

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



Dissertação

**Produtividade de um campo natural de Planossolo do bioma Pampa fertilizado
com sulfato de amônio**

Franco de Almeida Ollé

Pelotas, 2022

FRANCO DE ALMEIDA OLLÉ

**Produtividade de um campo natural de Planossolo do bioma Pampa fertilizado
com sulfato de amônio**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia, área de Concentração Produção Animal, linha de pesquisa Pastagens.

Orientador: Prof. Dr. Otoniel Geter Lauz Ferreira

Pelotas, 2022

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

O42p Ollé, Franco de Almeida

Produtividade de um campo natural de Planossolo do bioma Pampa fertilizado com sulfato de amônio / Franco de Almeida Ollé ; Otoniel Geter Lauz Ferreira, orientador. — Pelotas, 2022.

68 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. Adubação nitrogenada. 2. Campo nativo. 3. Pastagens nativas. 4. Proteína bruta. 5. Qualidade da forragem. I. Ferreira, Otoniel Geter Lauz, orient. II. Título.

CDD : 631.42098165

Franco de Almeida Ollé

Produtividade de um campo natural de Planossolo do bioma Pampa fertilizado com sulfato de amônio

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia, área de concentração Produção Animal a Pasto, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data: 25/02/2022

Banca examinadora:

Prof. Dr. Otoniel Geter Lauz Ferreira (orientador)
Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Carlos Eduardo da Silva Pedroso
Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas

Prof^a. Dr^a. Flavia Fontana Fernandes
Doutora em Ciências do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Stefani Macari
Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dr. Alexsandro Bahr Kröning
Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas

Agradecimentos

Aos meus pais, Jomar e Laura, que, incondicionalmente, apostaram sempre em mim. Em especial à minha mãe (*in memoriam*), que acreditou em mim mais do que eu mesmo (olhos de mãe). Não há palavras que descrevam minha gratidão.

Aos meus irmãos, Thiago, Luciana e Michelle, por simplesmente (ou nem tão simples) dividirem a vida comigo. Em especial à minha irmã, Michelle, referência profissional, a pessoa que teve muita importância na minha formação.

Ao meu “pequeno grande amigo”, meu sobrinho, Vicente, por proporcionar tamanha alegria às nossas vidas e tornar-me um ser humano melhor.

À minha namorada, Eugênia, que representa o amor, companheirismo e inspiração para evoluir. Tanto a agradecer que um único parágrafo transformar-se-ia em outra dissertação.

Aos meus amigos, que mesmo de longe, se fazem sempre presente.

Ao meu orientador, Otoniel Ferreira, que foi incansável para a realização do presente trabalho. Pelas discussões, ensinamentos e, acima de tudo, pelo vínculo de amizade estreitado.

À equipe do GOVI (Grupo de Ovinos e Outros Ruminantes), pelo acolhimento.

À UFPel, por mais essa oportunidade que me foi proporcionada. Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. A todos os professores dos quais atualizei e adquiri novos conhecimentos.

À CAPES, pelo financiamento da bolsa de estudos.

Obrigado a todos que contribuíram para que eu estivesse aqui. Sou o resultado da confiança e da força de cada um de vocês.

*Este final elimina qualquer possibilidade de esquecimento.

Resumo

OLLÉ, Franco de Almeida. **Produtividade de um campo natural de Planossolo do bioma Pampa fertilizado com sulfato de amônio**. Orientador: Otoniel Geter Lauz Ferreira. 2022. 68 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

É evidente, nos dias atuais, que a única maneira para preservar as pastagens naturais é fazer com que expressem todo seu potencial produtivo e, assim, sejam utilizadas de forma economicamente viável. Dessa forma, avaliou-se por três anos a produtividade e qualidade de um campo natural de Planossolo submetido a níveis crescentes de nitrogênio na primavera e verão (0, 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280 kg/ha de N) e no outono (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 kg/ha de N), sob a forma de sulfato de amônio. O experimento foi conduzido no Centro Agropecuário da Palma, da Universidade Federal de Pelotas, localizado no município de Capão do Leão (RS). Foram realizados três cortes (primavera, verão e outono) para avaliação da massa de forragem seca, taxa de acúmulo, matéria seca e proteína bruta. Após serem avaliados quanto a sua normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, os dados foram analisados através de ANOVA, teste de comparação de médias de Tukey e regressão polinomial ($P \geq 0,05$). A disponibilidade hídrica é fundamental para a otimização da resposta do campo natural, sendo necessários níveis mais altos de adubação nitrogenada em anos de déficit hídrico. Em anos com adequada disponibilidade hídrica adubações com até 220,8 e 216,5 kg/ha de N foram suficientes para se alcançar máxima produtividade na primavera e verão, respectivamente. No outono as máximas foram obtidas com a aplicação de até 82,0 kg/ha de N. A qualidade máxima da forragem, em termos de proteína bruta, não foi atingida mesmo sob níveis de até 280 kg/ha de N, sendo observados valores médios de até 116,3 g/kg.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada. Campo nativo. Pastagens nativas. Proteína bruta. Qualidade da forragem.

Abstract

OLLÉ, Franco de Almeida. **Productivity of a natural grassland of Planosol in the Pampa biome fertilized with ammonium sulfate**. Advisor: Otoniel Geter Lauz Ferreira. 2022. 68 f. Dissertation (Master in Zootechnics) – Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2022.

It is evident, nowadays, that the only way to preserve natural pastures is making them express all their productive potential and, thus, be used in an economically viable way. This way, it was evaluated for three years the productivity and quality of a natural grassland of Planosol subjected to increasing levels of nitrogen in spring and summer (0, 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280 kg/ha of N) and autumn (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 kg/ha of N), in the form of ammonium sulfate. The experiment was conducted at the Palma Agricultural Center of Federal University of Pelotas, located in Capão do Leão County (RS). Three cuts (spring, summer and autumn) were performed to evaluate dry forage mass, accumulation rate, dry matter and crude protein. After being evaluated for their normality by the Kolmogorov-Smirnov test, the data were analyzed using ANOVA, Tukey mean comparison test and polynomial regression ($P \geq 0.05$). Water availability is essential for optimizing the response of the natural grassland, requiring higher levels of nitrogen fertilization in years of water deficit. In years with adequate water availability, fertilizations up to 220,8 and 216,5 kg/ha of N were sufficient to reach maximum productivity in spring and summer, respectively. In autumn, the maximum values were obtained with the application up to 82,0 kg/ha of N. The maximum forage quality, in terms of crude protein, was not reached even under levels up to 280 kg/ha of N, with values averages up to 116,3 g/kg.

Keywords: Nitrogen fertilization. Native grasslands. Native pastures. Crude protein. Forage quality.

Lista de Figuras

Figura 1	Massa de forragem seca ($\pm$ EP) no corte de primavera de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada. Médias de três anos experimentais.....	36
Figura 2	Taxa de acúmulo ($\pm$ EP) no corte de primavera de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada.....	38
Figura 3	Conteúdo de matéria seca ($\pm$ EP) no corte de primavera de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada.....	39
Figura 4	Concentração de proteína bruta ($\pm$ EP) no corte de primavera de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada.....	41
Figura 5	Massa de forragem seca ($\pm$ EP) no corte de verão de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada.....	42
Figura 6	Taxa de acúmulo ($\pm$ EP) no corte de verão de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada.....	44
Figura 7	Conteúdo de matéria seca ($\pm$ EP) no corte de verão de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada.....	45
Figura 8	Concentração de proteína bruta ($\pm$ EP) no corte de verão de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada.....	46

Figura 9	Massa de forragem seca ($\pm$ EP) no corte de outono de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada.....	48
Figura 10	Taxa de acúmulo ($\pm$ EP) no corte de outono de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada.....	49
Figura 11	Conteúdo de matéria seca ($\pm$ EP) no corte de outono de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada.....	50
Figura 12	Concentração de proteína bruta ($\pm$ EP) no corte de outono de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada.....	51

Lista de Tabelas

Tabela 1	Resumo das principais funções do nitrogênio nas plantas.....	19
Tabela 2	Principais fertilizantes nitrogenados e suas características químicas	21
Tabela 3	Características químicas do solo antes do início do experimento e após o primeiro ano experimental a respectivas interpretações segundo a Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (2016).....	31
Tabela 4	Precipitação pluviométrica total e temperaturas médias referentes ao período experimental.....	32
Tabela 5	<i>F-values</i> , significância e percentual de contribuição para o modelo dos fatores de tratamento e interações para massa de forragem seca (MFS), taxa de acúmulo de forragem (TAF), teor de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) do corte de primavera.....	36
Tabela 6	<i>F-values</i> , significância e percentual de contribuição para o modelo dos fatores de tratamento e interações para massa de forragem seca (MFS), taxa de acúmulo de forragem (TAF), teor de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) do corte de verão.....	41
Tabela 7	<i>F-values</i> , significância e percentual de contribuição para o modelo dos fatores de tratamento e interações para massa de forragem seca (MFS), taxa de acúmulo de forragem (TAF), teor de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) do corte de outono.....	47

Lista de Quadros

Quadro 1	Detalhamento do cronograma experimental.....	34
----------	--	----

Sumário

1 Introdução.....	11
2 Objetivos.....	13
2.1 Objetivo geral.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3 Hipótese.....	14
4 Revisão de literatura.....	15
4.1 Campos naturais do Bioma Pampa: Um modelo (ameaçado) de produção autossustentável.....	15
4.2 Construção da fertilidade do solo em sistemas pastoris: adubação nitrogenada.....	18
4.3 A indústria química do nitrogênio.....	20
4.4 Efeito da fertilização nitrogenada na produtividade da massa de forragem	24
4.5 Efeito da fertilização nitrogenada na concentração de proteína bruta.....	28
5 Materiais e métodos.....	31
6 Resultados e discussão.....	36
6.1 Corte de primavera.....	36
6.2 Corte de verão.....	41
6.3 Corte de outono.....	47
7 Conclusões.....	53
Referências.....	54
Anexos.....	66

1 Introdução

O bioma Pampa integra uma ampla região, possuindo uma série de peculiaridades que o tornam único no mundo. Nesta última década, porém, sofreu uma série de transformações, que fragmentaram a paisagem e levaram a perda de áreas de pastagens, principalmente em decorrência do avanço da agricultura e do florestamento. Essa expansão da fronteira agrícola, principalmente, sobre áreas de pastagens naturais causou a quase eliminação deste ecossistema em muitas regiões. Pois, a cada ano, áreas que originalmente tinham atividade pecuária são substituídas por novas lavouras de grãos ou florestas.

O uso excessivo e inadequado das pastagens naturais do bioma Pampa, também vem sendo sua própria, e principal, ameaça. O atual conhecimento sobre o tema ainda é pouco considerado por muitos produtores rurais e técnicos, revelando o grande hiato produtivo entre o que vem sendo alcançado pela pesquisa em relação ao obtido a campo. A reconhecida sazonalidade produtiva e a complexidade em compatibilizar as diferenças de ecofisiologia inerentes a cada espécie, determina que muitos pecuaristas percam o interesse em administra-las em relação a outras alternativas forrageiras, como as pastagens cultivadas. Diante disso, persiste o paradigma de que “nossos campos não tem capacidade suficiente para garantir adequados índices produtivos”.

Nesse contexto, a busca por estratégias de manejo das áreas pastoris naturais tem papel relevante na oferta de alternativas econômicas e na preservação dos serviços ecossistêmicos proporcionados pelas fisionomias vegetais características do bioma. É evidente, nos dias atuais, que a única maneira para preservar as pastagens naturais é fazer com que expressem todo seu potencial produtivo e, assim, sejam utilizadas de forma economicamente viável. Práticas de manejo e de melhoramento como a subdivisão de piquetes, o diferimento, o ajuste da carga animal, as roçadas, assim como a calagem, a adubação e a introdução de espécies, são pontos chave para se buscar a valorização desse recurso forrageiro.

Sob esta ótica devemos dedicar a estas áreas de pastagens naturais a mesma postura que temos em relação a outras culturas. A pastagem natural requer a manipulação de fatores dirigidos para aumentar a produtividade dos campos, com o uso integrado das práticas mencionadas. A fertilização, de maneira específica, faz com que as plantas acelerem o ritmo de crescimento e a expansão de tecidos

foliares, pois torna o solo um ambiente nutricionalmente favorável e, assim, a restrição de nutrientes passa a não ser mais um fator limitante. Portanto, não se pode mais pensar apenas em produzir, mas há que se produzir e qualificar o ambiente de produção.

Apesar de existirem pesquisas com relação ao desempenho de pastagens naturais submetidas a diferentes níveis de intervenção antrópica, pouca informação se encontra atualmente disponível no sul do Brasil referente ao manejo quantitativo do N (dose, fonte e forma de parcelamento do N aplicado). Em geral, essa falta de informação faz com que o N fertilizante seja utilizado de maneira menos eficiente do que é possível, estabelecendo perdas significativas desse nutriente no ambiente, em adição ao fato de não ser utilizado de maneira econômica. Sendo assim, este trabalho pretende mostrar o potencial da fertilização nitrogenada sobre uma pastagem natural de terras baixas do litoral sul do RS, através da análise de resultados de três anos experimentais.

2 Objetivos

2.1 Objetivo geral

Obter informações sobre o potencial do campo natural de Planossolo (Terras Baixas) do bioma Pampa para a produção de forragem em resposta de níveis crescentes de adubação nitrogenada.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar a produtividade da massa de forragem seca, taxa de acúmulo de forragem, conteúdo de matéria seca e a concentração de proteína bruta na matéria seca produzida em função de níveis crescentes de adubação nitrogenada na forma de sulfato de amônio.

3 Hipótese

A adubação nitrogenada com sulfato de amônio altera positivamente a produtividade e a qualidade forrageira do campo natural de Planossolo do Bioma Pampa.

4 Revisão de literatura

4.1 Campos naturais do Bioma Pampa: Um modelo (ameaçado) de produção autossustentável

Nossa percepção sobre preservação normalmente está associada à imagem de ambientes fartamente arborizados. Porém, ao sul da América do Sul, há uma vasta variação geológica, onde há o domínio de vegetação campestre, constituindo um mosaico de plantas herbáceas e arbustivas (BENCKE et al., 2016; NABINGER; JACQUES, 2017). Aparentemente homogêneo, esconde uma surpreendente biodiversidade, evidenciando a combinação perfeita de clima, relevo e solos. Formando, assim, a maior extensão de ecossistemas campestres de clima temperado – um complexo sistema de campos naturais – conhecido como Bioma Pampa (BENCKE et al., 2016).

O Pampa é um dos seis biomas terrestres ou grandes regiões naturais do Brasil – status oficialmente reconhecido apenas em 2004 (IBGE, 2004). É o único bioma brasileiro presente em apenas uma unidade federativa. No Brasil, está restrito ao Rio Grande do Sul, onde ocupa mais da metade do estado. Isso corresponde a 63% do território gaúcho e a 2% do brasileiro. Mas o bioma não é exclusivamente brasileiro, o Pampa se estende pelos territórios do Uruguai e parte da Argentina e Paraguai, totalizando uma área de 750.000 km² (BENCKE et al., 2016; BOLDRINI, 2020; TEIXEIRA FILHO; WINCKLER, 2020).

Por ser um conjunto de ecossistemas muito antigos, o Pampa abriga uma imensa riqueza, onde sustenta uma vida silvestre peculiar e diversificada (HERRERA et al., 2014). Essa biodiversidade é responsável pelo provimento de atividades agrícolas, sociais, ambientais e econômicas, que contribuem para o sustento e o bem-estar humano (BENCKE et al., 2016). Para citar alguns deles, podemos arrolar como fundamentais a conservação de água e solo, abrigo e fonte de pólen e néctar para polinizadores, produção de fitoterápicos, alimento para a fauna selvagem e estocagem de carbono. Além da importante fonte de recursos genéticos de plantas forrageiras, evidenciando a perfeita adaptação às condições climáticas e aos solos das regiões (NABINGER; DALL'AGNOL, 2019; BOLDRINI, 2020).

São numerosas famílias, gêneros e espécies forrageiras – muitas endêmicas, ou seja, não existem em qualquer outro lugar do planeta (SOLER et al., 2020). Apresentam-se em uma mistura de espécies de ciclo estivais, com crescimento vegetativo no verão, e hibernais, com crescimento vegetativo no inverno (BENCKE, 2016; NABINGER; DALL'AGNOL, 2019). Em seu conjunto, a flora campestre do Pampa gaúcho abriga cerca de 2.150 espécies vegetais. Somente nos campos do Rio Grande do Sul são mais de 400 espécies de gramíneas (*Poaceae*) e mais de 230 espécies leguminosas (*Fabaceae*). Além das gramíneas e leguminosas, vários outros grupos de plantas se destacam pela variedade de espécies campestres. A família das compostas (*Asteraceae*) é a mais diversa, com cerca de 480. Sem contar as ciperáceas, verbenáceas, cactáceas, iridáceas e malváceas, cada qual com significativa representatividade (BENCKE, 2016).

A grande variedade de espécies e a coexistência de espécies estivais e hibernais tornam as pastagens naturais do Pampa economicamente importantes como forrageiras. Considerando as duas principais famílias para a alimentação dos herbívoros domésticos destacam-se os gêneros *Paspalum*, *Axonopus*, *Andropogon*, *Panicum*, *Setaria*, *Digitaria*, *Schizachyrium*, *Bromus* e *Stipa* entre as gramíneas, e leguminosas como *Adesmia*, *Vicia*, *Lathyrus*, *Trifolium*, *Medicago*, *Desmodium*, *Rhynchosia*, *Aeschynomene*, *Arachis* e *Vigna* (CARVALHO, 2006a; NABINGER; DALL'AGNOL, 2019).

Contudo, não basta apresentar o Pampa apenas como um imenso patrimônio ecológico, de biodiversidade típica e provimento de inúmeros serviços ecossistêmicos. Na atualidade, mesmo representando o bioma com maiores extensões ocupadas por pastagens naturais, formam o bioma mais alterado, mais ameaçado e menos protegido do planeta. Durante os Censos Agropecuários de 1995/1996 e 2017 (IBGE, 1995/1996; IBGE, 2017) verificou-se uma mudança de cenário, com a diminuição das áreas de pastagens naturais na maior parte dos municípios brasileiros. No RS, em 1995/1996, as pastagens naturais representavam 90,09% (10.535.604 ha), enquanto que em 2017 houve uma significativa redução para 64,30% (7.519.347 ha).

Estas pastagens naturais constituíram a base econômica que veio a se revelar como marca da paisagem pampiana: a pecuária extensiva. Porém, nas últimas décadas tem perdido terreno para outras atividades, aparentemente mais lucrativas em curto prazo (PILLAR; LANGE, 2015; FEIX; LEUSIN JÚNIOR, 2019). O

aumento das áreas ocupadas com pastagens cultivadas e culturas agrícolas (IBGE, 2017), explica a redução da área total de pastagens naturais, aliado ao uso excessivo ou inadequado dessas pastagens (SANT'ANNA, 2016; NABINGER et al., 2020). Esses fatos resultaram em diversas consequências de degradação, como a fragmentação da paisagem, perda de biodiversidade, erosão dos solos, invasão biológica, entre outras (CARVALHO et al., 2006; VÉLEZ-MARTIN et al., 2015).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2017), este bioma tem recebido menos atenção dos governos, e isso se deve, principalmente, a expansão do cultivo de culturas anuais como a soja (ANDRADE et al. 2015; SANT'ANNA, 2016; OLIVEIRA et al. 2017). Em um comparativo entre os anos 2000 e 2021, estima-se que a área plantada com soja aumentou 101,5% no Rio Grande do Sul, passando de 3.030.556 para 6.107.270 hectares (IBGE, 2021). Esse aumento ocorreu principalmente na metade Sul do Estado, com o avanço da soja sobre os campos do bioma Pampa (IBGE, 2017). Cabe ressaltar que essa expansão vem ocorrendo sobre áreas de arroz (cultura tradicional da região) e pastagens cultivadas e naturais normalmente utilizados para a atividade pecuária (SANT'ANNA, 2016) – justamente onde se localizam os maiores rebanhos bovinos e ovinos do Estado.

Graças à intensificação das pesquisas científicas, o RS apresenta condições para a manutenção e o aumento da produção pecuária. Existem conhecimentos e tecnologias bastante adaptadas aos sistemas de produção nacionais que permitem aumentar sua competitividade em relação a outras atividades agrícolas no Pampa. Nesse contexto, deve ser mencionada a adoção de tecnologias de processo (ajuste de carga animal e manipulação da estrutura forrageira) e insumos (adubação, sobressemeadura de espécies cultivadas, irrigação). Como resultado desse sistema tem-se evidenciada a possibilidade de aumento da taxa de lotação e, consequente, ganhos de até 1.200 kg/ha de peso vivo (PV) (CARVALHO et al., 2012; NABINGER; JACQUES, 2017).

Este conjunto de atributos e fatores associados garante a produção da pastagem durante estações mais críticas. Considerando a vigência de um clima sazonal, o outono/inverno do pampa gaúcho é marcado por uma acentuada escassez de forragem devido às baixas temperaturas e ocorrência de geadas (ROSA et al., 2017). Soma-se a isso a natureza destes campos de crescimento estival, que leva à necessidade de suprir a carência alimentar nos meses de maio a setembro (período hibernar) (BENCKE, 2016; ROSA et al., 2017). Eis aí a

necessidade de projetar essa variedade de estratégias que deverão se impor frente aos já conhecidos câmbios climáticos. Mesmo que haja um caminho a ser percorrido para que se torne uma realidade generalizada, a pecuária pode atingir diferentes níveis de produtividade e compor sistemas produtivos mais seguros e estáveis (NABINGER; JACQUES, 2017).

Muita coisa pode ser feita na busca por uma maior competitividade dos sistemas produtivos de pecuária no Bioma Pampa. Poucas regiões do mundo permitem aliar tão bem desenvolvimento econômico e social com a proteção dos campos (PILLAR; LANGE, 2015). O RS possui vocação natural para diversas atividades produtivas, mas especialmente para a pecuária extensiva (VERDUM, 2016). Em especial em áreas de campo natural que, quando corretamente manejadas, proporcionam aos animais uma dieta variada e de alta qualidade (FREITAS et al., 2014; LOBATO et al., 2014). Representa, assim, um modelo de produção autossustentável, ao conciliar o uso de um recurso natural com o rendimento extraído da sua exploração.

4.2 Construção da fertilidade do solo em sistemas pastoris: adubação nitrogenada

A produção animal em campo natural tem sido associada a baixos níveis de desempenho, apresentando, portanto, uma importante lacuna na capacidade produtiva destas áreas. A reconhecida sazonalidade produtiva (NABINGER et al., 2009; ROSA et al., 2017) e a limitação da fertilidade na maioria dos solos do RS (STRECK, 2012; SANT'ANNA, 2016), impõe a necessidade de conhecer detalhadamente o comportamento, limitações e potenciais desse ecossistema.

Há um importante papel da pesquisa científica para compreender mais claramente essa relação. Porém, o atual conhecimento sobre o tema ainda é pouco considerado por produtores rurais e técnicos. É notável que predomine a visão de que aumentos compensadores de produtividade somente poderiam ser obtidos à custa da conversão dos campos por lavouras e pastagens cultivadas (PILLAR et al., 2015). Isso leva ao paradigma até hoje existente de que nossos campos não tem qualidade suficiente para garantir adequados índices produtivos (NABINGER; JACQUES, 2017).

É verdade que existe uma série de variáveis externas (não controláveis) em sistemas produtivos, relativos a fatores climáticos como amplitude térmica,

quantidade de chuvas e características topográficas e de solo – que se revelam de primordial importância para definir o comportamento das pastagens naturais (NABINGER et al., 2009; SANT'ANNA, 2016). Também é verdade que existe outra variável como o melhoramento da nutrição mineral que, por meio da aplicação de fertilizantes, se apresenta como uma estratégia administrável, visto que está ao alcance e sob o controle de técnicos e produtores (AYALA; CARÁMBULA, 1994).

Nesse sentido, a fertilização nitrogenada constitui uma alternativa para potencializar a produção até níveis não alcançáveis através de outro manejo (GOMES, 2000; GUMA, 2005; BRAMBILLA et al., 2012; AZAMBUJA et al., 2017). O N é um dos nutrientes mais requeridos e, conseqüentemente, que mais limita a produtividade em sistemas pastoris. Em condições ideais para que a planta expresse seu potencial produtivo, o nível de nutrição nitrogenada passa a ser o principal fator de controle dos processos de crescimento e desenvolvimento das culturas (TAIZ et al., 2017), uma vez que desempenha um papel importante nos diversos processos fisiológicos vitais para o ciclo de vida das plantas (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo das principais funções do nitrogênio nas plantas.

Estrutural	Constituinte de enzimas	Processos
Aminoácidos e proteínas	Todas	Absorção iônica
Bases nitrogenadas e ácidos nucleicos		Fotossíntese
Enzimas e coenzimas		Respiração
Vitaminas		Multiplicação e diferenciação celulares
Glico e lipoproteínas		Herança
Pigmentos (clorofila)		

Fonte: MALAVOLTA et al. (1997).

O significado econômico dessas ações é demonstrado pelo aumento do rendimento forrageiro (ver capítulo 4.4) e valor nutricional do pasto (ver capítulo 4.5). Tais fatores podem elevar a capacidade de suporte (AZAMBUJA et al., 2017) e, por conseguinte, o rendimento de produto animal (VILELA et al., 2020). Carassai et al. (2008) demonstram os benefícios da adubação, sendo que esse aumento na carga animal explica uma alta porcentagem do aumento da produtividade (ganho/área), conferindo maior eficiência ao sistema.

Em contrapartida, em sistemas mais complexos, como pastagens naturais, o aumento da disponibilidade do N pode alterar a capacidade competitiva de alguns grupos de plantas. Ou seja, espécies de maior eficiência na captura de recursos são

beneficiadas, podendo afetar a estabilidade e a resiliência do sistema (BRAMBILLA et al., 2012; HAUTIER et al., 2015; JAURENA BARRIOS, 2016).

As respostas a serem obtidas são extremamente variáveis conforme a composição botânica das pastagens, tipo e condições de solo, clima, pressão e método de pastejo, etc (NABINGER et al., 2009). Salienta-se, entretanto, que a aplicação de fertilizantes nitrogenados deve ser acompanhada por adequadas práticas de manejo. É fundamental um planejamento que considere a época do ano, o nível (AZAMBUJA et al., 2017), tipo de fertilizante a ser usado, bem como o método de incorporação (NABINGER et al., 2009). Assim, a fertilização torna-se uma estratégia ao considerar as múltiplas interações com o manejo pré e pós-adubação, obtendo seu máximo proveito. Ainda mais complexo se torna o desafio quando consideramos as transformações no solo e as perdas por lixiviação, volatilização e desnitrificação desse nutriente (CANTARELLA, 2007; MEISINGER, 2008; VIEIRA, 2017).

4.3 A indústria química do nitrogênio

A produção de fertilizantes nitrogenados não apenas permitiu intensificar a pecuária, mas também, permitiu promover a segurança alimentar global nos tempos atuais (REETZ, 2017). Sem a fixação industrial de nitrogênio (N), originada pelo processo Haber-Bosch, o mundo poderia produzir somente cerca da metade dos alimentos básicos, e mais áreas sob florestas teriam que ser convertidas em áreas para a produção com culturas (DAWSON; HILTON, 2011). Em termos quantitativos, seria necessário um aumento de 225% no espaço destinado ao cultivo agrícola para atender uma população estimada em quase 10 bilhões em 2050 (FAO, 2018).

No contexto de ampliação da produção de alimentos no Brasil e no mundo, as perspectivas para o setor agrícola nacional são positivas, sendo os fertilizantes um dos grandes responsáveis por esse avanço expressivo ao longo dos anos (IPNI, 2019). Estima-se que, até 2050, o consumo global total de fertilizantes nitrogenados atinja 180 milhões de toneladas (BINDRABAN et al., 2015). Em 2018, só o Brasil importou cerca de 9 milhões de toneladas de fertilizantes nitrogenados, o dobro comparado a 2008 (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2019); revelando-se um importante player no mercado consumidor de fertilizantes. Entretanto, cerca de 80% do mercado doméstico de fertilizantes é atendido através de importação (ANDA,

2019). Há um grande déficit estrutural na oferta brasileira frente à demanda, decorrente de restrições na indústria de produção de fertilizantes (BNDES, 2017).

Numerosos fertilizantes nitrogenados têm sido desenvolvidos para suplementar os nutrientes já disponíveis no solo e para suprir as altas exigências das culturas (REETZ, 2017). Estes, geralmente, tem seu valor de acordo com o seu teor de N total, as diferentes formas de N (as quais determinam a taxa de ação), e seus outros efeitos, se existirem (Tabela 2).

Tabela 2. Principais fertilizantes nitrogenados e suas características químicas.

Produto	N				Índice de ⁽¹⁾ ⁽²⁾		Solubilidade ⁽³⁾
	Total	Nítrico	Amoniacal	Amídico	Acidez	Basicidade	
Amônia anidra	82	-	82	-	147	-	-
Cálcio Cianamida	18	-	-	18	-	63	Nd
Cloreto de amônio	24	-	24	-	140	-	-
Nitrato de amônio	34	17	17	-	62	-	118
Nitrato de cálcio	14	14	-	-	-	20	102
Nitrocálcio Petrobrás	27	13,5	13,5	-	26	-	-
Salitre do Chile	15	15	-	-	-	29	73
Sulfato de amônio	20	-	20	-	110	-	71
Sultonitrato de cálcio	27	13,5	13,5	-	-	-	-
Ureia	45	-	-	45	71	-	78
Fosfato Diamônico-DAP	17	-	17	-	75	-	43
Fosfato Monoamônico-MAP	11	-	11	-	58	-	23
Nitrato de potássio	13	13	-	-	-	26	31
Nitrato de Na e K	15	15	-	-	-	25	-
Nitrofosfato	14-22	14-22	-	-	-	-	-

⁽¹⁾Índice de acidez: kg de carbonato de cálcio necessários para neutralizar a acidez gerada pelo uso de 100kg do fertilizante. ⁽²⁾Índice de basicidade: kg de carbonato de cálcio que exercem a mesma ação de neutralizadora de 100kg do fertilizante. ⁽³⁾Solubilidade: dada em partes (100 partes de água fria).

Fonte: Whitehead (2000) *apud* Townsend (2010).

É importante conhecer o efeito que os fertilizantes provocam no solo, pois ajudará na tomada de decisão. Alguns desses fertilizantes quando aplicados aumentam a acidez do solo, enquanto outros diminuem. Isso está relacionado com a composição e as reações que ocorrem durante a liberação dos nutrientes.

Por exemplo, em solos com alto pH na camada superficial torna-se mais interessante a utilização de um fertilizante com efeito acidificante, como a Amônia Anidra, Sulfato de Amônio, Ureia, DAP e MAP. Para estes, são necessários 148, 110, 84, 80 e 60kg de calcário (CaCO_3 - PRNT 100%) para corrigir a acidez gerada pela adição de 100kg, respectivamente.

Já em solos mais ácidos, pode-se optar por um fertilizante com efeito alcalinizante, ou seja, quando aplicados diminuem a acidez do solo, por exemplo o Termofosfato, Nitrato de Potássio, Nitrato de Cálcio e Fosfato Natural. A aplicação de 100kg desses adubos no solo tem o mesmo poder que 50, 26, 20 e 20kg de calcário (CaCO_3 - PRNT 100%) para aumentar o pH do solo, respectivamente.

Alguns desses fertilizantes, na realidade, suprem mais que um nutriente, a exemplo o sulfato de amônio, que contém N e enxofre (S) em sua composição (REETZ, 2017). O sulfato de amônio, junto à ureia e o nitrato de amônio, estão entre os fertilizantes nitrogenados mais comercializados e utilizados em pastagens no Brasil (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2019). Cada qual apresentando vantagens e desvantagens em sua utilização.

A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil e no mundo. Esse elevado consumo é decorrente de sua maior concentração de N, com baixo custo relativo. É de fácil manipulação, altamente solúvel em água e causa menor acidificação no solo (PRIMAVESI et al., 2004; CANTARELLA et al., 2008). Contrapõe-se a essas vantagens a suscetibilidade de elevadas perdas de N por volatilização. Isso porque a forma de N aportada por essa fonte é amídica, tendo que passar pelas reações de transformações para assim ser absorvida; principalmente quando aplicada em dias muito quentes e com solo seco, ou na ausência de chuvas depois da adubação (MARTHA JÚNIOR et al., 2007).

O sulfato de amônio é a segunda fonte de fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil. É produzido como um subproduto industrial e é um dos fertilizantes manufaturados mais antigos (REETZ, 2017). Embora apresente maior custo por quilograma de N (PRIMAVESI et al., 2004), este fertilizante apresenta vantagens de menor perda de N por volatilização e/ou lixiviação e menor índice salino, além de ser uma importante fonte de enxofre (24% S). O fornecimento adequado de enxofre pode aumentar a resposta da planta forrageira ao N aplicado e melhorar a eficiência de uso do fertilizante. Entre outras funções, o enxofre é fundamental para o suprimento de aminoácidos sulfurados (cistina, cisteína e metionina), essenciais para a síntese de proteínas nas plantas (REETZ, 2017), o que o torna extremamente vantajoso para as pastagens estabelecidas em regiões cujos solos são normalmente deficientes ou, ainda, para culturas mais exigentes nesse elemento (SOUSA et al., 2001, CANTARELLA; MONTEZANO, 2010). A desvantagem da utilização do sulfato de amônio, além do maior custo, está na maior

acidificação do solo, comparado à ureia e ao nitrato de amônio (CANTARELLA, 2007; MARTHA JÚNIOR et al., 2007). No entanto, segundo Martha Junior et al. (2004), a acidez provocada pode determinar benefícios indiretos, como o estabelecimento de nichos mais favoráveis à dissolução dos fosfatos reativos no solo – associação ainda pouco explorada pela pesquisa.

O nitrato de amônio é o terceiro fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil. Sua alta solubilidade o torna adequado para fertirrigação ou aplicação foliar (REETZ, 2017), além de apresentar menor potencial de perda de N quando comparado à ureia. Sua principal desvantagem é o custo do quilograma do N, geralmente superior à ureia e ao sulfato de amônio (CANTARELLA 2007; MARTHA JÚNIOR et al., 2007). Soma-se a isso a atual redução na fabricação, transporte, comercialização e uso; inicialmente produzido como produto de munição (REETZ, 2017) e, atualmente, apontado como uma das causas da grande explosão no porto de Beirute, no Líbano, levou a restrições na disponibilidade do composto.

As diferentes formas de N, quando aplicadas ao solo dão respostas muito semelhantes em termos de produtividade das culturas. A eficiência de alguns produtos pode ser minimizada em função das perdas por lixiviação de nitrato ou volatilização de amônia, sob certas condições de temperatura e umidade do solo, principalmente. Dessa forma, torna-se possível interferir sobre o resultado econômico da adubação nitrogenada de pastagens (LOPES; GUILHERME, 2007; REETZ, 2017).

Vilela et al. (2000) orientam que na fase de estabelecimento de pastagens exclusivas de gramíneas, em solos com baixo teor de matéria orgânica, recomenda-se a adubação em cobertura, de preferência sob as formas de sulfato de amônio ou nitrato de amônio, por serem menos suscetíveis às perdas de N por volatilização. Isso porque o amônio não precisa ser transformado para ser absorvido, como no caso da ureia; o emprego da ureia é possível, desde que sejam observadas condições que reduzam as perdas (CANTARUTTI et al., 1999). Nesse mesmo sentido, testando níveis e fontes de N, Costa et al. (2010) observaram que a produção de forragem utilizando sulfato de amônio foi 18% mais elevada do que aplicando ureia, devido as menores perdas de N. Levando a crer que as respostas em relação à produção de massa seca ao N na forma de sulfato de amônio são, comumente, superiores às aquelas obtidas ao N na forma de ureia.

4.4 Efeito da fertilização nitrogenada na produtividade da massa de forragem

A maximização da eficiência de conversão do fertilizante nitrogenado em massa seca de forragem representa um dos principais parâmetros a ser considerado na estratégia de manejo deste insumo. O conhecimento até agora gerado permite propor hipóteses plausíveis das diferentes inter-relações que resultam na produção de forragem, sua utilização pelos animais e sua transformação em produto comercializável.

Resultados de pesquisas, obtidos ao longo de pouco mais de três décadas, nos encorajam a dedicar às pastagens naturais a mesma postura, em termos de adubação, que temos em relação às espécies cultivadas. A produção de MFS em resposta à adubação nitrogenada é normalmente positiva e linear dentro de certos limites, nos diferentes níveis de adubação. Segundo Ávila et al. (2017), níveis moderados de N, além de incrementos significativos, não comprometem a participação dos componentes botânicos mais importantes da pastagem natural. Salienta-se, entretanto, que a produtividade varia conforme o potencial genético das espécies, frequência de cortes e/ou pastejos e condições climáticas.

Em planossolo, na área experimental de Pastagens da UFPEL, no Capão do Leão/RS, foi constatado que aplicações de níveis crescentes de N, durante a primavera/verão, em pastagem natural, aumentam progressivamente a produção de massa de forragem seca (MFS). Teixeira (1995); Freitas (1996) apontam resposta linear ao N até 250-300 kg/ha/N, estimando um incremento de 18,79 e 22,96 kg/ha/MFS, respectivamente, para cada kg de N aplicado. Silva et al. (1996) encontraram resposta linear entre 25-100 kg/ha/N, produzindo cerca de 34 kg/ha/MFS para cada kg de N aplicado. Cunha et al. (2001) também obteve resposta linear até 200 kg/ha/N, mas com uma taxa de variação inferior (8,94 kg/ha/MFS); no entanto, esses autores fizeram apenas dois cortes, num período de seis meses, obtendo 4.830 kg/ha/MFS com 200 kg/ha/N.

Na mesma área de planossolo, Beskow (2000) avaliou o efeito da adubação nitrogenada hiberna, em função de diferentes épocas de aplicação e níveis de até 150 kg/ha/N durante o inverno, na produção e qualidade da forragem primaveril. Não houve efeito das épocas de aplicação do N na produção primaveril da forragem, ocorrendo, entretanto, efeito quadrático dos níveis de N. A produtividade de MFS

dos três cortes realizados durante a primavera diferiram estatisticamente entre si ($C3 = 2.227$; $C2 = 1.796$; $C1 = 1.596$ kg/ha/MFS).

No período de maio de 2008 a março de 2009 foi desenvolvido experimento em área da Universidade Federal de Santa Maria, com o objetivo de avaliar as características morfogênicas e estruturais de oito gramíneas nativas (*Andropogon lateralis*, *Aristida laevis*, *Erianthus angustifolius*, *Paspalum notatum*, *Paspalum plicatulum*, *Piptochaetium montevidense* e *Sorghastrum pellitum*) sob níveis de adubação nitrogenada (zero e 100 kg/ha/N). O uso de N promoveu maiores taxas de alongação foliar em *Aristida laevis*, *Erianthus angustifolius*, *Paspalum plicatulum* e *Sorghastrum pellitum* (MACHADO, 2010). Na mesma região, Quadros; Bandinelli (2005) avaliaram a resposta morfogênica de *Lolium multiflorum* Lam. e *Paspalum urvillei* Steud., submetidos a níveis de adubação nitrogenada (100, 200 e 300 kg/ha/N). A taxa de alongamento foliar de *P. urvillei* no tratamento com 300 kg/ha/N foi superior ao menor nível de N, em todos os períodos. A taxa média de aparecimento de folhas de *P. urvillei* foi de 0,07 folhas/dia.

Em pastagem natural da Depressão Central/RS, trabalhos conduzidos na Estação Experimental Agronômica (EEA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) demonstraram que uma pequena área fertilizada estrategicamente pode desempenhar resultados positivos com níveis de N de 200 kg/ha. Gomes (2000) obteve produção de 3.422 kg/ha/MFS ao longo das estações primavera e verão/outono, atingindo ganhos por animal de 697 kg/ha/PV, com uma oferta de forragem (OF) de 9% (por 100kg de PV). Boggiano (2000) obteve aumentos de até 20 kg/ha/dia/MFS por kg/N (16 t/ha de matéria verde) e ganhos de 716kg por animal na OF de 14%. Nesse contexto, Santos et al. (2008) avaliaram a eficiência bioeconômica da fertilização nitrogenada, constatando que o investimento é economicamente viável até o nível de 200 kg/ha/N. O mesmo sugere estudos com níveis ainda superiores de N para que estabeleçam o real potencial produtivo desse recurso forrageiro.

Na mesma condição regional (EEA/UFRGS), Guma (2005) em pastagem diferida e fertilizada com níveis de N que foram de zero, 50 e 100 kg/ha e OF de 12%, a carga animal foi de 958, 1.072 e 1.443 kg/ha/PV, para cada uma dos níveis de N referidas acima, respectivamente. Townsend (2008) estudou as características produtivas de gramíneas nativas do gênero *Paspalum* em resposta ao N; com exceção do *P. lividum*, que apresentou resposta quadrática para produção de

fitomassa aérea, com máximo retorno em 350 kg/ha/ano/N, todos os demais apresentaram resposta linear até o nível testado de 360 kg/ha/ano/N.

Na Embrapa Pecuária Sul, em Bagé/RS, dois lotes de 36 animais Hereford foram terminados em campo natural com ajuste de carga para 12% PV, submetidos a três níveis de intensidade de utilização: pastagem natural (PN), pastagem natural fertilizada com N (PNA) e pastagem natural fertilizada com N e sobressemeada com espécies hibernais exóticas *Lolium multiflorum* e *Trifolium pratense* (PNM). PNA e PNM apresentaram consumo de MS e ganho médio diário semelhantes, mas diferiram no ganho de peso por área, onde PNM apresentou valores superiores que os demais tratamentos. O PNM teve um ganho de PV de 578 kg/ha/ano, no PNA a produção foi de 425 kg/ha/ano, e no campo natural com ajuste de carga a produção foi de 259 kg/ha/ano (GENRO et al., 2017).

Na localidade do Upamaroty, município de Santana do Livramento (RS), a aplicação de N sobre campo natural, nos níveis de zero, 50, 100, 150, e 200 kg/ha/N afetou positiva e linearmente a produção total de massa seca, numa taxa de 13,38 kg/ha/MFS por kg de N, sendo que em cada período essa variação foi de 3,34 kg/ha/MFS. Obtendo-se 5.420 kg/ha/MFS com o nível de adubação mais elevado (CORREA et al., 2006). No entanto, a resposta linear indica que a pastagem poderia responder ainda mais ao N, uma vez que não foi obtido o ponto de máxima produtividade de MFS – resposta similar a outros estudos obtidos no RS.

Prestes (2015), no Planalto Catarinense (SC), avaliou a aplicação superficial de N em campo natural tipo “Palha Fina” na forma de ureia, nos níveis de 0, 44, 88 e 176 kg/ha/N, aplicados anualmente, sem parcelamento. O N proporcionou aumentos lineares na produção de forragem da pastagem natural do primeiro ao quarto ano. O último ano foi o mais produtivo, apresentando os seguintes resultados: 1.723,3; 2.348,6; 2.591,1 e 2.879,0 kg/ha/MFS, nos respectivos níveis de N.

No Uruguai, Ayala; Carámbula (1994) avaliaram o efeito de níveis crescentes até 320kg N/ha/ano, apresentando uma resposta linear até 160 kg/ha/N. Em região de Basalto, Bemhaja et al. (1998) obtiveram uma produção 83% superior a testemunha para o nível máximo testado de 120 kg/ha/N. Através do manejo combinado de fertilização e oferta de forragem, Zanoniani et al. (2011) verificaram aumentos na dotação de até 1,4 UG/ha (*Unidad Ganadera* = 380 kg/PV) de animais em manutenção com a utilização de 150 kg/ha/N com fornecimento de forragem constante de 9% PV, sendo que a eficiência de utilização do N atingiu o pico de 16

kg/ha/MFS por kg de N. Larratea; Soutto (2013) comparando dois níveis de N (60 e 114 kg/ha/N), obtiveram incrementos de 17% na produção inverno-primaveril. Também neste país, a interação de irrigação com N, nos níveis de 50, 100 e 200 kg/ha/N, incrementou de forma significativa a produção de forragem (JAURENA et al., 2013).

Em experimentos mais recentes, também no Uruguai, Rodríguez Palma; Rodríguez (2017a), em quinze anos de estudo, obtiveram uma produção anual de forragem 32% maior com 100 kg/ha/N, com superioridade de 44% no inverno, 51% na primavera, 12% no verão e 10% no outono; incrementando positivamente a produtividade secundária (kg/ha/PV) (RODRÍGUEZ PALMA; RODRÍGUEZ, 2017b). Bendersky et al. (2017) observaram aumentos na produção anual de forragem (26 e 41%) e produção secundária (32 e 40%) para uma única aplicação no outono e aplicação fracionada no outono e final do inverno, respectivamente. Diferenças na produção anual foram encontradas por Caram et al. (2017) entre os tratamentos: Campo Natural (sem intervenções), Campo Natural melhorado (inclusão de leguminosas e P205) e Campo Natural fertilizado (60 e 120 kg/ha/N). Os tratamentos de fertilização com N apresentaram a maior produção, diferenciando-os somente na primavera, onde a maior produção se deu com 120 kg/ha/N.

Estudos sobre o efeito da incorporação de N sobre a produção de espécies nativas dos Estados Unidos também foram realizados. Berg; Sims (1995) observaram o aumento no rendimento de forragem de 1.200 kg/ha/MFS para 6.900 kg/ha/MFS para níveis de 0 e 112 kg/ha/ano/ano, respectivamente; há o destaque para esta prática de manejo resultando numa aplicação anual de 34 kg/ha/ano/N, produtividade média de 220 kg/ha/ano/PV e carga animal média de 1.200 kg/ha/PV. Jacobsen et al. (1996) verificaram que o nível de 112kg apresentou os melhores rendimentos, atingindo 4.000 kg/ha/MFS com eficiência de utilização do N de 49,9 kg/ha/MFS por kg de N aplicado. Gillen; Berg (1998) obtiveram aumentos na produção de forragem de 2.480 para 4.030 kg/ha/MFS para os níveis de 0 e 35 kg/ha/N, respectivamente; houve eficiência de 45 kg/ha/MFS de forragem por kg de N aplicado. O ganho de PV/ha foi superior na pastagem adubada chegando a 176 kg/ha/ano/PV contra 83 kg/ha/ano/PV sem adubação.

Pettit; Fagan (1974) estudaram a influência da adubação nitrogenada em Buffalograss (*Buchloe dactyloides*), gramínea nativa do sul dos EUA; o rendimento de forragem foi de 5.276 e 12.137 kg/ha/ano/MFS para as níveis de 0 e 120

kg/ha/ano/N, respectivamente. Beaty et al. (1974) avaliando a resposta do Capim pensacola (*Paspalum notatum* var. Saurae Parodi), verificaram que o rendimento de forragem foi altamente significativo para o nível mais elevado de N (336 kg/ha), chegando ao nível de 10.637 e 13.397 kg/ha/ano/MFS para os tratamentos sem e com irrigação, respectivamente. O que há de se salientar é que houve condições de manutenção permanente de umidade no solo via irrigação, já que estes resultados são bem maiores que a maioria dos demais levantados nesta revisão.

4.5 Efeito da fertilização nitrogenada na concentração de proteína bruta

Uma vez que a forragem produzida pela fertilização precisa ser consumida pelo animal e, posteriormente, convertida em produto animal, os resultados dependem, sobretudo, da qualidade da forragem. Segundo Van Soest (1994), a alteração na concentração de PB pela aplicação de N representa o mais importante efeito da fertilização sobre a qualidade da forragem. Maiores acúmulos de produtos nitrogenados e proteínas causam diluição da fração de parede celular, incrementando a digestibilidade. A potencialização desses fatores explica a amplitude nos valores de kg/MS por kg/PV.

Os resultados da literatura, em geral, mostram que a qualidade da forragem em termos de concentração de PB é função, além do intervalo de crescimento da pastagem, da quantidade de N aplicado, da época em que é feito o corte e da espécie forrageira em questão. Normalmente, na medida em que se aumentam os níveis de N sobre as pastagens, se obtém, além da maior produção, um aumento na concentração de PB.

Em trabalho de Cunha et al. (2001), foi observado aumento no teor de PB na forragem de um campo natural adubado com N no início de primavera, atingindo 9,12%, com a aplicação de 200 kg/ha/N. TEIXEIRA (1995) obteve resposta linear na produtividade de PB, com produção média de 702,08 kg/ha/PB (3 cortes). Resultado semelhante foi obtido por FREITAS (1996) que conduziu o mesmo trabalho, também obtendo resposta linear na produtividade de PB do campo natural de Planossolo, com média produção de 659,93 kg/ha/PB. Os níveis estudados não foram suficientes para determinar o máximo teor de PB na forragem.

O N ou o conjunto de elementos podem elevar e muito a produtividade e qualidade do campo natural. Ayala; Carámbula (1994) avaliaram a produção anual e

valor nutritivo de campo natural fertilizados com N, P e K (potássio). Quanto ao valor nutritivo, houve um teor significativamente superior de PB (10,3%) para os tratamentos fertilizados com NPK e N em relação aos demais que não diferiram entre si. Bemhaja et al. (1998) observaram que níveis crescentes de N (0, 40, 80 e 120 kg/ha/N) proporcionaram aumentos nos níveis de PB.

Em Chihuahua, no México, Rubio et al. (1996) avaliaram o conteúdo de PB e a DIVMS (digestibilidade *in vitro* da matéria seca), utilizando níveis de zero, 60, 120 e 180 kg/ha/ano/ano e zero, 30, 60 e 90kg de P_2O_5 . Os níveis de 120 e 30 kg/ha/ano de N e P, respectivamente, proporcionaram teor de 6,9% de PB. Quando não adubada, a pastagem natural exibiu teor de PB na ordem de 5,0%. A DIVMS superior nos tratamentos adubados pode estar relacionada a um aumento no teor de PB, o que geralmente proporciona aumento na concentração do N ruminal que favorece a síntese de proteína microbiana e aumentos na flora microbiana melhorando, por sua vez, a digestibilidade da MS. Neste mesmo país, Pieper et al. (1974) avaliaram o valor nutritivo de *Bouteloua gracilis* (H.B.K) Lag. ex Griffiths submetida a dois níveis de N (0 e 45 kg/ha/ano), com uma única aplicação no início da primavera. Os resultados apresentaram um teor de PB de 9,4% para as plantas adubadas comparado aos 6,9% das não adubadas, ou seja, houve um aumento de 36,23% no teor de PB, o que é um aumento considerável na qualidade da forragem.

Pettit; Fagan (1974) verificaram aumento proporcional de 6,65; 7,77; 7,78; 9,05 e 10,63% para os níveis de zero, 30, 60, 90 e 120 kg/ha/ano/N, respectivamente, sendo estatisticamente distintas entre si. Gillen; Berg (1998) avaliando o efeito da adubação com 0 e 35 kg/ha/ano/N, observaram aumentos na concentração de PB de 8,2 para 10,3% em junho e de 4,1 para 4,6 em agosto. Woolfolk et al. (1975) avaliaram os efeitos da queima e adubação nitrogenada de uma pastagem natural dominada por *Andropogon gerardi* Vitman, através dos tratamentos: controle sem N e sem queima, um com queima (QU), um sem queima com 48 kg/ha/ano/N (NI), e um com queima e 48 kg/ha/ano/N (QN); o conteúdo de PB da dieta (coletada por fístulas esofageanas) foram de 10,24; 10,89; 10,95 e 11,15% para os tratamentos controle, NI, QU e QN, respectivamente.

Gomes et al., (2000) salienta que o valor nutritivo da forragem também pode ser melhorado, destacando-se o efeito direto pelo aumento no teor de PB (pela aplicação de N) e, indiretamente, pela maior participação de espécies mais nobres. Fedrigo et al. (2021) avaliou a efetividade do diferimento de primavera associado

com a fertilização de diferentes níveis de calcário (0 e 1500 kg/ha), fósforo (0 e 90 kg/ha) e nitrogênio (0, 75, 150, 300 kg/ha). Os teores de PB observados em tal momento chegaram a 14% com os maiores níveis de N. Segundo os autores, sem a fertilização com N, são necessários 70 dias para atingir 12cm de altura, enquanto com 200 kg/ha/N, a mesma altura foi alcançada em quase metade do tempo e dobrando o teor de PB.

Em contrapartida, tem-se observado que níveis baixos de N não chegam a provocar um aumento nos teores de PB. Silva et al. (1996), avaliando a resposta de N sobre um campo natural, concluíram que níveis ou frações abaixo de 100 kg/ha/N não trazem benefício algum à qualidade da forragem. De acordo com Reid (1966); Semple (1974); Whitehead (1995); Siewerdt et al. (1995), os máximos rendimentos em PB alcançam-se com níveis maiores que aqueles necessárias para produzir altos rendimentos de MFS.

Correa et al. (2006) não observaram efeito positivo do N no teor de PB em campo natural, resultado atribuído ao longo tempo entre a aplicação do nutriente e a avaliação da forrageira (42 dias). Corroborando, Beskow et al. (2000) constataram que as épocas de corte diminuem o teor de PB, atingindo valores de 6,56% no terceiro corte comparado com 8,19% no primeiro corte. Os resultados da literatura mostram que ocorre redução na percentagem de PB com o avanço do estágio de desenvolvimento das plantas forrageiras, ou com o aumento da MS, ou do resíduo pós-pastejo (MOOJEN; MARASCHIN, 2002; SALDANHA, 2005). Em outras palavras, a utilização em um tempo mais longo após a aplicação do fertilizante nitrogenado (como no caso do diferimento ou fenação) implica em obter maior quantidade de MFS com menor concentração de PB.

5 Materiais e métodos

O experimento foi conduzido em área de campo natural no Centro Agropecuário da Palma, Universidade Federal de Pelotas, localizado no município de Capão do Leão - RS, km 535 da BR 116. A área situa-se na região fisiográfica do Rio Grande do Sul denominada Litoral Sul. As coordenadas são: latitude 31°52'00" Sul; longitude 52°21'24" Oeste, e altitude de 7 metros acima do nível do mar.

O solo pertence à unidade de mapeamento Pelotas, classificado como Planossolo hidromórfico eutrófico solódico (EMBRAPA, 1999). Esta unidade de mapeamento compreende relevos planos, com solos de textura argilosa e medianamente profundos. A maior parte da área apresenta pH ácido (com baixa acidez nociva), com saturação de bases de baixa a média e teores médios de matéria orgânica. A principal limitação destes solos diz respeito a má drenagem, consequência de um horizonte B impermeável e pouco poroso. A análise química do solo anterior ao início do experimento e após o primeiro ano experimental é apresentada na tabela 3.

Tabela 3. Características químicas do solo antes do início do experimento e após o primeiro ano experimental a respectivas interpretações segundo a Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (2016).

Argila (%)	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	MO (g/dm ³)	pH _{água}	CTC (pH 7,0)	Ca + Mg (cmol _c /dm ³)	Al (cmol _c /dm ³)	V* (%)
Ano 1								
≤20	2,7	36	2,9	4,3	5,9	2,9	0,9	51
Classe 4	Muito baixo	Médio	Médio		Baixa	Médio		
Ano 2								
21-40	3,0	37	2,5	4,8	5,9	1,8	1,5	32
Classe 3	Muito baixo	Médio	Baixa		Baixa	Baixo		

$$*V(\%) = (Ca+Mg+K/CTC_{pH\ 7,0}) \times 100$$

O clima da região, segundo a classificação Köppen, é do tipo Cfa (MOTA, 1953), cujas letras apresentam o seguinte significado: C = climas temperados quentes, em que a temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C e superior a -3°C; f = em nenhum mês a precipitação é inferior a 60mm; a = a temperatura do mês mais quente é superior a 22°C. O clima é considerado como temperado úmido com ocorrência de secas não muito intensas no verão. O inverno e a primavera são estações chuvosas, enquanto que o outono é uma estação mais seca (ALVARES et al., 2013). Os dados meteorológicos mensais referentes ao período experimental

são apresentados na Tabela 4. Os mesmos dados discriminados por decêndios encontram-se nos Anexos 1 e 2.

Tabela 4. Precipitação pluviométrica total e temperaturas médias referentes ao período experimental.

Mês/Ano	Precipitação (mm)		Temperatura (°C)	
	Normal	Ocorrida	Normal	Ocorrida
out/92	105,0	74,4	17,3	17,7
nov/92	78,0	69,9	19,2	18,8
dez/92	85,0	67,4	21,6	21,4
jan/93	120,0	173,3	22,3	24,0
fev/93	100,0	141,6	22,5	22,8
mar/93	113,0	34,0	21,5	22,4
abr/93	75,0	84,6	18,1	20,4
mai/93	77,0	206,6	17,6	15,7
jun/93	96,0	78,7	13,2	12,8
jul/93	136,0	128,9	12,4	11,0
ago/93	129,0	59,2	13,1	13,2
set/93	132,0	34,4	15,0	14,1
out/93	105,0	143,9	17,3	18,4
nov/93	78,0	158,1	19,2	20,5
dez/93	85,0	146,6	21,6	21,9
jan/94	120,0	64,4	22,3	22,3
fev/94	100,0	251,6	22,5	22,5
mar/94	113,0	74,1	21,5	21,6
abr/94	75,0	49,8	18,1	18,1
mai/94	77,0	101,6	17,6	17,7
jun/94	96,0	107,7	13,2	13,2
jul/94	136,0	142,6	12,4	12,2
ago/94	129,0	76,4	13,1	12,9
set/94	132,0	76,0	15,0	16,3
out/94	105,0	208,0	17,3	17,9
nov/94	78,0	36,6	19,2	20,0
dez/94	85,0	76,4	21,6	23,9
jan/95	120,0	75,4	22,3	23,6
fev/95	100,0	169,4	22,5	22,5
mar/95	113,0	126,0	21,5	21,2
abr/95	75,0	106,8	18,1	18,3

Fonte: Estação Agroclimatológica da EMBRAPA/UFPEL/INMET.

Quanto a vegetação, nos campos litorâneos há presença marcante de espécies prostradas, estoloníferas ou rizomatosas, cobrindo bem o solo. As gramíneas habitam solos medianamente drenados e as ciperáceas, solos mal drenados, caracterizando estes campos. Comparado com outras regiões do Estado,

as compostas apresentam baixa riqueza específica (BOLDRINI, 2009). Assim, na área experimental identificaram-se espécies de plantas forrageiras pertencentes ao gênero *Paspalum*, *Axonopus*, *Bothriochloa*, *Andropogon*, *Eragrostis*, *Ischaemum*, *Panicum*, *Piptochaetium*, *Aristida*, *Stipa*, *Briza* e, minoritariamente, *Desmodium*, *Medicago*, *Adesmia* e *Vicia*. Ainda, com frequência escassa, espécies de outras famílias botânicas entre elas *Asteraceae* (anteriormente conhecida como *Compositae*), *Plantaginaceae*, *Solanaceae*, *Apiaceae* (anteriormente conhecida como *Umbelliferae*), *Verbenaceae* e *Cyperaceae*. Antes do início do experimento, a área era utilizada para pastejo de bovinos de leite e ovinos.

Os tratamentos constaram de oito níveis de fertilização nitrogenada na primavera e verão (0, 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280 kg/ha de N) e no outono (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 kg/ha de N), sob a forma de sulfato de amônio (21% N e 24% S). Os mesmos foram dispostos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições, com parcelas experimentais medindo 28m² (4 x 7m). A aplicação se deu em cobertura (manualmente) de forma fracionada, sendo cada tratamento dividido em cinco aplicações (20% cada), conforme apresentado no Quadro 1. Neste mesmo quadro pode-se verificar o total de nitrogênio aplicado no período experimental.

Os dados do presente trabalho foram obtidos nas estações de crescimento dos anos 1992/1993 (ano 1), 1993/1994 (ano 2) e 1994/1995 (ano 3) e são parte das dissertações de Nunes (1995), Lajús (1995) e Silva (1997), as quais tiveram seus experimentos repetidos na mesma área experimental.

No primeiro ano o experimento foi realizado sem adubação de base, apenas com a aplicação do N. No segundo e terceiro ano, no início do período experimental (primavera), foi feita adubação de base com 90 kg/ha de P₂O₅ e 60 kg/ha de K₂O, na forma de superfosfato triplo e cloreto de potássio, também aplicados em cobertura. Anualmente, também foi realizado um corte de uniformização com a retirada do material cortado sobre as parcelas.

Foram realizados três cortes (primavera, verão, outono) para avaliação da produção e qualidade da forragem (Quadro 1), utilizando-se uma segadeira mecânica do tipo “barra horizontal”. Os cortes foram realizados em todas as parcelas simultaneamente (NORO et al., 2003; COELHO et al., 2015), quando as plantas dos tratamentos com adubação nitrogenada ≥120 kg/ha/N (anterior aos cortes de primavera e verão) ou 60 kg/ha/N (anterior ao corte de outono) alcançavam 25-30cm

de altura, deixando-se resíduo de aproximadamente 3cm do solo. Por ocasião do corte procedia-se a eliminação de uma bordadura com 1m de largura em todas as parcelas, permanecendo uma área útil de 10m² por parcela para coleta da forragem.

Quadro 1. Detalhamento do cronograma experimental.

ATIVIDADE E DATA	TRATAMENTOS (kg/ha de N aplicados)							
01/10/92 – Corte de uniformização 01/10/93 – Corte de uniformização + Adubação de base 01/10/94 – Corte de uniformização + Adubação de base								
1º aplicação de N 15/10/92 01/10/93 14/10/94	0	20	40	60	80	100	120	140
2º aplicação de N 15/11/92 01/11/93 18/11/94	0	20	40	60	80	100	120	140
TOTAL DE NITROGÊNIO APLICADO ATÉ O CORTE DE PRIMAVERA (kg/ha)	0	40	80	120	160	200	240	280
CORTE DE PRIMAVERA 16/12/92 – 75 dias desde o corte de uniformização 19/11/93 – 48 dias desde o corte de uniformização 19/12/94 – 78 dias desde o corte de uniformização								
1º aplicação de N 16/12/92 01/12/93 21/12/94	0	20	40	60	80	100	120	140
2º aplicação de N 15/01/93 01/01/94 20/01/95	0	20	40	60	80	100	120	140
TOTAL DE NITROGÊNIO APLICADO ENTRE OS CORTES DE VERÃO E DE PRIMAVERA (kg/ha)	0	40	80	120	160	200	240	280
CORTE DE VERÃO 12/02/93 – 56 dias desde o corte de primavera 31/01/94 – 72 dias desde o corte de primavera 13/02/95 – 54 dias desde o corte de primavera								
Aplicação única de N 15/02/93 01/02/94 22/02/95	0	20	40	60	80	100	120	140
TOTAL DE NITROGÊNIO APLICADO ENTRE OS CORTES DE VERÃO E DE OUTONO (kg/ha)	0	20	40	60	80	100	120	140
CORTE DE OUTONO 15/05/93 – 93 dias desde o corte de verão 18/05/94 – 108 dias desde o corte de verão 11/04/95 – 58 dias desde o corte de verão								
TOTAL DE NITROGÊNIO APLICADO NO PERÍODO EXPERIMENTAL (kg/ha)	0	100	200	300	400	500	600	700

No segundo ano experimental, as parcelas dos tratamentos zero, 40 e 80 kg/ha/N (anterior aos cortes de primavera e verão), e zero, 20 e 40 kg/ha/N (anterior ao corte de outono), foram perdidas. No terceiro ano experimental todos os resultados da massa de forragem dos tratamentos 240 kg/ha/N (anterior aos cortes de primavera e verão), e 120 kg/ha/N (anterior ao corte de outono), foram perdidos.

Após o corte, a forragem da área útil foi recolhida e pesada ainda no campo para determinação da massa de forragem verde, retirando-se uma amostra representativa da mesma (aproximadamente 0,700kg) para determinações laboratoriais. No laboratório, as amostras de forragem verde foram pesadas e submetidas a secagem em estufa com circulação de ar forçada à temperatura de $\pm 65^{\circ}\text{C}$, até peso constante, para determinação do conteúdo de matéria seca (g/kg). A forragem seca foi moída em moinho tipo Willey com malha de 2mm, acondicionada em sacos plásticos e convenientemente armazenada até a realização das análises químicas posteriores.

O N total foi determinado pelo método micro Kjeldahl (TEDESCO et al., 1985), utilizando peróxido de hidrogênio e selenito de sódio para acelerar a digestão das amostras. A concentração de proteína bruta foi obtida pela multiplicação do percentual de N total pelo fator de conversão 6,25 ($\text{PB} = \% \text{N} \times 6,25$).

A taxa de acúmulo foi calculada pela divisão entre o valor da massa de forragem no dia do corte e o número de dias de intervalo entre cortes.

Considerou-se como fatores de tratamento os anos experimentais, com três níveis, e a adubação nitrogenada, com oito níveis, ambos anteriormente descritos. Após serem avaliados quanto a sua normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ($P \geq 0,05$), os dados de cada estação de crescimento (primavera, verão e outono) foram analisados através de ANOVA, teste de comparação de médias de Tukey e regressão polinomial, conforme o caso, todos com $P \leq 0,05$. Todas as análises foram realizadas com uso da versão acadêmica do pacote estatístico SAS[®] (*Statistical Analysis System*). O percentual de contribuição dos fatores de tratamento e suas interações para o modelo foi calculado com a seguinte fórmula: Contribuição (%) = $(\text{SQ do fator avaliado} / \text{SQ Total}) \times 100$.

6. Resultados e Discussão

6.1 Corte de primavera

Os efeitos principais de ano e nível de nitrogênio (N) foram significativos ($P \leq 0,0001$) para todas as variáveis (Tabela 5). Algumas interações entre esses efeitos foram observadas, no entanto, pequenas em magnitude em comparação com as maiores influências do ano (condições ambientais) e do nível de N.

Tabela 5. *F*-values, significância e percentual de contribuição para o modelo dos fatores de tratamento e interações para massa de forragem seca (MFS), taxa de acúmulo de forragem (TAF), teor de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) do corte de primavera.

Efeito	MFS			TAF			MS			PB		
	<i>F</i> -value	<i>Pr</i> > <i>F</i>	%	<i>F</i> -value	<i>Pr</i> > <i>F</i>	%	<i>F</i> -value	<i>Pr</i> > <i>F</i>	%	<i>F</i> -value	<i>Pr</i> > <i>F</i>	%
Ano	36,84	<0,0001	31,5	149,88	<0,0001	66,6	332,17	<0,0001	82,9	22,63	<0,0001	16,8
Nível de N	36,84	<0,0001	56,6	16,85	<0,0001	26,2	12,02	<0,0001	10,5	28,15	<0,0001	73,0
Ano x Nível	1,43	0,1816	6,7	1,96	0,0492	4,8	2,65	0,0079	3,6	2,43	0,0141	9,9

6.1.1 Massa de forragem seca (MFS)

O nível de N apresentou o maior efeito sobre a MFS, respondendo pela maior parte da variância observada (56,6%), sendo seguido pelo ano (31,5%) (Tabela 5). O efeito de nível de N na massa de forragem seca é verificado na Figura 1.

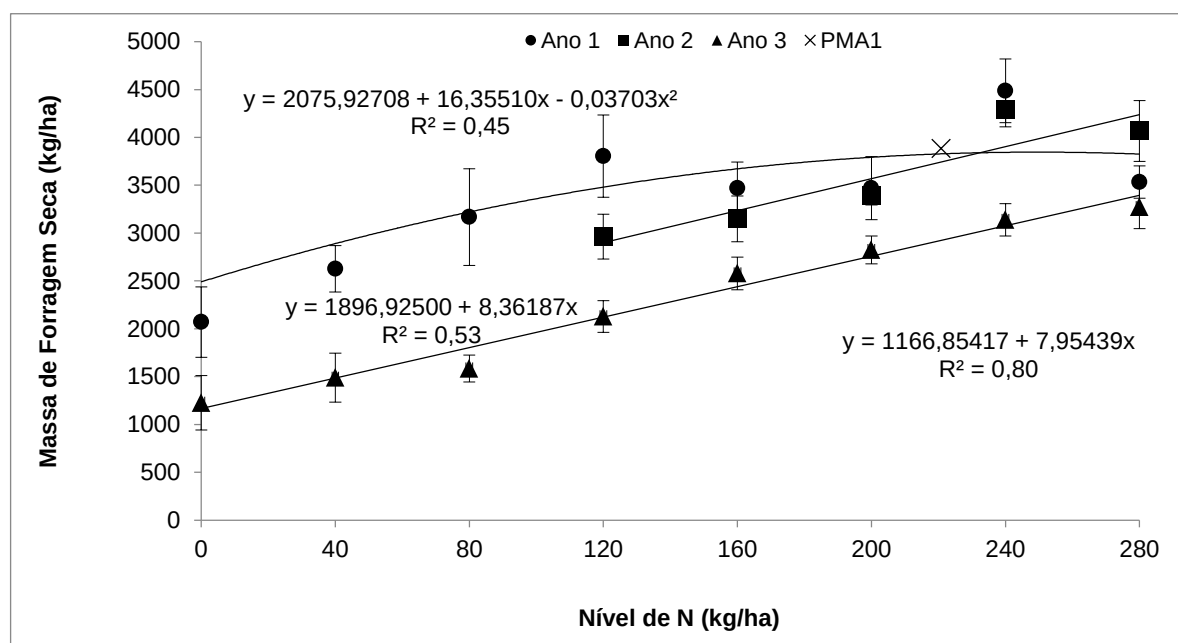


Figura 1. Massa de forragem seca ($\pm$ EP) no corte de primavera de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada.

Quando comparadas as MFS médias entre os anos, verificou-se superioridade dos anos 1 (3328,8 kg/ha) e 2 (3569,3 kg/ha), que não diferiram entre si, em relação ao ano 3 (2280,47 kg/ha). Neste último ano, após a primeira aplicação de N (outubro) ocorreram quatro dias de chuva que proporcionaram 68mm dos 139,6mm ocorridos no segundo decêndio do mês de outubro, já superando a média normal do mês, 105mm (Anexo A). Esse excesso de chuva contribuiu para a lixiviação do N aplicado e diminuição da utilização do mesmo pelas plantas, mesmo considerando-se a utilização de sulfato de amônio, fonte de N menos sujeita a perdas por lixiviação. O N na forma de amônio, por ser um cátion (carga positiva), pode ser retido pela CTC do solo. Em especial nos solos brasileiros, onde há predominância de cargas negativas. Ou seja, quanto maior a quantidade de cargas negativas no solo, maior a retenção de cátions. Em adição, nos meses de novembro e dezembro, a pluviosidade ficou abaixo da normal, com destaque para o mês de novembro, no qual choveu somente 47% do esperado (Tabela 4).

Mesmo sob condições climáticas diferentes, os resultados mostram o potencial de produção de forragem do campo natural de Planossolo em resposta à adubação nitrogenada. Alcançou-se produtividade máxima de 3881,8 kg/ha/MFS no ano 1, considerando-se a aplicação de 220,8 kg/ha/N, ou seja, um acréscimo de 16,3 kg/ha de MFS para cada kg de N aplicado (Figura 1). A resposta quadrática indica que a pastagem poderia responder ainda mais a aplicação de N, se estivesse submetida a condições hídricas normais (Tabela 2). No ano 2 e 3 verificou-se resposta linear da MFS à aplicação de N, sendo superior no ano em que a disponibilidade hídrica não foi limitante (ano 2). Nestes, a produtividade observada foi respectivamente 4238,2 e 3394,0 kg/ha quando aplicados 280 kg/ha/N. Santos et al. (2008) observaram resultados semelhantes em campo natural da depressão central (RS) obtendo 6,1 e 7,1 kg/ha/MFS adicional (em relação ao tratamento zero N) para cada kg de N aplicado, nos níveis de 100 e 200 kg/ha/N, respectivamente. Ayala; Carámbula (1994) em campo natural de Brunosolo Subeutrico, relataram valores de eficiência de utilização do N para o inverno e verão de 1,5 e 14 kg/ha/MFS por kg/N, respectivamente.

Salienta-se que, sem a adição de N, a produtividade média dos três anos foi de 1713,2 kg/ha/MFS do campo natural na primavera, 44,6% do potencial máximo obtido com a fertilização nitrogenada (3838,0 kg/ha/MFS). Com a adição de N, as MFS foram superiores, no entanto, conforme SIEWERDT et al., (1995) a aplicação

de pequenos níveis deste nutriente não promove efeito favorável no desenvolvimento da forragem.

6.1.2 Taxa de acúmulo de forragem (TAF)

Apesar da interação significativa, o efeito das condições ambientais (ano) apresentou maior efeito sobre a TAF, respondendo por 66,6% da variância (Tabela 5), sendo seguido pelo nível de N (26,2%).

A TAF média diferiu entre os três anos experimentais. O ano 2 (74,36 kg/ha/MFS/dia) e 3 (29,24 kg/ha/MFS/dia) responderam de forma linear positiva com o aumento dos níveis de N, porém, da mesma forma como ocorrido com a MFS, no ano 1 (44,38 kg/ha/MFS/dia), o ponto de máximo acúmulo de forragem foi alcançado quando se aplicou 220,8 kg/ha/N, resultando em uma TAF de 51,76 kg/ha/MFS/dia (Figura 2). Neste ano, a ocorrência de baixa precipitação pluviométrica que antecedeu o corte (Tabela 4), caracterizou uma primavera seca comparada às médias normais para a região. Ainda assim, a TAF do ano 1 foi maior que a observada no ano 3, pelas condições climáticas adversas, conforme já discutido na MFS.

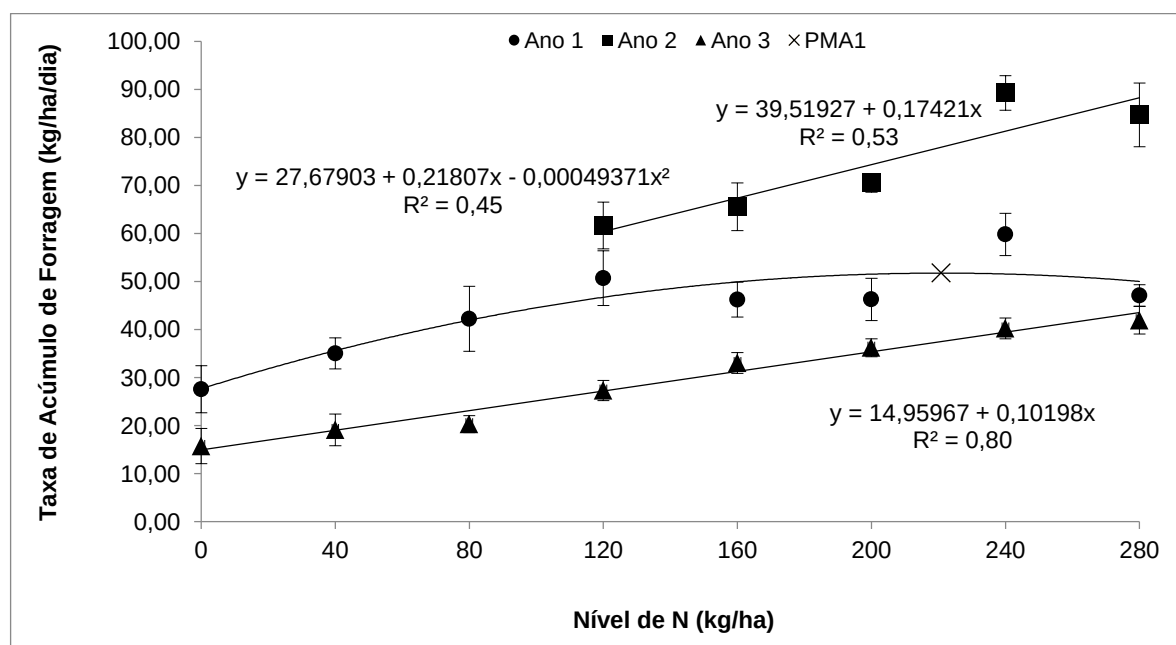


Figura 2. Taxa de acúmulo ($\pm$ EP) no corte de primavera de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada. *PMA1: Ponto de máximo acúmulo de forragem no ano 1.

Segundo Carvalho (2006b), sem haver nenhuma intervenção antrópica, a TAF em campo natural pode atingir 25-35 kg/ha/MFS entre a primavera e o verão.

No entanto, no presente estudo, observou-se que, independentemente dos anos, com a adição de N, as TAFs foram superiores (Figura 2). Esse aumento no acúmulo de forragem representa maior participação de forragem verde e jovem, com elevado teor de carboidratos solúveis, proteínas, minerais e vitaminas (REIS et al., 2005).

6.1.3 Conteúdo de matéria seca (MS)

O fator ano respondeu por 82,9% da variância sobre a MS, seguido pelo nível de N (10,5%), sendo baixo o efeito da interação entre estes (Tabela 5).

No ano 1 a análise de regressão não foi significativa ($P \geq 0,05$), porém nos anos 2 e 3 houve diminuição no conteúdo de MS com a elevação dos níveis da adubação nitrogenada (Figura 3).

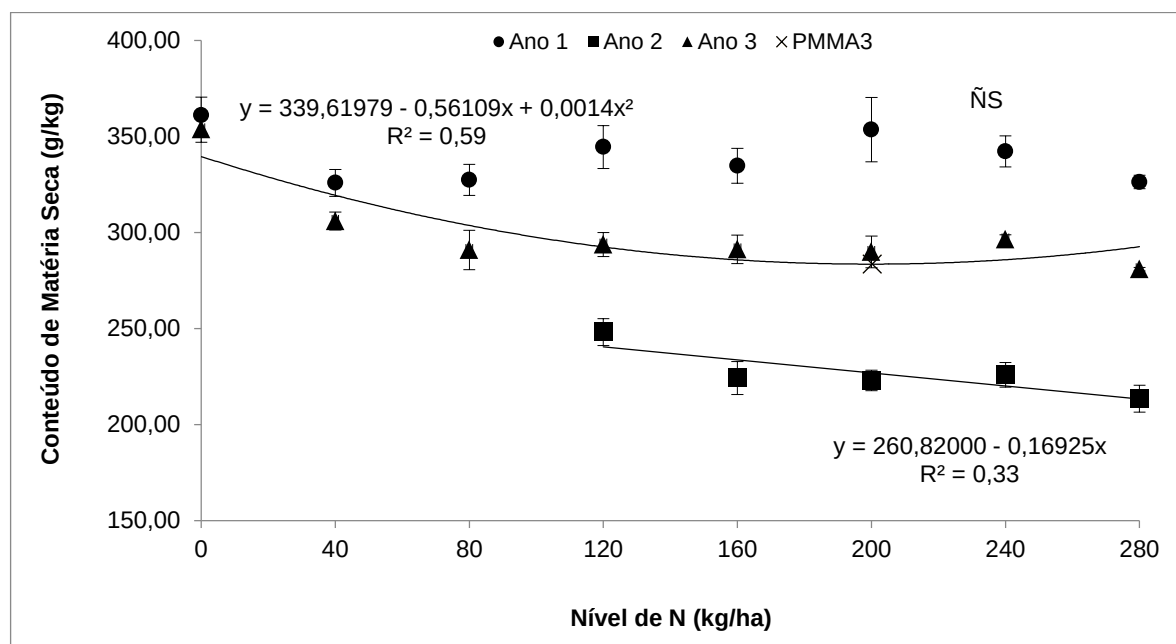


Figura 3. Conteúdo de matéria seca ($\pm$ EP) no corte de primavera de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada. *PMMA3: Ponto de mínimo conteúdo de matéria seca na forragem no ano 3.

Nota-se que o conteúdo médio de MS no ano 2 (227,0 g/kg/MS) é significativamente menor em relação aos dos anos 1 (339,5 g/kg/MS) e 3 (300,4 g/kg/MS), que também diferem entre si. Ao relacionarmos esse resultado com as condições climáticas, verifica-se que no ano 2 a precipitação nos meses que antecederam o primeiro corte (outubro, novembro e dezembro) foi 37,0%, 102,7% e 72,5% maior que a normal, respectivamente (Tabela 4). Conforme Gastal; Durand (2000) a maior disponibilidade de água no solo pode levar à, também maior,

absorção de água pelas plantas, o que alteraria (para menor) a MS da forragem. Neste sentido, Lopes et al. (2011) e Magalhães et al. (2011), utilizando níveis de até 150 e 300 kg/ha/N em *Brachiaria brizantha* e *B. decumbens*, respectivamente, verificaram que o conteúdo de MS reduziu à medida que aumentou a disponibilidade de água no solo.

Verificou-se que o conteúdo de MS diminuiu conforme o aumento dos níveis de N. Nesse sentido, segundo Black (1963), se o suprimento de N e outros fatores (água e insolação) permitirem o crescimento da planta, a tendência é de utilização dos carboidratos disponíveis para formar células e protoplasma, ao invés de provocar o espessamento das paredes celulares pelo acúmulo desses carboidratos. Assim, as células produzidas sob essas condições tendem a ser grandes e de pouca espessura com elevada suculência.

Outro fato que se observa, é que a fertilização no estágio vegetativo potencializa o crescimento de folhas novas (NABINGER et al. 2009). No entanto, considerando uma maior relação folha/colmo, explicaria, também, a redução no conteúdo de MS com o incremento dos níveis de N.

6.1.4 Concentração de proteína bruta (PB)

Para a concentração de proteína bruta (PB), mesmo indicando interação para o efeito ano e níveis de N, este segundo fator de tratamento respondeu pela maior parte da variância observada (73,0%), sendo seguido pelo ano (16,8%) (Tabela 5).

Na medida em que se aumentaram os níveis de nitrogênio aplicado sobre o campo natural, obteve-se aumento linear na concentração de PB, conforme observado na Figura 4. A menor resposta à aplicação de N observada no ano 3 (0,15 g/kg/PB por kg/N), em que a concentração média de PB foi de 79,5 g/kg, possivelmente se deve a variação climática já citada anteriormente. Para os anos 1 (91,5 g/kg/PB) e 2 (105,7 g/kg/PB), obteve-se acréscimos de 0,16 e 0,18 g/kg/PB por kg/N, totalizando 114,0 e 120,0 g/kg nos maiores nível de N, respectivamente. Todavia, é possível que concentrações ainda maiores sejam encontradas com níveis de adubação nitrogenada mais pesados, tendo em vista que até 280 kg/ha/N não se alcançou o ponto de máxima concentração em nenhum dos anos experimentais. Por sua vez, a concentração apresentada pelo campo natural sem a adição de N foi de somente 65,5 g/kg/PB.

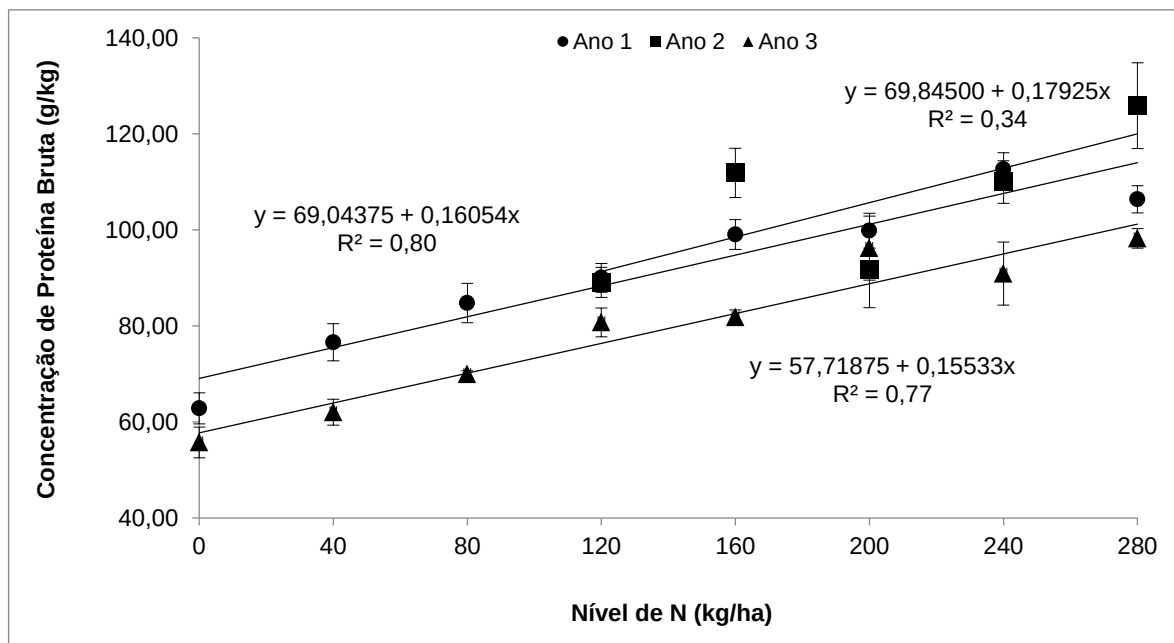


Figura 4. Concentração de proteína bruta ($\pm$ EP) no corte de primavera de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada.

Essa alteração na concentração de PB pela aplicação de nitrogênio representa um importante efeito da fertilização sobre a qualidade da forragem. Maiores acúmulos de produtos nitrogenados e proteínas causam diluição da fração de parede celular, incrementando a digestibilidade (VAN SOEST, 1994).

6.2 Corte de verão

Os efeitos principais de ano e nível de nitrogênio (N) foram significativos ($P \leq 0,0001$) para todas as variáveis (Tabela 6). Algumas interações entre esses efeitos foram observadas, no entanto, pequenas em magnitude em comparação com as maiores influências do ano (condições ambientais) e do nível de N.

Tabela 6. F-values, significância e percentual de contribuição para o modelo dos fatores de tratamento e interações para massa de forragem seca (MFS), taxa de acúmulo de forragem (TAF), conteúdo de matéria seca (MS) e concentração de proteína bruta (PB) do corte de verão.

Efeito	MFS			TAF			MS			PB		
	F-value	Pr > F	%	F-value	Pr > F	%	F-value	Pr > F	%	F-value	Pr > F	%
Ano	128,03	<0,0001	84,2	88,21	<0,0001	77,1	286,50	<0,0001	93,5	274,23	<0,0001	77,9
Nível de N	19,22	<0,0001	12,6	21,71	<0,0001	19,0	5,82	<0,0001	1,9	74,91	<0,0001	21,3
Ano x Nível	3,30	0,0014	2,2	2,86	0,0045	2,5	6,11	<0,0001	1,2	1,84	0,665	0,5

6.2.1 Massa de forragem seca (MFS)

Ainda que tenha ocorrido interação significativa, o efeito do ano apresentou maior efeito sobre a MFS, respondendo por 84,2% da variância (Tabela 6), sendo seguido pelo nível de N (12,6%). O modelo ajustou-se à regressão quadrática nos anos 1 e 3, e linear no ano 2, conforme verificado na Figura 5.

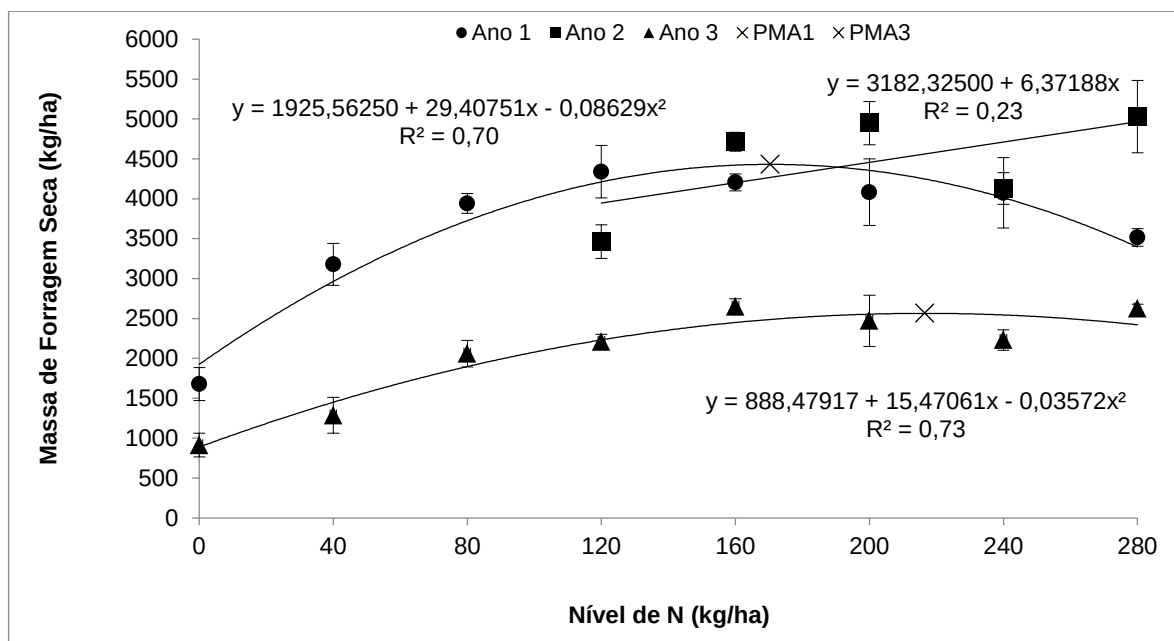


Figura 5. Massa de forragem seca ($\pm$ EP) no corte de verão de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada. *PMA1: Ponto de máxima massa de forragem seca no ano 1. PMA3: Ponto de máxima massa de forragem seca no ano 3.

A MFS diferiu entre os anos 1, 2 e 3, com valores médios de 3626,63, 4456,70 e 2054,31 kg/ha/MFS, respectivamente. Verificou-se que em todos os anos experimentais a adubação nitrogenada proporcionou maior MFS em relação ao tratamento zero kg/ha/N (média de 1294,8 kg/ha/MFS). A ocorrência de precipitações nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (Tabela 4), e sua não coincidência com as aplicações de N (Quadro 1), contribuíram para a maior produtividade de MFS, pela menor lixiviação. Observa-se que o máximo retorno à aplicação de N se deu no nível 170,4 kg/ha/N (ano 1) e 216,6 kg/ha/N (ano 3), com produtividades de 4431,0 e 2563,6 kg/ha de MFS, respectivamente.

No ano 3 ocorreu déficit hídrico anterior ao corte (Tabela 4), sendo observadas precipitações com volume adequado apenas no segundo decêndio de fevereiro (Anexo A), ou seja, posterior ao corte (Quadro 1). Assim, a MFS produzida foi menor e necessitou maiores quantidades de N para atingir o ponto de máxima

produtividade, ou seja, 46,2 kg/ha a mais de N para produzir aproximadamente 72,8% a menos de forragem, quando comparado ao ano 1. Essa tendência de resposta do N indica que não é interessante que a adubação seja feita sob condições climáticas desfavoráveis (NÚÑEZ et al., 2022). De fato, em condições de déficit hídrico as plantas determinam mecanismos de escape à falta de água com consequência imediata sobre a capacidade de assimilação de nutrientes, em especial o N, que é absorvido pela planta por fluxo de massa via solução do solo, sendo altamente dependente das condições de umidade do solo (LEEGOOD, 1996; SANDERSON et al., 1997). Portanto, mesmo com boa disponibilidade de N, a água é imprescindível para a magnitude dos efeitos deste nutriente expressos em MFS produzida (KNAPP et al., 2001).

Na maioria dos experimentos relatados na literatura, os níveis de N aplicados não ultrapassam 250 kg/ha/ano, com respostas crescentes de acúmulo de MFS. No entanto, naqueles sob níveis mais elevados de adubação (maiores que 300 kg/ha/ano) as respostas passaram a ser quadráticas, atingindo produtividade máxima entre 240 e 360 kg/ha/ano de N (TOWNSEND, 2008; MACHADO, 2014). Na região fisiográfica da Depressão Central, Townsend (2008), estudou as características produtivas de gramíneas nativas do gênero *Paspalum* em resposta a crescentes níveis de N (0, 60, 180, 360 kg/ha/ano). O biótipo “André da Rocha” teve sua resposta ajustada ao modelo quadrático, com ponto de inflexão próximo a 240 kg/ha/N. As respostas máximas dos biótipos de *P. notatum* se deram próximas a 300 kg/ha/N, enquanto os demais apresentaram resposta linear até o nível testado de 360 kg/ha/N. Machado (2014), na mesma região fisiográfica, submeteu os ecótipos de *P. notatum* Flüggé a diferentes níveis de fertilização nitrogenada (0, 60, 180 e 360 kg/ha/ano de N). Os ecótipos “48N”, “83N” e “Bagual” ajustaram-se ao modelo de regressão quadrático, com a máxima produtividade de massa seca de folhas acumuladas (526,6 e 493,8 g/linha) quando submetidos aos níveis de 360 e 280 kg/ha/ano/N. Estes resultados sugerem estimativas sobre o manejo quantitativo do N, não somente para o máximo retorno econômico, mas também para a apropriada manutenção do equilíbrio nutricional para a produção vegetal. Da perspectiva dos produtores em adotarem ou não esta tecnologia, a economia em recurso financeiro com a redução das quantidades ora utilizadas, pode ser decisivo na tomada de decisão.

6.2.2 Taxa de acúmulo de forragem (TAF)

O fator ano apresentou maior efeito sobre a TAF, respondendo por 77,1% da variância (Tabela 6), seguido pelo nível de N (19,0%). Da mesma forma como a MFS, o modelo ajustou-se à regressão quadrática nos anos 1 e 3, e linear no ano 2 (Figura 6), sendo que não houve diferença significativa ($P \geq 0,05$) entre os anos 1 (64,76 kg/ha/dia/MFS) e 2 (61,89 kg/ha/dia/MFS).

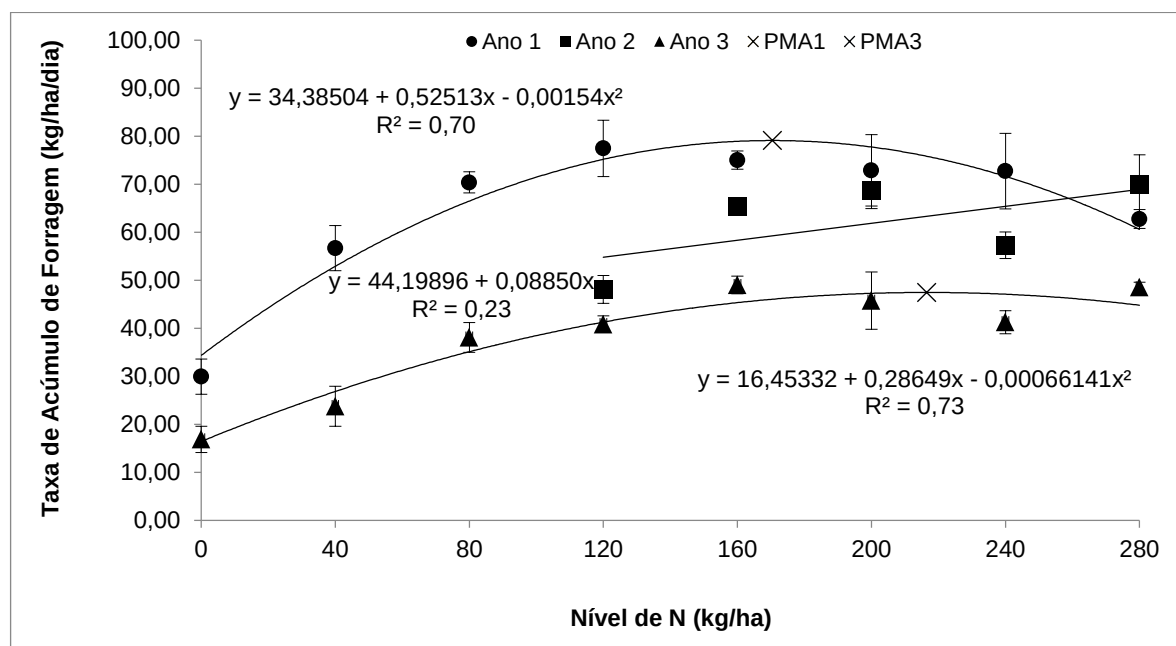


Figura 6. Taxa de acúmulo ($\pm$ EP) no corte de verão de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada. *PMA1: Ponto de máximo acúmulo de forragem no ano 1. PMA3: Ponto de máximo acúmulo de forragem no ano 3.

No ano 1 o ponto de máxima TAF (79,15 kg/ha/dia/MFS) foi obtida com 170,5 kg/ha/N. No ano 3, a TAF seguiu o mesmo comportamento descrito na MFS, sendo o ponto de máxima resposta determinado pela aplicação de 216,58 kg/ha/N e acúmulo de MFS significativamente inferior (47,48 kg/ha/dia) aos demais anos experimentais (Figura 6). Resultados que vão ao encontro do citado por Carámbula; Terra (2000), os quais comentam que, em resposta ao déficit hídrico, as plantas reduzem a área foliar, restringindo o surgimento de novas folhas, hastes e perfilhos, aumentando a morte foliar e promovendo alterações no metabolismo de proteínas, carboidratos e reguladores de crescimento. Há também, segundo Nelson; Moser (1994), atraso no desenvolvimento do caule e na maturidade da planta.

6.2.3 Conteúdo de matéria seca (MS)

Algumas interações entre os efeitos foram observadas, no entanto, foram pequenas em comparação com as maiores influências do ano (93,5%) e do nível de N (1,9%) (Tabela 6).

O conteúdo de matéria seca (MS) médio no ano 1 (253,30 g/kg/MS) foi o menor, quando comparado aos demais anos. Nos anos 2 e 3 as médias foram de 284,12 e 348,19 g/kg/MS, respectivamente, todas diferentes entre si. No ano 1, o MS reduziu com o aumento dos níveis de N, atingindo 237,91 g/kg/MS com 175,5 kg/ha/N, se elevando com adubações nitrogenadas mais pesadas, enquanto nos anos 2 e 3 obteve-se resposta linear positiva também com a elevação dos níveis de N (Figura 7).

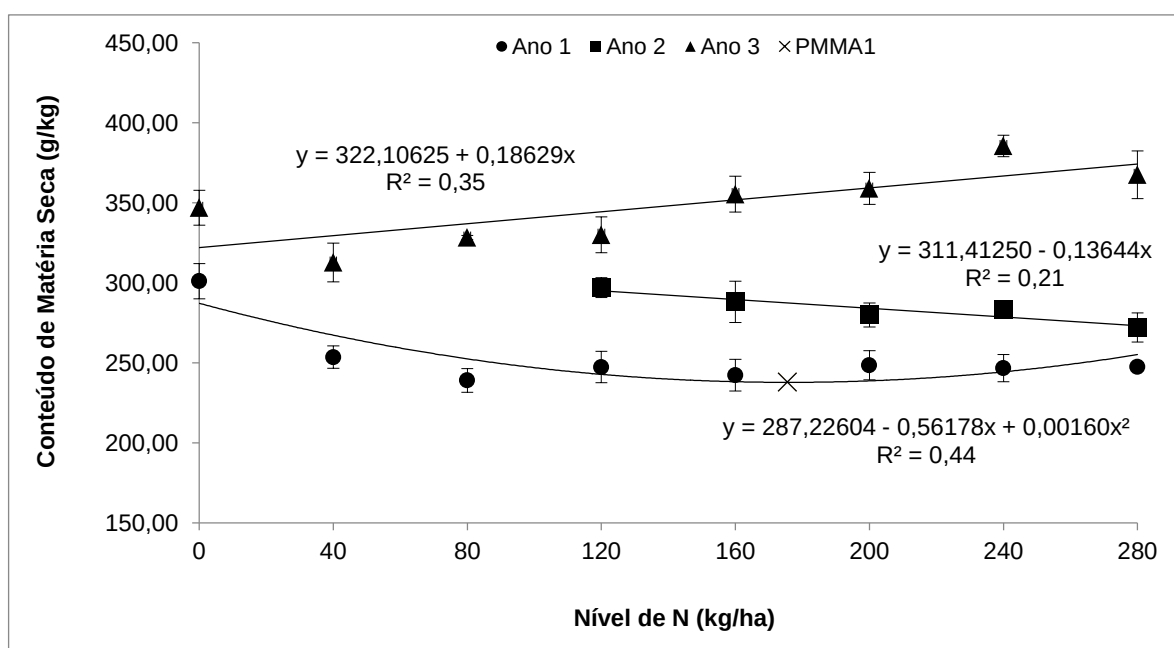


Figura 7. Conteúdo de matéria seca ($\pm$ EP) no corte de verão de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada. *PMMA1: Ponto de mínimo conteúdo de matéria seca na forragem no ano 1.

É importante observarmos que o corte de verão foi realizado no final do mês de janeiro (ano 2) e final da primeira quinzena do mês de fevereiro (anos 1 e 3) (Quadro 1), período em que a maioria das espécies do campo natural no RS encontram-se em pré-florescimento ou florescimento pleno (GROSSMAN; MOHRDIECK, 1956). Neste momento, o alongamento dos entrenós promove maior participação de caules na forragem com consequente aumento no conteúdo de MS (CAMARGO et al., 2012). Com o avanço natural do estágio fenológico, aliado ao

aumento na disponibilidade de N, as espécies modificaram sua prioridade de alocação de recursos, de produção de novas folhas e perfilhos para os perfilhos reprodutivos, aumentando ainda mais sua participação na MFS. No ano 3, provavelmente a condição limitante de clima, com baixa precipitação pluviométrica (Tabela 2), aliada ao avanço do ciclo fenológico, explique o significativo maior conteúdo de MS observado (Figura 7).

6.2.4 Concentração de proteína bruta (PB)

O ano apresentou o maior efeito sobre a PB, respondendo pela maior parte da variância observada (77,9%), sendo seguido pelo nível de N (21,3%) (Tabela 6). O efeito de nível de N na PB é verificado na Figura 8.

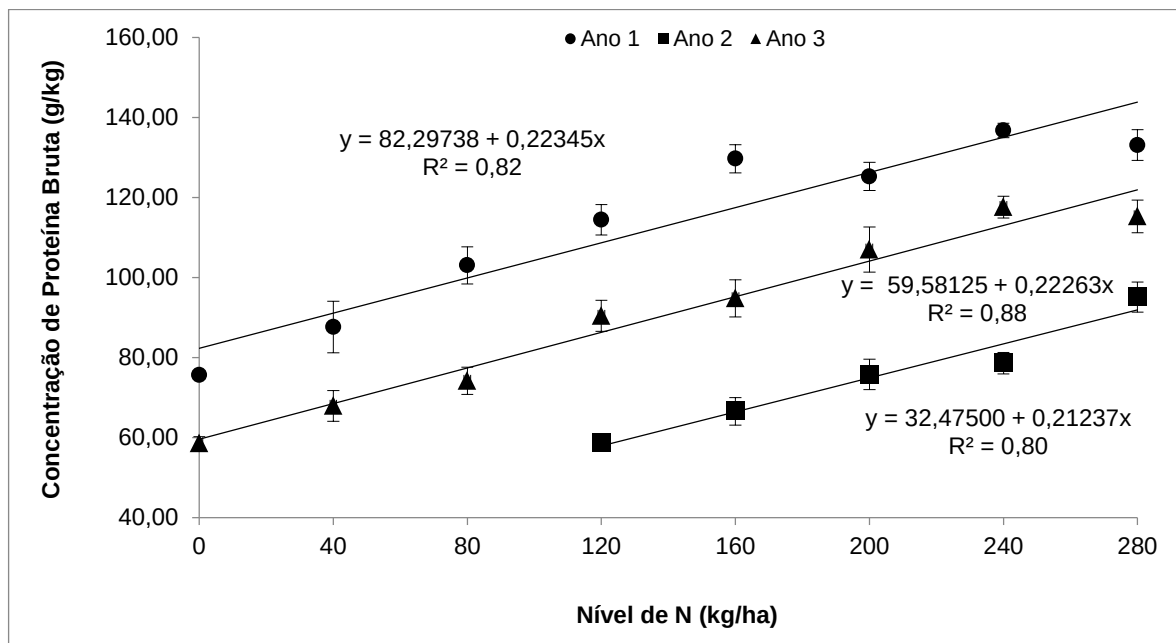


Figura 8. Concentração de proteína bruta ($\pm$ EP) no corte de verão de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada.

A maior concentração média de PB foi observada no ano 1 (112,57 g/kg), seguido pelo ano 3 (90,75 g/kg) e pelo ano 2 (74,95 g/kg), todos diferentes entre si. Em relação ao incremento dos níveis de N, observam-se acréscimos de 0,22 g/kg para cada kg/N, atingindo na média dos três anos 119,58 g/kg/PB com 280 kg/ha/N (Figura 8). Aumento significativo quando comparado a não aplicação de N (58,12 g/kg/PB em média). A análise desses resultados permite-nos afirmar que para a colheita de forragem neste momento fisiológico das plantas do campo natural, o uso da adubação nitrogenada é uma ferramenta para a melhoria de sua qualidade.

Cunha et al. (2001) avaliando a resposta de N sobre campo natural, obtiveram acréscimos de até 0,1147 e 0,0504 (1º e 2º corte), afirmando que níveis de N de até 200 kg/ha não foram suficientes para determinar a máxima concentração de PB na forragem. Silva et al. (1996) concluíram que níveis ou frações abaixo de 100 kg/ha/N não trazem benefício à qualidade da forragem. Os autores obtiveram incrementos na concentração de PB da ordem de 0,0044 g/kg para cada kg/N aplicado (na média de cinco cortes).

6.3 Corte de outono

Os efeitos principais de ano e nível de nitrogênio (N) foram significativos ($P \leq 0,0001$) para todas as variáveis (Tabela 7). Algumas interações entre esses efeitos foram observadas, no entanto, pequenas em magnitude em comparação com as maiores influências do ano (condições ambientais) e do nível de N.

Tabela 7. *F*-values, significância e percentual de contribuição para o modelo dos fatores de tratamento e interações para massa de forragem seca (MFS), taxa de acúmulo de forragem (TAF), conteúdo de matéria seca (MS) e concentração de proteína bruta (PB) do corte de outono.

Efeito	MFS			TAF			MS			PB		
	<i>F</i> -value	Pr > <i>F</i>	%	<i>F</i> -value	Pr > <i>F</i>	%	<i>F</i> -value	Pr > <i>F</i>	%	<i>F</i> -value	Pr > <i>F</i>	%
Ano	20,27	<0,0001	34,7	11,00	0,0001	17,2	34,56	<0,0001	39,4	145,90	<0,0001	44,5
Nível de N	8,27	<0,0001	49,6	10,63	<0,0001	58,2	6,83	<0,0001	27,2	50,69	<0,0001	54,1
Ano x Nível	1,93	0,0756	13,2	3,59	0,0022	22,5	4,39	<0,0001	27,5	0,76	0,6738	1,3

6.3.1 Massa de forragem seca (MFS)

O nível de N apresentou o maior efeito sobre a MFS do corte de outono, respondendo pela maior parte da variância observada (49,6%), sendo seguido pelo ano (34,7%) (Tabela 7). O ano 1 foi o que apresentou maior produtividade média (2347,9 kg/ha), seguido pelo ano 2 (2888,2) e ano 3 (1837,1 kg/ha), ambos significativamente diferentes entre si. Contudo, a análise de regressão para os níveis de N só foi significativa nos anos 1 e 3, obtendo-se efeito quadrático (Figura 9).

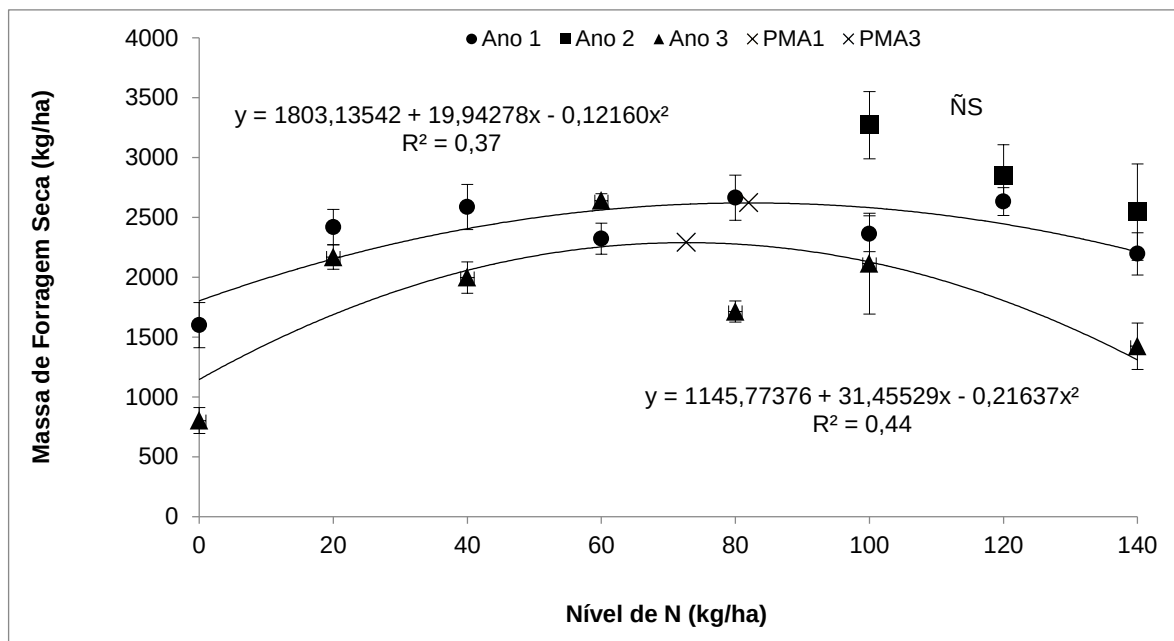


Figura 9. Massa de forragem seca ($\pm$ EP) no corte de outono de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada. *PMA1: Ponto de máxima massa de forragem seca no ano 1. PMA3: Ponto de máxima massa de forragem seca no ano 3.

Apesar da variabilidade dos resultados, os anos 1 e 3 apresentaram comportamento quadrático semelhante. Os respectivos anos atingiram a máxima produtividade de forragem seca, 2620,8 e 2289,0 kg/ha, nos níveis 82,0 e 72,7 kg/ha/N.

O corte de outono tende a apresentar menor produtividade em relação a cortes realizados durante a estação produtiva (primavera e verão), devido a influência das condições climáticas sobre o crescimento das plantas. Nesta época, a temperatura mais baixa e os dias mais curtos, que resultam em menor período de incidência solar, desfavorecem o crescimento de espécies estivais, principalmente as gramíneas (C4), que compõem a maior parte da biomassa produzida no campo natural (ROSA et al., 2017). Nota-se, portanto, a influência do N na produção de forragem do campo natural que, com a adição de, em média, 77,35 kg/ha/N, aumentou 40,0%, passando de 1474,5 para 2454,9 kg/ha/MFS.

6.3.2 Taxa de acúmulo de forragem (TAF)

A interação foi significativa entre os anos e os níveis de N na TAF, porém o nível de N respondeu pela maior parte da variância observada (58,2%), sendo seguido pelo ano (17,2%) (Tabela 7). O ajuste do modelo de regressão foi quadrático para os anos 1 e 3, com pontos de máximo acúmulo de 81,8 e 72,7

kg/ha/N, resultando em uma TAF de 28,16 e 39,47 kg/ha/dia/MFS, respectivamente. O ano 2 não foi significativo ($P \geq 0,05$) (Figura 10).

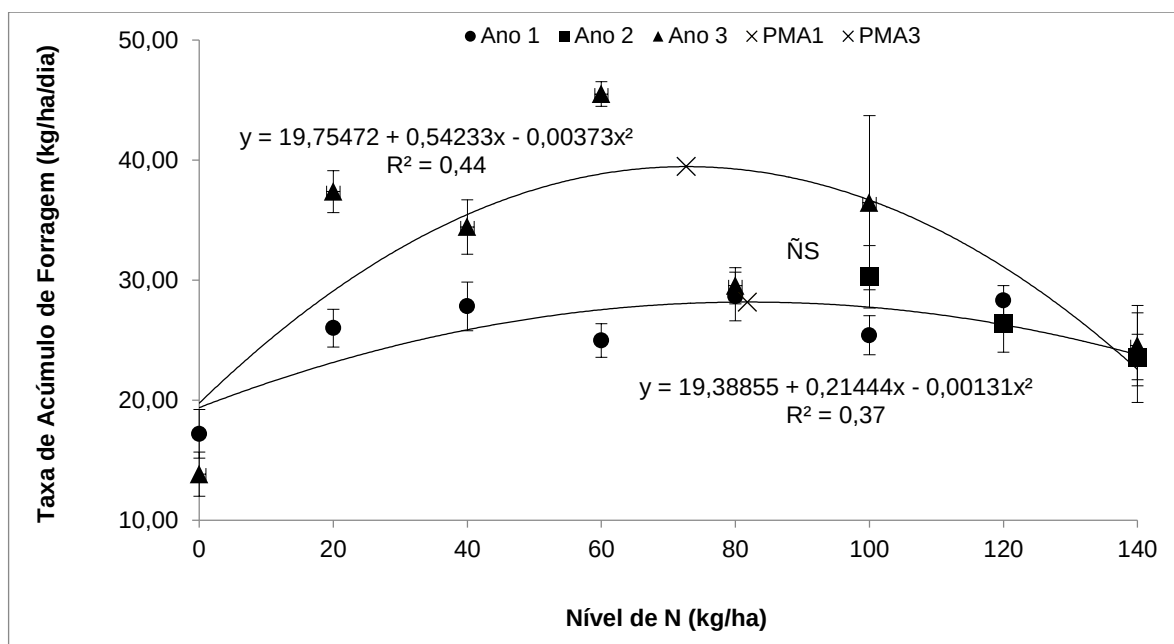


Figura 10. Taxa de acúmulo ($\pm EP$) no corte de outono de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada. *PMA1: Ponto de máximo acúmulo de forragem no ano 1. PMA3: Ponto de máximo acúmulo de forragem no ano 3.

A menor TAF observada no ano 1 provavelmente tenha ocorrido devido a distribuição irregular de chuvas no outono (Tabela 4) que interferiu na eficiência da fertilização nitrogenada. Consequentemente, houve prolongamento do IEC, coincidindo com período menos favorável (abaixamento de temperatura e diminuição da radiação solar) para o crescimento do campo natural (Anexo B). Agnusdei (1999) e Bandinelli et al. (2003) sugerem como temperatura base entre 8 e 9°C, para o início do aparecimento de folhas em espécies C4 de pastagens naturais. Sendo assim, quando as temperaturas médias se aproximam destes valores o crescimento, embora ainda exista, passa a diminuir.

Por outro lado, no ano 3, as temperaturas amenas, associadas à boa incidência de radiação solar e à adequada umidade do solo proporcionada por chuvas regulares (Tabela 4), ocasionaram, além da maior alongação de colmos (característica do estágio reprodutivo), maior participação de tecidos novos. Tal efeito pode ser verificado pela quantidade inferior de N que o ano 3 necessitou (72,7 kg/ha/N), em relação ao ano 1 (81,8 kg/ha/N), para atingir a máxima TAF (respectivos 39,47 e 28,16 kg/ha/dia de MFS).

Em estudo com a gramínea nativa, *Andropogon lateralis* Ness, Bandinelli et al. (2003) verificaram que o N aumenta as taxas de alongamento e aparecimento foliar até o nível de 200 kg/ha/N, independentemente da estação do ano. Nesse sentido, o uso estratégico de N pode trazer benefícios, principalmente nos períodos mais críticos em produtividade e qualidade de forragem.

6.3.3 Conteúdo de matéria seca (MS)

O conteúdo de MS foi variável, denotando interação significativa entre os anos e os níveis de N (27,5%). Contudo, o ano respondeu pela maior parte da variância observada (39,4%), seguido pelo nível de N (27,2%) (Tabela 7). A curva de crescimento dos anos 1 e 3 ajustou-se ao modelo de regressão quadrática, enquanto o ano 2 ao modelo linear (Figura 11). Os anos 1 e 2 não apresentaram diferença significativa ($P \geq 0,05$), com conteúdos médios de 340,90 e 324,42 g/kg/MS, respectivamente. O ano 3 apresentou conteúdo médio de 293,18 g/kg/MS, inferior, portanto, aos anos 1 e 2.

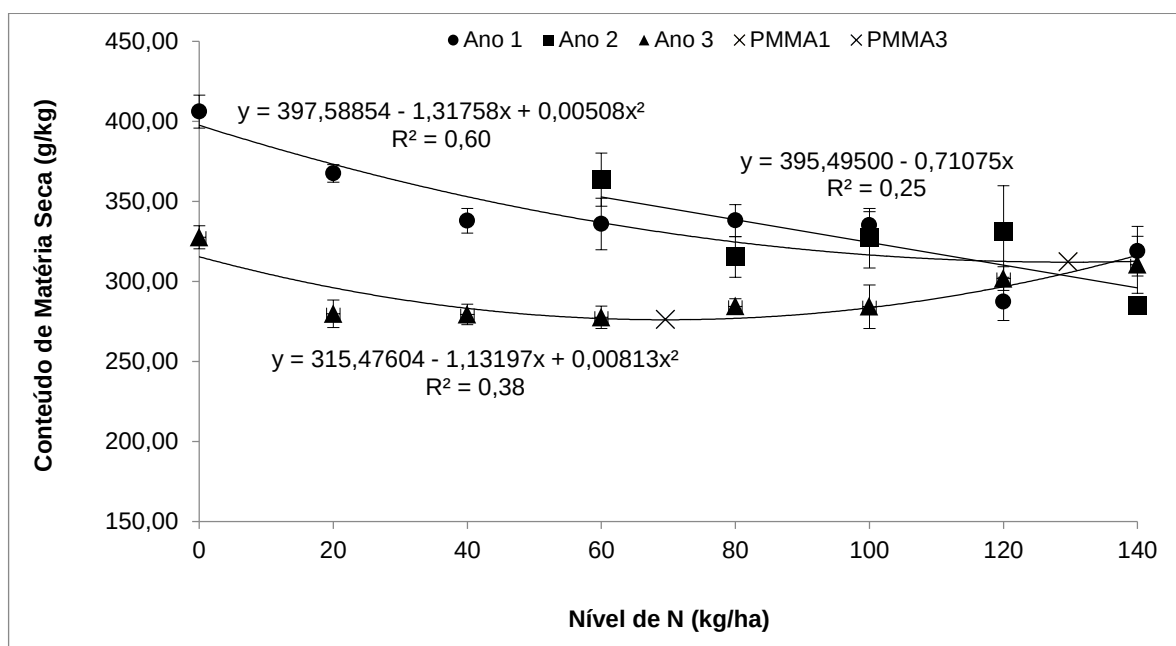


Figura 11. Conteúdo de matéria seca ($\pm$ EP) no corte de outono de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada. *PMMA1: Ponto de mínimo conteúdo de matéria seca na forragem no ano 1. PMMA3: Ponto de mínimo conteúdo de matéria seca na forragem no ano 3.

Neste último ano, a antecipação do corte de outono em relação aos anos anteriores pode ter contribuído para uma maior participação de plantas ainda em estágio vegetativo, proporcionando menor conteúdo de MS à forragem colhida.

6.3.4 Concentração de proteína bruta (PB)

A concentração de PB foi influenciada pelos efeitos dos níveis de adubação nitrogenada (54,1%) e de ano (44,5%), não sendo significativa a interação entre estes ($P \geq 0,05$) (Tabela 7). Os valores médios de PB nos anos 1 e 3 foram de, respectivamente, 99,86 e 98,39 g/kg/PB, não diferindo entre si, enquanto no ano 2 foi de 68,03 g/kg/PB.

A menor PB no ano 2 foi decorrente à seca no mês de abril (ANEXO A), antecedente ao corte. Dentro deste contexto, as restrições da disponibilidade hídrica do solo podem causar diluição da PB por limitar a capacidade de absorção de N, bem como pelo aumento na proporção de material senescente (ELE; DIJKSTRA, 2014; NÚÑEZ, 2022).

Analisando a figura 12 observa-se que o aumento dos níveis de N eleva o conteúdo de PB a uma taxa de eficiência de 0,49 g/kg/PB por kg/N aplicado, duplicando-o com o nível máximo de N testado (140 kg/ha), passando de 49,63 para 116,60 kg/ha/PB na média dos três anos.

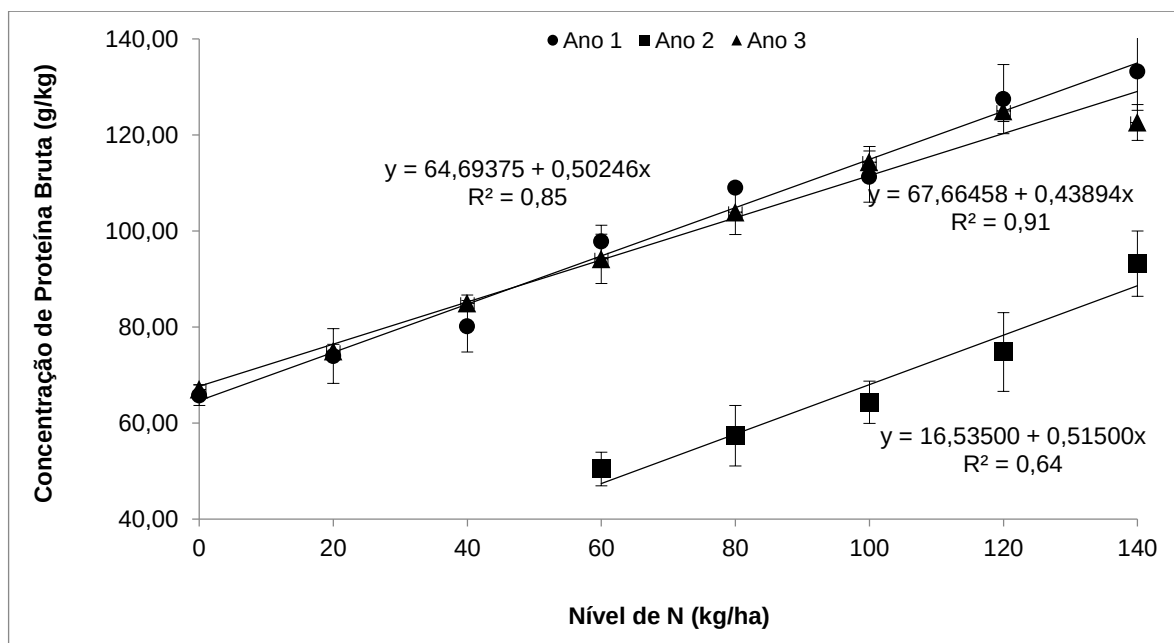


Figura 12. Concentração de proteína bruta ($\pm$ EP) no corte de outono de um campo natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de adubação nitrogenada.

A concentração de PB é fundamentalmente dependente do momento em que se realiza o corte da pastagem. Conforme Kuhn; Bremm (2017) é a primavera o momento de melhor qualidade, pois o campo é composto predominantemente por espécies estivais que, nessa estação, estão em plena retomada de crescimento após o período hibernar. Porém, no presente estudo, observa-se a eficiência da utilização do N mesmo na estação menos produtiva.

7 Conclusões

A disponibilidade hídrica é fundamental para a otimização da resposta do campo natural à aplicação de nitrogênio na forma de sulfato de amônio, sendo necessários níveis mais altos de adubação nitrogenada em anos de déficit hídrico.

Em anos com adequada disponibilidade hídrica adubações com até 220,8 e 216,5 kg/ha de N na forma de sulfato de amônio são suficientes para se alcançar máxima produtividade nos cortes de primavera e verão, respectivamente.

Para colheita de forragem no outono, após corte de primavera e de verão, máximas produtividades são obtidas com a aplicação de 82,0 kg/ha de N na forma de sulfato de amônio.

A qualidade máxima da forragem, em termos de proteína bruta, não foi atingida mesmo sob níveis de até 280 kg/ha de N. Foram observados valores médios de até 116,3 g/kg como resposta do campo natural de Planossolo à adubação nitrogenada na forma de sulfato de amônio.

Referências

- AGNUSDEI, M. **Analyse de la dynamique de la morphogenèse foliaire et de la défoliation de plusieurs espèces de graminées soumises à un pâturage continu dans une communauté végétale de la Pampa Humide (Argentine)**. Thèse (Doctorat-Agronomie) - Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy. p.108, 1999.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Pesquisa Setorial**. 2019. Disponível em: www.anda.org.br.
- ANDRADE, B.O.; KOCH, C.; BOLDRINI, I.I. ; VÉLEZ-MARTIN, E.; HASENACK, H.; HERMANN, J.M. ; KOLLMANN, J.; PILLAR, V. D. ; OVERBECK, G.E. . Grassland degradation and restoration: a conceptual framework of stages and thresholds illustrated by southern Brazilian grasslands. **Natureza & Conservação**, v. 13, p. 95-104, 2015.
- ÁVILA, M. R.; NABINGER, C.; KUNRATH, T. R.; OVERBECK, G.; BOLDRINI, I. I. Efeito da adubação nitrogenada na produção e sucessão vegetal em pastagem nativa sobressemeada com azevém anual. IN: XXIV Reunión del Grupo Técnico en Forrajes del Cono Sur - Grupo Campos. **Anales...** Tacuarembó/Uruguay. 2017.
- AYALA, W.; CARÁMBULA, M. Nitrógeno en campo natural. In: MORÓN, A.; RISSO, D.F. **Nitrógeno en pasturas**. Montevideo: INIA (Serie Técnica; 51). p. 33-42, 1994.
- AZAMBUJA, J. C. R.; SILVA NETO, G. F.; KUHN, J. G.; BREMM, C.; WALLAU, M. Adubação como ferramenta para intensificação da produção de forragem. In: Boletim Técnico - **Nativão - 30 anos de pesquisa em campo nativo**. Departamento de plantas forrageiras. UFRGS. p. 146, 2017.
- BANDINELLI, D. G.; QUADROS, F. L. F. D.; GONÇALVES, E. N.; ROCHA, M. G. D. Variáveis morfogênicas de *Andropogon lateralis* Nees submetido a níveis de nitrogênio nas quatro estações do ano. **Ciência Rural**, v. 33, p. 71-76, 2003.
- BENCKE, G. A. Biodiversidade. In: CHOMENKO, L.; BENCKE, G. A. **Nosso Pampa desconhecido**. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. p. 208, 2016.
- BENCKE, G. A.; CHOMENKO, L.; SANT'ANNA, D. M. O que é o pampa?. In: **Nosso Pampa desconhecido**/Organizadores Luiza Chomenko, Glayson Ariel Bencke. Fotografias Adriano Becker - Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. p. 208, 2016.
- BEATY, E. R.; SMITH, Y. C.; POWELL, J. D. Response of Pensacola Bahiagrass to irrigation and time of N fertilization. **Journal of Range Management**, v. 27, n. 5, p. 394-396, 1974.

BEMHAJA, M.; BERRETTA, E. J.; BRITO, G. Respuesta a la fertilización nitrogenada de campo natural en basalto profundo. In: Reunión del grupo técnico regional del cono sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del area tropical y subtropical: Grupo Campos, 14. Uruguay. **Anales...** Montevideo: INIA (Serie Técnica 94). p. 119-122, 1998.

BENDERSKY, D.; PIZZIO, R.; MAIDANA, C.; ZAPATA, P.; DURANTE, M. Producción y curva de crecimiento de pastizales del Este de Corrientes. **Noticias y Comentarios**. INTA. Mercedes. Diciembre. v. 537, 2017.

BERG, W. A.; SIMS, P. L. Nitrogen fertilizer use efficiency in steer gain on old world bluestem. **Journal of Range Management**, v. 48, n. 5, p. 465-469, 1995.

BESKOW, M. S.; SIEWERDT, L.; JUNIOR, P. S. Adubação nitrogenada de inverno em campo natural de planossolo no litoral-sul do Rio Grande do Sul: Efeitos na produção primaveril de forragem. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 6, n. 3, 2000.

BINDRABAN, P. S.; DIMKPA, C.; NAGARAJAN, L.; ROY, A.; RABBINGE, R. Revisiting fertilisers and fertilisation strategies for improved nutrient uptake by plants. **Biology and Fertility of Soils**, v. 51, n. 8, p. 897-911, 2015.

BLACK, C. A. **Soil-plant relationships**. 2. ed. New York: John Wiley and Sons Inc. p. 792, 1968.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Social. **Indústria química. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro**. BNDES Setorial 45, p. 137-187, 2017. Disponível em:
https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/11814/1/BS%2045%20Fertilizantes%20org%20anominerais%20de%20res%C3%ADduos%20%5B...%5D_P_BD.pdf.

BOGGIANO, P.; MARASCHIN, G. E.; NABINGER, C.; RIBOLDI, J. C.; CADENAZZI, M. Efeito da adubação nitrogenada e oferta de forragem sobre a carga animal, produção e utilização da matéria seca numa pastagem nativa do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37. Viçosa. **Anais...** Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000.

BOLDRINI, I. I. A flora dos Campos do Rio Grande do Sul. In: PILLAR V. D.; MÜLLER S. C., CASTILHOS Z. M. S.; JACQUES A. V. A. (eds). **Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA. p. 63-77, 2009.

BOLDRINI, I. I. Por que e para que conservar o Pampa?. In: TEIXEIRA FILHO, A.; WINCKLER, L. T. **Anais do I Congresso sobre o Bioma Pampa [recurso eletrônico]: Reunindo saberes**. Pelotas, RS. Editora UFPel. p. 227, 2020.

BRAMBILLA, D. M.; NABINGER, C.; KUNRATH, T. R.; CARVALHO, P. C. F.; CARASSAI, I. J.; CADENAZZI, M. Impact of nitrogen fertilization on the forage characteristics and beef calf performance on native pasture overseeded with ryegrass. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 528-536, 2012.

CAMARGO, D. G.; ROCHA, M. G.; SILVA, J. H. S.; GLIENKE, C. L.; CONFORTIN, A. C. C.; MACHADO, J. M. Características da ingestão de forragem por cordeiras nos estádios fenológicos da pastagem de azevém. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 2, p. 403-410, 2012.

CANTARELLA, H.; MONTEZANO, Z. F. Nitrogênio e enxofre. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**. Piracicaba: IPNI. v. 2, p. 1-65. 2010.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 1017, 2007.

CANTARELLA, H.; TRIVELIM, P. C. O.; CONTIN, T. L. M.; DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R. B.; QUAGGIO, J. A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 4, p. 397-401, 2008.

CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M. de; FONSECA, D. M. da; ARRUDA, M. L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F. T. T. de. Pastagens. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. p. 331-341. 1999

CARAM, N.; CASALÁS, F.; GARCÍA, J.; ZANONIANI, R.; DUHALDE M.; SILVEIRA, M.; CADENAZZI, M.; BOGGIANO, P. Respuesta en producción de forraje a mejoramiento y fertilización de Campo Natural. IN: XXIV Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur - Grupo Campos. **Anales...** Tacuarembó/Uruguay. 2017.

CARÁMBULA, M.; TERRA, J. Otro paso adelante en los mejoramientos de campo: la incorporación de gramíneas invernales. In: INIA Treinta y Tres. **Jornada anual de producción animal**: Resultados experimentales. Treinta y Tres: INIA (Serie Actividades de Difusión 225). p.5-16. 2000.

CARASSAI, I. J.; NABINGER, C.; CARVALHO, P. C. D. F.; SANTOS, D. T. D.; FREITAS, F. K. D.; DEVINCENZI, T.; CARDOSO, R. R. Recria de cordeiras em pastagem nativa melhorada submetida à fertilização nitrogenada: 2. Produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 10, p. 1815-1822, 2008.

CARVALHO, P. C. F. Access to land, livestock production and ecosystem conservation in the Brazilian Campos biome: the natural grasslands dilemma. In: **International Conference on Agrarian Reform and Rural Development**. FAO. 2006b.

CARVALHO, P. C. F.; FISCHER, V.; SANTOS, D. T.; RIBEIRO, A. M. L.; QUADROS, F. L. F.; CASTILHOS, Z. M. S.; POLI, C. H. E. C.; NABINGER, C.; GENRO, T. C. M.; JAQUES, A. V. A. Produção Animal no Bioma Campos Sulinos. **Brazilian Journal of Animal Science**, João Pessoa, v. 35, n. Supl. Esp., p. 156-202, 2006.

CARVALHO, P. C. F. Pasture country profile: Brazil. **Plant Production and Protection Division**. 2006a. Disponível em www.fao.org/agriculture.

CARVALHO, P. C. F.; MEZZALIRA, J. C.; BONNET, O.; CEZIMBRA, I. M.; TISCHLER, M. R.; NABINGER, C. **Desafios para a produção animal sustentável em pastejo**. VI SIMFOR – VI Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem. 1ed. Viçosa. v.1, p. 1-19. 2012.

COELHO, R. A. T.; FERREIRA, O. G. L.; SILVA, J. L. S.; COSTA, O. A. D.; FARIAS, P. P.; KRONING, A. B.; DE CONTO, L. Características produtivas de cultivares do gênero *Trifolium* no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Científica Rural**, v. 17, p. 17-28, 2015.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS - RS/SC). **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 376, 2016.

CORREA, D.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; FONTANELI, R. S. Efeito da fertilização nitrogenada na produção e composição química de uma pastagem natural. **Agrociencia-Sitio en Reparación**, v. 10, n. 1, p. 17-23, 2006.

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

CUNHA, M. K.; SIEWERDT, L.; SILVEIRA JÚNIOR, P.; SIEWERDT, F. Doses de nitrogênio e enxofre na produção e qualidade da forragem de campo natural de planossolo no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 651-658, 2001.

DAWSON, C. J.; HILTON, J. Fertiliser availability in a resource-limited world: Production and recycling of nitrogen and phosphorus. **Food Policy**, v. 36, p. S14-S22, 2011.

ELE, M.; DIJKSTRA, F. A. Efeito da Seca no Nitrogênio Vegetal e Fósforo: Uma Meta-Análise. **Novo Fitol**. v. 204, p. 924-931, 2014.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA - SPI. p. 412, 1999.

FAO (Food and Agriculture Organization). **The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050**. Summary version. Rome. 60 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 2018.

FEDRIGO, J. K.; JAURENA, M.; PINTO, M. F.; DEVINCENZI, T.; CADENAZZI, M.; CARASSAI, I.; NABINGER, C. Diferimiento y fertilización NP en campo natural vulnerable al déficit hídrico de verano. **Agrociencia Uruguay**, v. 25, n. 2, 2021.

FEIX, R. D.; LEUSIN JÚNIOR, S. Painel do agronegócio no Rio Grande do Sul - 2019. Porto Alegre, RS: SEPLAG, Departamento de Economia e Estatística, 2019.

FREITAS, A. K.; LOBATO, J. F. P.; CARDOSO, L. L.; TAROUCO J. U.; VIEIRA, R. M.; DILLENBURG, D. R.; CASTRO, I. Nutritional composition of the meat of Hereford and Braford steers finished on pastures or in a feedlot in southern Brazil. **Meat Science**, v.96, p.353-360, 2014.

FREITAS, J. R. **Efeitos da aplicação fracionada de nitrogênio sobre a produção e qualidade da forragem de campo natural de Planossolo**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas/RS. p. 84, 1996.

GASTAL, F.; DURAND, J. L. Effects of Nitrogen and Water Supply on N and C Fluxes and Partitioning in Defoliated Swards. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A. D.; CARVALHO, P. D. F.; NABINGER, C. **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. CABI, 2000.

GENRO, T. C. M.; VOLK, L. B. S.; FARIA, B. M.; BAYER, C.; CARVALHO, P. C. F. Consumo, emissões de metano, desempenho animal e dinâmica do carbono em pastagem natural. IN: XXIV Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur - Grupo Campos. **Anales...** Tacuarembó/Uruguay. 2017.

GILLEN, R. L.; BERG, W. A. Nitrogen fertilization of a native grass planting in western Oklahoma. **Journal of Range Management**, Lakewood, v. 51, n. 4, p. 436-441, 1998.

GOMES L. H. **Produtividade de um campo nativo submetido à adubação nitrogenada**. Dissertação de mestrado - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. p. 128, 2000.

GROSSMAN, J.; MORDIECK, K. H. Experimentação forrageira no Rio Grande do Sul. **Histórico da Diretoria da Produção Animal. Secretaria da Agricultura**, p. 115-122, 1956.

GUMA, J. M. C. R. **Produção animal em pastagem nativa diferida e adubada com nitrogênio, no outono-inverno**. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. p. 67, 2005.

HAUTIER, Y.; TILMAN, D.; ISBELL, F.; SEABLOOM, E. W.; BORER, E. T.; REICH, P. B. Anthropogenic environmental changes affect ecosystem stability via biodiversity. **Science**, v. 348, n. 6232, p. 336-340, 2015.

HERRERA, L.; NABINGER, C.; WEYLAND, F.; PARERA, A. Caracterización de los pastizales del cono sur, servicios ecosistémicos y problemática actual de conservación. In: **Índice de contribución a la conservación de pastizales naturales del cono sur**. Una herramienta para incentivar a los productores rurales. p. 181, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 1995/1996**: tabelas. Dados em nível de município. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Censo_Agropecuario/Censo_Agropecuario_1995_96/Brasil/. Acesso em: 15 out. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2017**: resultados preliminares: tabelas. Dados em nível de município. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?edicao=21858&t=resultados>. Acesso em: 15 out. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento de recursos naturais**. 1958, Rio de Janeiro: SEPLAN. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. v. 33, p. 5H 21, 22 e ST 22, 1986.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. **Mapa da vegetação do Brasil e Mapa de Biomas do Brasil**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12 out. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Série histórica 2021**: Estimativa anual da área plantada, área colhida, produção e rendimento médio dos produtos das lavouras. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>. Acesso em: 22 out. 2021.

IPNI. International Plant Nutrition Institute. **Informações Agronômicas**. 2019. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/iabrasil.nsf/0/1BA0C390DB39AFC18325832900463899/\\$FILE/Jornal-163.pdf](http://www.ipni.net/publication/iabrasil.nsf/0/1BA0C390DB39AFC18325832900463899/$FILE/Jornal-163.pdf).

JACOBSEN, J. S.; LORBEER, S. H.; HOULTON, H. A. R.; CARLSON, G. R. Nitrogen fertilization of dryland grasses in the Northern Great Plains. **Journal of Range Management**, v. 49, n. 4, p. 340-345, 1996.

JAURENA, M. **Impacto de práticas de intensificação em atributos ecossistêmicos do campo nativo**. Tese de doutorado - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. p. 94, 2016.

JAURENA, M.; GIORELLO, D.; GOMAR, E.P.; CARMO do, M.; CARDOZO, G. Efectos de corto plazo de interacción riego-fertilización en la producción y composición de un campo natural de basalto en Uruguay. Revista de la Facultad de Agronomía, UNLPam., Serie sulp. 2. Congresso de Pastizales. **Anais...**, 6300 Santa Rosa, Argentina – ISSN 2314-2669 (online). v. 22, 2013.

KNAPP, A. K.; BRIGGS, J. M.; KOELLIKER, J. K. Frequência e Extensão da Limitação de Água à Produção Primária em uma Pastagem Mesic Temperate. **Ecossistemas**. v. 4, p. 19-28. 2001.

KUHN, J. G.; BREMM, C. Qualidade do campo nativo. In: Boletim Técnico - **Nativão - 30 anos de pesquisa em campo nativo**. Departamento de plantas forrageiras. UFRGS. p. 146, 2017.

LAJÚS, C. A. **Campo natural de Planossolo: efeito da adubação nitrogenada na produção e qualidade da forragem**. Dissertação de mestrado - Programa de Pós Graduação em Zootecnia - Universidade Federal de Pelotas. p. 80, 1995.

LARRATEA, F.; SOUTTO, J. P. **Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la productividad invierno-primaveral de un campo natural del litoral**. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay. p. 174, 2013.

LAWLOR, D. L. **Photosynthesis: molecular, physiological and environmental process**. 2. Ed. [S. I.]: Longman Group UK Limited. p. 317, 1993.

LEEGOOD, R. C. Primary photosynthate production: physiology and metabolism. In: **Photoassimilate distribution in plants and crops. Source-sink relationships**. ZAMSKI, E. & SCHAFFER, A. A. (eds.). Marcel Dekker, New York. p. 21-42, 1996.

LOBATO, J. F. P.; FREITAS, A. K.; DEVINCENZI, T.; CARDOSO, L. L.; TAROUÇO, J. U.; VIEIRA, R. M.; DILLENBURG, D. R.; CASTRO, I. Brazilian beef produced on pastures: sustainable and healthy. **Meat Science**, v.98, p. 336-345, 2014.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. **Fertilidade do solo**, p. 2-64, 2007.

LOPES, W. B.; CARVALHO, G. G. P.; PATÊS, N. M. S.; PIRES, A. J. V.; MACÊDO, T. M.; FRIES, D. D.; SALES, R. M. P. Dinâmica, produção e qualidade da *Brachiaria brizantha* submetida a regime hídrico e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal [online]**, v.12, n.1, p.43-58, 2011.

MACHADO, J. M. **Morfogênese de gramíneas nativas sob níveis de adubação nitrogenada**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, RS. p. 77, 2010.

MACHADO, J. M. **Caracterização agrônômica de ecótipos de *Paspalum notatum* Flüggé em resposta ao fotoperíodo e a fertilização nitrogenada e seleção de híbridos intraespecíficos**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. p. 115. 2014.

MAGALHÃES, A. F.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; SOUSA, R. S.; SILVA, F. F.; BONOMO, P.; VELOSO, C. M.; MAGALHÃES, D. M. A.; PEREIRA, J. M. Composição bromatológica e concentrações de nutrientes do capim braquiária adubado com nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 4, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Potassa e do Fósforo. 319 p. 1997.

MARTHA JUNIOR, G. B.; VILELA, L.; BARIONI, L. G.; SOUSA, D. M. G.; BARCELLOS, A. O. Manejo da adubação nitrogenada em pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ. p. 155-215, 2004

MARTHA JUNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de. Adubação nitrogenada. In: MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de (Ed.). Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**. p. 117-144, 2007.

MEISINGER, J. J.; CALDERÓN, F. J.; JENKINSON, D. S. Soil nitrogen budgets. In: SCHEPERS, J. S.; RAUN, W. R. (Ed.). **Nitrogen in agricultural systems**. Madison: American Society of Agronomy. (Agronomy Monograph, 49). p. 505-562, 2008.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. Ministério da Economia, Indústria, Comércio exterior e Serviços. **Comexstat**. 2019. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>.

MMA. **Ministério do Meio Ambiente**. Pampa. 2017. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/pampa>. Acesso em: 25 out. 2021.

MOOJEN, E. L.; MARASCHIN, G. E. - Potencial produtivo de uma pastagem nativa do rio grande do sul submetida a níveis de oferta de forragem. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.127-132, 2002.

MOTA, F. S. Estudo do clima do Estado do Rio Grande do Sul, segundo o sistema de W. Koeppen. **Rev. Agrônômica**, 8(193), p. 132-141, 1953.

NABINGER, C.; JACQUES, A. V. A. A questão da produção pecuária em campo nativo do bioma pampa: Contexto geral. In: Boletim Técnico - **Nativão - 30 anos de pesquisa em campo nativo**. Departamento de plantas forrageiras. UFRGS. p. 146. 2017.

NABINGER, C.; DALL'AGNOL, M. **Guia para reconhecimento de espécies dos campos sulinos**. Brasília: Ibama. p. 132, 2019.

NABINGER, C.; FERREIRA, E. T.; FREITAS, A. K.; CARVALHO, P. C. F.; SANT'ANNA, D. M. Produção animal com base no campo nativo: aplicações de resultados de pesquisa. In: PILLAR, V. P.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JACQUES, A. V. A. (Ed.). **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA. p.175-198. 2009.

NABINGER, C. Manejo pecuário e conservação do campo nativo. In: TEIXEIRA FILHO, A.; WINCKLER, L. T. **Anais do I Congresso sobre o Bioma Pampa [recurso eletrônico]: Reunindo saberes**. Pelotas, RS. Editora UFPel. p. 227. 2020.

NELSON, C. J.; MOSER, L. E. Plant factors affecting forage quality. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: American Society of Agronomy / Crop Science Society of America / Soil Science Society of America. p.115-154. 1994.

NORO, G.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; FONTANELI, R. S.; ANDREATTA, E. Gramíneas anuais de inverno para produção de forragem: Avaliação preliminar de cultivares. **Agrociencia Uruguay**, Montevideo, v.7, n.1, p. 35-40, 2003.

NUNES, A. P. **Efeito de doses crescentes de nitrogênio na produção e qualidade da forragem de um campo natural de Planossolo no Rio Grande do Sul**. Dissertação de mestrado - Programa de Pós Graduação em Zootecnia - Universidade Federal de Pelotas. p. 96. 1995.

NÚÑEZ, L.; HIRIGOYEN, A.; DURANTE, M.; ARROYO, J. M.; CAZZULI, F.; BREMM, C.; JAURENA, M. What Factors Control the Crude Protein Content Variation of a Basaltic “Campos” Native Grassland of South America?. **Agronomy**, v. 12, n. 8, p. 1756, 2022.

OLIVEIRA, T. E.; FREITAS, D. S.; GIANEZINI, M; RUVIARO, C. F.; ZAGO, D.; MÉRCIO, T. Z.; DIAS, E. A.; LAMPERT, V. N.; BARCELLOS, J. O. J. Agricultural land use change in the Brazilian Pampa Biome: The reduction of natural grasslands. **Land Use Policy**. 63, p. 394–400. 2017.

PETTIT, R. D.; FAGAN, R. E. Influence of nitrogen and irrigation on carbohydrate reserves of Buffalograss. **Journal of Range Management**, Lakewood, v. 27, n. 4, p. 279-282, 1974.

PIEPER, R. D.; KELSEY, R. J.; NELSON, A. B. Nutritive quality of nitrogen fertilized and unfertilized blue grama. **Journal of Range Management**, Lakewood, v. 6, n. 27, p. 470-472, 1974.

PILLAR, V. P.; ANDRADE, B. O.; DADALT, L. Serviços Ecosistêmicos. In: **Os Campos do Sul**/Editores: Valério De Patta Pillar e Omara Lange – Porto Alegre: Rede Campos Sulinos – UFRGS. p. 192, 2015.

PILLAR, V. P.; LANGE, O. **Os Campos do Sul**/Editores: Valério De Patta Pillar e Omara Lange – Porto Alegre: Rede Campos Sulinos – UFRGS. p. 192, 2015.

PRESTES, N. E. **Calagem, adubação e introdução de espécies em pastagem natural no Planalto Catarinense**. Tese (doutorado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Lages. p. 207, 2015.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G.; FREITAS, A. R.; VIVALDI, L. J. Adubação nitrogenada em capim-Coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 68-78, 2004.

QUADROS, F. L. F.; BANDINELLI, D. G. Efeitos da adubação nitrogenada e de sistemas de manejo sobre a morfogênese de *Lolium multiflorum* Lam. e *Paspalum urvillei* Steud. em ambiente de várzea. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 44-53, 2005.

REETZ, H. F. Fertilizantes e o seu uso eficiente. **São Paulo: ANDA**, 2017.

REIS, R. A.; MELO, G. M. P.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; OLIVEIRA, A. P. Otimização da utilização da forragem disponível através da suplementação estratégica. In: REIS R. A.; SIQUEIRA, G. R.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; OLIVEIRA, A. P.; MELO, G. M. P.; BERNARDES, T. F. (Ed.). **Volumosos na produção de ruminantes**. Jaboticabal: Funep. p. 187-238, 2005.

RODRÍGUEZ PALMA, R.; RODRÍGUEZ, T. Campo natural de Basalto: ¿cuánto responde en producción de forraje?. IN: XXIV Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur - Grupo Campos. **Anales...** Tacuarembó/Uruguay. 2017a.

RODRÍGUEZ PALMA, R.; RODRÍGUEZ, T. Fertilización de campo natural: respuesta en producción animal. IN: XXIV Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur - Grupo Campos. **Anales...** Tacuarembó/Uruguay. 2017b.

ROSA, F. Q.; BREMM, C.; MACHADO, D. R. Efeito da oferta de forragem na estrutura do pasto. In: Boletim Técnico - **Nativão - 30 anos de pesquisa em campo nativo**. Departamento de plantas forrageiras. UFRGS. p. 146, 2017.

RUBIO, H. O.; WOOD, M. K.; GOMEZ, A.; REYES, G. Native forage quality, quantity, and profitability as affected by fertilization in Northern Mexico. **Journal of Range Management Archives**, v. 49, n. 4, p. 315-319, 1996.

SALDANHA, S. Manejo del pastoreo en campos naturales sobre suelos medios de Basalto y suelos arenosos de Cretácico. In: **Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural**. Montevideo, INIA (Serie Técnica n. 151). p. 75-84, 2005

SANDERSON, M. A.; STAIR, D. W.; HUSSEY, M. A. Physiological and morphological responses of perennial forages to stress. **Advances in agronomy**. v. 59, p. 171, 1997.

SANT'ANNA, D. M. Atividades produtivas. In: **Nosso Pampa desconhecido**/Organizadores Luiza Chomenko, Glayson Ariel Bencke. Fotografias Adriano Becker - Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. p. 208, 2016.

SANTOS, D. T.; CARVALHO, P. C. F.; NABINGER, C.; CARASSAI, I. J.; GOMES, H. Eficiência bioeconômica da adubação de pastagem natural no sul do Brasil. **Ciência Rural**, v. 38, p. 437-444, 2008.

SIEWERDT, L; NUNES, A.; JUNIOR, P. S. Efeito da adubação nitrogenada na produção e qualidade da matéria seca de um campo natural de planossolo no Rio Grande do Sul. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 1, n. 3, 1995.

SILVA, R. M.; SIEWERDT, L.; JUNIOR, P. S.; SIEWERDT, F. Nível e fracionamento da aplicação do nitrogênio na produção de forragens em campo natural de planossolo. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 2, n. 1, 1996.

SILVA, L. S. **Potencial de produção e qualidade da matéria seca, de um campo ntural de Planossolo, sob doses crescentes de nitrogênio**. Dissertação de mestrado - Programa de Pós Graduação em Zootecnia - Universidade Federal de Pelotas. p. 99. 1997.

SOLER, A.; DIAS, E.; BARENHO, C. Luta ecológica no Pampa: educação ambiental, flexibilização da legislação e estratégias comuns para sua proteção. In: TEIXEIRA FILHO, A.; WINCKLER, L. T. **Anais do I Congresso sobre o Bioma Pampa [recurso eletrônico]: Reunindo saberes**. Pelotas, RS. Editora UFPel. p. 227, 2020.

SOUSA, D. M. G.; VILELA, L.; LOBATO, E.; SOARES, W. V. Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no cerrado. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados** (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 12). p. 22, 2001.

STRECK, E. V. Mitos e verdades sobre a conservação do solo no Rio Grande do Sul. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Revista quadrimensal publicada pela Emater/RS-Ascar, Porto Alegre**, v. 5, n. 1, p. 31-38, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal** [recurso eletrônico]. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, Boletim Técnico nº 5. p. 95. 1985.

TEIXEIRA FILHO, A.; WINCKLER, L. T. Caracterização do Bioma Pampa. In: TEIXEIRA FILHO, A.; WINCKLER, L. T. **Anais do I Congresso sobre o Bioma Pampa [recurso eletrônico]: Reunindo saberes**. Pelotas, RS. Editora UFPel. p. 227, 2020.

TEIXEIRA, L. I. O. **Potencial de produção e qualidade da forragem do campo natural de Planossolo, visando a produção de feno, sob diferentes doses e fracionamentos do nitrogênio**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas/RS. p. 120, 1995.

TOWNSEND, C. R. **Características produtivas de gramíneas nativas do gênero *Paspalum*, em resposta à disponibilidade de nitrogênio**. Tese de doutorado - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

TOWNSEND, C. R. Nitrogênio em sistemas pastoris. **Embrapa Rondônia**. Documentos, 2010.

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

VELÉZ-MARTIN, E.; ROCHA, C. H.; BLANCO, C.; AZAMBUJA, B. O.; HASENACK, H.; PILLAR, P. P. Conversão e fragmentação. In: **Os Campos do Sul**/Editores: Valério De Patta Pillar e Omara Lange – Porto Alegre: Rede Campos Sulinos – UFRGS. p. 192, 2015.

VERDUM, R. Paisagem do Pampa: monotonia que se rompe no espaço e no tempo. In: **Nosso Pampa desconhecido**/Organizadores Luiza Chomenko, Glayson Ariel Bencke. Fotografias Adriano Becker - Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. p. 208, 2016.

VIEIRA, R. F. Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas. Brasília, DF: **Embrapa**. p. 163. 2017.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; DE SOUSA, D. M. G. Uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. **Embrapa Cerrados-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2020.

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G.; MACEDO, M. C. M. Calagem e adubação para pastagens na região do cerrado. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados** (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 37). p. 15, 2000.

WHITEHEAD, D. C. **Nutrient elements in grasslands: soil-plant-animal relationships**. Wallingford: CAB International. p. 369, 2000.

WOOLFOLK, J. S.; SMITH, E. F.; SCHALLES, R. R.; BRENT, B. E.; HARBERS, L. H.; OWENSBY, C. E. Effects of nitrogen fertilization and late-spring burning of bluestem range on diet and performance of steers. **Journal of Range Management**, Lakewood, v. 28, n. 3, p. 190-193, 1975.

ZANONIANI, R. A.; BOGGIANO, P.; CADENAZZI, M. Respuesta invernal de un campo natural a fertilización nitrogenada y ofertas de forraje. **Agrociencia**, Montevideo, v. 15, n. 1, p. 115-124, 2011.

ANEXOS

Anexo A

Precipitação pluviométrica (mm) ocorrida por decêndio, ocorrida mensal e normal mensal durante o período experimental.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1992												
1º DECÊNDIO	4,8	147,5	26,5	6,2	15,1	90,9	47,6	5,8	23,2	27,8	28,0	17,0
2º DECÊNDIO	2,9	102,8	11,8	181,0	23,8	0,0	39,8	2,6	56,5	25,2	4,4	19,8
3º DECÊNDIO	62,7	37,8	82,7	21,6	44,4	44,4	50,0	37,4	52,2	21,4	37,5	30,6
OCORRIDA MENSAL	70,4	288,1	121	208,8	83,3	135,3	137,4	45,8	131,9	74,4	69,9	67,4
NORMAL MENSAL	120,0	100,0	113,0	75,0	77,0	96,0	136,0	129,0	132,0	105,0	78,0	85,0
1993												
1º DECÊNDIO	135,7	93,5	18,4	26,0	78,7	52,9	73,3	0,6	13,0	6,1	0,0	42,2
2º DECÊNDIO	13,4	47,4	6,8	50,2	52,3	23,6	22,0	10,0	2,8	65,0	131,8	58,8
3º DECÊNDIO	24,2	0,7	8,8	8,4	75,6	2,2	33,6	48,6	18,6	72,8	26,3	45,6
OCORRIDA MENSAL	173,3	141,6	34,0	84,6	206,6	78,7	128,9	59,2	34,4	143,9	158,1	146,6
NORMAL MENSAL	120,0	100,0	113,0	75,0	77,0	96,0	136,0	129,0	132,0	105,0	78,0	85,0
1994												
1º DECÊNDIO	40,2	99,2	1,2	25,0	64,0	8,4	18,4	38,6	5,0	3,6	9,4	48,6
2º DECÊNDIO	2,8	72,6	52,5	5,6	22,8	90,4	0,0	7,6	16,6	139,6	6,8	12,6
3º DECÊNDIO	21,4	79,8	20,4	19,2	14,8	8,9	124,2	30,2	54,4	64,8	20,4	15,2
OCORRIDA MENSAL	64,4	251,6	74,1	49,8	101,6	107,7	142,6	76,4	76,0	208,0	36,6	76,4
NORMAL MENSAL	120,0	100,0	113,0	75,0	77,0	96,0	136,0	129,0	132,0	105,0	78,0	85,0
1995												
1º DECÊNDIO	33,4	6,2	54,8	28,8	33,3	4,1	159,0	28,2	42,7	20,3	45,8	19,2
2º DECÊNDIO	27,0	124,0	0,0	29,6	15,0	90,5	231,0	48,3	71,2	6,6	5,2	13,6
3º DECÊNDIO	15,0	39,2	71,2	48,4	0,0	30,4	120,0	7,4	28,5	35,2	16,4	81,8
OCORRIDA MENSAL	75,4	169,4	126,0	106,8	48,3	125,0	510,0	83,9	142,4	62,1	67,4	114,6
NORMAL MENSAL	120,0	100,0	113,0	75,0	77,0	96,0	136,0	129,0	132,0	105,0	78,0	85,0

Anexo B

Temperatura média (°C) ocorrida por decêndio, ocorrida mensal e normal mensal durante o período experimental.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1992												
1º DECÊNDIO	23,4	25,4	24,1	20,1	18,1	14,4	10,4	9,6	15,3	15,9	17,2	20,4
2º DECÊNDIO	21,4	25,7	24,5	20,0	13,9	14,5	10,8	12,3	16,2	18,2	19,8	21,3
3º DECÊNDIO	24,8	21,8	20,7	18,3	12,8	14,7	9,7	15,2	14,5	18,8	19,4	22,6
OCORRIDA MENSAL	23,2	24,3	23,1	19,5	15,0	14,5	10,3	12,4	15,3	17,7	18,8	21,4
NORMAL MENSAL	22,3	22,5	21,5	18,1	17,6	13,2	12,4	13,1	15	17,3	19,2	21,6
1993												
1º DECÊNDIO	22,7	23,0	21,3	20,8	18,6	12,6	10,9	11,6	13,0	16,7	20,0	21,1
2º DECÊNDIO	23,7	23,7	23,5	22,6	14,8	13,3	9,8	11,2	15,1	20,5	20,5	22,7
3º DECÊNDIO	25,7	21,7	22,3	17,8	13,8	12,4	12,0	15,8	14,3	17,9	21,2	22,0
OCORRIDA MENSAL	24,0	22,8	22,4	20,4	15,7	12,8	10,9	12,9	14,1	18,4	20,5	21,9
NORMAL MENSAL	22,3	22,5	21,5	18,1	17,6	13,2	12,4	13,1	15,0	17,3	19,2	21,6
1994												
1º DECÊNDIO	21,3	23,0	21,6	19,1	19,2	13,3	9,0	12,6	12,9	17,6	20,0	22,3
2º DECÊNDIO	22,3	21,6	24,0	16,5	17,4	15,8	15,3	12,4	17,8	18,8	19,7	24,3
3º DECÊNDIO	23,3	22,9	19,2	18,6	16,3	10,6	12,4	13,5	18,1	17,2	20,3	24,9
OCORRIDA MENSAL	22,3	22,5	21,6	18,1	17,7	13,2	12,2	12,8	16,3	17,9	20,0	23,9
NORMAL MENSAL	22,3	22,5	21,5	18,1	17,6	13,2	12,4	13,1	15,0	17,3	19,2	21,6
1995												
1º DECÊNDIO	24,3	22,2	20,9	21,2	15,9	13,7	13,3	9,8	16,6	17,5	22,6	21,1
2º DECÊNDIO	22,9	21,9	21,1	17,5	15,8	11,1	14,3	11,2	13,3	15,5	19,6	22,7
3º DECÊNDIO	23,3	23,3	21,6	16,4	12,8	10,5	14,1	18,0	15,1	16,9	20,4	23,2
OCORRIDA MENSAL	23,5	22,5	21,2	18,3	14,8	11,8	13,9	13,0	15,0	16,6	20,9	22,4
NORMAL MENSAL	22,3	22,5	21,5	18,1	17,6	13,2	12,4	13,1	15,0	17,3	19,2	21,6