, houve influência da aplicação de N para 100; 200 e 300 kg N ha<sup>-1</sup>, sobre o teor de PB com valores de 15,1; 16,4 e 15,7 %, a fibra em detergente neutro (FDN) com valores de 65,3; 65,8 e 64,5% e fibra em detergente ácido (FDA) com 35,5; 37,8 e 39,6%.

A partir do que foi exposto, híbridos de sorgo tornam-se uma alternativa a ser utilizada nas propriedades leiteiras, pelo fato das cultivares disponíveis apresentarem grande potencial produtivo e uma boa qualidade nutricional.

### **3.3 Pastoreio rotatínuo**

Recentemente o Brasil tem passado por importantes mudanças na pecuária leiteira, oriundas da exatidão na aplicação das tecnologias disponíveis, aliadas à compreensão da cadeia produtiva de forma geral, ou seja, desde dentro da porteira (propriedade) até a exportação. Vários fatores são importantes para o sucesso da atividade, mas o principal é que o produtor rural desenvolva a atividade primária, com o máximo de eficiência técnica e econômica. Usar o manejo adequado das pastagens é fundamental para se obter a máxima eficiência técnica, por isso a definição do método de pastejo se torna parte importante do processo.

O sorgo forrageiro vem sendo estudado a fim de se obter estrutura ideal de pasto, através da altura do dossel das plantas, considerando a taxa de ingestão dos animais (FONSECA et al., 2012). Sendo assim denominado por Carvalho et al. (2013), como “Pastoreio Rotatínuo”, por apresentar metas definidas por critérios de ingestão de forragem pelos animais.

Esse método busca extrair o melhor dos manejos contínuo e rotativo, além do elevado período de disponibilidade de pasto, o alto consumo de forragem por parte dos animais, compensa com ganho de produtividade os custos de implantação de piquetes cercados com disponibilidade de água para os animais, e mão de obra elevada referente as constantes trocas de piquetes. Possibilitando o uso de uma taxa de lotação animal elevada, pois apresenta maior eficiência de pastejo aliado a uma maior uniformidade da pastagem, permitindo a colheita da sobra do pastejo na forma de feno ou silagem, para uso em épocas de escassez (EMBRAPA, 2003). Também visa recuperar a estrutura do pasto em curto espaço de tempo, algo que é considerado importante no pastoreio rotatínuo.

O pastoreio rotatínuo possibilita momentos de cortes inferiores a IL de 91% (SCHONS, 2015). A planta é um ser vivo que reage a desfolha, a qual necessita da área foliar para realizar a fotossíntese, sendo assim, tornando o pastejo um evento danoso, requerendo reações da planta como aumento de perfilhos (CARVALHO et al., 2009).

De acordo com Carvalho (2001) o processo de apreensão de forragem pelos animais deve ser realizado de forma que não prejudique a estrutura do pasto, ou seja que não interfira na taxa de rebrote, pois com alta taxa de carga animal em períodos curtos de utilização. No método de pastoreio tradicional aproximadamente 20 dias de descanso são necessários para que haja nova utilização, já no pastoreio rotatínuo esse período reduz para aproximadamente 7 dias, pois a planta terá tempo suficiente para rebrotar e atingir 60 a 80 cm altura para novo pastejo, desde que com boas condições hídricas e disponibilidade adequada de nutrientes, tanto o sorgo como o milheto podem permitir vários pastejos, ou seja de 3-4 a mais de 6, durante estação de crescimento, que vai de outubro-novembro até a ocorrência das geadas (FONTANELI, 2015).

Segundo Fonseca et al. (2012) deve-se permitir o rebaixamento da estrutura do pasto sem que haja danos a estrutura do pasto, ou seja, deixando folhas suficientemente para a realização da fotossíntese, sem restringir a seletividade de partes preferidas da planta. Segundo Fontaneli (2015) no manejo rotativo, quando a forrageira alcançar 15 a 20 cm de altura de resteva, os animais devem ser remanejados ao próximo piquete. Porém Fonseca et al. (2012) e Mezzalira et al. (2014) afirmam que até 40% do rebaixamento das plantas, não prejudicam a manutenção de alta taxa de ingestão pelo animal durante o período de ocupação do pasto, sendo assim decisivo para troca de piquete. Segundo Baumont et al. (2004) se tem por meta de manejo que o animal não consuma mais que 25% da área total da planta, que representa a parte superior, sendo remanejado a outro piquete, pois o restante deixa de ser atrativo. A vantagem do manejo rotatínuo em relação aos demais está que, em cada vez que os animais entrarem em uma faixa de pastejo encontrarão folhas novas, cuja palatabilidade e qualidade é bem superior a colmos e material morto presentes nas partes inferiores das plantas, sendo assim estimulados a pastejarem, aliado a isso, o intervalo entre pastejos ficou em 13 dias para pastejo rotatínuo, período muito inferior aos 35 dias no pastejo rotativo (SCHONS, 2015).

O período de entrada dos animais nos piquetes geralmente não é respeitado nas propriedades rurais, pois geralmente ocorre quando o pasto ainda não está na altura ideal mínima de pastejo ou já se encontra demasiadamente elevado (FONSECA, 2012). De acordo com Ganche et al. (2014) 50 cm de altura, é considerada ideal para o início do pastejo, por não prejudicar o rebrote, independentemente do método de pastejo adotado seja ele de pastejo contínuo, pastoreio rotativo ou rotatínuo e assim exponenciando a taxa de ingestão de sorgo forrageiro pelos animais.

Quanto maior for o período de ocupação do pasto, maior será a quantidade de pasto extraído pelos animais. Mas não significa que estes terão o mesmo aproveitamento, pois diminui a área foliar e aumenta a disponibilidade de colmos e material morto, levando os

animais a consumirem partes indesejáveis do pasto, afetando sua ingestão (FONSECA et al., 2012) comprometendo a qualidade do pasto ingerido (CARVALHO et al., 2013). A qualidade do pasto interfere diretamente para ajustes na eficiência de pastejo e no valor nutricional da alimentação ofertada aos animais (DIFANTE et al., 2009).

Visando obter uma dieta balanceada, através da seletividade das partes das plantas ofertadas aos animais, se tem por desafio ofertar estruturas de pasto onde o animal obtenha a máxima taxa de ingestão no menor período de tempo (VILLALBA; PROVENZA, 2009).

### **3.4 A importância da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica sob a produção de gramíneas tropicais**

Historicamente as pastagens brasileiras vêm sendo exploradas de forma extrativista, geralmente sem a utilização de corretivos de acidez do solo ou com o uso de sub doses de fertilizantes, acentuando ainda mais o problema de baixa fertilidade dos solos, afetando diretamente a produção de pastagens com qualidade, comprometendo de forma geral o sistema como um todo. Fato este comprovado através de um diagnóstico realizado entre 2012 a 2014 com 328 análises de solo, coletadas através do Projeto de Produção de Leite sob Pastagem da CCGL, nas propriedades dos produtores participantes do projeto, onde se constatou que 84,6% das análises amostradas carecem de correção de acidez do solo, 74,5% de correção dos teores de fósforo e 61,6% de correção dos teores de potássio, pois corretamente corrigidas essas carências, a produção leiteira poderá receber incrementos significativos (FIORIN et al., 2014).

A maioria das pastagens são exploradas em áreas subutilizadas dentro das propriedades rurais, ou seja, em áreas marginais ou sem as devidas reposições nutricionais, aliado a baixa fertilidade natural dos solos e um manejo inadequado, podendo comprometer a sustentabilidade da pecuária brasileira, que tem a sua base nas áreas de pastagem (BENÍCIO et al., 2011). Se baseando nessas informações, é fundamental ampliar os conhecimentos sobre a utilização de fertilizantes em plantas forrageiras, pois existe uma grande variação dos teores médios dos nutrientes, que podem ser disponibilizados com a utilização de tecnologia adequada, seja por meio de corretivos ou por meio de adubação (CHEEKE, 1991).

A utilização do nitrogênio vem sendo estudada de forma mais ampla, buscando sua máxima eficiência técnica, visando diminuir os custos de produção, elevando a produtividade de forma ambientalmente correta (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2002). Porém os custos elevados dos fertilizantes, juntamente com a limitação de conhecimento técnico dos produtores, são

limitantes para a expansão do uso adequado da adubação nitrogenada no Brasil (PAULINO et al., 2012).

O nitrogênio ganhou notoriedade por ser fundamental ao desenvolvimento e crescimento das plantas, de forma qualitativa e quantitativa garantindo que a produção de forragens possua estacionalidade produtiva (BEMHAJA; BARRETA; BRITO, 1998). Com a elevação da taxa fotossintética, ocorre aumento na produção de matéria seca, possibilitando aumento no ciclo vegetativo foliar, gerando um aporte de pastagem maior e permitindo que a taxa de rebrote seja ampliada, refletindo na quantidade de perfilhos (CECATO et al., 1996).

Segundo ARTHUR (2010) a produção e comprimento das raízes estão diretamente relacionados ao uso de N. Auxiliando na qualidade da forragem, pois eleva o teor de proteína bruta das plantas, contribuindo para melhor conversão alimentar dos animais (PAULINO et al., 2012).

Entre as várias fontes de N, a mais utilizada é a ureia, devido ao baixo custo, porém, deixa a desejar em relação as outras fontes quando se refere a volatilização, podendo chegar até 80% de perdas (LARA CABEZAS et al., 1997). Para que o nitrogênio expresse seu potencial máximo de resposta, é necessário que os outros nutrientes estejam em pleno equilíbrio no solo, ou seja, nos níveis de fertilidade adequados (FREIRE et al., 2012). Porém as doses crescentes de N e a eficiência do uso do N não estão diretamente relacionados, deve-se observar o ponto de máxima eficiência técnica para um melhor aproveitamento do nutriente (FAGUNDES et al., 2005). Sendo importante observar o impacto ambiental e a sustentabilidade econômica para o uso racional de N criando assim um sistema de produção equilibrado (PRIMAVESI et al., 2006).

Segundo (BROYLES; FRIBOURG, 1959; HART; BURTON, 1965; JUNG et al. 1964), os benefícios da aplicação de N são notórios para produção de matéria seca em sorgo até 280 kg de N há<sup>-1</sup>. Obtendo produções de 9,1 a 16,5 t de MS há<sup>-1</sup> e no teor de PB de 10 a 14%, em resposta às doses de N (0; 100; 200 e 300 kg N/ha) (MEDEIROS et al., 1979).

Em trabalho realizado com capim Tanzânia sob cortes em função de três doses de N (1º ano: 100; 500 e 1000 kg há<sup>-1</sup> e 2º ano: 100, 400 e 800 kg há<sup>-1</sup>) e quatro relações de N:K<sub>2</sub>O (1:0; 1:0,5; 1:1; 1:1,25), se obteve melhores respostas de produção de MS nas doses mais elevadas de N e a relação N:K<sub>2</sub>O de 1:1,5 (COUTINHO et al., 2004).

De acordo com Lira, Farias e Fernandes (1994), o uso de adubação nitrogenada respondeu significativamente somente quando utilizado na presença de adubação fosfatada, isso em *Brachiaria decumbens*, em diferentes níveis de nitrogênio (0; 200; 400 e 600 kg há<sup>-1</sup> de N)

e fósforo (0; 50; 100; 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) para produção MST, folhas, perfilhamento e vigor de rebrota.

Para Lima et al. (2007), a produção forrageira, fica limitada em solos com baixos índices de fósforo (P), independente da espécie forrageira utilizada, pois o P é fundamental para um bom estabelecimento da pastagem. Ficando notória a deficiência de P através dos efeitos causados nas plantas, como menor número de perfilhos, sistema radicular sub desenvolvidos, porte reduzido das plantas, (MEIRELLES et al., 1988; MONTEIRO et al., 1995).

Em contraponto a deficiência, os efeitos da disponibilização de P causam crescimento inicial acelerado desde a raiz até a parte aérea da planta, resultando no perfilhamento e aumentando a concentração de P nas folhas, gerando efeitos positivos, como a antecipação do uso dessas pastagens (LANGER, 2007).

Segundo Freire et al. (2012) o aumento da taxa fotossintética se dá pela elevação da taxa de fixação de carbono, processo que é diretamente relacionado ao potássio (K), além de agir diretamente na síntese enzimática. Já a deficiência de K, apresenta sintomas de colmos mais finos e pouco resistentes ao tombamento, amarelecimento das folhas é comum em plantas que apresentam deficiência desse nutriente.

Segundo Coutinho et al. (2004), a adubação potássica eleva a produção de MS em diferentes gramíneas com potenciais produtivos diferentes, sendo assim, é fundamental o uso desse nutriente, mesmo em plantas pouca exigência em K, em solos com deficiência deste. Porém a potencialização do uso de K está relacionada de forma geral a disponibilidade nutricional do solo, sofrendo interferência direta pela deficiência de outros nutrientes, principalmente do N, que interfere diretamente no nível de produção de MS.

Segundo Vilela, Martha Júnior e Lupinacci (2007) a associação dos nutrientes limitantes, potencializa o desenvolvimento da planta de forma geral, pois a demanda por N, P e K, para a produção de 1,0 t ha<sup>-1</sup> de MS, pode ser N = 12 a 20; P = 0,8 a 3,0 e K = 12 a 30 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

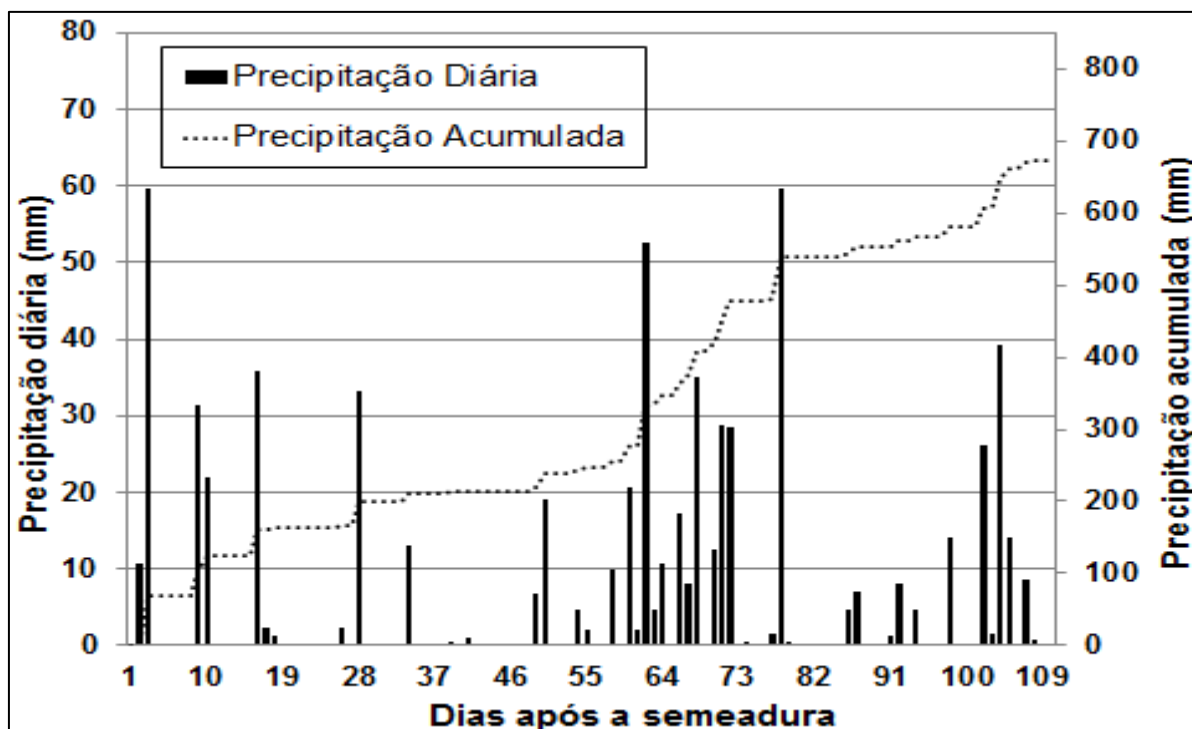
Constantes análises para possíveis correções, são fundamentais para potencializar o uso de nutrientes e obter o equilíbrio nutricional adequado do solo, de forma que a utilização de correção e/ou adubação seja o mais próximo possível do recomendado.

#### 4 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado de setembro de 2016 a fevereiro de 2017 na área experimental do Complexo de Produção Animal da Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ), localizada no município de Cruz Alta, região pertencente ao Noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

O clima da região é subtropical úmido, Cfa 1 da classificação de Köppen (MORENO, 1961). A temperatura média anual é de 18°C e a precipitação normal é de 1700 mm, apresentando períodos de deficiência hídrica durante o verão. A precipitação pluviométrica diária e acumulada no período experimental da pesquisa é apresentada na Figura 1.

**Figura 1** - Precipitação pluviométrica diária e acumulada no período experimental da pesquisa resposta do sorgo forrageiro a adubação. UNICRUZ, Cruz Alta, RS, 2018.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

O solo da área do experimento é classificada como Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa (EMBRAPA, 2013), pertencente à Unidade de Mapeamento de Passo Fundo (BRASIL, 1973). As características químicas, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, para a caracterização da condição inicial da área experimental são: Argila 52%, pH H<sub>2</sub>O 5,7, Índice

SMP 5,8, Matéria Orgânica 3,5%, Fósforo 17,9 mg dm<sup>-3</sup>, Potássio 45 mg dm<sup>-3</sup>, Alumínio 0,0 cmolcdm<sup>-3</sup>, Cálcio 4,9 cmolcdm<sup>-3</sup>, Magnésio 2,3 cmolcdm<sup>-3</sup>, Enxofre 6,8 mg dm<sup>-3</sup>, Zinco 1,6 mg dm<sup>-3</sup>, Cobre 5,3 mg dm<sup>-3</sup>, Manganês 14 mg dm<sup>-3</sup>.

A área experimental foi subdividida em três experimentos distintos (doses de nitrogênio, doses de fósforo e doses de potássio) compreendendo 25 parcelas por experimento, totalizando 75 parcelas, com dimensões de 2,5 x 4,5 m (11,25 m<sup>2</sup>), espaçadas por corredores de 0,5 m de largura, compreendendo 1.065,7 m<sup>2</sup>. Em todos os caso, foi utilizado o delineamento experimental blocos ao acaso com 5 repetições. As doses de N, P e K, foram definidas para alta produtividade de forragem, conforme a “análise prévia” do solo da área experimental, segundo o Manual de Calagem e de Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2016).

No experimento com doses de N, os tratamentos foram: 0; 60; 120; 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de N. Utilizou-se da ureia (45% de N) como fertilizante comercial para a adubação nitrogenada, aplicando a lanço na superfície sem incorporação. Foi utilizado 20 kg ha<sup>-1</sup> de N por ocasião da semeadura e o restante aplicado em cobertura, dividindo em 4 doses ao longo do período experimental, após o 2º (20/12/2016), 3º (28/12/2016), 4º (04/01/2017) e 6º (16/01/2017) corte da espécie forrageira. A adubação com P e K foram iguais em todas as parcelas, na dose de 120 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, utilizando-se de Superfosfato Triplo (46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e o Cloreto de Potássio (60% de K<sub>2</sub>O) como fertilizante comercial, aplicado de forma manual imediatamente após a semeadura da forrageira, na linha e a lanço na superfície, respectivamente.

No experimento com doses de P, os tratamentos foram: 0; 40; 80; 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Utilizou-se o Superfosfato Triplo (46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), em sua totalidade aplicado de forma manual na linha imediatamente após a semeadura da espécie forrageira. As doses com N e K foram iguais em todas as parcelas, equivalentes a 180 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N e K<sub>2</sub>O, respectivamente. Na adubação com K, se utilizou o Cloreto de Potássio como fertilizante comercial, aplicado de forma manual a lanço na superfície imediatamente após a semeadura da forrageira. Na adubação com N foi utilizado ureia, aplicado a lanço na superfície sem incorporação, sendo 20 kg ha<sup>-1</sup> de N por ocasião da semeadura, e o restante foi aplicado em cobertura, dividindo em 4 aplicações de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N ao longo do período experimental, após o 2º (20/12/2016), 3º (28/12/2016), 4º (04/01/2017) e 6º (16/01/2017) corte da espécie forrageira.

No experimento com doses de K, os tratamentos foram: 0; 50; 100; 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Utilizando-se o Cloreto de Potássio, aplicado a lanço na superfície após a semeadura do

sorgo. As doses com N e P foram iguais em todas as parcelas, equivalentes a 180 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. Na adubação com P, foi utilizado o Superfosfato Triplo como fertilizante comercial, aplicado na linha de forma manual imediatamente após a semeadura da forrageira. Na adubação com N foi utilizado ureia, aplicado a lanço na superfície sem incorporação, sendo 20 kg ha<sup>-1</sup> de N por ocasião da semeadura, e o restante foi aplicado em cobertura, dividindo em 4 aplicações de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N ao longo do período experimental, após o 2º (20/12/2016), 3º (28/12/2016), 4º (04/01/2017) e 6º (16/01/2017) corte da espécie forrageira.

A semeadura foi realizada em 31 de outubro de 2016, utilizando-se do híbrido de sorgo para pastejo cv. AG2501, com espaçamento de 50 cm entre linhas, sendo utilizando o equivalente a 20 kg ha<sup>-1</sup> de sementes. Os demais tratos culturais do sorgo forrageiro foram realizados segundo as Indicações Técnicas para o Cultivo de milho e sorgo no Rio Grande do Sul Safras 2013/2014 e 2014/2015 (EMBRAPA, 2015).

Foi acompanhado o desenvolvimento da espécie forrageira, através de visitas periódicas na área experimental. As avaliações ocorreram sempre que a cultura atingiu a altura média de 50 cm, através de corte com tesoura a uma altura aproximadamente de 30 cm (FONSECA et al., 2012). Foram realizados 9, 8 e 8 cortes, respectivamente nos experimentos com doses de N, P e K, em dois pontos representativos de cada parcela, utilizando-se de um quadro metálico de 0,25 m<sup>2</sup>.

Em cada corte foi realizada a estimativa da composição morfológica da forragem através da separação manual dos componentes: lâminas foliares, colmos (bainha da folha + colmo). Cada componente foi alocado em saco de papel e encaminhado para estufa com circulação forçada de ar a 55°C até atingir peso constante. Após a secagem as amostras foram pesadas obtendo-se as lâminas foliares, de colmo e o total (folha + colmo), expressando os resultados em kg ha<sup>-1</sup> de lâminas foliares.

A densidade populacional de perfilhos foi avaliada através da contagem do número de perfilhos de sorgo por ocasião da realização dos cortes, utilizando-se da mesma área útil de avaliação da produção de lâminas foliares, expressando os resultados em número médio de perfilhos por m<sup>2</sup>.

Foram efetuadas coletas de amostras de forragem, objetivando a análise bromatológica. As amostras foram enviadas a laboratório para a realização das determinações de teor de proteína bruta, fibras em detergentes ácido e neutro. Com base nestes parâmetros, foi realizada estimativa de conversão em leite, expressos em L ha<sup>-1</sup>, conforme metodologia proposta pela Universidade de Wisconsin (EUA) através da planilha MILK 95 (UNDERSANDER;



HOWARD; SHAVER, 1993). Esta metodologia considera um animal com peso corporal de 600 kg, na 2ª lactação, produção de 30 litros de leite dia<sup>-1</sup>, 3,5% de teor de gordura no leite, estando o animal na metade da lactação.

A partir dos resultados obtidos a campo foram eliminados os valores discrepantes identificados através da distribuição normal padrão, e verificado o atendimento aos pressupostos do modelo matemático aplicando, respectivamente, o Teste de Kolmogorov-Smirnov e Teste de Bartlett, para avaliar a normalidade dos erros e a homogeneidade de variâncias. A verificação ao atendimento dos pressupostos foi realizada pelo software Action (EQUIPE ESTATCAMP, 2014). Em seguida foi realizada a análise da variância para cada experimento em separado (doses de nitrogênio, fósforo e potássio) com ajustes de modelos matemáticos da regressão utilizando-se do software SISVAR v.5.6 (FERREIRA, 2011).

Foram escolhidos modelos matemáticos de melhor ajuste estatístico para a produção de matéria seca de sorgo total acumulado no período experimental, lâmina foliar e colmo média por corte, número médio de perfilhos e estimativa de produção de leite acumulado no período experimental. Foram calculadas as doses de máxima eficiência técnica (MET) e de máxima eficiência econômica (MEE), utilizando-se como base, os preços de R\$ 1200,00, R\$ 1400,00, R\$ 1300,00 e R\$ 1,05, por tonelada de ureia, superfosfato triplo, cloreto de potássio e litro de leite, respectivamente. Também foi quantificada a eficiência de uso do nitrogênio (EUN), fósforo (EUP) e potássio (EUK), em kg ha<sup>-1</sup> de MS de lâminas foliares (por corte), de colmos (por corte), total (acumulado no período), número de perfilhos (por corte) e L ha<sup>-1</sup> de leite por kg N, P e K aplicados, respectivamente.

Os resultados da pesquisa foram aplicados em um estudo de cenários de resposta econômica da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica, considerando uma propriedade que destina uma área de 10 hectares para produção de leite no período de verão.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A produção de massa seca total acumulada no ciclo, massa seca de lâminas foliares, massa seca de colmos e número de perfilhos do sorgo forrageiro em resposta a doses de nitrogênio, fósforo e potássio são apresentadas nas Figuras 2, 3 e 4, respectivamente. A estimativa de produção de leite em resposta a adubação nitrogenada, fosfatada e potássica no sorgo forrageiro é apresentada na Figura 5.

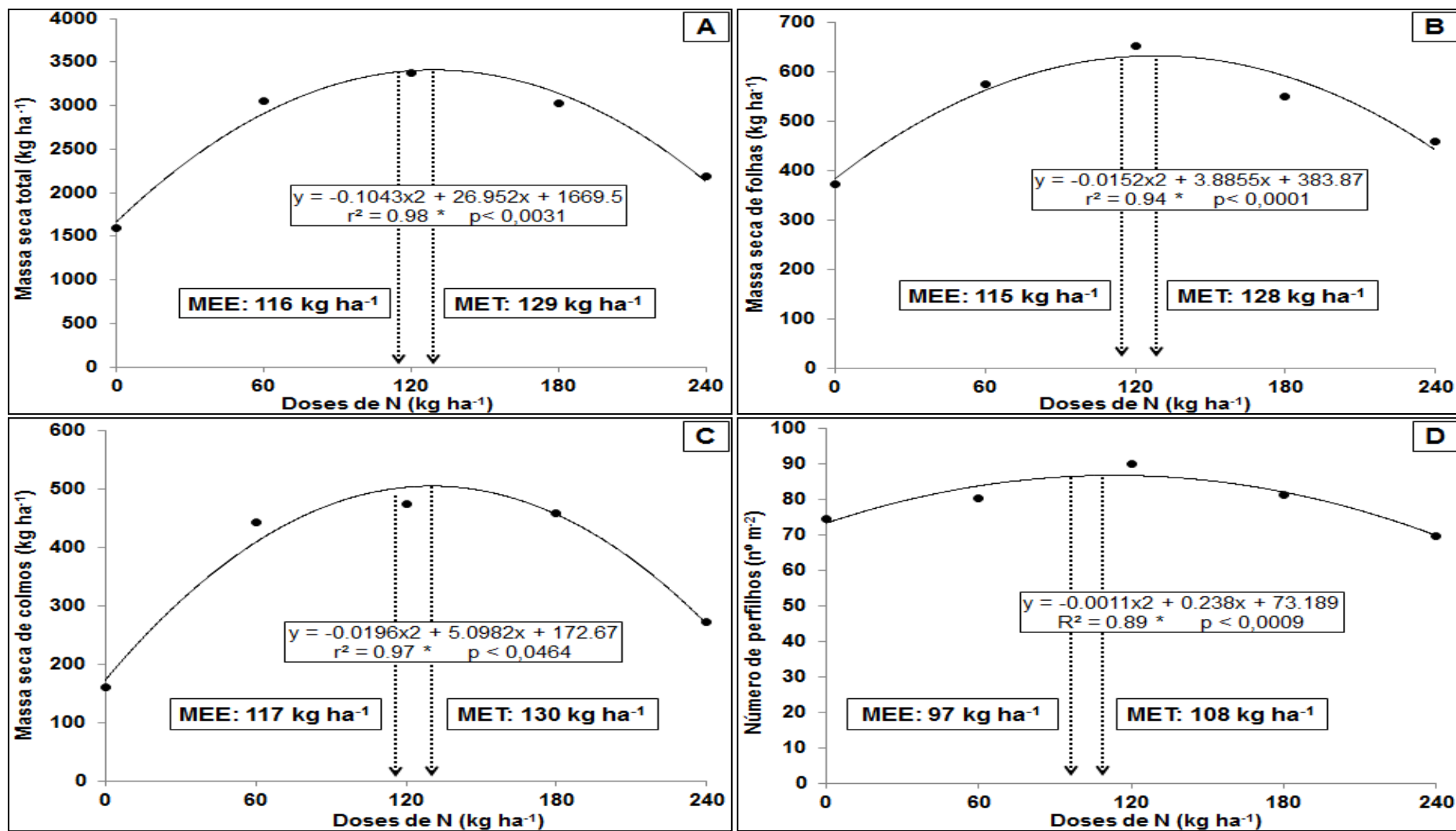
Analisando o comportamento de resposta a adubação nitrogenada, fosfatada e potássica, observa-se que os efeitos das doses utilizadas foram quadráticos obtendo incrementos significativos na produção de massa seca total, massa seca de lâminas foliares, número de perfilhos e estimativa de produção de leite, exceto para produção de massa seca de colmos no experimento com doses de potássio (Figura 4C).

Com isso foi possível o cálculo das doses de máxima eficiência técnica (MET) e de máxima eficiência econômica (MEE), bem como quantificada a eficiência de uso do nitrogênio (EUN), fósforo (EUP) e potássio (EUK), em  $\text{kg ha}^{-1}$  de MS (por corte), de colmo (por corte), total (acumulado no período), número de perfilhos (por corte) e  $\text{L ha}^{-1}$  de leite por  $\text{kg ha}^{-1}$  de N, P e K aplicados, respectivamente (Tabela 1).

Em relação a resposta do sorgo forrageiro à diferentes níveis de adubação nitrogenada e seu impacto na produtividade de leite, as doses de MET foram de 129, 128, 130, 108 e 128  $\text{kg ha}^{-1}$  de N, e a MEE foram de 116, 115, 117, 97 e 117  $\text{kg ha}^{-1}$  de N, respectivamente para a produção de massa seca total, massa seca de lâminas foliares, massa seca de colmos, número de perfilhos e estimativa de produção de leite, respectivamente (Tabela 1).

Segundo o Manual de Calagem e de Adubação para os estados do RS e de SC (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2016), a recomendação de doses de N para as forrageiras gramíneas é definida com base no teor de matéria orgânica do solo (MOS) e da expectativa de produtividade de massa seca. No caso do sorgo forrageiro, em solos com teor de MOS na faixa de 3,5%, como a condição da área desta pesquisa, recomenda-se a dose entre 160 e 180  $\text{kg ha}^{-1}$  de N. É oportuno mencionar, que a dose recomendada é para uma expectativa de 10  $\text{t ha}^{-1}$  de massa seca produzida. A dose de MEE que foi de 116  $\text{kg ha}^{-1}$  de N, comparativamente menor do que a apresentada pela recomendação.

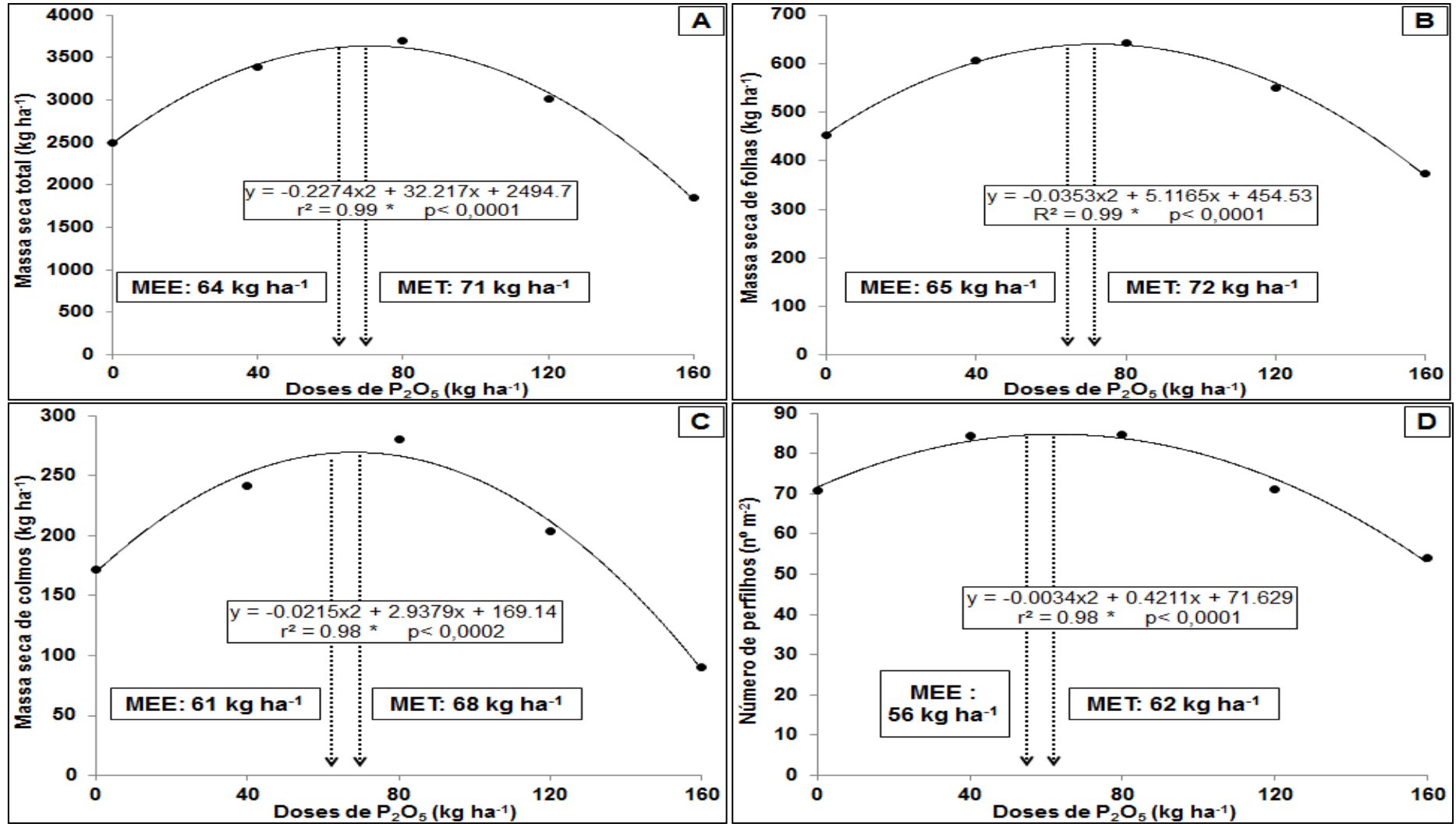
**Figura 2** - Produção de massa seca total acumulado no ciclo (A), lâminas foliares (B) e colmo (C) por corte e número de perfilhos (D) do sorgo forrageiro em resposta a doses de nitrogênio.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade MEE: Dose de máxima eficiência econômica MET: Dose de máxima eficiência técnica.

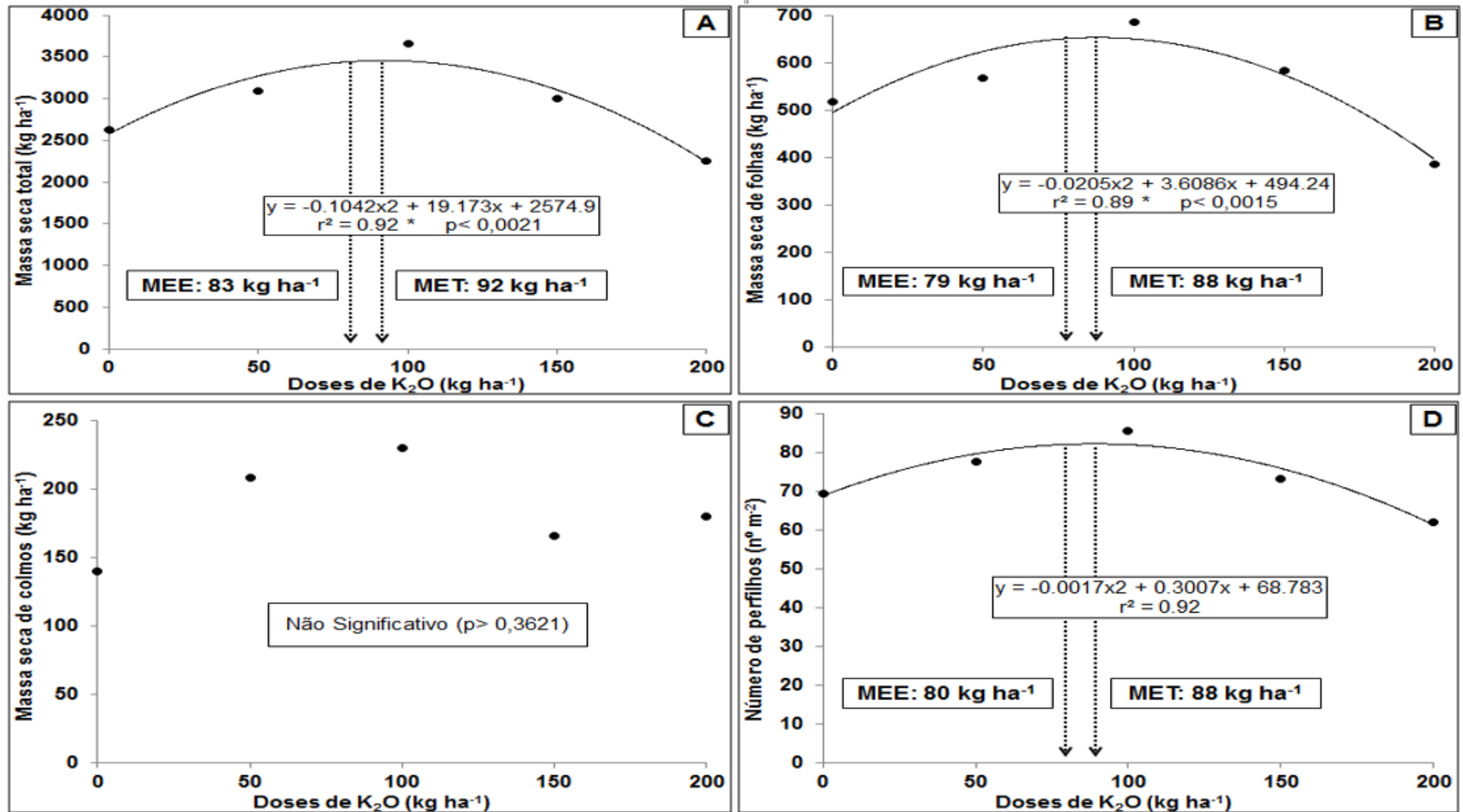
**Figura 3** - Produção de massa seca total acumulado no ciclo (A), lâminas foliares (B) e colmo (C) por corte e número de perfilhos (D) do sorgo forrageiro em resposta a doses de fósforo.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade MEE: Dose de máxima eficiência econômica MET: Dose de máxima eficiência técnica.

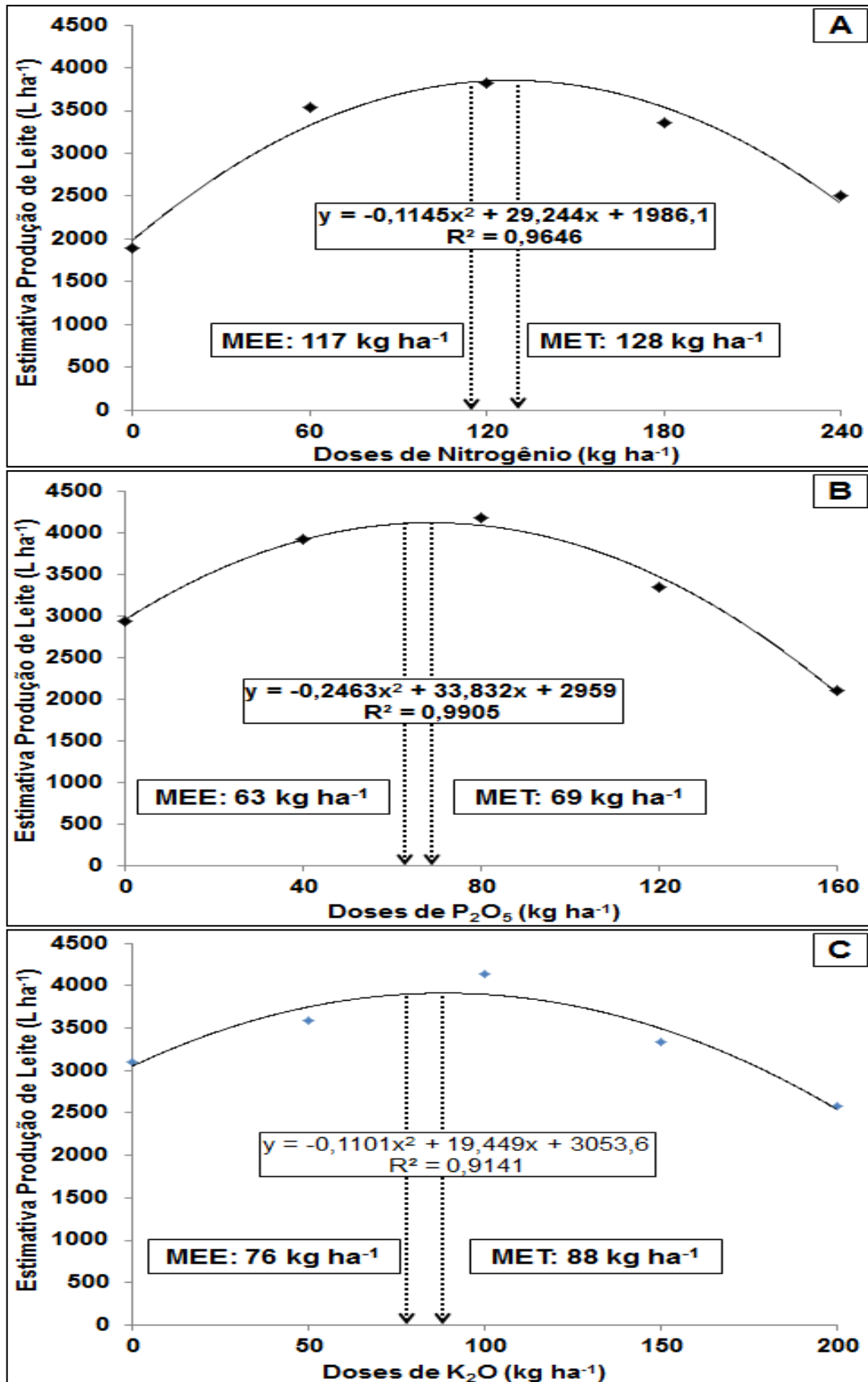
**Figura 4** - Produção de massa seca total acumulado no ciclo (A), lâminas foliares (B) e colmo (C) por corte e número de perfilhos (D) do sorgo forrageiro em resposta a doses de potássio.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade MEE: Dose de máxima eficiência econômica MET: Dose de máxima eficiência técnica.

Figura 5 - Estimativa de produção de leite em resposta a adubação nitrogenada (A), fosfatada (B) e potássica (C) no sorgo forrageiro.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

**Tabela 1** – Curva de melhor ajuste, doses de máxima eficiência técnica (MET), econômica (MEE) e eficiência de uso de nutriente (EU) da resposta do sorgo às doses de nitrogênio, fósforo e potássio na produção de matéria seca MS total, MS Lâminas foliares e MS de colmos por corte, número de perfilhos e estimativa de produção de leite.

Variável	Equação	R <sup>2*</sup>	MET	MEE	EU
Experimento: Doses de Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> de N)					
MS Total	Y=1670+26,95N-0,1043N <sup>2</sup>	0,98	129	116	26,8
MS Lâminas foliares	Y=384+3,8855N-0,0152N <sup>2</sup>	0,94	128	115	3,9
MS Colmo	Y= 173+5,098N-0,0196N <sup>2</sup>	0,97	130	117	5,1
Nº Perfilho	Y= 73+0,238N-0,0011N <sup>2</sup>	0,89	108	97	0,2
Prod. Leite	Y=1986+29,24N-0,1145N <sup>2</sup>	0,96	128	117	29,1
Experimento: Doses de Fósforo (kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )					
MS Total	Y=2495+32,22P-0,2274P <sup>2</sup>	0,99	71	64	32,0
MS Lâminas foliares	Y=455+5,1165P-0,0353P <sup>2</sup>	0,99	72	65	5,1
MS Colmo	Y= 169+2,938P-0,0215P <sup>2</sup>	0,98	68	61	2,9
Nº Perfilho	Y= 72+0,4211P-0,0034P <sup>2</sup>	0,98	62	56	0,4
Prod. Leite	Y=2959+33,83P-0,2463P <sup>2</sup>	0,99	69	63	33,6
Experimento: Doses de Potássio (kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O)					
MS Total	Y=2575+19,17K-0,1042K <sup>2</sup>	0,92	92	83	19,1
MS Lâminas foliares	Y=494+3,6086K-0,0205K <sup>2</sup>	0,89	88	79	3,6
MS Colmo	N ã o s i g n i f i c a t i v o				
Nº Perfilho	Y= 69+0,3007K-0,0017K <sup>2</sup>	0,92	88	80	0,3
Prod. Leite	Y=3054+19,45K-0,1101K <sup>2</sup>	0,91	88	76	19,3

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

\* - significativo a nível de 5% de probabilidade.

Isto permite afirmar que a resposta do sorgo forrageiro à nitrogênio é alta, provavelmente associada às características de novos híbridos desta espécie forrageira, como o utilizado nesta pesquisa. Desta forma, em pastagens de sorgo forrageiro conduzidas com bom nível tecnológico, em anos agrícolas e/ou regiões que permitem expressão de bons rendimentos de forragem, sugere-se utilizar doses de N situadas próximo ao limite superior da faixa de recomendação de N para a espécie.

Considerando a equação de melhor ajuste e a definição da dose de MEE, observa-se que a resposta das doses de nitrogênio tiveram incrementos significativos e econômicos até 116 kg ha de N obtendo uma produção de massa seca total de 3411 kg ha<sup>-1</sup>. Com base no exposto pode-se evidenciar a importância do manejo adequado da adubação na potencialização da capacidade de suporte da pastagem. Isto é percebido pela eficiência do uso do nitrogênio na ordem de 26,8 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca por kg de nitrogênio aplicado (Tabela 1), muito próximo ao exposto por

Martha Junior et al. (2004) que em 73% das análises com gramíneas forrageiras tropicais encontrou valores iguais ou superiores a 30. Adicional a isso, a adubação nitrogenada interfere na qualidade da forragem produzida (CECATO et al., 2014) com incremento significativo na produção de leite por animal e por área (DAVISON et al., 1990). De forma semelhante, no trabalho proposto, observa-se uma alta eficiência de uso do nitrogênio, equivalente a 29,1 L ha<sup>-1</sup> de leite por kg de nitrogênio aplicado (Tabela 1). Através da eficiência do uso do nitrogênio, pode-se avaliar o impacto da adubação nitrogenada na produtividade de leite, sendo esta superior em 8,6% em relação a seu efeito na potencialização da produção de massa seca.

Em relação a resposta do sorgo forrageiro à diferentes níveis de adubação fosfatada e seu impacto na produtividade de leite, as doses de MET foram de 71, 72, 68, 62 e 69 e MEE de 64, 65, 61, 56 e 63 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente para a produção de massa seca total, lâminas foliares, massa seca de colmos, número de perfilhos e estimativa de produção de leite (Tabela 1). Através da EUP, observam-se incrementos na produção de massa seca e estimativa de produção de leite, equivalentes a 32 kg de massa seca e 33,6 L de leite por kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado respectivamente (Tabela 1). O impacto da adubação fosfatada na produtividade de leite, foi de apenas 0,5% superior em relação a seu efeito na potencialização da produção de massa seca.

A utilização de adubação fosfatada, apresenta resposta economicamente viável para o uso em forrageiras no período de estabelecimento e na manutenção das pastagens, podendo ser influenciados pela disponibilidade de P no solo (NASCIMENTO et al., 2002). Os principais efeitos positivos do uso do fósforo se observa no estabelecimento da cultura, no início do perfilhamento e no crescimento das raízes (MARTINS, 2010). Segundo Werner (1986) a principal interferência do uso de P se dá na produção de forragem no estabelecimento de gramíneas tropicais. Auxiliando diretamente no perfilhamento e no crescimento das raízes das plantas (LOBATO; KORNELIUS; SANZONOWICZ, 1986). Porém, a baixa disponibilidade de P pode causar transtornos no metabolismo e no desenvolvimento das plantas, diminuindo a taxa de crescimento, número de perfilhos e prejudicando o desenvolvimento do sistema radicular, comprometendo a capacidade produtiva das forrageiras (WERNER, 1986).

Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2016), a classe de fertilidade para o P no solo da área experimental, situa-se como “alto” e a recomendação de doses de P para sorgo forrageiro, numa expectativa de 10 t ha<sup>-1</sup> de massa seca produzida, é de 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Nesta pesquisa, as doses de MET e MEE para a produção de massa seca de sorgo forrageiro e estimativa de produção de leite, na condição de uma expectativa de aproximadamente 10 t ha<sup>-1</sup> de massa seca produzida, são semelhantes as doses de manutenção



de fósforo recomendadas pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2016) para o sorgo forrageiro, representante das gramíneas de estação quente. Com base no exposto pode-se evidenciar a importância do manejo adequado da adubação na potencialização da capacidade de suporte da pastagem e avaliar o impacto da adubação fosfatada na potencialização da produção de massa seca total, lâminas foliares, massa seca de colmos, número de perfilhos e na produtividade de leite.

Considerando a equação de melhor ajuste e a definição da dose de MEE, observa-se que a resposta das doses de fósforo tiveram incrementos significativos e econômicos até 64 kg ha de  $P_2O_5$  obtendo-se uma produção de massa seca total de 3636 kg ha<sup>-1</sup>.

Em relação a resposta do sorgo forrageiro à diferentes níveis de adubação potássica e seu impacto na produtividade de leite, as doses de MET foram respectivamente de 92, 88, 88 e 88 e MEE de 83, 79, 80 e 76 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$ , para a produção de massa seca total, lâminas foliares, número de perfilhos e estimativa de produção de leite (Tabela 1). Através da EUK, observam-se incrementos na produção de massa seca e estimativa de produção de leite, equivalentes a 19,1 kg de massa seca e 19,3 L de leite por kg de  $K_2O$  aplicado, respectivamente (tabela 1). O impacto da adubação potássica na produtividade de leite, foi de apenas 0,1% superior em relação a seu efeito na potencialização da produção de massa seca.

Segundo Malavolta (1984), o potássio é um nutriente essencial para produção vegetal. Sendo um dos três com maior probabilidade de limitar o crescimento das plantas (TROEH; THOMPSON, 2007) sendo o segundo, somente superado pelo nitrogênio (GLORIA, 1994). Apresentando respostas significativas em solos deficientes em K, aumentando a produção de massa seca em diferentes gramíneas (COUTINHO et al., 2004).

Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2016), a classe de fertilidade para o K na área experimental é baixo e a recomendação de doses de K para sorgo forrageiro, numa expectativa de 10 t ha<sup>-1</sup> de massa seca produzida, é de 140 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$ . Nesta pesquisa, as doses de MET e MEE para a produção de massa seca de sorgo forrageiro e estimativa de produção de leite, na condição de uma expectativa de aproximadamente 10 t ha<sup>-1</sup> de massa seca produzida, são abaixo das doses de potássio recomendadas pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2016) para o sorgo forrageiro.

Considerando a equação de melhor ajuste e a definição da dose de MEE, observa-se que a resposta das doses de fósforo tiveram incrementos significativos e econômicos até 83 kg ha de  $K_2O$  obtendo-se uma produção de massa seca total de 3457 kg ha<sup>-1</sup>.

Os resultados obtidos na pesquisa foram aplicados num estudo de cenários de resposta econômica da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica, considerando uma propriedade que

destina uma área de 10 ha para produção de leite sob sorgo forrageiro no período de verão, são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** – Cenários de resposta econômica da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica numa propriedade que destina uma área de 10 ha para produção de leite sob sorgo forrageiro no período de verão.

Adubação Nutriente	Dose <sup>(1)</sup>	EU <sup>(2)</sup>	Incremento	Custo <sup>(3)</sup>	Retorno da Adubação			
	MEE	Nutriente	Produção	Adubação	Bruto <sup>(4)</sup>	Líquido	Líquido	Líquido <sup>(5)</sup>
	kg ha <sup>-1</sup>	Lt kg <sup>-1</sup>	(L ha <sup>-1</sup> )	R\$ ha <sup>-1</sup>	R\$ ha <sup>-1</sup>	R\$ ha <sup>-1</sup>	R\$ 10 ha <sup>-1</sup>	R\$ R\$ <sup>-1</sup>
N	117	29,1	3405	312,00	3574,94	3262,94	32.629,35	10,46
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	63	33,6	2117	191,74	2222,64	2030,90	20.309,01	10,59
K <sub>2</sub> O	76	19,3	1467	164,67	1540,14	1375,47	13.754,73	8,35

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

(1) MEE: dose de máxima eficiência econômica; (2) EU: eficiência de uso do nutriente em litros de leite por kg de nutriente aplicado; (3) Custo da adubação: Ureia (45% N): 1200,00 R\$ Ton<sup>-1</sup>; Superfosfato Triplo (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>): 1400,00 R\$ Ton<sup>-1</sup>; Cloreto de Potássio (60% K<sub>2</sub>O): 1300,00 R\$ Ton<sup>-1</sup>; (4) Leite: 1,05 R\$ Litro<sup>-1</sup> (preço março/2018) (5) R\$ retornado por R\$ investido em adubação.

Considerando a doses de máxima eficiência econômica e a eficiência de uso do nutriente em litros de leite por kg de nutriente aplicado, obtêm-se o incremento de produção de leite, que foi de 3405, 2117 e 1467 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente, pelo uso da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica. Com base no preço do leite pago ao produtor de 1,05 R\$ Litro<sup>-1</sup>, a receita bruta estimada foi de 3575, 2223 e 1540 R\$ ha<sup>-1</sup>, respectivamente, pelo uso da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica. Debitando o custo da adubação que foi de 312, 192 e 165 R\$ ha<sup>-1</sup>, obtêm-se a receita líquida equivalente a 3263, 2031 e 1375 R\$ ha<sup>-1</sup>, respectivamente, pelo uso da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica. Apesar de que o custo da adubação nitrogenada ser superior em 62,3% e 89,5% em relação a adubação fosfatada e potássica, proporcionou um retorno líquido maior em 60,7% e 137,2%, respectivamente. Considerando uma propriedade que destina uma área de 10 ha para produção de leite sob sorgo forrageiro no período de verão, o incremento da receita líquida atribuída ao uso da adubação é de 32.629, 20.309 e 13.755 R\$ ha<sup>-1</sup>, respectivamente, na adubação nitrogenada, fosfatada e potássica. Com base nesses cenários, constata-se a alta resposta econômica da adubação em pastagem de sorgo forrageiro, apresentando um retorno líquido de R\$ 10,46, 10,59 e 8,35 por cada R\$ investido em adubação nitrogenada, fosfatada e potássica, respectivamente. Valores estes calculados com base no Dólar comercial, a R\$ 3,25 do dia 01 de março de 2018, segundo UOL Economia Cotações (2018).

A produção de massa seca total foi comprometida devido alguns fatores externos, entretanto, isso em parte pode ser atribuído as condições experimentais inadequadas, principalmente pela alta incidência de plantas daninhas, como sectária (*Setária sphacelata*),

papuã (*Brachiaria plantaginea*) e guanxuma (*Sida rhombifolia L.*), aliado a época de implantação tardia da forrageira, que caso fosse antecipada poderia proporcionar maior número de cortes, conseqüentemente maior acúmulo de massa seca total, mesmo assim os resultados econômicos foram expressivos, podendo ser potencializados, principalmente em condições ideais de ambiente.

Se conclui que a adubação seja nitrogenada, fosfatada ou potássica é um dos fatores de maior interferência na produção leiteira, pois não basta somente possuir animais de excelente genética, se não disponibilizar alimentos de qualidade.

## 6 CONCLUSÕES

- A dose de MEE foi de 117 kg ha<sup>-1</sup> de N, a eficiência de uso do N foi de 29,1 L kg<sup>-1</sup> e o retorno líquido foi de R\$ 10,46 para cada R\$ investido em adubação nitrogenada.

- A dose de MEE foi de 63 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, a eficiência de uso do P foi de 33,6 L kg<sup>-1</sup> e o retorno líquido foi de R\$ 10,59 para cada R\$ investido em adubação fosfatada.

- A dose de MEE foi de 76 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, a eficiência de uso do K foi de 19,3 L kg<sup>-1</sup> e o retorno líquido foi de R\$ 8,35 para cada R\$ investido em adubação potássica.

## REFERÊNCIAS

- ARTHUR, A. G. **Adubações com nitrogênio e enxofre: frações no solo, características estruturais, nutricionais e produtivas e uso de água pelo capim marandu**. 2010. 113f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.
- BAUMONT, R. et al. A mechanistic model of intake and grazing behaviour in sheep integrating sward architecture and animal decisions. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 112, n. 1-4, p. 5-28, 2004.
- BEMHAJA, M.; BERRETA, E. J.; BRITO, G. Respuesta a la fertilización nitrogenada de campo natural en basalto profundo. In: Reunión del grupo técnico regional del cono sur em mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical: Grupo Campos, ed.14, Termas de Arapey. **Anais...** Montevideo: INIA, p. 119-122, 1998.
- BENÍCIO, L. P. F. et al. Produtividade de biomassa aérea e valor proteico de espécies leguminosas forrageiras, cultivadas no cerrado tocantinense. **PUBVET**, Londrina, v. 5, 2011.
- BOIN, C. Produção animal em pastos adubados. In: MATTOS, H. B.; WERNER, J. C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (Ed.). **Calagem e adubação de pastagens**. Piracicaba: POTAFOS, p. 386-419, 1986.
- BRASIL. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Rio Grande do Sul. **Boletim Técnico**, 30, Recife, 1973. 431p.
- BROYLES, K. R.; FRIBOURG, H. A. Nitrogen fertilization and cutting management of sudangrass and millets. **Agronomy Journal**, v. 51, p. 277-279, 1959.
- BUSO, W. H. D.; MORGADO, H. S.; SILVA, L.B.; FRANÇA, A. F. S. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. **PUBVET**, Londrina, v. 5, n. 23, 170. ed. Art. 1145, 2011.
- CARVALHO, P. C. F. A estrutura da pastagem e o comportamento ingestivo de ruminantes em pastejo. In: Simpósio sobre avaliação de pastagens com animais, 1. **Anais...** 2001.

CARVALHO, P. C. F. et al. Características estruturais do pasto e o consumo de forragem: o quê pastar, quanto pastar e como se mover para encontrar o pasto. In: **Manejo Estratégico de Pastagem**. Viçosa, MG: UFV, 2013.

CARVALHO, P. C. F. et al. Do bocado ao sítio de pastejo: manejo em 3D para contabilizar a estrutura do pasto e o processo de pastejo. In: VII Simpósio e III Congresso de Forragicultura e Pastagens, Lavras, 2009. **Anais...** Porto Universidade Federal de Lavras, 2009.

CECATO, U.; BARBOSA, M. A. A. F.; SAKAGUTI, E. S. et al. Avaliação de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 33, 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, p.109-111, 1996.

CECATO, U.; JOBIM, C. C.; CANTO, M. W.; REGO, F. C. A. **Pastagens para produção de leite**. (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2014. Disponível em: <<http://www.nupel.uem.br/pos-ppz/pastagens-08-03.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2014.

CHEEKE, P. R. Applied animal nutrition: feeds and feeding. **Englewood Cliffs**: Prentice Hall, 1991. 504p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Santa Maria: SBCS - Núcleo Regional Sul, 2016. 376p.

COUTINHO, E. L. M. et al. Adubação potássica em forrageiras. In: Simpósio sobre manejo da pastagem, 21, 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 219-277, 2004.

DAVISON, T. M.; COWAN, R. T.; SHEPHERD, R. K. Milk production from cows on tropical grass pastures. 2-Effects of stocking rate and level of nitrogen fertilizer on milk yield and pasture-milk yield relationships. **Australian Journal Agricultural Research**, v. 30, n. 4, p. 451-455, 1990.

DIFANTE, G. S. et al. Sward structure and nutritive value of tanzania guineagrass subjected to rotational stocking managements. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 9-19, 2009.

EMBRAPA, Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste. **Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros Panicum, Brachiaria e Cynodon**. São Carlos, SP. 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2013. 353p.

EMBRAPA. Indicações técnicas para o cultivo do milho e de sorgo no RS. Safra 2013/2014 e 2014/2015. 58ª Reunião Técnica Anual do Milho e 41ª Reunião Anual do Sorgo. 16 a 18 de julho de 2013. **Embrapa Clima Tempo**. Pelotas – RS. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/clima-temperado/busca-de-publicacoes/-/publicacao/981266/indicacoes-tecnicas-para-o-cultivo-de-milho-e-de-sorgo-no-rio-grande-do-sul-safras-20132014-e-20142015>>. Acesso em 20 fev. 2018.

ENGERS, L. B. O.; MACIEL, D. G.; MACHADO, R. J. M.; CULAO, G. C.; SILVA, D. A. R. Características de propriedades de bovinocultura leiteira da região noroeste do RS. In: VI Jornada de Iniciação Científica e Tecnológica, Universidade Federal Fronteira Sul, 2016, Chapecó, SC. **Anais...** Chapecó, SC: UFFS, 2016.

EQUIPE ESTATCAMP. **Software Action. Estatcamp**: Consultoria em estatística e qualidade, São Carlos, SP, Brasil, 2014. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/>>. Acesso em: jun. 2017.

FAGUNDES, J. L. et al. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 397-403, 2005.

FAO – Food and Agricultural Policy Research Institute. **FAPRI-ISU world Agricultural outlook**, 2011. [S.1.]: Fapri, 2012. Disponível em: <<http://www.fapri.iastat.edu/outlook/2011/>>. Acesso em: 10 set 2017.

FEIX, R. D.; LEUSIN JÚNIOR, S. **Painel do agronegócio no Rio Grande do Sul – 2015**. Fundação de Economia e Estatística Centro de Estudos Econômicos e Sociais Núcleo de Estudos do Agronegócio. Porto Alegre, set. 2015. 44p.

FERREIRA, A. P. A. L.; WEIMER, M.; ALVES, E. C.; RIGÃO, G.; MUNIZ, A. F.; O setor leiteiro brasileiro: um olhar para os anos de 2010 a 2016. In: 19º Fórum de produção pecuária-leite, 2017, Cruz Alta, RS. **Anais...** Cruz Alta, RS: Unicruz, 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>>.

FERREIRA, J. J.; CARNEIRO, J. C.; RODRIGUES, J. A.; BARROS NETO, G. Produção e composição bromatológica do capim Sudão e de seus híbridos (BRS 800 e AG 2501 C) com 42 e 56 dias. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM.

FIORIN, J. E.; LIMA, L. O. da C. de; SIGNOR, L. R.; SILVA, A. N. da; Diagnóstico da fertilidade do solo de áreas em implantação do projeto de produção de leite da CCGL; **Boletim Técnico CCGL TEC**, Ano IV, n. 16, out. 2014.

FONSECA, L. et al. Management targets for maximising the short-term herbage intake rate of cattle grazing in Sorghum bicolor. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 145, p. 205–211, 2012.

FONTANELI, R. S. **Produção de leite de vacas holandesas em pastagens tropicais perenes no planalto médio do Rio Grande do Sul**. 2005. 193f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

FREIRE, F. M. et al. Adubação nitrogenada e potássica em sistemas de produção intensiva de pastagens. **Informe Agropecuário**, v. 33, p. 60-68, 2012.

GANCHE E.; O'DONOVAN M.; DELABY L.; BOLAND T. M.; KENNEDY E. Does post-grazing sward height influence sward characteristics, seasonal herbage dry-matter production and herbage quality? **Grass and Forage Science**, 70, 130-143, 2014.

GLORIA, N. A. Adubação potássica de pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P (Eds). **Pastagens: fundamentos de exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, p. 189-196, 1994.

HART, R. H.; BURTON, G. W. Effect of row spacing, seeding rate and nitrogen fertilization on forage yield and quality of Gahil-1 Pearl millet. **Agronomy Journal**, v. 57, p. 376-378, 1965.

IBGE -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de pecuária municipal 2015**, v. 43, 2015. Disponível em: <[http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2015\\_v43\\_br.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2015_v43_br.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2017.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário 1920/2006. Até 1996, dados extraídos de: **Estatística do Século XX**, Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da pecuária municipal**. Anual anteriormente editada pelo Ministério da Agricultura. Rio de Janeiro, v. 1, 2016. ISSN 0101-4234.



JUNG, G. A. et al. Effect of growth stage and level of nitrogen fertilizer upon yield of dry matter and protein, aminoacid composition and prussic acid potential. **Agronomy Journal**, v. 56, p. 533-537, 1964.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B. Produtividade e utilização de nitrogênio em aveia em função de épocas de aplicação do nitrogênio. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, p. 117-121, 2002.

LANGER, J. L. **Suprimento combinado de fósforo e magnésio para a produção e nutrição do capim Tanzânia**. 2007. 78f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

LARA CABEZAS, W. A. R. et al. Volatilização de N – NH<sub>3</sub> na cultura de milho: II – avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 491-497, 1997.

LIMA, S. O. et al. Avaliação de fontes e doses de fósforo no estabelecimento de brachiaria brizanta cv. Marandu no sul do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, p. 100-105, 2007.

LIRA, M. A.; FARIAS, I.; FERNANDES, A. P. M. Estabilidade de resposta do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) sob níveis crescentes de nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1151-1157, 1994.

LOBATO, E.; KORNELIUS, E.; SANZONOWICZ, C. Adubação fosfatada em pastagens. In: MATTOS, H. B.; WERNER, J. C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (Eds.). **Calagem e adubação de pastagens**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 145-174, 1986.

MAGALHÃES, P. C.; RODRIGUES, J. A. S.; DURÃES, F. O. M. Eco fisiologista do sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. **Sistemas de Produção**, Sete Lagoas, n. 2, 5. ed., 2009.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. Resultado econômico e estratégias de intensificação da adubação de pastagens. In: MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de (Ed.). **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina: Embrapa Cerrados, cap. 3, p. 69-92, 2007.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; BARIONI, L. G.; SOUSA, D. M. G.; BARCELLOS, A.O. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. In: Simpósio Sobre Manejo da Pastagem, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.155-215, 2004.

MARTINS, L. E. C. **Respostas fisiológicas, metabólicas, estruturais e produtivas do capim-marandu às disponibilidades de fósforo e zinco.** 2010. 53 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

MEDEIROS, A. P.; MORAES, B. M. M.; FILHO, R. B. Caracterização produtiva e socioeconômica de municípios intensivos na produção leiteira do estado do Rio Grande do Sul. In: III Seminário de Jovens Pesquisadores em Economia e Desenvolvimento, 2015, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, RS, UFSM, 2015.

MEDEIROS, R. B.; SAIBRO, J. C.; BARRETO, I. L. Efeito do nitrogênio e da população de plantas no rendimento e qualidade do sorgo sordan (*Sorghum bicolor* (L.) Moench x *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 8, p. 75-87, 1979.

MEIRELLES, N. M. F. et al. Nível crítico de fósforo em capim – Colônia cultivado em dois tipos de solo: Latossolo Vermelho Escuro e Podzólico Vermelho-Amarelo. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 45, p. 215–232, 1988.

MEZZALIRA J. C.; CARVALHO P. C. F.; FONSECA L.; BREMM C.; CANGIANO C.; GONDA H. L.; LACA E. A. Behavioural mechanisms of intake rate by heifers grazing swards of contrasting structures. **Applied Animal Behaviour Science**, 153, 1-9, 2014.

MONTEIRO, F. A. et al. Cultivo de *Brachiaria brizantha* Stapf. Cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, p. 135-141, 1995.

MONTOYA, M. A.; PASQUAL, C. A.; FINAMORE, E. B. **Os produtores de leite na região da produção do Rio Grande do Sul.** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2014.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia, 1961. 46p.

NASCIMENTO, L. J.; ALMEIDA, A. R.; SILVA, M. S. R.; MAGALHÃES, F. A. L. Níveis de calagem e fontes de fósforo na produção do capim tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. *Tanzânia*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 32, n. 1, p. 7-11, 2002.

PAULINO, V. T. et al. Impactos ambientais na exploração pecuária em sistemas intensivos de pastagem. **Informe Agropecuário**, v. 33, p. 17-24, 2012.

PRIMAVESI, O. et al. Lixiviação de nitrato em pastagem de coastcross adubada com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 683-690, 2006.  
SANS, L. M. A.; MORAIS, A.V. de; GUIMARÃES, C. D. P. Épocas de plantio de sorgo. **Comunicado Técnico**, MAPA: Sete Lagoas, 2003.

SCHNEIDER, M. P.; MERA, C. M. P.; ZALAMENA, F. R. O impacto da “crise do leite” na percepção do agricultor familiar no município de Boa Vista do Inca-RS, p.150-151, 2017. In: 19º Fórum de produção pecuária-leite, 2017, Cruz Alta, RS. **Anais...** Cruz Alta, RS: Unicruz, 2017.

SCHONS, R. M. T. **Critério para manejo de pastagens fundamentado no comportamento ingestivo dos animais: um exemplo com pastoreio rotativo conduzido sob metas contrastantes**. 2015. Dissertação (Mestrado em Zootecnia - Área de Concentração Plantas Forrageiras) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2015.

SEAB X MUNICÍPIO DE SANTA ISABEL DO OESTE. Projeto de Solo e Água em Microbasias. **Diário Oficial do Paraná**, 4. folha, 6 set. 2014. Edição 10024.

SIMILI, F. F. et al. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química, e digestibilidade in vitro da matéria orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 474-480, 2008.

TERRA, T. G. R. et al. Desenvolvimento e produtividade de sorgo em função de diferentes densidades de plantas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 208-215, 2010.

TROEH, R. F.; THOMPSON, L. M. Potássio. In: **Solos e fertilidade do solo**, São Paulo: Andrei, p. 374-400, 2007.

UNDERSANDER, D. J.; HOWARD, W. T.; SHAVER, R. D. Milk per acre spreadsheet for combining yield and quality into a single term. **J. Prod. Agric.**: v. 6, p. 231-235, 1993.

UOL ECONOMIA COTAÇÕES. Disponível em:  
<<https://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio/dolar-comercial-estados-unidos/>>. Acesso em: 14 ago. 2018.

VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O. Restabelecimento da capacidade produtiva de pastagens por meio da introdução de *Stylosantes guianensis* cv. Mineirão. **Comunicado técnico 65**, Embrapa: Planaltina, 2012. 4p.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; LUPINACCI, A. V. Avaliação econômica de fertilizantes em pastagens. **Informe Agropecuário**, v. 33, p. 25-33, 2007.

VILLALBA, J. J.; PROVENZA, F. D. learning and dietary choice in herbivores. **Journal of Range Management**, Arizona, v. 62, n. 5, p. 399-406, 2009.

WERNER, J. C. Adubação de pastagens. **Boletim Técnico**, n. 18. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49p.

ZAGO, C. P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. **Centro Nacional de Pesquisas de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas: EMBRAPA, p.9-25, 1997.

ZOCCAL, R.; ALVES, E. R.; GASQUES, J. G. **Diagnóstico da pecuária de leite nacional**. Estudo preliminar, Contribuição para o plano pecuário. 2012.

## APÊNDICE A - Contagem de perfílios

**Figura 1** – Contagem de perfílios.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

## APÊNDICE B - Cortes em diferentes estágios

**Figura 2** - Cortes em diferentes estágios.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

**Figura 3** - Cortes em diferentes estágios



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

## APÊNDICE C - Medição de altura de plantas

**Figura 4** - Medição de altura de plantas.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

**Figura 5** - Medição de altura de plantas.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

## APÊNDICE D - Roçadas após diferentes cortes

**Figura 6** - Roçadas após diferentes cortes



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

**Figura 7** - Roçadas após diferentes cortes



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.



## APÊNDICE E - Estágios de plantas em diferentes épocas de cortes

**Figura 8** - Estágios de plantas em diferentes épocas de cortes



Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

**Figura 9** - Estágios de plantas em diferentes épocas de cortes



Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

**Figura 10** - Estágios de plantas em diferentes épocas de cortes



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

**Figura 11** - Estágios de plantas em diferentes épocas de cortes



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

**Figura 12** - Estágios de plantas em diferentes épocas de cortes



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

**Figura 13** - Estágios de plantas em diferentes épocas de cortes



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

## APÊNDICE F - Separação de folhas e colmos no laboratório, para posterior pesagem e encaminhamento para estufa

**Figura 14** - Separação de folhas e colmos no laboratório, para posterior pesagem e encaminhamento para estufa.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

**Figura 15** - Separação de folhas e colmos no laboratório, para posterior pesagem e encaminhamento para estufa.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

## ANEXO A - Laudo com resultado de análise químico-bromatológicas – amostras diversas



**LABORATÓRIO DE BROMATOLOGIA E NUTRIÇÃO DE RUMINANTES**  
**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA/CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS**  
 Fone/Fax: (55)3220-9388 Email: labrumen@ufsm.br

Este laudo contém resultados de análises químico-bromatológicas referentes à:

Amostra: Diversas  
 Cliente: Juliana Medianeira Machado  
 Nosso N° – 205/17 à 210/17

### RESULTADO

AMOSTRA	MS (%)	% na MS					
		MM	PB	FDN	FDA	EE	MOD*
<b>0 Nitrogênio</b>	17,96	5,70	15,61	60,70	29,78	3,64	77,70
<b>120 Nitrogênio</b>	23,07	6,19	14,71	63,69	30,93	3,42	74,63
<b>0 Fósforo</b>	31,57	6,39	18,24	61,15	29,81	3,95	77,32
<b>80 Fósforo</b>	20,95	5,79	16,68	58,58	27,00	4,07	77,53
<b>0 Potássio</b>	13,90	6,15	15,54	62,83	30,18	3,32	76,16
<b>100 Potássio</b>	22,67	6,24	16,98	60,16	28,79	4,30	76,46

**MS** = Matéria Seca; **MM** = Matéria Mineral; **PB** = Proteína Bruta;  
**FDN** = Fibra em Detergente Neutro; **FDA** = Fibra em Detergente Ácido;  
**EE** = Extrato Etéreo; **MOD\*** = Matéria Orgânica Digestível.

\* MOD: Obtida pela incubação em rúmen bovino por 48h. Para forrageiras, este valor pode ser considerado equivalente ao teor de Nutrientes Digestíveis Totais (NDT).

Responsável pelo LABRUMEN

Prof. Gilberto Vilmar Kozloski  
 Dept°. de Zootecnia – UFSM  
 Santa Maria, 01 de agosto de 2017.

## ANEXO B - Laudo com resultado de análise para teores de fósforo e potássio

Laudo: TV001/17

Data: 29/06/2017

Cliente: Juliana Machado

Nº	Registro	Amostra	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>				
1	278	Trat potássio 0 rep. 3	—	2,28	17,74	—	—	—	—	—	—	—	—
2	279	Trat potássio 0 rep. 5	—	1,80	20,28	—	—	—	—	—	—	—	—
3	280	Trat potássio 100 rep. 3	—	2,91	25,06	—	—	—	—	—	—	—	—
4	281	Trat potássio 100 rep. 4	—	2,55	23,87	—	—	—	—	—	—	—	—
5	282	Trat fósforo 0 rep. 4	—	2,37	16,55	—	—	—	—	—	—	—	—
6	283	Trat fósforo 0 rep. 5	—	2,26	22,98	—	—	—	—	—	—	—	—
7	284	Trat fósforo 80 rep. 2	—	2,52	26,06	—	—	—	—	—	—	—	—
8	285	Trat fósforo 80 rep. 3	—	2,42	18,50	—	—	—	—	—	—	—	—

Teores totais expressos no material seco a 70 °C.