

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**PRODUÇÃO E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *PASPALUM NOTATUM*:
RESPOSTA À FERTILIZAÇÃO NITROGENADA E MANEJO DE CORTES**

PATRICIA BERTONCELLI
Zootecnista/UTFPR
Mestre em Agronomia/UFSM

Tese apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de Doutor em
Zootecnia

Área de Concentração Plantas Forrageiras

Porto Alegre (RS), Brasil

Março, 2018.

CIP - Catalogação na Publicação

Bertoncelli, Patricia

Produção e germinação de sementes de *Paspalum notatum*: resposta à fertilização nitrogenada e manejo de cortes / Patricia Bertoncelli. -- 2018.

71 f.

Orientadora: Carolina Bremm.

Coorientador: Rafael Reyno.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Pastagem nativa. 2. gramínea estival. 3. Produção de sementes. I. Bremm, Carolina, orient. II. Reyno, Rafael, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Patricia Bertoncelli
Mestre em Agronomia

TESE

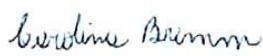
Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

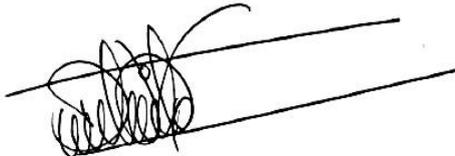
DOUTORA EM ZOOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

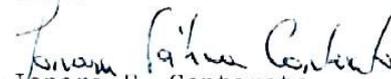
Aprovada em: 23.03.2018
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 02/05/2018
Por


CAROLINA BREMM
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientadora


DANILO PEDRO STREIT JR.
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia


Carlos Nabinger
UFRGS


Jonara F. Conterato
DDPA/SEAPI


Frederico Condon
INIA/Uruguai


CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de Agronomia

DEDICATÓRIA

Aos amores da minha vida Jean, meus pais e irmãos

“Se você quer transformar o mundo, experimente primeiro promover o seu aperfeiçoamento pessoal e realizar inovações no seu próprio interior. Estas atitudes se refletirão em mudanças positivas no seu ambiente familiar. Deste ponto em diante, as mudanças se expandirão em proporções cada vez maiores. Tudo o que fazemos produz efeito, causa algum impacto” Dalai Lama

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar sempre presente em todos os momentos de minha vida.

Ao programa de Pós Graduação em Zootecnia da UFRGS, pela oportunidade de formação.

Aos meus pais José e Cleusa e meus irmãos Douglas e Monica, agradeço por ser meu porto seguro, por entender todas as ausências, e principalmente por incentivar e motivar a seguir este caminho.

Ao Jean meu companheiro de todas as horas, agradeço pela compreensão, motivação e acima de tudo pela colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço às professoras Carolina Bremm e Lucia Franke, pela orientação, dedicação e amizade.

Ao professor Carlos Nabinger agradeço por todas as sugestões que certamente foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA - Uruguai), pela oportunidade de desenvolver este projeto em conjunto. Agradeço também aos pesquisadores Rafael Reyno, Carlos Rossi, Fernando Lattanzi e Martin Jaurena, por todo o auxílio e sugestões fundamentais para o desenvolvimento deste projeto. A todos os funcionários do INIA - La Estanzuela, em especial à Elda, Martin, Rafael Clavijo, Vanessa, Ximena, por estar sempre ao meu lado nos momentos de avaliação e por todo o suporte prestado, e acima de tudo pela amizade. Aos funcionários de INIA – Tacuarembó, Ana, Vasquito, Fernando, Maxi, Daniel e Ruben pela colaboração no desenvolvimento das avaliações e pela amizade. A todos os estagiários que estiveram presentes durante o período de avaliação experimento tanto em campo quanto em laboratório (Marcos, Júlio, Joana, Danila, Denise, Eduardo, André, Marcio, Luciana).

Aos amigos que se tornaram nossa família uruguaia: Elda, Martin, Ezequiel, Mariana, Martin Jaurena, Claudia, Toto e Inesita, agradeço pela atenção, carinho e todos os momentos de descontração que passamos junto a vocês e seus familiares.

A todos que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse a este momento.

PRODUÇÃO E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PASPALUM NOTATUM: RESPOSTA À FERTILIZAÇÃO NITROGENADA E MANEJO DE CORTES¹

Autora: Patricia Bertoncilli

Orientadora: Carolina Bremm

Resumo – O presente trabalho foi desenvolvido na Estação Experimental do INIA La Estanzuela, em Colonia del Sacramento – Uruguai, de novembro de 2015 a março de 2017, com o objetivo de avaliar os parâmetros relacionados à produção e qualidade de sementes da espécie *Paspalum notatum* INIA Sepé. Buscou-se o entendimento dos componentes do rendimento de sementes frente a distintos níveis de fertilização nitrogenada e manejo de cortes. Foi utilizado o delineamento de blocos completamente casualizados com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de quatro doses de fertilização nitrogenada (0, 75, 150 e 225 kg de N.ha⁻¹) e três momentos de corte: corte precoce, corte tardio e sem corte, formando um arranjo fatorial 4x3. O padrão para realização do corte foi a fração da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelas plantas (50% para corte precoce e 80% para corte tardio). Para cada ano de estudo foram utilizados distintos locais dentro da mesma estação experimental a fim de avaliar a produção de sementes de plantas com idade similar (3 anos de idade), os quais foram denominados ambiente 2016 e ambiente 2017, sendo que no ambiente 2016 ocorreu maior deficiência hídrica no solo. A aplicação de N possibilitou o incremento na massa de forragem, teor de proteína bruta, índice de nutrição nitrogenada e no número de perfilhos. A máxima produtividade de sementes alcançada situou-se próxima de 1000 kg.ha⁻¹, rendimento atingido com 150 kg de N.ha⁻¹ no ambiente 2016 e na dose 75 no ambiente 2017. Tal produtividade foi obtida com a realização de duas colheitas anuais, que foi possibilitada com a utilização de corte precoce e sem corte. Com o uso de corte tardio, por outro lado, foi possível a realização de apenas uma colheita anual, o que determinou menor rendimento total de sementes, porém possibilitou maior rendimento em apenas uma colheita. Com relação ao potencial germinativo das sementes, observamos que em situações de déficit hídrico, as plantas com suprimento de N comprometem a qualidade de sementes e favorecem o crescimento vegetativo, no caso de colheitas precoces. Por outro lado, a germinação foi melhorada quando aplicado nitrogênio associado ao corte tardio. Dessa forma, conclui-se que o ecótipo *Paspalum notatum* INIA Sepé possui bom rendimento de sementes, o qual é positivamente influenciado pela fertilização nitrogenada e aplicação de corte precoce.

Palavras-chave: apomítico, ecótipo, gramínea estival, pastagem nativa, qualidade fisiológica

¹Tese de Doutorado em Zootecnia – Plantas forrageiras, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (71p.), Março, 2018.

Production and germination of *Paspalum notatum* seeds: Response to nitrogen fertilization and cutting management¹

Author: Patricia Bertonecelli

Advisor: Carolina Bremm

Abstract - The present work was developed at the INIA La Estanzuela Experimental Station, in Colonia del Sacramento, Uruguay, from November 2015 to March 2017, with the objective of evaluating the parameters related to the production and quality of seeds of the specie *Paspalum notatum* INIA Sepé. We aimed understanding of the components of the seed yield under different levels of nitrogen fertilization and cutting management. A completely randomized block design with four replications was used. The treatments consisted of twelve factorial combinations of nitrogen fertilization doses (0, 75, 150 and 225 kg of N.ha⁻¹) and three cutting times: early cut, late cut and no cut, totaling a factorial arrangement 4x3. The standard for cutting was the fraction of the photosynthetically active radiation intercepted by the plants (50% for early cutting and 80% for late cutting). For each year of study, different locations were used within the same experimental station in order to evaluate the seed production of plants with similar age (3 years old), which were named environment 2016 and environment 2017, wherein in the environment 2016 occurred greater soil water deficit. The application of N promoted the increase in forage mass, crude protein content, nitrogen nutrition index and the number of tillers. The maximum seed yield reached was close to 1000 kg.ha⁻¹, yield reached with 150 kg of N.ha⁻¹ in the environment 2016 and at dose 75 in the environment 2017. Such productivity was obtained by performing two harvests annually, which was possible by the use of early cutting and uncut treatments. However, with late cutting was possible to perform only one annual harvest, which resulted in lower total seed yield, but with a higher yield in only one harvest. Regarding to the seed germination, we observed that in situations of water deficit, plants with N supply compromise their seed quality in detriment of vegetative growth in the case of early harvests. On the other hand, the germination was improved when N was associated with late cut. In this way, we concluded that *Paspalum notatum* INIA Sepé ecotype has a good seed yield, which is positively influenced by nitrogen fertilization and early cut application.

Key words: apomitic, ecotype, native grasslands, physiological quality, summer grass

¹Doctoral thesis in Forage Science – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (71p.), Marzo, 2018.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	13
1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Descrição da espécie <i>Paspalum notatum</i>	16
2.2 Produção de sementes de <i>Paspalum notatum</i>	18
2.3 Importância do nitrogênio para a produção de sementes	19
2.4 Utilização do manejo de cortes na produção de sementes	20
2.5 Caracterização do acesso <i>Paspalum notatum</i> INIA Sepé (TB 42)	21
Hipótese do trabalho	23
OBJETIVO GERAL	23
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
CAPÍTULO II	24
Efeito do nitrogênio e do manejo de cortes no rendimento de sementes de <i>Paspalum notatum</i>	25
Resumo	25
Palavras-chave	25
Effect of nitrogen and cutting management in the <i>paspalum notatum</i> seed yield	25
ABSTRACT	25
KEY-WORDS	26
Introdução	26
Material e métodos	27
Resultados	30
Discussão	37
Conclusão	40
Referências	41
CAPÍTULO III	44
Efeito da fertilização nitrogenada e manejo de cortes em plantas parentais de <i>Paspalum notatum</i> sobre a subsequente germinação de sementes	45
Resumo	45
Palavras chave	45
effect of parent plant N-fertilization and cut management on germination of <i>Paspalum notatum</i> seeds	45
Abstract	45
Key-words	46
Introdução	46
Material e métodos	48
Resultados	50
Discussão	54
Conclusão	57
Referencias bibliográficas	57
CAPÍTULO IV	60
CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
VITA	701

RELAÇÃO DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1.	Características químicas do solo dos ambientes de estudo.....	27
Tabela 2.	Análise de variância para massa de forragem (MF), proteína bruta (PB), índice de nutrição nitrogenada (INN), de acordo com a dose de N e corte nos ambientes 2016 e 2017.....	31
Tabela 3.	Análise de variância dos efeitos da aplicação de N e corte para rendimento total limpo (Rend tot), rendimento limpo da primeira colheita (Rend 1ª C), rendimento limpo da segunda colheita (Rend 2ª C), percentual de sementes limpas (% Sem Limp), número de inflorescências (N Infl) e peso de mil sementes (P100) para os ambientes 2016 e 2017; e número de perfilhos reprodutivos (NPR), número de perfilhos na primeira colheita (NPPC) exclusivamente para o ambiente 2017.....	32
Tabela 4.	Médias de rendimento de sementes limpas total e da primeira e segunda colheita em resposta a aplicação de N e de cortes nos ambientes 2016 e 2017.....	33
Tabela 5.	Médias do número de inflorescências por unidade de área (m ²) e peso de mil sementes (g) em resposta a aplicação de N e de cortes nos ambientes 2016 e 2017.....	35
Tabela 6.	Médias do número de perfilhos por unidade de área (m ²) e percentual de perfilhos reprodutivos em resposta a aplicação de N e de cortes no ambiente 2017.....	35

CAPÍTULO III

Tabela 1.	Características químicas do solo dos ambientes (anos) de estudo.....	48
Tabela 2.	Análise de variância dos efeitos de Dose de N, Corte e interação NxCorte aplicados em plantas parentais de <i>Paspalum notatum</i> INIA Sepé nos Ambientes 2016 e 2017 sobre as variáveis Germ (% de germinação), PCG (primeira contagem de germinação), IVG (índice de velocidade de germinação).....	51

Tabela 3.	Médias de Germ (% de germinação), PCG (primeira contagem de germinação), IVG (índice de velocidade de germinação), cujas plantas parentais foram submetidas a aplicações de N e manejo de cortes nos Ambientes 2016 e 2017.....	52
-----------	---	----

RELAÇÃO DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1. Produção de forragem (Kg MS/ha) do acesso P. notatum INIA Sepé (TB42) comparada com demais acessos e cultivares comerciais da mesma espécie, durante os três primeiros anos de cultivo (FONTE: Rafael Reyno (2015), INIA Tacuarembó, dados não publicados) 22

CAPÍTULO II

- Figura 1. Precipitação (mm) (A) e déficit hídrico do solo (B) acumulados em períodos decendiais (d1, d2, d3) de cada mês de experimento, nos ambientes 2016 (linhas contínuas) e 2017 (linhas pontilhadas)..... 28
- Figura 2. Massa de forragem acumulada em função da aplicação de N para os ambientes 2016 (A) e 2017 (B). Zonas sombreadas representam intervalos de confiança de 95%..... 31
- Figura 3. Teores de proteína bruta (%) de acordo com as doses de nitrogênio (kg/ha) nos ambientes 2016 (A) e 2017 (B). Zonas sombreadas representam intervalos de confiança de 95% 32
- Figura 4. Variação do índice de nutrição nitrogenada de acordo com a dose de nitrogênio ($N \cdot ha^{-1}$), nos ambientes 2016 e 2017. Zonas sombreadas representam intervalos de confiança de 95%..... 32
- Figura 5. Número de perfilhos (m^2) para o ambiente 2017, conforme os tratamentos de corte (Controle, Precoce e Tardio) 36
- Figura 6. Modelo estrutural exibindo influências causais dos tratamentos experimentais nas variáveis agronômicas e conseqüentemente no rendimento de sementes. As setas representam as interações entre os componentes que foram estatisticamente significativas ($p < 0,05$) com seus respectivos coeficientes de trilha. Os círculos representam as variáveis em estudo com os respectivos coeficientes de determinação (R^2)..... 37

CAPÍTULO III

- Figura 1. Precipitação (mm) (A) e déficit hídrico do solo (B) acumulados em períodos decendiais (d1, d2, d3) de cada mês de experimento, nos ambientes 2016 (linhas contínuas) e 2017 (linhas pontilhadas). As flechas sinalizam o momento da realização da colheita para os tratamentos controle e corte precoce (setas preta contínuas para ambiente 2016) e tardio (setas cinza pontilhadas para ambiente 2017)..... 51
- Figura 2. Germinação de sementes (%) de *P. notatum* INIA Sepé acumulada de acordo com o período de contagem (dias). Tratamentos cujos modelos de regressão exponencial não apresentaram diferença estatística significativa (por meio da comparação dos coeficientes e interceptos) foram representados por uma equação conjunta..... 54
- Figura 3. Evolução da Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) realizada pelas plantas no ambiente 2016..... 55

LISTA DE ABREVIATURAS

INN	Índice de nutrição nitrogenada
IRFA	Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa
IVG	Índice de velocidade de germinação
MF	Massa de forragem
N	Nitrogênio
NS	Diferença estatística não significativa ($P>0,05$)
PB	Proteína Bruta
PCG	Primeira contagem de germinação
PMS	Peso de mil sementes
UE	Unidade experimental

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL

O ecossistema pastagens é responsável pela cobertura de aproximadamente 3,3 bilhões de hectares, o que representa 25% da superfície terrestre e 67% da área agrícola do planeta (FAO, 2015). Apesar da importante contribuição desse ecossistema no cenário agrícola mundial, as pastagens naturais que constituem o ecossistema *Campos* (Allen et al., 2011) teve nas últimas décadas um intenso processo de conversão por outras formas de uso da terra, o que tem levado uma maior lotação animal nas áreas de pastagens remanescentes (Naylor et al., 2005; Paruelo et al., 2006; SEBRAE/SENAR/FARSUL, 2005). Altas cargas animais em pastagens nativas e o subsequente sobrepastejo resulta na diminuição da diversidade de espécies animais e vegetais, da qualidade do solo (compactação, erosão, perda de carbono) e da capacidade produtiva do sistema (Nabinger et al., 2011; Overbeck et al., 2007). A pesquisa em pastagens avançou substancialmente com relação à utilização adequada deste recurso, demonstrando que apenas por meio do ajuste adequado da oferta de forragem é possível obter melhorias nos índices produtivos e na prestação de serviços ecossistêmicos (Carvalho & Batello, 2009; Mezzalana et al., 2012; Nabinger et al., 2011; Soares et al., 2005). No entanto, no caso de áreas já alteradas, degradadas ou quando se buscam índices produtivos ainda maiores, a melhoria do banco de sementes do solo por meio da inserção de propágulos de espécies nativas previamente selecionadas pode ser uma alternativa viável para recuperar os ambientes pastoris e, desta forma, conciliar objetivos produtivos e ambientais (Svejcar et al., 2017).

O processo de domesticação de espécies nativas tem avançado nos últimos anos na América do Sul por meio de programas de seleção e melhoramento genético. Estudos sobre a capacidade produtiva de espécies nativas do gênero *Paspalum* revelam um potencial surpreendente (Motta et al., 2016, Pereira et al., 2015a, 2017; Weiler et al., 2018), que pode inclusive ser superior às principais cultivares forrageiras exóticas cultivadas. Adicionalmente, estudos destacam que espécies do gênero *Paspalum* possuem alta capacidade de adaptação ambiental (Pereira et al., 2015b), tolerância ao frio (Motta et al., 2016), à seca (Shahba; Abbas; Alshammary, 2014) e ao pastejo severo (Hirata & Pakiding, 2003).

Dentro do gênero *Paspalum*, a espécie *notatum* é muito comum nas áreas pastejadas dos campos sulinos. Seus indivíduos apresentam rizomas bem próximos à superfície do solo que são resistentes ao pastejo contínuo e ao pisoteio (Hirata & Pakiding, 2003), o que confere à espécie tolerância a gradientes de manejo, cumprindo importante papel na redução dos efeitos de erosão em solos degradados (Millot, 1969; Pizarro, 2000). Nos últimos 20 anos, novas cultivares de *P. notatum* foram selecionadas e lançadas, principalmente por grupos de pesquisa norte americanos, com o objetivo de aumentar a produtividade de forragem (Vendramini et al., 2013). No Uruguai, pesquisas têm sido realizadas com o propósito de valorizar os recursos genéticos nativos mediante coleta, caracterização e conservação. Uma extensa coleta realizada em todos os departamentos do país possibilitou a caracterização de mais de

400 acessos nativos de *P. notatum*, deixando clara a existência de alta diversidade genética nas populações locais (Reyno et al., 2012). A partir desse programa de coleta e posterior avaliação de produtividade e tolerância a geada e enfermidades de todos os materiais coletados, foi selecionado um ecótipo com destacada performance, denominado INIA Sepé, o qual constitui o material do presente estudo.

Ao analisar uma planta quanto ao seu potencial forrageiro é importante não apenas observar a produção de forragem em quantidade e qualidade, mas sim sua persistência e capacidade em produzir sementes viáveis (Lopes & Franke, 2011). Apesar do excelente desempenho produtivo e adaptativo do ecótipo INIA Sepé, existe uma lacuna na identificação dos processos envolvidos na produção de sementes e do seu potencial em produzi-las. O uso de sementes como veículo de propagação e manutenção de espécies apresenta maior facilidade e menor custo de implantação. Em geral, as espécies do gênero *Paspalum* apresentam florescimento precoce e contínuo, o que dificulta a identificação do momento ideal de colheita e ocasiona perda de parte da produção devido à deiscência das sementes. Resultados experimentais apontam baixo percentual de espiguetas férteis (5 a 24%) (Carvalho & Carvalho, 2009), e mesmo nas espiguetas cheias, as lemas e páleas presentes nas sementes podem atrasar ou impedir sua germinação (Perez, 2004). Neste contexto, é fundamental o avanço no entendimento de estratégias para não apenas estimular a produção de sementes, mas também para sincronizar o florescimento de forma a otimizar a colheita de sementes viáveis.

A produção e qualidade de sementes estão altamente relacionadas com o fornecimento de nutrientes às plantas, sendo o nitrogênio o nutriente de maior importância (Chadhokar & Humphreys, 1973). No entanto, o suprimento de nitrogênio proveniente do solo normalmente não atende a demanda requerida pelas plantas (Fagundes et al., 2005). Sendo assim, a adubação nitrogenada pode ser considerada uma ferramenta eficiente a ser utilizada, influenciando de forma positiva os componentes de rendimento e, conseqüentemente, a produtividade de sementes (Jornada et al., 2005).

Além da utilização do nitrogênio como forma de manejo para melhorar a produtividade e qualidade das sementes forrageiras, outra forma de se obter melhores resultados é a utilização do manejo de cortes. Este, quando estrategicamente aplicado, pode interferir na produção de gemas axilares, no sombreamento da planta (que interfere na fotossíntese), e na época e sincronia de florescimento (Scheffer-Basso; Trentini; Baréa, 2007). O efeito dos regimes de corte sobre o rendimento e qualidade de sementes de gramíneas forrageiras é, no entanto, complexo, pois é influenciado por características intrínsecas ao genótipo, condições ambientais e principalmente pela intensidade (frequência e altura) e momento (estádio de desenvolvimento) em que são realizados os cortes (Scheffer-Basso; Saibro; Riboldi, 1985).

Neste contexto, a proposta da presente tese é identificar os fatores envolvidos na produção e qualidade de sementes de *P. notatum* INIA Sepé, a qual foi dividida em quatro capítulos. O Capítulo I traz uma revisão bibliográfica

sobre os assuntos trabalhados. No Capítulo II apresenta-se um artigo que descreve os fatores envolvidos no rendimento de sementes de *P. notatum* INIA Sepé, com a hipótese de que existe uma combinação entre doses de N e momento de aplicação de cortes que proporciona maior produtividade de sementes. Baseado nos mesmos fatores, o artigo do Capítulo III tem por objetivo quantificar o potencial germinativo do ecótipo em estudo e determinar as respostas oriundas dos tratamentos utilizados. Por fim, no Capítulo IV são apresentadas as considerações finais, onde mostram-se sugestões gerais para o manejo de *P. notatum*, vislumbrando otimização dos processos envolvidos e realização pesquisas futuras na produção de sementes.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Descrição da espécie *Paspalum notatum*

A produção pecuária no sul do Brasil, Uruguai e Argentina é desenvolvida essencialmente de forma extensiva por meio da utilização de pastagens. Dentre elas, as pastagens nativas ocupam uma grande fração deste território, representando o substrato forrageiro para 65 milhões de ruminantes domésticos (Berretta, 2001). No entanto, a perda de área pastoril devido à introdução de outros cultivos (i.e. expansão da cultura da soja, reflorestamentos, dentre outros) associado com a falta de conhecimento aplicado ao campo tem ocasionado sérios problemas de degradação das áreas remanescentes devido ao excesso de lotação animal empregado nessas áreas.

Essa degradação dos ecossistemas pastoris vem se tornando um importante problema da pecuária, seja em pastagens nativas ou cultivadas. Apesar do inadequado ajuste da carga animal ser considerado o principal fator determinante da degradação, não é somente a degradação oriunda do sobrepastejo e de outros manejos inadequados da pastagem, como também, em alguns casos, a inadequação da planta forrageira ao sistema de produção. Neste sentido, Euclides et al. (2010) comenta que 60% da produção de sementes do Brasil é constituída unicamente pela espécie *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, denotando-se a ausência de variabilidade genética das áreas de pastagem no país. Contrapondo-se este cenário às grandes variações de solo e clima presentes no Brasil, verifica-se claramente que essa ausência de variabilidade expõe o sistema produtivo a um baixo aproveitamento das potencialidades inerentes a cada condição, além de tornar o sistema mais suscetível a pragas e doenças. Este cenário implica na necessidade de gerar novas cultivares, com capacidade de inverter essa situação e explorar a variabilidade natural através da seleção de genótipos.

Espécies forrageiras nativas possuem uma grande importância na atividade pecuária, representando o maior recurso utilizado para produção de bovinos de corte no sul do Brasil (Nabinger, 2006). Dentre estas, o gênero *Paspalum* têm lugar de destaque por possuir cerca de 350 espécies (Denham, 2005), e sendo assim um importante constituinte da biodiversidade sul-

americana. Suas espécies são encontradas em áreas ecologicamente diversas nas Américas do Sul, Central e do Norte, sendo que seu centro de maior diversidade está localizada nos cerrados brasileiros e nos campos da Argentina, Uruguai e sul do Brasil (Chase, 1929; Barreto, 1974; Judziewicz, 1990), onde várias espécies são dominantes (Valls, 1994). Apesar da sua grande importância, o melhoramento genético é bastante incipiente no gênero (Pozzobon et al., 2008).

O *Paspalum notatum* é uma das espécies mais comuns no sul do Brasil, Uruguai e Argentina, onde é conhecido também como “grama batatais”, “Grama forquilha” ou “bahiagrass”. Segundo Maraschin (2001), esta espécie é originária de regiões bem providas de umidade, com precipitações efetivas na estação quente e diversidade de solos da faixa subtropical da América do Sul, produz forragem desde a primavera até o outono, é bem adaptada ao pastejo e resistente ao pisoteio, pois seus rizomas ficam protegidos pela bainha e emitem novas folhas, estimuladas pelas temperaturas de primavera. Possui grande importância como forrageira subtropical, sendo amplamente aceita devido a sua boa qualidade de forragem, alta resistência ao pastejo e ao pisoteio dos animais (Pozzobon & Valls, 1997, Gates et al., 2004). Segundo Rosengurt (1979) é uma espécie rizomatosa e perene com aceitabilidade prolongada por parte dos animais.

O *P. notatum* Fluegge var. *saurae* Parodi (capim-pensacola) utilizado como forrageira de origem sulamericana, foi introduzido casualmente por volta de 1935 na Flórida, onde foi inicialmente estudado (Haddad et al., 1999). Nos Estados Unidos é amplamente utilizado na criação de bovinos de corte e equinos, sendo a espécie mais difundida dentre as de interesse econômico, com uma estimativa de um milhão de hectares cultivados na Flórida (Burton & Mullinix, 1998).

Segundo Maraschin (2001), o interesse dos pesquisadores pelo *P. notatum* vem do fato da mesma formar pastagens densas, bem enraizadas, com plantas propagando-se tanto por sementes como vegetativamente, mantendo crescimento ativo até a ocorrência de baixas temperaturas, secas ou geadas.

Em trabalho comparando dois ecótipos nativos de *P. notatum* identificados como ‘Capivari’ e ‘André da Rocha’ com a cultivar Pensacola, Prates (1977) constatou que ecótipos nativos foram superiores em vários aspectos avaliados, sendo que ‘André da Rocha’ mostrou-se promissor, apresentou porte mais elevado, alta produção de forragem, bom valor nutritivo e excelente produção de sementes. Mais recentemente, Fachinetti (2010), avaliando 52 acessos desta espécie, relatou grande variabilidade para características morfológicas estudadas, e que a maioria dos acessos apresentou elevadas produções de forragem e boa persistência ao inverno quando comparados com a cultivar Pensacola.

2.2 Produção de sementes de *P. notatum*

A utilização de espécies forrageiras adaptadas às características locais permite um manejo mais facilitado e maior estabilidade produtiva, assim como, conservação dos recursos genéticos naturais e diminuição dos custos e riscos da atividade, resultando na sustentabilidade do sistema (Towsend, 2008). A expansão de cultivares de espécies de plantas forrageiras depende da contínua disponibilidade de sementes, pois esta resulta na forma mais rápida, eficiente e com menor custo de implantação de espécie.

O potencial de produção de sementes de uma espécie é determinado por meio dos componentes de rendimento de sementes. Nas gramíneas forrageiras, a determinação destes componentes ocorre desde o desenvolvimento vegetativo até as etapas do desenvolvimento reprodutivo (Carámbula, 1984). Segundo o mesmo autor, o rendimento está relacionado com a absorção de nutrientes durante o estágio vegetativo, assim como, a maneira com que esses nutrientes estão distribuídos nas sementes e no resto da planta. Segundo Nabinger (1984), os componentes do rendimento de sementes são suscetíveis ao controle genético, ambiental ou por práticas de manejo.

As gramíneas tropicais e subtropicais possuem produtividade e qualidade das sementes inferiores quando comparadas com gramíneas temperadas. Os fatores que determinam essa baixa produtividade, segundo Boonman (1973) são: prolongado período de emergência de inflorescências, diminuição na duração do florescimento e emergência de inflorescências tardias, baixo número de inflorescências produzidas por unidade de área, baixa formação de sementes por inflorescência, baixa retenção das sementes formadas e outros fatores incluindo doenças e perdas por pássaros.

Um dos principais fatores determinantes da produtividade de sementes em *P. notatum* é o número de perfilhos reprodutivos por unidade de área. No entanto, é escasso o conhecimento sobre o efeito de fatores como aplicação de nitrogênio e cortes ou da competição por água, luz ou nutrientes sobre a formação e dinâmica da população final de perfilhos que estarão aptos a produzir sementes (Nabinger & Medeiros, 1995).

A definição do momento ideal da colheita de sementes de *P. notatum* também é considerado um problema na produção. Essa espécie apresenta comportamento prolongado de emergência de inflorescências e desuniformidade das sementes (Carvalho & Carvalho, 2009). A problemática do sincronismo de emergência das inflorescências e o prolongado período de antese tem incidência direta sobre o sincronismo da maturação das sementes, ou seja, uma ampla variação do estágio de desenvolvimento das sementes, em qualquer momento do ciclo reprodutivo da planta (Costa & Saibro, 1984). Outro fator importante na produção desta espécie é a degrana natural das sementes, que restringe tanto a eficiência, quanto as opções de métodos de colheita (Humphreys & Riveros, 1986).

A utilização de diversos manejos tem por objetivo minimizar os efeitos característicos, descritos anteriormente, da espécie *P. notatum*, e resultar em uma maior produtividade e qualidade de sementes. Entre as práticas de manejos que vem sendo estudadas, a aplicação de nitrogênio e cortes tem se mostrado como um meio que o produtor pode utilizar para uniformizar a produção de sementes, além de aumentar o rendimento (Ost, 2013).

2.3 Importância do nitrogênio para a produção de sementes

O nitrogênio (N) é considerado o elemento mais abundante da atmosfera terrestre e participa de diversos processos básicos essenciais para a manutenção da vida de todos os seres vivos (Dechen & Nachtigall, 2007). É um dos elementos químicos mais importantes para o crescimento e reprodução das plantas, uma vez que está presente na molécula de clorofila que é essencial para o processo de fotossíntese. Também é um constituinte básico da proteína das plantas, incluindo o DNA e RNA, e atua em demais processos fisiológicos como respiração e no desenvolvimento e atividade de raízes. Diversos estudos têm apontado que o N trata-se do nutriente mais crítico para a produção de sementes de gramíneas forrageiras (Boonman, 1993).

Os principais benefícios da adubação nitrogenada para a produção e qualidade de sementes ocorrem devido ao aumento de perfilhamento, conversão de perfilhos estéreis em férteis e pelo aumento do número de espiguetas e do peso de 1000 sementes (Carambula & Elizondo, 1968). Tais características produtivas são decorrentes da participação do N na atividade meristemática (Morton & Watson, 1948), sendo evidente seu efeito na síntese de proteínas e na divisão de células do meristema apical, atuando no processo de iniciação floral e na velocidade do crescimento da inflorescência (Carambula, 1984).

A adubação nitrogenada é um dos fatores com maior influência nos custos de produção de sementes forrageiras. É necessário, portanto, o estabelecimento de níveis adequados de suprimento do N para proporcionar maior eficiência da sua utilização, visando aprimoramento das características produtivas e qualitativas das sementes e ao mesmo tempo evitando-se custos desnecessários ou mesmo problemas relacionados à poluição ambiental. Além da constatação direta de níveis ótimos de nitrogênio por meio da avaliação do desempenho das plantas em função de diferentes doses do elemento, para uma maior compreensão das relações causa-efeito é necessária a investigação do status de nutrição nitrogenada das plantas. Diversos métodos foram desenvolvidos para se sustentar a porcentagem de nitrogênio crítica das culturas, destacando-se o índice de nutrição nitrogenada (INN), descrito por Lemaire & Gastal (1997). Tal índice pode ser determinado como a razão entre o N real e o N crítico em relação à produção de matéria seca, e por esta razão pode ser determinado em qualquer fase de desenvolvimento da cultura.

Embora tal índice tenha sido desenvolvido tomando como base a produção de massa de forragem, ele também permite avaliar as condições de nutrição da planta e, com isso, determinar a eficiência na produção de sementes.

2.4 Utilização do manejo de cortes na produção de sementes

O conhecimento dos aspectos fenológicos de *P. notatum* são essenciais para a definição de estratégias de manejo mais adequadas para obtenção de melhores resultados no processo de produção de sementes. Dentre os diversos fatores que afetam a produção de sementes nesta espécie, destaca-se a baixa sincronia do florescimento, pois dificulta a definição do momento ideal da colheita e leva a altos índices de perdas de sementes viáveis, prejudicando assim o rendimento final (Jornada, 2005). Além deste fator, muitos trabalhos destacaram a baixa produtividade de sementes viáveis desta espécie, aspecto que dificulta a disseminação comercial desta importante forrageira (Carvalho & Carvalho, 2009).

A aplicação adequada do manejo de cortes permite minimizar o efeito dessa baixa sincronia no florescimento e melhorar os índices de produtividade (Macedo et al., 1993). Com relação ao primeiro aspecto, o corte como estratégia de manejo permite a remoção dos colmos mais velhos que se encontram em distintos estágios fenológicos de desenvolvimento, possibilitando a formação de uma alta densidade de colmos novos e com idade similar, sincronizando assim o período de floração (Humphreys, 1979).

Com relação ao rendimento de sementes, a utilização do corte sob condições favoráveis ao desenvolvimento da planta estimula o seu perfilhamento, o que apresenta relação direta com a produtividade devido ao maior número de perfilhos que poderão emitir inflorescências. No entanto, para que o perfilhamento potencial ocorra é necessário um manejo da altura de corte suficientemente baixo para remover o meristema apical, de modo que ocorra estímulo à rebrotação a partir do aparecimento de novos perfilhos, principalmente aqueles que têm origem na base da planta, chamados perfilhos basilares (Corsi, 1984). Barbosa et al. (1997), em trabalho desenvolvido com quatro cultivares de *Panicum maximum* Jacq., encontraram correlação positiva entre a decapitação do meristema apical e o número de perfilhos nas três primeiras semanas após o corte, evidenciando esse efeito da remoção do meristema apical sobre a ativação das gemas basilares.

A realização do regime de corte requer o estabelecimento de um critério que permita a identificação do momento ideal para o melhor desempenho das características de interesse. Exemplos de critérios comumente utilizados são baseados no fotoperíodo e no filocrono, no entanto, estes critérios necessitam do conhecimento da morfogênese da planta para ser aplicada de forma eficiente. Sendo assim, na ausência dessa caracterização

morfogênica, o uso da interceptação fotossinteticamente ativa apresenta-se como uma alternativa para o critério de corte.

A utilização do nível de interceptação da RFA como critério para o manejo de pastagens é bem aceito pela comunidade científica (Parsons; Johnson; Harvey, 1988; Silva; Nascimento Júnior, 2007). A radiação interceptada pelas plantas é uma medida que varia de acordo com modificações na estrutura do dossel forrageiro, que é definido pela dinâmica de crescimento de suas partes no espaço e dependente de suas características morfológicas e de variáveis de ambiente (Nabinger & Pontes, 2001). À medida que o pasto se desenvolve, a interceptação da radiação aumenta e a luz que penetra o dossel em direção ao solo sofre alterações qualitativas e quantitativas. A luz que chega aos estratos inferiores de dosséis bem desenvolvidos possui baixa relação vermelho: vermelho distante, o que reduz o perfilhamento (Gautier; Varlet-Grancher; Hazard, 1999). O sombreamento altera o suprimento de carbono da planta, dando origem a competição entre folhas e gemas axilares, dando origem à relação inversa entre tamanho e densidade de perfilhos. Com a realização de cortes ocorre diminuição da interceptação luminosa e aumento dos componentes da luz vermelha e luz azul chegando à base das plantas, dando origem à plantas com folhas mais curtas e com maior densidade populacional de perfilhos (Matthew et al., 1995; Parsons & Chapman, 2000).

2.5 Caracterização do acesso *P. notatum* INIA Sepé (TB 42)

Com o objetivo de valorizar os recursos genéticos de *P. notatum* do Uruguai mediante a sua coleta, caracterização e conservação, foi realizado em 2006 um levantamento em 97 locais representativos de todos os Departamentos do país. Os resultados de caracterização genética e fenotípica mostraram que existe uma alta diversidade genética das populações locais (Reyno et al., 2012). Esta variabilidade genética torna-se de grande interesse para programas de melhoramento genético de Plantas Forrageiras, visto que se pressupõe a existência de plantas com características de interesse superiores.

Durante os últimos anos, vários experimentos foram realizados com o objetivo de determinar a produtividade de forragem e de sementes, o comportamento do fungo *Claviceps paspali* que influencia negativamente a produção de sementes, e a tolerância a geadas, de distintos genótipos de *P. notatum*, além da sua interação com o ambiente.

O acesso *P. notatum* INIA Sepé é uma gramínea de ciclo fotossintético C4, perene e tetraplóide. Pertencente botanicamente à variedade latiflorum que faz parte de um programa de seleção e melhoramento genético desenvolvido pelo INIA - Tacuarembó- Uruguai. Possui forma de reprodução apomítica, aspecto que torna os descendentes clones da planta original, independente do seu grau de heterose e vigor híbrido (Koultunow, 1993), sua

identificação de coleta foi TB42. Possui grande capacidade colonizadora através de uma ampla rede de estolões e rizomas, além de boa tolerância ao frio.

As produções de massa de forragem apresentaram destaque quando comparadas a outros acessos do gênero *Paspalum* ou cultivares comerciais como a Pensacola, utilizada como referência. No terceiro ano a partir da semeadura, o acesso INIA Sepé (TB42) atingiu produção cinco vezes superior à cultivar comercial Pensacola, chegando a 10 toneladas de matéria seca por hectare (Fig. 1a) (dados INIA, não publicados).

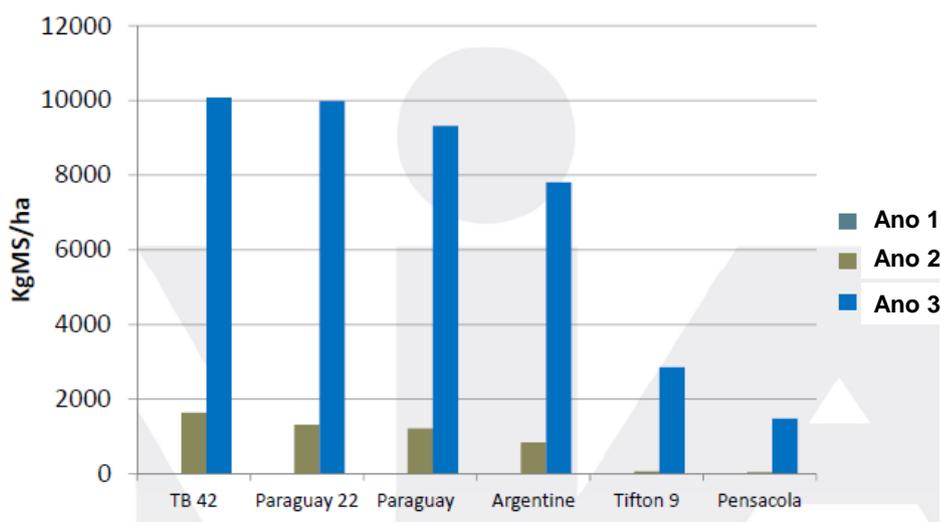


Figura 1 – Produção de forragem (Kg MS/ha) do acesso *P. notatum* INIA Sepé (TB42) comparada com demais acessos e cultivares comerciais da mesma espécie, durante os três primeiros anos de cultivo (FONTE: Rafael Reyno (2015), INIA Tacuarembó, dados não publicados).

HIPÓTESE DO TRABALHO

A aplicação de nitrogênio em plantas de *Paspalum notatum* INIA Sepé proporciona alterações nos componentes de rendimento de sementes, afetando a produtividade e qualidade das sementes.

A utilização de cortes em diferentes estádios fenológicos das plantas de *P. notatum* INIA Sepé proporciona alteração na arquitetura da planta e na distribuição de fotoassimilados, gerando uma correlação entre o número de perfilhos e o rendimento de sementes. Sendo assim, a estratégia de cortes conforme diferentes níveis de interceptação possibilitam a identificação do momento ideal de corte para se obter uma maior produtividade aliada a qualidade.

OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos no manejo de cortes e fertilização nitrogenada no rendimento e qualidade germinativa de sementes de *P. notatum*.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Avaliar a resposta do *P. notatum* INIA Sepé (TB 42) a diferentes doses de nitrogênio, quanto à produtividade e qualidade de sementes.
2. Avaliar os cortes nos diferentes níveis de interceptação, a fim de identificar qual proporciona melhor correlação entre os componentes de rendimento e a produtividade e qualidade de sementes.
3. Avaliar o efeito das doses de nitrogênio e os tratamentos de corte aplicados.

CAPÍTULO II

EFEITO DO NITROGÊNIO E DO MANEJO DE CORTES NO RENDIMENTO DE SEMENTES DE *PASPALUM NOTATUM*

Resumo - O presente trabalho teve por objetivo avaliar a hipótese de que existe uma combinação ideal entre dose de nitrogênio e momento da realização do corte que determina o máximo rendimento de sementes de *Paspalum notatum* acesso INIA Sepé. Para tanto, foi conduzido um experimento em La Estanzuela, departamento de Colonia, Uruguai, de novembro de 2015 a março de 2017. Os tratamentos consistiram em doze combinações fatoriais de quatro doses de N (0, 75, 150 e 225 kg de N.ha⁻¹) e três manejos de corte baseados no percentual da radiação solar interceptada (corte precoce (50%), corte tardio (80%) e sem corte). O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados com quatro repetições. Para cada ano de estudo foram utilizados distintos locais dentro da mesma estação experimental, caracterizados como ambiente 2016 e 2017, a fim de avaliar a produção de sementes de plantas com idade similar (3 anos de idade). A aplicação de N possibilitou o incremento na massa de forragem, teor de proteína bruta, índice de nutrição nitrogenada e no número de perfilhos. A máxima produtividade de sementes alcançada situou-se próxima de 1000 kg.ha⁻¹, produtividade alcançada com 150 kg de N.ha⁻¹ no ambiente 2016 e na dose 75 no ambiente 2017. Tal produtividade foi obtida com a realização de duas colheitas anuais, que foi possibilitada com a utilização de corte precoce e sem corte. Com o uso de corte tardio, por outro lado, foi possível a realização de apenas uma colheita anual, o que determinou menor rendimento total de sementes. No entanto, o rendimento em apenas uma colheita foi superior com corte tardio. A combinação entre corte precoce e doses moderadas de N proporcionou o máximo rendimento total de sementes.

Palavras-chave – índice de nutrição nitrogenada, inflorescências, massa de forragem, perfilhamento, produtividade

EFFECT OF NITROGEN AND CUTTING MANAGEMENT IN THE *PASPALUM NOTATUM* SEED YIELD

Abstract - The present work studied the hypothesis that there is an ideal combination between nitrogen dose and the moment of cutting, which determines the maximum seed yield of *Paspalum notatum* INIA Sepé access. An experiment was carried out in Colonia del Sacramento, Uruguay, from November 2015 to March 2017. The treatments consisted of twelve factorial combinations of four N doses (0, 75, 150 and 225 kg of N.ha⁻¹) and three cutting managements (early cutting (50%), late cut (80%) and no cutting). The experimental design was randomized complete blocks with four replicates. For

each year of study, different locations were used within the same experimental station, characterized as environment 2016 and 2017, in order to evaluate the seed production of plants of similar age (3 years of age). The application of N allowed the increase in forage mass, crude protein content, nitrogen nutrition index and the number of tillers. The maximum seed yield reached was close to 1000 kg.ha⁻¹, productivity achieved with 150 kg of N.ha⁻¹ in the environment 2016 and with the dose 75 in the environment 2017. Such productivity was obtained by performing two harvests annually, which was made possible by the use of early cutting and uncut treatments. With the use of late cutting, on the other hand, it was possible to perform only one annual harvest, which resulted in a lower total seed yield. However, seed yield in only one harvest was higher with late cut. The combination between early cutting and moderate N doses enabled the maximum total seed yield.

Key-words - forage mass, inflorescences, nitrogen nutrition index, productivity, tillering

INTRODUÇÃO

O setor agropecuário enfrenta atualmente o dilema relacionado à segurança alimentar para uma população em expansão (Roberts, 2011) conjuntamente com a necessidade de conservação dos recursos naturais (FAO, 2017). No contexto da produção animal em pastagens, a busca por espécies forrageiras capazes de produzir de forma sustentável, com baixo impacto ambiental e que permitam a conservação da biodiversidade, representam desafios para os programas de seleção e melhoramento genético de plantas frente a tais demandas conflitivas (Borém; Ramalho; Fritsche-Neto, 2012). Para tanto, a seleção e domesticação de espécies nativas pode representar uma oportunidade para que a otimização produtiva seja compatível com as demais funções ecossistêmicas. Dentre as inúmeras forrageiras nativas presentes na região do ecossistema Campos (Allen et al., 2011), a espécie *Paspalum notatum* possui valor destacado por sua persistência e produtividade sob baixa disponibilidade de insumos (Pitman, 2013), tendo boa adaptação a distintas condições edafoclimáticas e regimes de desfolha (Hirata & Pakiding, 2003).

O acesso de *P. notatum* INIA Sepé, nativo do Uruguai e pertencente à variedade botânica latiflorum, foi obtido a partir de um amplo levantamento realizado nos dezenove departamentos do país, onde foram selecionados os materiais com maior potencial de produção de forragem e valor bromatológico (Reyno et al., 2012). O acesso INIA Sepé, tetraploide com reprodução apomítica, por ser originário do Uruguai pode ser considerado promissor para a recuperação de campos naturais degradados. No entanto, ainda existe uma lacuna quanto ao conhecimento do seu potencial de produção de sementes e dos mecanismos nele envolvidos, premissa fundamental para a adequada multiplicação e comercialização do material.

A produção de sementes das espécies do gênero *Paspalum* encontra-se limitada por problemas decorrentes do florescimento contínuo e desuniforme e do curto intervalo para o início da abscisão das sementes, que ocasiona perdas durante a colheita (Lopes & Franke, 2011). Diante de tal problemática, estudos tem verificado que a aplicação de corte em períodos estratégicos pode melhorar a sincronização do desenvolvimento e maturação de sementes (Scheffer-Basso; Trentini; Baréa, 2007) e, portanto otimizar a colheita de sementes maduras. Adicionalmente, a realização de corte remove o excesso de biomassa e oportuniza a entrada de luz para o desenvolvimento das gemas axilares, determinando aumento na densidade de perfilhos (Paiva et al., 2012), que constituem unidades básicas para a formação de inflorescências.

Outra tecnologia que permite o crescimento da população de perfilhos é o suprimento de nitrogênio às plantas (Liu et al., 2011). O elemento possui grande importância no processo de produção de sementes, atuando como um controlador do desenvolvimento da planta por cumprir papel fundamental no seu metabolismo (Prando et al., 2012). O suprimento de nitrogênio às plantas melhora o índice de área foliar e a concentração de clorofila nas folhas (Bojović & Marković, 2009) e, conseqüentemente, a disponibilidade de fotoassimilados para a produção de sementes.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de distintos níveis de fertilização nitrogenada e momentos da realização de corte em plantas parentais de *P. notatum* INIA Sepé sobre o rendimento de sementes e seus componentes.

MATERIAL E MÉTODOS

Local, tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi desenvolvido durante dois anos (2015/2016 e 2016/2017) na Estação Experimental do INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuária) La Estanzuela, situada no Departamento de Colonia, República Oriental do Uruguai (34°21'02.59"S, 57°42'01.30"W). O solo do campo experimental é classificado como Brunosol Eutrício típico (Argiudol Típico) correspondente à unidade de levantamento de solos Ecilda Paullier-Las Brujas, com textura franco-argilo-siltosa e com uma declividade suave a moderada de aproximadamente 2 a 4%. As características químicas de cada ambiente estão descritas na tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo dos ambientes de estudo.

	pH	N	P	K	Ca	Mg
	(H ₂ O)	(µg N/g)	(µg P/g)		(meq/100g)	
Ambiente 2016	5,8	3,7	21,1	0,69	10,6	3,6
Ambiente 2017	6,7	5,4	24,5	0,39	14,4	5,6

Os ambientes (anos) apresentaram condições climáticas distintas entre eles e estão apresentados na figura 1.

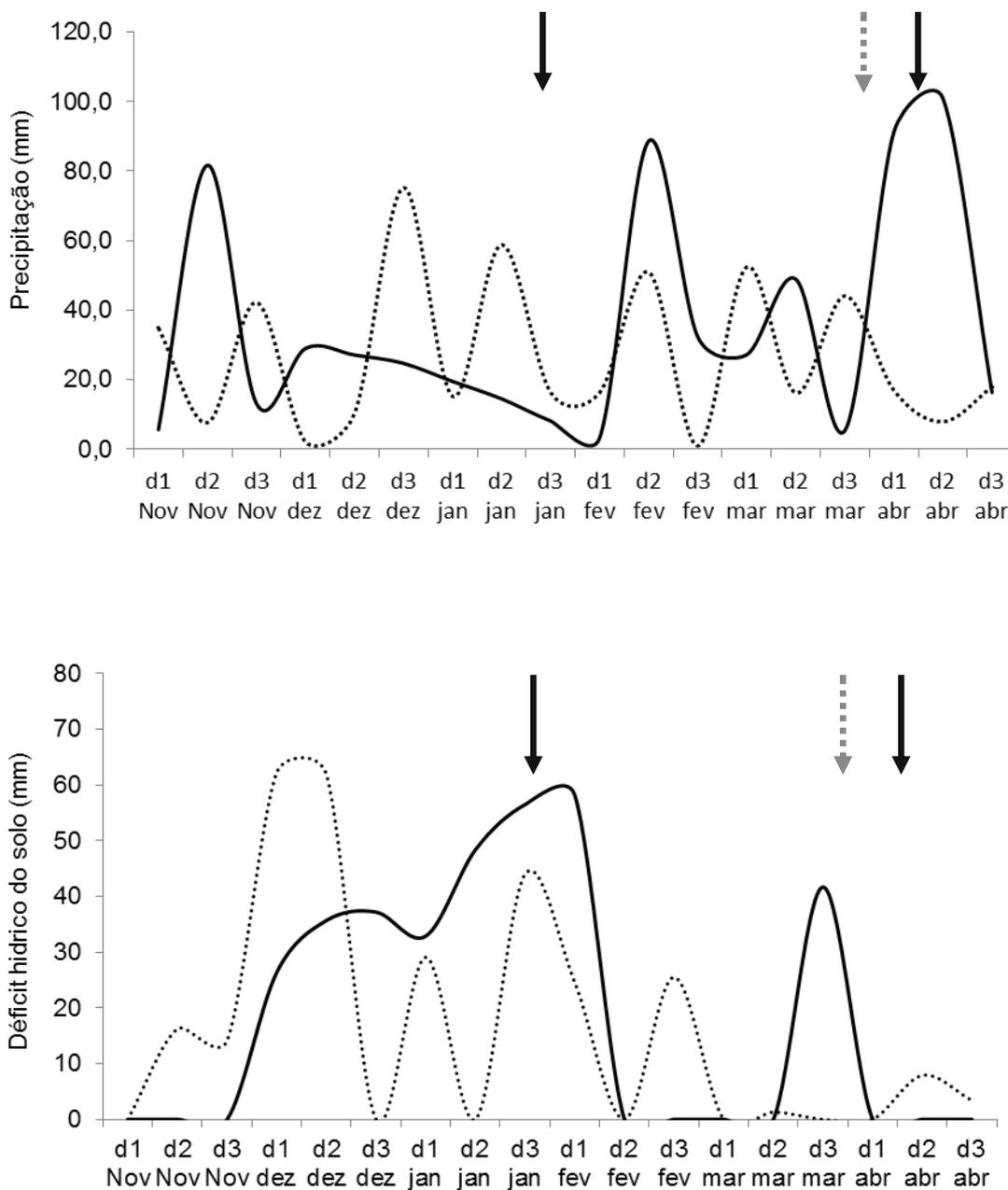


Figura 1. Precipitação (mm) (A) e déficit hídrico do solo (B) acumulados em períodos decendiais (d1, d2, d3) de cada mês de experimento, nos ambientes 2016 (linhas contínuas) e 2017 (linhas pontilhadas). As flechas sinalizam o momento da realização da colheita para os tratamentos controle e corte precoce (seta preta) e tardio (seta cinza).

O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados, com 4 repetições e avaliados em dois anos de estudo (com ambientes distintos). Os tratamentos consistiram em três momentos de aplicação de corte (baseado no índice de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) medidos por um ceptômetro Decagon LP-80)) e quatro níveis de fertilização nitrogenada, arranjados em um esquema fatorial 4x3. O fator corte foi definido por: controle (sem realização de corte), corte precoce (corte realizado com 50% de IRFA) e corte tardio (corte realizado com 80% de IRFA). Os tratamentos de fertilização nitrogenada consistiram em: Controle, N75 (75 kg de N.ha⁻¹), N150 (150 kg de N.ha⁻¹) e N225 (225 kg de N.ha⁻¹), aplicados na forma de ureia.

Previamente ao início do experimento, todas as parcelas receberam um corte de uniformização (Ambiente 2016: 26 de novembro de 2015 e Ambiente 2017: 12 de dezembro de 2016), a 5 cm do solo. As datas de realização dos demais cortes foram: 1) corte precoce (Ambiente 2016: 18 de dezembro de 2015 e Ambiente 2017: 06 de janeiro de 2017); corte tardio (Ambiente 2016: 19 de janeiro de 2016 e Ambiente 2017: 26 de janeiro de 2017). A fertilização nitrogenada foi parcelada em duas aplicações, sendo a primeira (75 kg de N.ha⁻¹) imediatamente após o corte de homogeneização e a segunda (quantidade de N remanescentes dos tratamentos N150 e N225) após a aplicação do tratamento de corte correspondente. No caso do tratamento controle (sem corte), a aplicação das doses remanescentes de N correspondeu à época em que foi realizado o corte precoce.

As unidades experimentais (UEs) foram retangulares de 2x5 (10 m²) com espaçamento entre blocos de 1 m. Para cada ano experimental foram utilizadas áreas distintas para que pudéssemos ter em ambas as safras, plantas com três anos de implantação e também a fim de neutralizar qualquer efeito residual de tratamentos. Tais áreas foram definidas como: Ambiente 2016 (safra 2015/2016) e Ambiente 2017 (safra 2016/2017).

Avaliações

A realização da colheita foi determinada a partir de uma amostra de sementes retirada de cada parcela, sendo que esta deveria obter valor aproximado de 30% de umidade. Esse valor foi determinado por uma balança de umidade com infravermelho (Moisture balance, modelo HA 300, Precisa Instruments). No momento da primeira colheita (Ambiente 2016: sem corte (26/01/2016), corte precoce (29/01/2016) e corte tardio (11/04/2016) e Ambiente 2017: sem corte e corte precoce (08/02/2017), corte tardio (30/03/2017)), também foram realizadas amostragens de massa de forragem (MF, um quadro de 30x30cm por parcela). De tais amostras foram analisados os teores de proteína bruta (PB) (A.O.A.C., 1990) e calculado o índice de nutrição nitrogenada (INN) (Lemaire & Gastal, 2009). No segundo ano de experimento (Ambiente 2017) foi adicionalmente realizada contagem do número de perfilhos (um quadro de 30x30 cm) por parcela, assim como mensurado o número de perfilhos reprodutivos. Também foram coletadas amostras de inflorescências (três quadros de 30x30cm por parcela), das quais foi quantificado o número de inflorescência total e posteriormente as mesmas

foram utilizadas para mensurar o rendimento. Para os tratamentos que possibilitaram uma segunda colheita foi realizado um corte de homogeneização logo após a primeira colheita. No momento da segunda colheita (Ambiente 2016 (11/04/2016) e Ambiente 2017 (30/03/2017)) foram apenas coletadas amostras das inflorescências para o cálculo do rendimento total de sementes. Destaca-se que a aplicação de corte tardio impossibilitou a obtenção de duas colheitas anuais.

Após a trilha foi realizada a pesagem das sementes, as quais foram posteriormente limpas por um soprador tipo blower (modelo 757 South Dakota seed blower – Seedburo Equipment Company) (com abertura e tempo calibramos para obtenção de sementes com peso de mil superior a 3,1) e pesadas novamente para encontrar o peso limpo, o percentual de sementes limpas e logo estimado o rendimento total limpo por área. A partir das sementes limpas foi avaliado o peso de mil sementes.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), considerando nível de 5% de significância. O modelo foi constituído pelos efeitos fixos referentes às doses de nitrogênio, as épocas de corte e a interação entre as mesmas e os blocos. Quando ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Regressões lineares e quadráticas foram testadas e o modelo melhor ajustado foi definido segundo o critério de informação de Akaike (AIC), desde que significativo em nível de 5%. Os modelos foram construídos seguindo pressuposições de normalidade e homogeneidade de variâncias. Para tais análises foi utilizado o pacote estatístico JMP v.13.1.0 (SAS INSTITUTE INC., 2017). Foi realizada análise de componentes de trilha (modelo estrutural), para determinar os fatores envolvidos no rendimento de sementes, incluindo os tratamentos utilizados e os componentes de rendimento. O fator corte foi expresso no modelo como a soma térmica do início do experimento até o momento em que foi efetuado o corte. Foram selecionadas as variáveis com maiores coeficientes de trilha e que explicaram de forma mais adequada o rendimento de sementes. A análise de trilha foi realizada utilizando o software SmartPLS (v. 3.2.7).

RESULTADOS

Caracterização do dossel forrageiro

Houve interação significativa entre N x corte para as variáveis massa de forragem (MF) e proteína bruta (PB) no ambiente 2016 e PB e índice de nutrição nitrogenada (INN) no ambiente 2017 (Tabela 2). Foram verificados efeitos isolados de ambos os fatores para a variável INN no ambiente 2016 e MF em 2017.

Tabela 2. Análise de variância para massa de forragem (MF), proteína bruta (PB), índice de nutrição nitrogenada (INN), de acordo com a dose de N e corte nos ambientes 2016 e 2017.

	Ambiente 2016			Ambiente 2017		
	Dose N	Corte	Interação	Dose N	Corte	Interação
MF	<,0001*	<,0001*	<,0001*	0,0002*	0,0015*	0,1363 ^{NS}
PB	<,0001*	<,0001*	<,0002*	<,0001*	0,0062*	0,0189*
INN	<,0001*	0,0201*	0,690 ^{NS}	<,0001*	0,1822 ^{NS}	0,0270*

NS: não significativo; * $p < 0,05$.

A aplicação de distintas doses de nitrogênio possibilitou a formação de um gradiente de massa de forragem, que se ajustou no ambiente 2016 a um modelo linear nos tratamentos corte precoce e controle e quadrático no tratamento corte tardio (Fig. 2A). Em ambos modelos lineares foram observados coeficientes angulares similares estatisticamente (controle= $10,84*N$; corte precoce= $9,25*N$), porém com diferença no valor de intercepto. No entanto, tais coeficientes foram substancialmente inferiores ao verificado no corte tardio ($29,5*N$). No ambiente 2017 (Fig. 2B) a MF ajustou-se ao modelo linear, que foi o mesmo para todos os tratamentos de corte, cujo coeficiente angular foi de $16,1$ kg de matéria seca para cada kg de N aplicado.

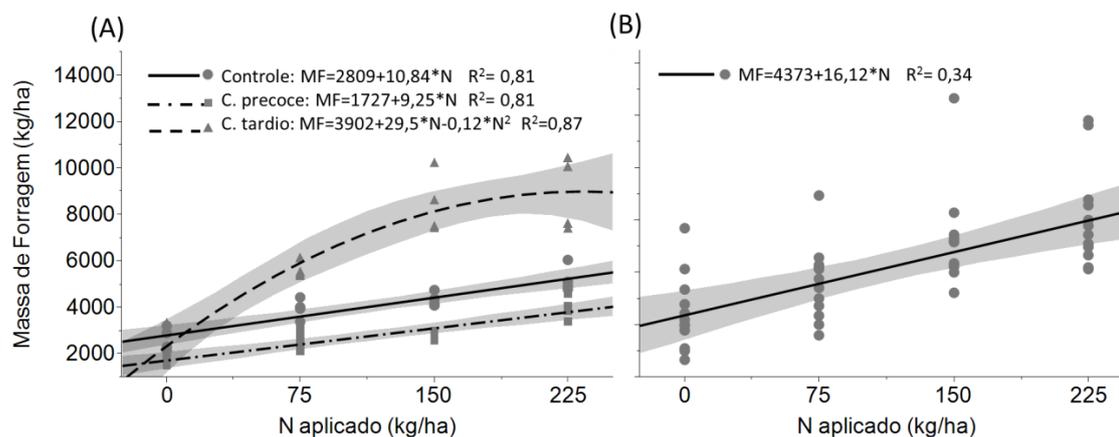


Figura 2. Massa de forragem em função da aplicação de N para os ambientes 2016 (A) e 2017 (B). Zonas sombreadas representam intervalos de confiança de 95%.

Os teores de proteína bruta foram influenciados positivamente pela aplicação de nitrogênio em ambos os ambientes de estudo, o que foi representado por equações lineares (Figura 3). No ambiente 2016, as parcelas que tiveram corte precoce e controle se ajustaram a um modelo linear com coeficiente linear de $0,017*N$, ao passo que no tratamento corte tardio tal coeficiente foi de $0,072*N$ (Figura 3B). No ambiente 2017, foi verificado coeficiente linear de $0,015*N$ para corte precoce e controle, sendo que o corte tardio não apresentou equação estatisticamente significativa em resposta ao N.

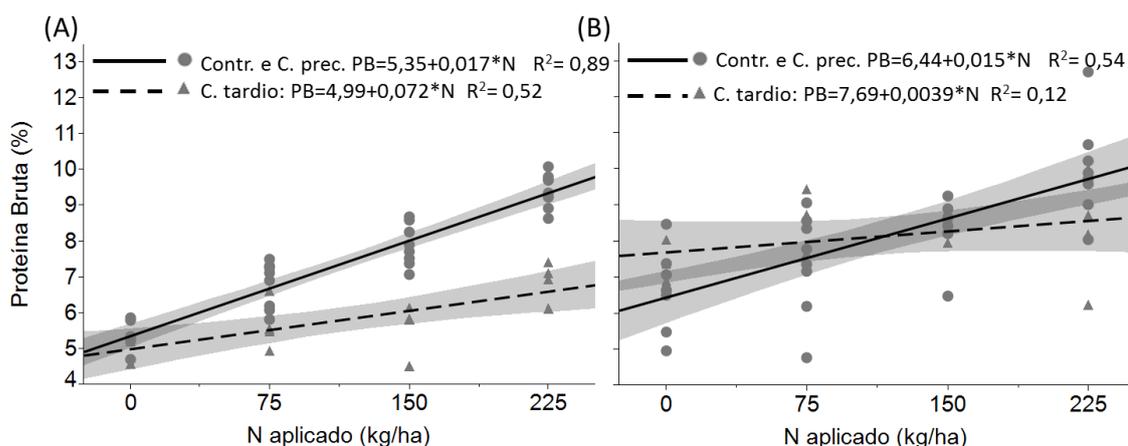


Figura 3. Teores de proteína bruta (%) de acordo com as doses de nitrogênio (kg/ha) nos ambientes 2016 (A) e 2017 (B). Zonas sombreadas representam intervalos de confiança de 95%.

O índice de nutrição nitrogenada das plantas no momento da colheita apresentou relação linear positiva com a aplicação de N, em ambos os anos de estudo (Figura 4). Foi verificado aumento dos INN na ordem de 0,0016 e 0,0011 para cada Kg de N aplicado, respectivamente para os ambientes 2016 e 2017.

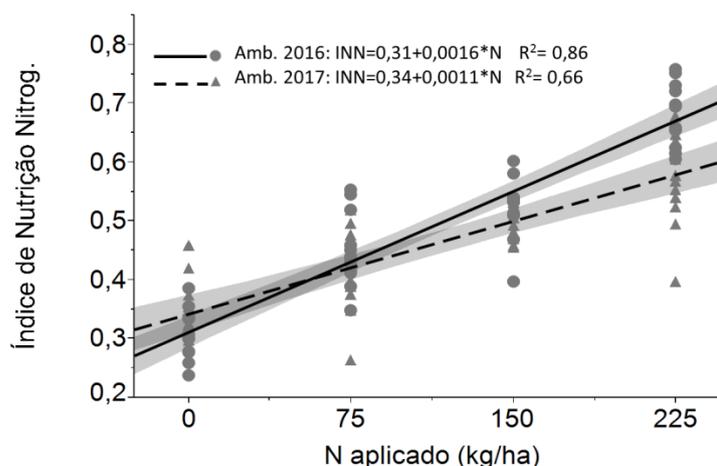


Figura 4. Variação do índice de nutrição nitrogenada de acordo com a dose de nitrogênio ($N\cdot ha^{-1}$), nos ambientes 2016 e 2017. Zonas sombreadas representam intervalos de confiança de 95%.

Rendimento de sementes

O resultado da análise de variância para os componentes do rendimento de sementes é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Análise de variância dos efeitos da aplicação de N e corte para rendimento total limpo (Rend tot), rendimento limpo da primeira colheita (Rend 1ª C), rendimento limpo da segunda colheita (Rend 2ª C), percentual de sementes limpas (% Sem Limp), número de inflorescências (N Infl) e peso de mil sementes (P1000) para os ambientes 2016 e 2017; e número de perfilhos

reprodutivos (NPR), número de perfilhos na primeira colheita (NPPC) exclusivamente para o ambiente 2017.

Variável	Ambiente 2016			Ambiente 2017		
	Dose N	Corte	Interação	Dose N	Corte	Interação
Rend. tot.	<,0001*	<,0001*	0,6025 ^{NS}	0,0082*	<,0001*	0,7794 ^{NS}
Rend. 1ª C.	0,0010*	<,0001*	<,0001*	0,0456*	0,0373*	0,4324 ^{NS}
Rend. 2ª C.	<,0001*	0,2640 ^{NS}	0,2845 ^{NS}	0,0051*	0,8414 ^{NS}	0,3573 ^{NS}
% Sem. Limp.	0,0032*	0,0005*	0,3979 ^{NS}	0,4106 ^{NS}	0,0191*	0,9205 ^{NS}
N Infl	<,0001*	<,0001*	<,0001*	0,0176*	0,0026*	0,8186 ^{NS}
P1000	0,0744 ^{NS}	0,0166*	0,0255*	0,0101*	<,0001*	0,0017*
NPR	--	--	--	0,6097 ^{NS}	<,0001*	0,5236 ^{NS}
NPPC	--	--	--	0,0016*	<,0001*	0,2810 ^{NS}

NS: não significativo; * $p < 0,05$.

O rendimento total de sementes limpas aumentou significativamente com a aplicação de N em ambos os ambientes (ano) de estudo, porém, com efeito mais determinante no ambiente 2016 (Tabela 4). Neste período, os incrementos em rendimento foram na ordem de 78%, 161% e 149% em relação ao controle, respectivamente para as doses 75, 150 e 225 kg de N.ha⁻¹. No segundo ano, a produtividade do tratamento controle foi 72% superior ao primeiro ano, rendimento que foi incrementado em 53%, 52% e 46%, respectivamente para as três doses crescentes de N, as quais não diferiram estatisticamente entre si.

O rendimento na primeira colheita foi superior quando utilizado corte tardio, independente do ambiente de estudo. Por outro lado, o tratamento corte precoce determinou aumento no rendimento total de sementes, seguido pelo tratamento controle (sem corte), os quais foram estatisticamente superiores ao corte tardio (Tabela 4). É importante salientar que apenas os tratamentos testemunha e corte precoce possibilitaram a obtenção de duas épocas de colheita por ano, aspecto que foi determinante para uma maior produtividade.

Os rendimentos de sementes supracitados representaram uma fração de aproximadamente 35% de todas as sementes colhidas (Tabela 4). No ambiente 2017, foi verificado respectivamente para os cortes precoce e tardio um aumento de 19 e 13% do percentual de sementes limpas, em relação ao controle. Tendência favorável ao aumento de sementes cheias em resposta à aplicação de cortes foi também verificado no ambiente 2016, porém sem diferença estatística significativa.

Tabela 4. Médias de rendimento de sementes limpas total e da primeira e segunda colheita em resposta a aplicação de N e de cortes nos ambientes 2016 e 2017.

Ambiente 2016					Ambiente 2017				
Cortes (IRFA%)					Cortes (IRFA%)				
Rend. 1ª colheita (kg/ha)					Rend. 1ª colheita (kg/ha)				
Kg N.ha ⁻¹	0	50	80	Média	Kg N.ha ⁻¹	0	50	80	Média
0	191 ^{aA}	306 ^{aAB}	239 ^{aB}	245	0	295	353	318	322 ^b

75	157 ^{bA}	165 ^{bB}	556 ^{aA}	292	75	359	598	529	495 ^a
150	115 ^{bA}	349 ^{bA}	830 ^{aA}	431	150	371	413	600	461 ^{ab}
225	154 ^{bA}	201 ^{bAB}	756 ^{aA}	370	225	432	427	662	507 ^a
Média	154	256	595		Média	364 ^b	448 ^{ab}	527 ^a	
Rend. 2ª colheita (kg/ha)					Rend. 2ª colheita (kg/ha)				
	0	50	80	Média		0	50	80	Média
0	159	255	--	207 ^c	0	376	299	--	337 ^b
75	595	577	--	586 ^b	75	536	536	--	536 ^a
150	829	886	--	857 ^a	150	543	676	--	610 ^a
225	828	924	--	876 ^a	225	583	487	--	535 ^a
Média	603	660	--		Média	509	499	--	
Rend. total (kg/ha)					Rend. total (kg/ha)				
	0	50	80	Média		0	50	80	Média
0	351	562	239	384 ^c	0	670	652	318	547 ^b
75	751	742	556	683 ^b	75	896	1134	529	853 ^a
150	944	1235	830	1003 ^a	150	914	1090	600	868 ^a
225	982	1125	756	954 ^a	225	1015	913	662	864 ^a
Média	757 ^b	916 ^a	595 ^c		Média	874 ^a	947 ^a	527 ^b	
Sementes limpas (%)					Sementes limpas (%)				
	0	50	80	Média		0	50	80	Média
0	30,0	37,7	35,9	34,6 ^{ab}	0	31,7	34,8	33,3	33,3
75	31,0	30,5	34,6	32,0 ^b	75	32,2	41,0	35,4	36,2
150	34,0	38,3	40,4	37,6 ^a	150	32,8	39,7	39,1	37,2
225	32,0	35,6	37,2	35,1 ^{ab}	225	31,8	37,1	37,0	35,3
Média	31,8	35,6	37,0		Média	32,1 ^b	38,2 ^a	36,2 ^{ab}	

Letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, apresentam diferenças estatísticas significativas ($P < 0,05$).

Houve interação significativa N vs Corte para o número de inflorescências no primeiro ambiente (ano) de estudo (Tabela 3). Na ausência de corte, tal variável foi positivamente influenciada pela aplicação de N, independentemente da dose utilizada, as quais não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 5). Para o corte precoce, não foi verificado efeito do N. Já para o corte tardio, as doses 150 e 225 determinaram acréscimos na ordem de 167% e 150%, respectivamente, em relação ao controle, o qual foi similar à dose 75. Independente da dose de N aplicada, o corte tardio apresentou maior número de inflorescências.

Para o segundo ambiente (ano), a aplicação de 225 kg de N proporcionou aumento de 33% no número de inflorescência em relação ao tratamento controle, não sendo observado efeito significativo para as doses intermediárias (Tabela 5). Não foi verificada diferença entre os tratamentos controle e corte precoce, já no corte tardio observou-se maior número de inflorescências.

O peso de mil sementes (Tabela 5), apresentou interação significativa N vs Corte nos dois ambientes (ano) de estudo (Tabela 3). Para o ambiente 2016 os tratamentos controle e precoce de corte não apresentou

resposta clara às doses de nitrogênio, já o corte tardio (80) apresentou as melhores médias de peso de mil sementes, no entanto, não apresentou efeito das doses de nitrogênio. Para o ambiente 2017 o corte precoce (50) foi o que apresentou menores médias para esta variável, sendo que o nitrogênio afetou de forma negativa o peso das sementes. Já os tratamentos controle e tardio de corte apresentaram as melhores médias, sendo que a utilização do nitrogênio afetou positivamente a variável diferindo apenas para o tratamento controle (sem N) no corte tardio.

Tabela 5. Médias do número de inflorescências por unidade de área (m²) e peso de mil sementes (g) em resposta a aplicação de N e de cortes nos ambientes 2016 e 2017.

Ambiente 2016					Ambiente 2017				
Cortes (IRFA%)					Cortes (IRFA%)				
Núm. Inflorescências (infl/m ²)					Núm. Inflorescências (infl/m ²)				
Kg N.ha ⁻¹	0	50	80	Média	Kg N.ha ⁻¹	0	50	80	Média
0	264 ^{bB}	362 ^{aA}	294 ^{abB}	307	0	332	331	377	347 ^b
75	349 ^{bA}	331 ^{bA}	583 ^{aAB}	421	75	387	397	493	426 ^{ab}
150	356 ^{bA}	405 ^{bA}	782 ^{aA}	514	150	374	358	457	396 ^{ab}
225	371 ^{bA}	345 ^{bA}	733 ^{aA}	483	225	437	384	568	463 ^a
Média	335	361	598		Média	382 ^b	368 ^b	473 ^a	
Peso de mil sementes (g)					Peso de mil sementes (g)				
Kg N.ha ⁻¹	0	50	80	Média	Kg N.ha ⁻¹	0	50	80	Média
0	3,27 ^{aA}	3,13 ^{aAB}	3,09 ^{aA}	3,16	0	3,37 ^{aA}	3,30 ^{abA}	3,21 ^{bB}	3,29
75	3,10 ^{aB}	2,97 ^{aB}	3,13 ^{aA}	3,07	75	3,41 ^{aA}	3,15 ^{bAB}	3,36 ^{aAB}	3,31
150	3,20 ^{aAB}	3,05 ^{aAB}	3,29 ^{aA}	3,18	150	3,35 ^{aA}	3,08 ^{bB}	3,42 ^{aA}	3,28
225	3,05 ^{aB}	3,14 ^{aA}	3,26 ^{aA}	3,15	225	3,52 ^{aA}	3,20 ^{bAB}	3,49 ^{aA}	3,40
Média	3,16	3,07	3,19		Média	3,41	3,18	3,37	

Letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, apresentam diferenças estatísticas significativas (P<0,05).

O número de perfilhos (Tabela 6) foi superior quando aplicado N, sendo que a aplicação de 225 kg de N proporcionou aumento de 34% em relação ao tratamento controle. Nas doses 75 e 150 os valores permaneceram em classes intermediárias. A aplicação do corte tardio influenciou negativamente a produção de perfilhos, porém resultou em incremento no percentual de perfilhos reprodutivos. O corte precoce não apresentou diferenças significativas no número de perfilhos quando comparado ao controle.

Tabela 6. Médias do número de perfilhos por unidade de área (m²) e percentual de perfilhos reprodutivos em resposta a aplicação de N e de cortes no ambiente 2017.

Ambiente 2017				
Cortes (IRFA%)				
Núm. perfilhos 1 ^a colheita				
Kg N.ha ⁻¹	0	50	80	Média

0	1419	1555	1063	1346 ^b
75	1661	1713	1222	1532 ^{ab}
150	1896	1808	1152	1593 ^{ab}
225	1919	2263	1227	1803 ^a
Média	1728 ^a	1835 ^a	1166 ^b	
% perfilhos reprodutivos				
	0	50	80	Média
0	23,4	21,3	35,9	26,9
75	25,4	23,8	41,4	30,2
150	19,9	20,2	39,9	27,3
225	23,1	17,1	47,6	29,3
Média	22,7 ^b	20,6 ^b	41,2 ^a	

Letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, apresentam diferenças estatísticas significativas ($P < 0,05$).

A Figura 5 apresenta o número de perfilhos na primeira e segunda colheita do ambiente 2017, mostrando que a aplicação de corte tardio afeta negativamente essa variável.

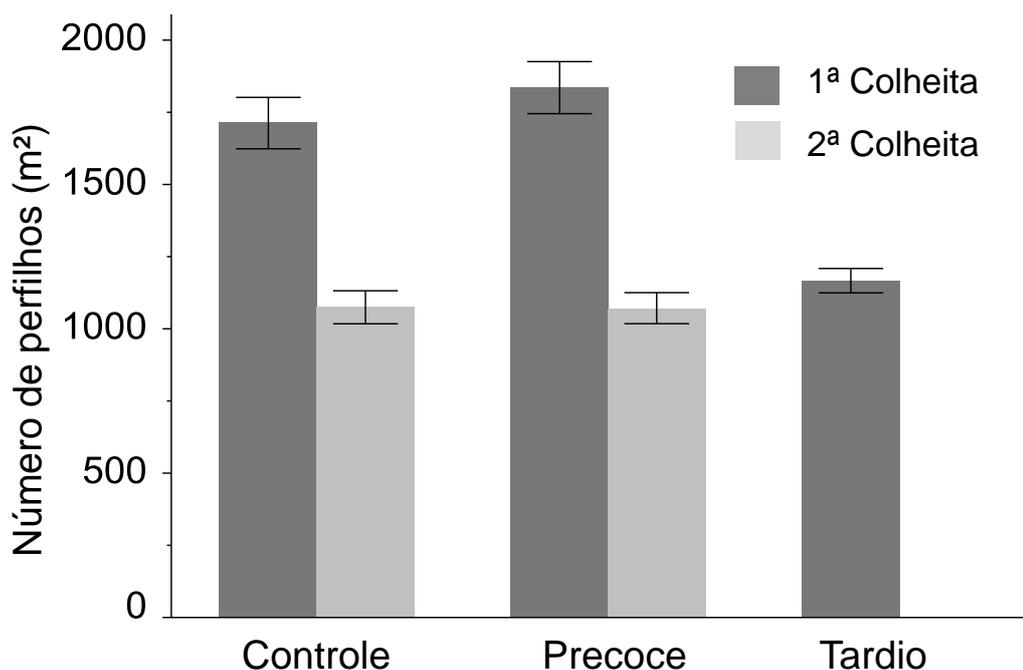


Figura 5. Número de perfilhos (m^2) para o ambiente 2017, conforme os tratamentos de corte (Controle, Precoce e Tardio).

Com base nos dados apresentados, foi criado um modelo estrutural para explicar o rendimento de sementes em uma única colheita (Figura 6). As linhas descrevem como os tratamentos aplicados influenciam nos componentes agrônômicos e as implicações destes sobre o rendimento de sementes. O modelo proposto foi capaz de explicar 75% do rendimento de sementes apresentado, sendo o número de inflorescências a variável com maior efeito

sobre o mesmo. O manejo de cortes (expresso em acúmulo térmico) apresentou efeito direto (0,448) no número de inflorescências, demonstrando que cortes mais tardios sincronizam a emissão de um maior número de inflorescências. A massa de forragem é influenciada majoritariamente pela aplicação de nitrogênio (0,656) e constitui parâmetro chave para uma maior produção de inflorescências (0,505) e maior peso de mil sementes (0,478).

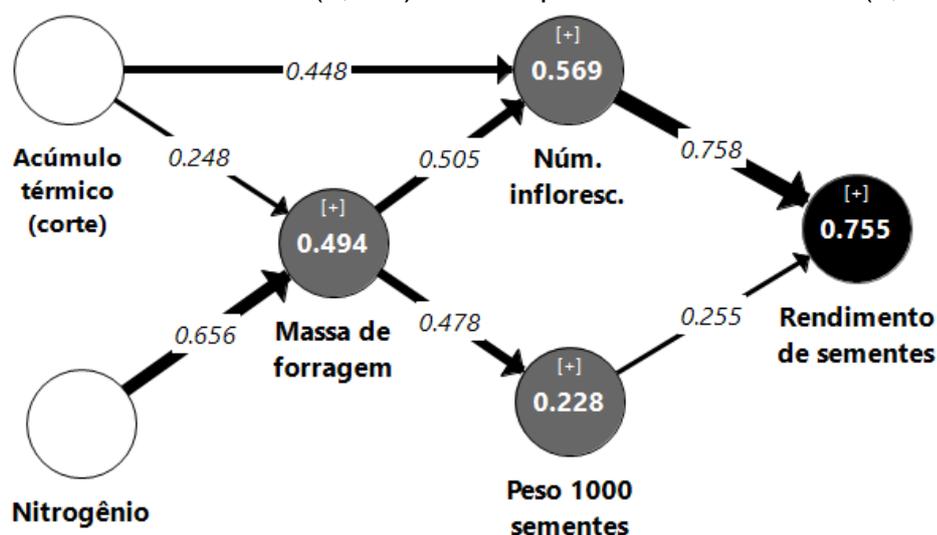


Figura 6. Modelo estrutural exibindo influências causais dos tratamentos experimentais nas variáveis agrônômicas e consequentemente no rendimento de sementes. As setas representam as interações entre os componentes que foram estatisticamente significativas ($p < 0,05$) com seus respectivos coeficientes de trilha. Os círculos representam as variáveis em estudo com os respectivos coeficientes de determinação (R^2).

DISCUSSÃO

Este trabalho buscou entender os mecanismos que explicam o rendimento de sementes de *P. notatum* INIA Sepé, e determinar a influência da administração de fertilizantes nitrogenados e manejo de cortes em distintos anos. A aplicação de nitrogênio provocou modificações na estrutura do dossel forrageiro, originando gradientes de massa de forragem, número de perfilhos, INN e proteína bruta. Estas constatações confirmam a influência dos tratamentos na formação de condições contrastantes, necessárias para investigar seus efeitos sobre o rendimento de sementes e seus componentes, e dessa forma responder às hipóteses do presente trabalho.

Apesar das condições meteorológicas distintas (Fig. 1) entre os ambientes de estudo, nossos resultados confirmam a hipótese de que a aplicação de nitrogênio possibilita maior rendimento total de sementes. A máxima produtividade anual encontrada situou-se próxima aos 1000 kg de sementes limpas por hectare, rendimento alcançado com a dose 150 kg de N no primeiro ano e já na dose 75 em 2017. Comparativamente aos rendimentos de *P. notatum* disponíveis na literatura (Gates & Burton, 1998; Lopes & Franke, 2011), os valores encontrados no presente trabalho são substancialmente

superiores, constatando-se o grande potencial de produção de sementes do ecótipo em estudo. Para a cultivar de *P. notatum* Pensacola, Gates & Burton (1998) encontraram produção de 514 kg de sementes.ha⁻¹ com a aplicação de 224 kg de N.ha⁻¹, não encontrando diferenças com a utilização de doses superiores.

A realização de corte em distintos momentos também alterou a produtividade de sementes, sendo que com a utilização do corte tardio foi verificado um importante aumento no rendimento, em uma única colheita. Por outro lado, na ausência de corte e com corte precoce, foi possível a realização de duas colheitas anuais (meados do verão e início do outono), o que determinou um maior rendimento total de sementes. A impossibilidade da realização de duas colheitas anuais com corte tardio (realizado no final de janeiro) decorre do atraso para a obtenção do estado ideal de maturação das sementes (outono), sendo que o decréscimo natural da taxa de crescimento da planta após este período não permite o surgimento de um novo ciclo produtivo.

Como se pode depreender, independente do tratamento de corte utilizado, colheitas realizadas durante o outono (colheita do corte tardio e segunda colheita dos tratamentos controle e corte precoce) possibilitaram um maior rendimento de sementes. Laurie (1997) postula que espécies de crescimento estival podem ser classificadas como plantas de dia curto, por promoverem seu florescimento em resposta a longos períodos de escuro e curtos período de luz. Apesar de que uma característica marcante da espécie *P. notatum* é seu florescimento contínuo (Lopes & Franke, 2011), os resultados encontrados no presente trabalho reforçam a ideia de que tais plantas possuem a capacidade de controlar o momento de máximo florescimento por meio da percepção da progressão da estação de crescimento (Sadras & Slafer, 2012). A presença de fotorreceptores permite a identificação do encurtamento dos dias (Sawers; Sheehan; Brutnell, 2005) e a consequente proximidade do fim da estação de crescimento, aspecto que converge no direcionamento dos assimilados para a produção de sementes. Quando os dias ainda possuem maior quantidade de luz, como durante a primeira colheita dos tratamentos corte precoce e controle, as plantas ainda tendem a direcionar seus recursos para a reprodução via rizomas. Tal estratégia, que apesar de ter maior custo para a planta, permite maior probabilidade de sobrevivência da espécie no ambiente adjacente, além de contribuir de forma imediata na captação de recursos (Gardner & Mangel, 1999; Sakai, 1995). Não obstante, a reprodução via rizomas favorece o aumento da densidade de perfilhos, que pode redundar num posterior aumento do rendimento de sementes (Shi et al., 2017).

Considerando-se os distintos rendimentos totais obtidos entre corte precoce e controle, apesar de ambos terem sido colhidos em época similar, percebe-se menor produção de sementes na ausência de corte nos dois ambientes de estudo. Os benefícios da realização do corte para a produção de sementes são descritos na literatura, por determinarem aumento na densidade de perfilhos sob o mecanismo de compensação entre tamanho e densidade (Hirata & Pakiding, 2003; Matthew et al., 1995; Parsons & Chapman, 2000), além da sincronização do florescimento e redução da biomassa, o que facilita o processo de colheita (Humphreys & Riveros, 1986). O aumento da densidade de perfilhos com a realização do corte precoce decorre da maior penetração de

luz nas camadas mais inferiores do dossel forrageiro, possibilitando o desenvolvimento das gemas axilares (Sbrissia et al., 2009; Singh & Datta, 2010). Tal tendência foi verificada na primeira colheita do ambiente 2017 (avaliação não realizada no ambiente 2016) para o tratamento de corte precoce, que apresentou 1835 perfilhos/m² vs 1728 obtidos no tratamento controle (Fig. 5). Mesmo que a proporção de perfilhos reprodutivos tenha sido superior na ausência de corte, ocorreu uma compensação com corte precoce por um maior percentual de sementes limpas, o que contribuiu para seu melhor rendimento. A proporção de sementes limpas é também um indicativo da efetividade da realização dos cortes na sincronização da maturação de sementes.

Com a utilização de corte tardio, no entanto, foi verificada uma menor quantidade de perfilhos no momento da primeira colheita, valor significativamente inferior aos demais tratamentos. Tal redução é explicada pelo processo de morte de perfilhos por decapitação, que ocorre quando estes apresentam-se em estágio avançado de desenvolvimento, conforme modelo proposto por Woodward (1998). A ocorrência deste efeito determinou também a redução da densidade de perfilhos da primeira para a segunda colheita com corte precoce e tratamento controle, uma vez que após a primeira colheita desses tratamentos ocorreu um novo corte de homogeneização. Mesmo que o corte tardio tenha originado a diminuição do número de perfilhos na primeira colheita, a aplicação do tratamento duplicou o percentual de perfilhos reprodutivos, o que impactou no seu maior rendimento em uma única colheita.

O primeiro ano de estudo apresentou períodos em que a condição hídrica foi restritiva ao crescimento adequado das plantas, com déficit hídrico do solo mantendo-se acima dos 30 mm desde o início do experimento até o mês de fevereiro (Fig. 1). Nesta situação, as parcelas sem suprimento de N produziram pouco mais 380 kg de sementes por hectare. No segundo ano, que apresentou uma condição hídrica mais favorável, o mesmo tratamento foi capaz de produzir 660 kg de sementes. Esta diferença de produtividade entre os ambientes (anos) para o tratamento sem aplicação de nitrogênio pode estar relacionada com a capacidade do solo em fornecer nitrogênio às plantas na presença de umidade no solo, diferença essa demonstrada pelos valores de intercepto das equações de índice de nutrição nitrogenada e proteína bruta, que foram superiores para este tratamento no segundo ano (Fig. 3 e 4).

A fertilização com nitrogênio é a forma mais efetiva e comumente utilizada para incrementar a densidade de perfilhos, pois possibilita o aumento do conteúdo de citocinina que está associada à indução do desenvolvimento de gemas laterais (Liu et al., 2011; Taiz & Zeiger, 2013). Detectamos no presente estudo um significativo aumento na densidade de perfilhos em resposta à aplicação de N que, ao entrarem em estágio reprodutivo, deram origem a uma maior quantidade de inflorescências, variável positivamente relacionada ao rendimento de sementes.

Além do incremento na densidade de perfilhos, a fertilização nitrogenada permite maior taxa de alongação foliar, aspectos que determinam uma maior produção de biomassa aérea. Independente da dose de N utilizada, verificamos que a produção de forragem do primeiro ano foi inferior ao segundo (Fig. 2), condição atribuída à condição hídrica limitante. A massa de forragem é

uma variável positivamente relacionada ao crescimento radicular, que confere às plantas maior capacidade de tolerância a períodos de déficit hídrico por conseguirem explorar camadas mais profundas de solo. A maior massa de forragem também promove maior cobertura do solo, que favorece na manutenção da umidade superficial por mais tempo, fundamental durante períodos de estiagem. Plantas que entram em um período de seca com baixa quantidade de reservas apresentam alterações hormonais, com diminuição dos níveis de citocinina e aumento no teor de ácido abscísico (ABA) nas folhas, raízes e outros tecidos. Este aumento no teor de ABA promove o fechamento dos estômatos, redução da transpiração, inibição do crescimento da parte aérea da planta e em contrapartida induz o crescimento do sistema radicular e aumento na condutividade de água através das raízes a fim de minimizar os efeitos do estresse hídrico (Lopes & Lima, 2015). No presente estudo, constatamos que a manutenção de dosséis com elevado acúmulo de biomassa permite maior capacidade de tolerância a períodos de estiagem, assegurando a máxima produção de sementes.

As variáveis relacionadas com o rendimento de sementes confirmam as hipóteses de que o manejo de corte e a utilização de nitrogênio podem melhorar a produção de sementes. Tal afirmação é evidenciada principalmente pela variável número de inflorescências, que apresentou alto coeficiente de trilha (Fig. 6), indicando assim grande efeito sobre o rendimento. Esta variável obteve efeito direto do corte, que pode influenciar na sincronização do perfilhamento assim como estimular o perfilhamento, possibilitando assim um maior número de inflorescências. Já o nitrogênio influenciou de forma indireta essa variável, através da massa de forragem. Intrinsecamente à massa de forragem está o número de perfilhos, ou seja, a utilização de doses crescentes de nitrogênio aumenta o perfilhamento e melhora o estado nutricional das plantas, possibilitando formação de maior número de inflorescências. O peso de mil sementes influenciou positivamente o rendimento de sementes, no entanto apresentou um coeficiente de trilha baixo (Fig.6), indicando uma relação menos expressiva sobre o rendimento.

CONCLUSÃO

A aplicação de corte tardio possibilita maior rendimento de sementes em uma única colheita. O corte precoce, por possibilitar a realização de duas colheitas anuais, determina um maior rendimento total de sementes. O manejo de cortes assim como o uso do nitrogênio modificam os componentes de rendimento relacionados com a produtividade de sementes. A aplicação de nitrogênio melhora a produção de sementes, sendo que na presença de déficit hídrico existem maiores necessidades do nutriente para garantir a máxima produção de sementes. A combinação entre corte precoce e aplicação de doses moderadas de N (75 e 150 kg.ha⁻¹) proporciona a máxima produção total de sementes.

REFERÊNCIAS

- AOAC. **1984 Official A.O.A.C. official methods of analysis**. 15. ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 1990.
- ALLEN, V. G. et al. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 66, n. 1, p. 2–28, 2011.
- BOJOVIĆ, B.; MARKOVIĆ, A. Correlation between nitrogen and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Kragujevac Journal of Science**, Kragujevac, v. 31, n. 5827, p. 69–74, 2009.
- BORÉM, A.; RAMALHO, M.; FRITSCHÉ-NETO, R. Abiotic stresses: challenges for plant breeding in the coming decades. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. (Ed.). **Plant breeding for abiotic stress tolerance**. Amsterdam: Springer, 2012. p. 1–12.
- FAO. **The future of food and agriculture: trends and challenges**. Rome, 2017.
- GARDNER, S. N.; MANGEL, M. Modeling investments in seeds, clonal offspring, and translocation in a clonal plant. **Ecology**, Washington, v. 80, n. 4, p. 1202–1220, 1999.
- GATES, R. N.; BURTON, G. W. Seed yield and seed quality response of Pensacola and improved Bahiagrasses to fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 90, n. 1, p. 607–611, 1998.
- HIRATA, M.; PAKIDING, W. Responses of bahiagrass to nitrogen and defoliation. **Journal of Range Management**, Denver, v. 56, n. 6, p. 608–615, 2003.
- HUMPHREYS, L. R.; RIVEROS, F. **Tropical pasture seed production, plant production and protection**. Roma: FAO, 1986. 203 p. (Paper, 8).
- LAURIE, D. A. Comparative genetics of flowering time. **Plant Molecular Biology**, The Hague, v. 35, n. 1/2, p. 167–177, 1997.
- LEMAIRE, G.; GASTAL, F. Quantifying crop responses to nitrogen deficiency and avenues to improve nitrogen use efficiency. In: SADRAS, V.O.; CALDERINI, D.F. (Ed.). **Crop physiology: applications for genetic improvement and agronomy**. Adelaide: Academic Press; Elsevier, 2009. p. 171-199.
- LIU, Y. et al. Effects of nitrogen and 6-benzylaminopurine on rice tiller bud growth and changes in endogenous hormones and nitrogen. **Crop Science**, Madison, v. 51, n. 2, p. 786–792, 2011.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. Viçosa: UFV, 2015. 492 p.

LOPES, R. R.; FRANKE, L. B. Produção de sementes de quatro ecótipos de *Paspalum* nativos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 1, p. 20–30, 2011.

MATTHEW, C. et al. A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. **Annals of Botany**, Oxford, v. 76, n. 6, p. 579–587, 1995.

PAIVA, A. J. et al. Structural characteristics of tiller age categories of continuously stocked marandu palisade grass swards fertilized with nitrogen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 1, p. 24–29, 2012.

PARSONS, A.; CHAPMAN, D. The principles of pasture utilization. In: HOPKINS, A. (Ed.). **Grass: its production and utilization**. Okehampton: British Grassland Society, 2000. p. 31–80.

PITMAN, W. D. Bahiagrass (*Paspalum notatum* Flugge) management combining nitrogen fertilizer rate and defoliation frequency to enhance forage production efficiency. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 68, n. 3, p. 479–484, 2013.

PIZARRO, E. A. Potencial forrajero del género *Paspalum*. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 22, n.1, p. 38-46, 2000.

PRANDO, A. M. et al. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 272–279, 2012.

REYNO, R. et al. Molecular and cytogenetic characterization of a collection of bahiagrass (*Paspalum notatum* Flüggé) native to Uruguay. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Amsterdam, v. 59, n. 8, p. 1823–1832, 2012.

ROBERTS, L. 9 Billion? **Science**, Washington, v. 333, n. 6042, p. 540–543, 2011. Disponível em: < <http://science-sciencemag.org.ez45.periodicos.capes.gov.br/content/sci/333/6042/540.full.pdf>>. Acesso em: 11 fev. 2018.

SADRAS, V. O.; SLAFER, G. A. Environmental modulation of yield components in cereals: heritabilities reveal a hierarchy of phenotypic plasticities. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 127, p. 215–224, 2012.

SAKAI, S. Optimal resource allocation to vegetative and sexual reproduction of a plant growing in a spatially varying environment. **Journal of Theoretical Biology**, London, v. 175, n. 3, p. 271–282, 1995.

SAS Institute. **JMP 13.1 statistical discovery**. Cary, NY: SAS Institute, 2017.

SAWERS, R. J. H.; SHEEHAN, M. J.; BRUTNELL, T. P. Cereal phytochromes : targets of selection, targets for manipulation? **Trends in Plant Science**, Kidlington, v. 10, n. 3, p. 138-143, 2005.

SBRISSIA, A. F. et al. Tillering dynamics in palisadegrass swards continuously stocked by cattle. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 206, n. 2, p. 349–359, 2009.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; TRENTINI, V.; BARÉA, K. Manejo de *Paspalum dilatatum* Poir. biótipo Virasoro. 2. Produção de sementes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1022–1028, 2007.

SHI, Y. et al. Fall nitrogen application increases seed yield, forage yield and nitrogen use efficiency more than spring nitrogen application in *Leymus chinensis*, a perennial grass. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 214, n. 5268, p. 66–72, 2017.

SINGH, B.; DATTA, P. S. Gamma irradiation to improve plant vigour, grain development, and yield attributes of wheat. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 79, n. 2, p. 139–143, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

WOODWARD, S. J. R. Quantifying different causes of leaf and tiller death in grazed perennial ryegrass swards. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 41, n. 2, p. 149–159, 1998.

CAPÍTULO III

EFEITO DA FERTILIZAÇÃO NITROGENADA E MANEJO DE CORTES EM PLANTAS PARENTAIS DE *PASPALUM NOTATUM* SOBRE A SUBSEQUENTE GERMINAÇÃO DE SEMENTES

Resumo – O presente trabalho investigou a hipótese de que a germinação de sementes de *Paspalum notatum* ecótipo INIA Sepé é melhorada pela aplicação de nitrogênio e pelo momento da realização do corte. O objetivo foi identificar o momento de corte que possibilita o aumento da germinação de sementes e a dose de nitrogênio que melhor se relaciona com o corte. Foi conduzido um experimento em Colonia del Sacramento, Uruguai, de novembro de 2015 a março de 2017. Os tratamentos consistiram em doze combinações fatoriais de quatro doses de N (0, 75, 150 e 225 kg de N.ha⁻¹) e três manejos de corte (corte precoce, corte tardio e sem corte). O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados com quatro repetições. Para cada ano de estudo foram utilizados distintos locais dentro da mesma estação experimental, a fim de avaliar a produção de sementes de plantas com idade similar (3 anos de idade). A aplicação de nitrogênio em plantas parentais de *P. notatum* INIA Sepé associada a cortes precoces proporciona menor germinação de sementes em anos com déficit hídrico. Quando utilizado corte tardio a aplicação de doses de nitrogênio superiores a 150 kg.ha⁻¹ demonstrou importante acréscimo nos índices de germinação chegando a apresentar 74% na dose de 225 kg.ha⁻¹, quando em situação de déficit hídrico. Ao apresentar precipitações regulares os efeitos do manejo de cortes e fertilização nitrogenada foram minimizados, não apresentando efeito significativo na germinação de sementes de *P. notatum* INIA Sepé.

Palavras chave – índice de velocidade de germinação, pastagens nativas, qualidade fisiológica, vigor

EFFECT OF PARENT PLANT N-FERTILIZATION AND CUT MANAGEMENT ON GERMINATION OF *PASPALUM NOTATUM* SEEDS

Abstract – The present work investigated the hypothesis that the seed germination of *Paspalum notatum* INIA Sepé ecotype is altered by nitrogen application and by the moment of the cut applied in the parent plants. The objective was to identify the cutting time that allows the increase of seed germination and the nitrogen dose that best interacts with the cut. An experiment was conducted in Colonia del Sacramento, Uruguay, from

November 2015 to March 2017. The treatments consisted of twelve factorial combinations of four N doses (0, 75, 150 and 225 kg of N.ha⁻¹) and three cutting moments (early cut, late cut and uncut). The experimental design was randomized complete blocks, with four replicates. For each year of study, different sites were used within the same experimental station, in order to evaluate the seed production of plants with similar age (3 years of age). Nitrogen application in parental plants of *Paspalum notatum* INIA Sepé associated with early cutting determines lower seed germination in years with water deficit. When using late cutting, the application of nitrogen doses higher than 150 kg.ha⁻¹ showed a significant increase in the germination indexes, reaching 74% in the dose of 225 kg.ha⁻¹, when in a water deficit situation. When presenting regular precipitations, the effects of cut management and nitrogen fertilization were minimized, with no significant effect on the seed germination of *Paspalum notatum* INIA Sepé.

Key-words – germination velocity index, natural grasslands, physiological quality, vigor

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas pastoris, que somam mundialmente 3,4 bilhões de hectares (Rao et al., 2015), são fundamentais para a prestação de serviços ambientais necessários para a manutenção da vida no planeta (Lemaire, 2007). Para sua conservação, um componente básico é a presença de germoplasma forrageiro capaz de permitir boa cobertura de solo e suprir adequadamente a nutrição de herbívoros sob gradientes ambientais e de manejo. Dentre as inúmeras forrageiras nativas presentes na região do ecossistema Campos (Allen et al., 2011), a espécie *Paspalum notatum* possui valor destacado por sua persistência, qualidade e produtividade, com adaptação às condições edafoclimáticas e de manejo adversas (Hirata & Pakiding, 2003; Vendramini et al., 2013). Por apresentar alta diversidade genética, a espécie apresenta boa viabilidade para a realização de seleção e melhoramento genético (Acuña et al., 2009), práticas que podem aprimorar determinadas características como produtividade de forragem, adaptabilidade e produção de sementes. A fim de identificar e caracterizar os materiais nativos existentes no Uruguai, Reyno et al. (2012) realizaram um amplo levantamento em todos os departamentos do país e selecionaram os materiais com maior potencial de produtividade e qualidade de forragem. Com base nestes requisitos foi identificado o acesso tetraplóide de *P. notatum* INIA Sepé, que pertence à variedade botânica *latiflorum* e possui reprodução apomítica. A partir de então se busca o conhecimento dos mecanismos envolvidos no processo de produção de sementes e com isso avançar na domesticação deste material para futura comercialização.

O período de maior crescimento dos ecótipos nativos de *P. notatum* concentra-se da primavera ao outono, com florescimento contínuo e desuniforme de novembro a março (Lopes & Franke, 2011). Dessa forma, as plantas apresentam simultaneamente perfilhos reprodutivos em distintos estágios de desenvolvimento, aspecto que dificulta a determinação do período ideal de colheita. A utilização de cortes em momentos adequados pode permitir a sincronização da maturação (Scheffer-Basso; Trentini; Baréa, 2007) e otimizar a colheita de sementes maduras. Após o corte, a planta apresenta uma geração de perfilhos com estágio de desenvolvimento similar melhorando assim a uniformização da maturação das sementes, podendo proporcionar a colheita de sementes com melhor desenvolvimento do embrião. Em condições ambientais e de manejo de cortes adequadas, a espécie permite a realização de duas colheitas anuais, podendo-se assim maximizar a produção de sementes.

A qualidade fisiológica da semente é o atributo mais relevante para o sucesso na disseminação de uma espécie, sendo determinada principalmente pela germinação. Esta é controlada por características de natureza genética ou ambientais durante o desenvolvimento da semente (Clua & Gimenez, 2003). Tais fatores incluem a umidade do solo, temperatura do ar, fotoperíodo (Kigel; Gibly; Negbi, 1979) e a nutrição mineral da planta durante o desenvolvimento da semente. O nitrogênio é um nutriente fundamental no metabolismo das plantas, já que constitui as moléculas de proteína, co-enzimas e ácidos nucleicos (Abrantes et al., 2010; Prando et al., 2012) e melhora a disponibilidade de fotoassimilados para a produção de sementes. A aplicação de N em excesso, em contrapartida, pode também reduzir a produção e a qualidade de sementes devido ao direcionamento de assimilados ao crescimento vegetativo (Simić, 2012).

A história evolutiva das plantas determina a ocorrência de variações na estratégia reprodutiva adotada sob distintas características ambientais (Zandt et al., 2003). Plantas com dupla estratégia reprodutiva (rizomas e sementes), como *P. notatum*, priorizam a adoção de uma delas em função das condições ambientais presentes (Sakai, 1995). Gardner & Mangel (1999) postulam que em ambientes mais produtivos ocorre favorecimento do investimento em rizomas em detrimento de sementes, os quais são nutridos localmente e reduzem o risco da mortalidade genética. Devido ao alto custo para o investimento em rizomas, a reprodução via sementes seria prioritariamente utilizada sob condições de limitação de recursos. Para tanto, em espécies que utilizam dupla estratégia reprodutiva e se encontram em nível inicial de domesticação, situações ambientais adversas podem representar um estímulo para a reprodução via sementes, podendo ter impacto positivo no potencial germinativo.

Neste contexto, o conhecimento da qualidade fisiológica das sementes sob distintas condições ambientais e manejo de cortes e nutrientes realizado nas plantas parentais é essencial para a produção, comercialização e utilização das sementes forrageiras. Portanto, a hipótese do presente estudo é de que existe uma combinação de manejo de cortes e de doses de N nas

plantas parentais de *P. notatum* INIA Sepé que permitem melhorar a produção de sementes com maior qualidade fisiológica, determinada por sua germinação. O objetivo do presente estudo foi identificar a melhor combinação entre a dose de nitrogênio e o momento de corte que possibilitam o aumento da germinação de sementes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em duas etapas, onde a etapa inicial realizada a campo possibilitou a obtenção das sementes utilizadas na segunda etapa em laboratório. A campo o experimento foi desenvolvido durante dois anos (2015/2016 e 2016/2017) na Estação Experimental do INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria) La Estanzuela (34°21'02.99"S, 57°42'01.30"W), situada no Departamento de Colonia, Uruguai. O solo é caracterizado como Brunosol Eutrício típico (Argiudol Típico) correspondentes à unidade de levantamento de solos Ecilda Paullier-Las Brujas, com textura franco-argilo-siltosa e com uma declividade suave a moderada de aproximadamente 2 a 4%. As características químicas de cada ambiente esta descrita na tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo dos ambientes (anos) de estudo.

	pH (H ₂ O)	N (µg N/g)	P (µg P/g)	K	Ca (meq/100g)	Mg
Ambiente 2016	5,8	3,7	21,1	0,69	10,6	3,6
Ambiente 2017	6,7	5,4	24,5	0,39	14,4	5,6

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados com esquema fatorial 4x3, e quatro repetições. As unidades experimentais foram retangulares de 2x5m (10 m²), com espaçamento entre blocos de 1m. Para cada ano experimental foi utilizado áreas distintas para que pudéssemos ter em ambas as safras plantas com três anos de implantação e também a fim de neutralizar qualquer efeito residual de tratamentos, devido a isso foram definidas como Ambiente 2016 a safra 2015/2016 e como Ambiente 2017 a safra 2016/2017.

Os tratamentos consistiram em três épocas de corte, baseados no índice de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) realizado pelas plantas, medido por um ceptômetro (AccuPAR PAR/LAI ceptometer LP-80 - Decagon Devices, Inc.). Os cortes foram realizados da seguinte forma: corte de uniformização no início do desenvolvimento das gemas após o inverno (Ambiente 2016: 26 de novembro de 2015 e Ambiente 2017: 12 de dezembro de 2016), a 5 cm do solo, sendo este corte adotado como tratamento testemunha; tratamento precoce foi realizado o corte a 50% de IRFA do dossel (Ambiente 2016: 18 de dezembro de 2015 e Ambiente 2017: 06 de janeiro de

2017) e no tratamento tardio com 80% de IRFA do dossel (Ambiente 2016: 19 de janeiro de 2016 e Ambiente 2017: 26 de janeiro de 2017), esses tratamentos foram definidos com base nas características estruturais deste acesso, a fim de buscar o momento em que ocorra a diferenciação na estrutura da planta em benefício da produtividade e qualidade de sementes. Também foram utilizados tratamentos de adubação nitrogenada, onde foram aplicados quatro níveis: N0, N75, N150 e N225 kg de N/ha⁻¹, na forma de ureia. A área utilizada nos dois anos de experimento possuíam três anos de implantação formando uma área com plantas bem desenvolvidas.

A fertilização nitrogenada foi realizada para o tratamento controle (sem corte) aplicando 75 kg de N/ha no momento do corte uniformização, e o restante das doses no momento do corte precoce (50% IRFA) (Ambiente 2016: 18 de dezembro de 2015 e Ambiente 2017: 06 de janeiro de 2017). Para o corte precoce (50% IRFA) foi aplicado à dose de 75 kg de N/ha no momento do corte de uniformização e o restante das doses no momento do corte precoce (Ambiente 2016: 18 de dezembro de 2015 e Ambiente 2017: 06 de janeiro de 2017). Para o corte tardio (80% de IRFA) foi aplicada a dose de 75 kg de N/ha no momento do corte de uniformização e o restante das doses no momento do corte tardio (Ambiente 2016: 19 de janeiro de 2016 e Ambiente 2017: 26 de janeiro de 2017).

A realização da colheita foi determinada a partir de uma amostra de sementes retirada de cada parcela, sendo que esta deveria obter valor aproximado de 30% de umidade, valor esse determinado por uma balança de umidade com infravermelho (Moisture balance, modelo HA 300, Precisa Instruments). No momento da colheita foram realizadas amostragens de matéria seca (um quadro de 30x30cm por parcela). Para a colheita foram retiradas três amostras de inflorescências (quadros de 30x30cm), em cada parcela, as quais foram trilhadas e limpas em um soprador tipo blower (modelo 757 South Dakota seed blower – Seedburo Equipment Company), onde foi padronizado a intensidade do vento e o tempo para a obtenção de um peso de mil sementes superior a 3,1 gramas (valor estabelecido para obter um maior número de sementes cheias). A partir das sementes limpas foram realizados os testes em laboratório.

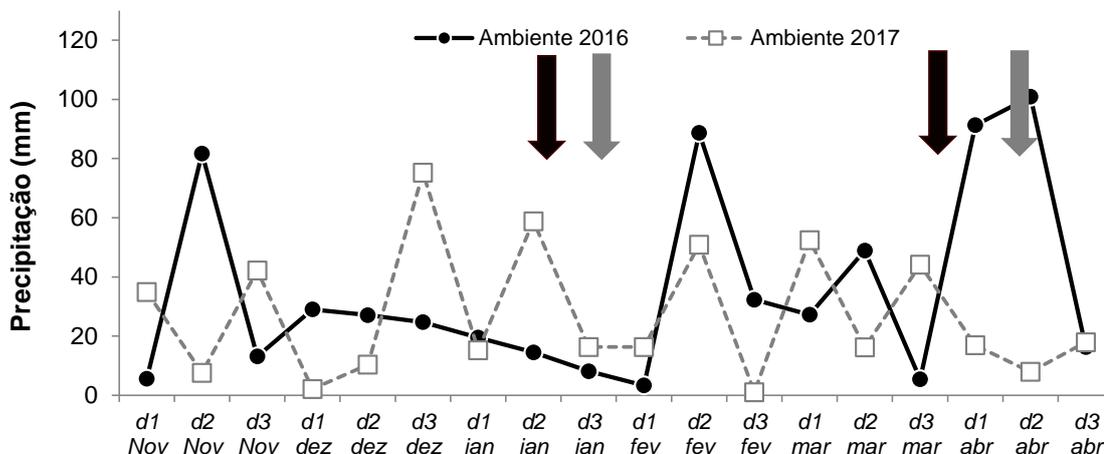
A segunda etapa referente à germinação, realizada em laboratório, iniciou com a escarificação das sementes, onde foi colocado 10 gramas das mesmas em um recipiente circular composto com uma lixa em suas laterais. Este recipiente também possui uma abertura lateral onde é acoplada uma mangueira vinda de um compressor de ar (50 litros), a circulação de ar dentro do recipiente foi cronometrada em um minuto, homogeneizando as amostras. Após a escarificação, foram utilizadas três amostras de 100 sementes de cada tratamento, as quais foram semeadas em caixas *GERBOX* sobre papel *GERMITEST*, umedecido com uma solução de 0,2% de nitrato de potássio equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato e colocadas para germinar em incubadora do tipo B.O.D em temperatura de 20-30°C, fotoperíodo de 8-16 e avaliadas com contagens semanais até os 28 dias.

Foi avaliada a germinação com contagens aos 7, 14, 21 e 28 dias. Com estes dados foram calculados porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação segundo a metodologia de Maguire 1962, assim como primeira contagem de germinação segundo Labouriau & Pacheco (1978).

Os dados foram submetidos à análise de variância, considerando 5% de nível de significância. Foram considerados no modelo os efeitos fixos de níveis de nitrogênio, cortes e sua interação, e o bloco foi considerado efeito aleatório. Em caso de diferença significativa entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Para o percentual acumulado de germinação foram geradas equações de regressão linear e exponencial, comparadas segundo o critério de informação de Akaike (AIC) para escolha do modelo melhor ajustado aos dados. Foi realizada comparação de equações pelo teste de igualdade de interceptos e paralelismo, com agrupamento de tratamentos que apresentaram similaridade estatística ($P > 0,05$) nos parâmetros individuais dos modelos de regressão. Os modelos foram construídos seguindo as pressuposições de normalidade e homogeneidade de variâncias. Foi utilizado o programa estatístico JMP v.13.1.0 (SAS INSTITUTE INC., 2017).

RESULTADOS

Foram verificadas diferenças na distribuição da precipitação entre os ambientes/anos estudo (Figura 1A). No período de crescimento 2017 os registros de precipitações foram mais uniformemente distribuídos durante todo o período experimental, o que se refletiu em um menor período de duração do déficit hídrico no solo (Figura 1B). No ambiente 2016, verificou-se uma duração superior do período de déficit hídrico, que se estendeu desde o primeiro decêndio de dezembro até o último de janeiro.



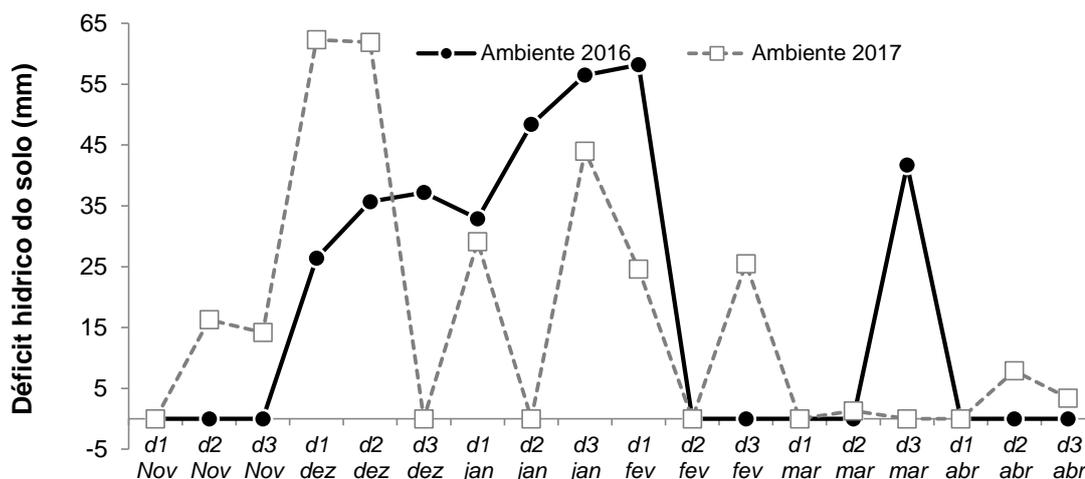


Figura 1. Precipitação (mm) (A) e déficit hídrico do solo (B) acumulados em períodos decendiais (d1, d2, d3) de cada mês de experimento, nos ambientes 2016 (linhas contínuas) e 2017 (linhas pontilhadas). As flechas sinalizam o momento da realização da colheita para os tratamentos controle e corte precoce (setas preta contínuas para ambiente 2016) e tardio (setas cinza pontilhadas para ambiente 2017).

No ambiente 2016, foi verificada interação significativa entre doses de nitrogênio e cortes para as variáveis germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação (Tabela 2, $P < 0,05$). Para o ambiente 2017, as variáveis germinativas analisadas não apresentaram efeito significativo para as doses de N, assim como para os cortes aplicados.

Tabela 2. Análise de variância dos efeitos de Dose de N, Corte e interação $N \times$ Corte aplicados em plantas parentais de *Paspalum notatum* INIA Sepé nos Ambientes 2016 e 2017 sobre as variáveis Germ (% de germinação), PCG (primeira contagem de germinação), IVG (índice de velocidade de germinação).

Variável	Ambiente 2016			Ambiente 2017		
	Dose N	Corte	Interação	Dose N	Corte	Interação
Germ	0,1762 ^{NS}	0,3276 ^{NS}	0,0013*	0,6624 ^{NS}	0,1873 ^{NS}	0,9148 ^{NS}
PCG	0,3882 ^{NS}	0,2618 ^{NS}	0,0019*	0,3766 ^{NS}	0,9287 ^{NS}	0,8862 ^{NS}
IVG	0,2885 ^{NS}	0,9066 ^{NS}	0,0007*	0,4637 ^{NS}	0,4566 ^{NS}	0,9032 ^{NS}

NS: não significativo; * $p < 0,05$.

Na ausência de corte nas plantas do ambiente 2016, o percentual de sementes germinadas e o IVG não foram influenciados pela aplicação de N (Tabela 3). Com corte precoce, os maiores valores de germinação e IVG ocorreram na ausência de fertilização nitrogenada (N0), com tendência de diminuição com o aumento da dose de N. A aplicação de N no corte tardio apresentou efeito inverso, sendo que a maior germinação e IVG foram apresentadas nos níveis mais elevados do nutriente: na dose 225 kg/ha de N foram observados valores 32% e 57% superiores ao tratamento N0, respectivamente para germinação e IVG. Quando analisado os distintos cortes dentro de cada dose de nitrogênio, foi verificado efeito significativo do

tratamento N0 para germinação, onde o corte tardio apresentou menor percentual germinativo, sendo 26,75% menor que o testemunha. Para IVG, não houve efeito significativo para os cortes dentro de cada dose de N.

A primeira contagem de germinação de sementes produzidas no ambiente 2016 apresentou efeito significativo apenas para a aplicação de N no corte tardio. Neste tratamento, a aplicação de N relacionou-se positivamente com PCG, sendo que com aplicação de 225 kg/ha de N foram contabilizados 74% mais sementes germinadas que em N0.

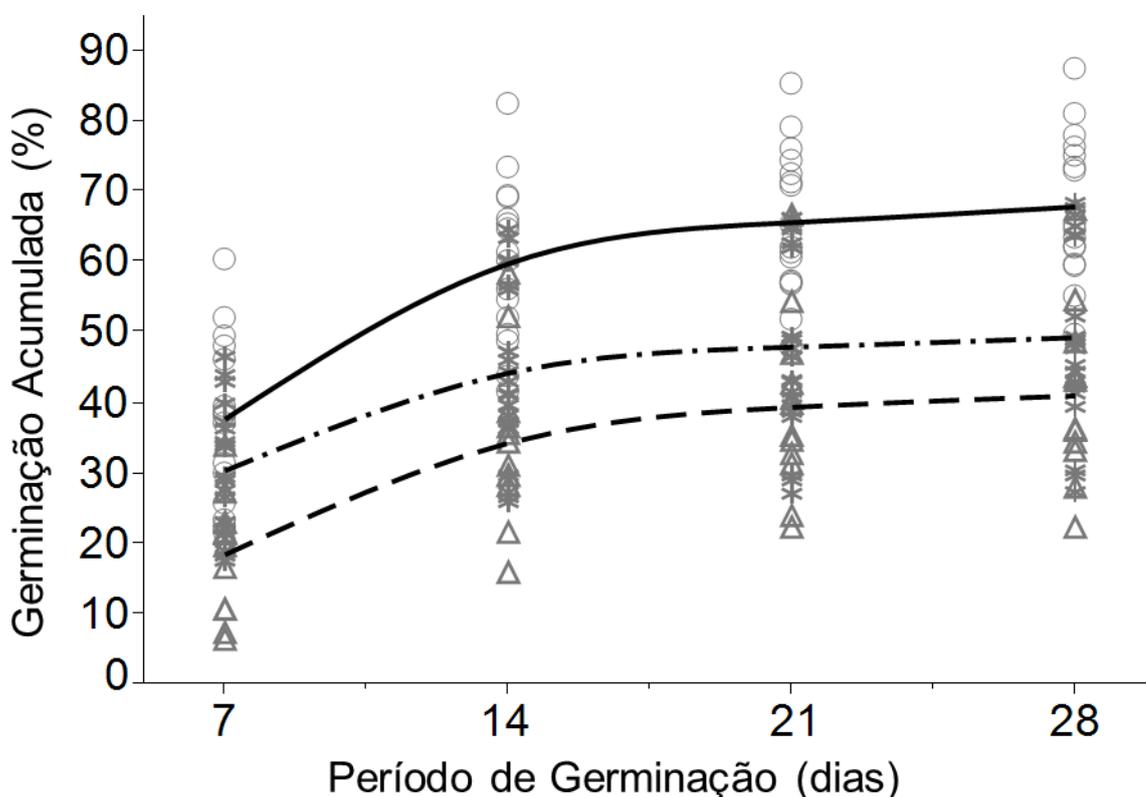
O percentual acumulado de germinação de sementes no ambiente 2016 evoluiu exponencialmente de acordo com os dias de avaliação (Figura 2). Foram geradas três equações de regressão exponencial, formadas com base no agrupamento de tratamentos que apresentaram similaridade estatística nos parâmetros individuais dos modelos de regressão. O grupo 1, compreendido por tratamentos com corte tardio associado a altas doses de N e corte precoce e controle associados à ausência de fertilização nitrogenada, necessitou de apenas 10 dias para alcançar 50% de germinação das sementes, e ao final do período de 28 dias apresentou em média 68%. Já no grupo 3, compreendido por corte tardio associado à ausência de N e N75, além dos cortes precoce + N150, foi verificado que ao final de 28 dias somente 41% das sementes germinaram. O grupo 2, formado pelos demais tratamentos (Figura 2), apresentou 49% de germinação ao final do período de avaliação (28 dias).

Tabela 2. Médias de Germ (% de germinação), PCG (primeira contagem de germinação), IVG (índice de velocidade de germinação), cujas plantas parentais foram submetidas a aplicações de N e manejo de cortes nos Ambientes 2016 e 2017.

Ambiente 2016						Ambiente 2017					
GERM (%)						GERM (%)					
kg de Nitrogênio/ha						kg de Nitrogênio/ha					
Corte	0	75	150	225	Média	Corte	0	75	150	225	Média
0	68 ^{aA}	46 ^{aA}	52 ^{aA}	49 ^{aA}	53	0	63	54	52	51	55
50	62 ^{aAB}	50 ^{abA}	38 ^{bA}	48 ^{abA}	49	50	47	45	54	46	47
80	41 ^{bB}	44 ^{bA}	68 ^{aA}	74 ^{aA}	56	80	54	42	41	42	44
Média	57	47	52	56		Média	54	47	49	46	
PCG						PCG					
	0	75	150	225	Média		0	75	150	225	Média
0	38 ^{aA}	28 ^{aA}	30 ^{aA}	28 ^{aA}	30	0	27	19	18	18	20
50	38 ^{aA}	35 ^{aA}	25 ^{aA}	30 ^{aA}	31	50	21	18	27	18	21
80	12 ^{cA}	19 ^{bcA}	31 ^{abA}	44 ^{aA}	26	80	29	16	18	13	19
Média	28	27	28	34		Média	26	18	21	16	
IVG						IVG					
	0	75	150	225	Média		0	75	150	225	Média

0	7,3 ^{aA}	5,1 ^{aA}	5,8 ^{aA}	5,4 ^{aA}	5,9	0	6,0	4,8	4,9	4,5	5,0
50	7,0 ^{aA}	6,0 ^{abA}	4,4 ^{bA}	5,5 ^{abA}	5,7	50	4,5	4,1	5,4	4,1	4,5
80	3,5 ^{bA}	4,3 ^{bA}	6,8 ^{aA}	8,1 ^{aA}	5,7	80	5,6	3,8	3,9	3,5	4,2
Média	5,9	5,1	5,6	6,3		Média	5,0	4,0	5,0	4,0	

Letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, representam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).



- Grupo 1: tratamentos NxCorte (**0-0, 0-50, 150-80 e 225-80**):
 Equação Germinação (%) = $68,28 - 109,71 \cdot \text{EXP}(-0,182 \cdot \text{dias})$ $R^2 = 0,56$
- Grupo 2: tratamentos NxCorte (**75-0, 75-50, 150-0, 225-50 e 225-0**):
 Equação Germinação (%) = $49,54 - 68,97 \cdot \text{Exp}(-0,182 \cdot \text{dias})$ $R^2 = 0,29$
- Grupo 3: tratamentos NxCorte (**150-50, 0-80 e 75-80**):
 Equação Germinação (%) = $49,54 - 68,97 \cdot \text{Exp}(-0,182 \cdot \text{dias})$ $R^2 = 0,40$

Figura 2. Germinação de sementes (%) de *P. notatum* INIA Sepé acumulada de acordo com o período de contagem (dias). Tratamentos cujos modelos de regressão exponencial não apresentaram diferença estatística significativa (por meio da comparação dos coeficientes e interceptos) foram representados por uma equação conjunta.

DISCUSSÃO

As respostas obtidas no presente trabalho confirmam parcialmente a hipótese de que distintas doses de nitrogênio e manejos de cortes alteram o potencial germinativo de sementes de *P. notatum* INIA Sepé. Verificamos que as respostas aos tratamentos foram discrepantes quando aplicados em distintos ambientes/ano de avaliação. No ambiente 2017, período que apresentou chuvas mais regulares e menor período de déficit hídrico, as variáveis germinativas não apresentaram variação frente aos tratamentos aplicados. Já no ambiente 2016, que apresentou importante período de déficit hídrico, foi verificado que a aplicação de N associado ao corte/colheita precoce determina menor potencial germinativo, e em cortes tardios possibilita germinação mais eficiente.

A aplicação de fertilizantes nitrogenados cumpre distintas funções fisiológicas no funcionamento de uma planta forrageira, podendo ser direcionado para produção de sementes ou atuar no desenvolvimento de novos perfilhos e alongamento foliar. Quando o corte é realizado em períodos de pleno desenvolvimento vegetativo, existe maior probabilidade de que o destino final dos fertilizantes nitrogenados seja a produção de estruturas vegetativas (folhas e colmos) (Marcos-Filho, 2015). Como a primeira aplicação de N ocorreu no final de novembro, época que antecedeu o período de déficit hídrico, foi criada uma “janela de oportunidade” para assimilação do elemento para investir em novas unidades de captação de carbono (folhas), resultando no incremento na produção de forragem. Tal premissa foi confirmada pela evolução da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) realizada pelas plantas (Figura 3), variável que possui relação direta com o índice de área foliar (Coelho et al., 2014). Verificou-se que apenas os tratamentos que possuíam fertilização nitrogenada apresentaram incremento constante na IRFA, sendo que na ausência do elemento, ocorreu inclusive sua diminuição em alguns momentos, devido a senescência das folhas. Baseado no princípio da proporcionalidade entre biomassa aérea e subterrânea (Davidson, 1969), as plantas que receberam suprimento de N também investiram em tecido radicular e, portanto, toleraram mais eficientemente o período seco subsequente.

Alternativamente, considerando-se as condições presentes na ausência de fertilização nitrogenada – 1) menor crescimento vegetativo e conseqüentemente limitado desenvolvimento radicular (maior pré-disposição ao estresse osmótico por déficit hídrico); e 2) plantas sob deficiência nutricional apresentam maior stress por altas temperaturas (o que pode induzir ao

florescimento (Balasubramanian & Weigel, 2006)) – possivelmente a ordem de prioridade estabelecida para a partição dos assimilados foi à produção de sementes com maior potencial germinativo, sob a perspectiva de gerar descendentes viáveis e formar novas populações.

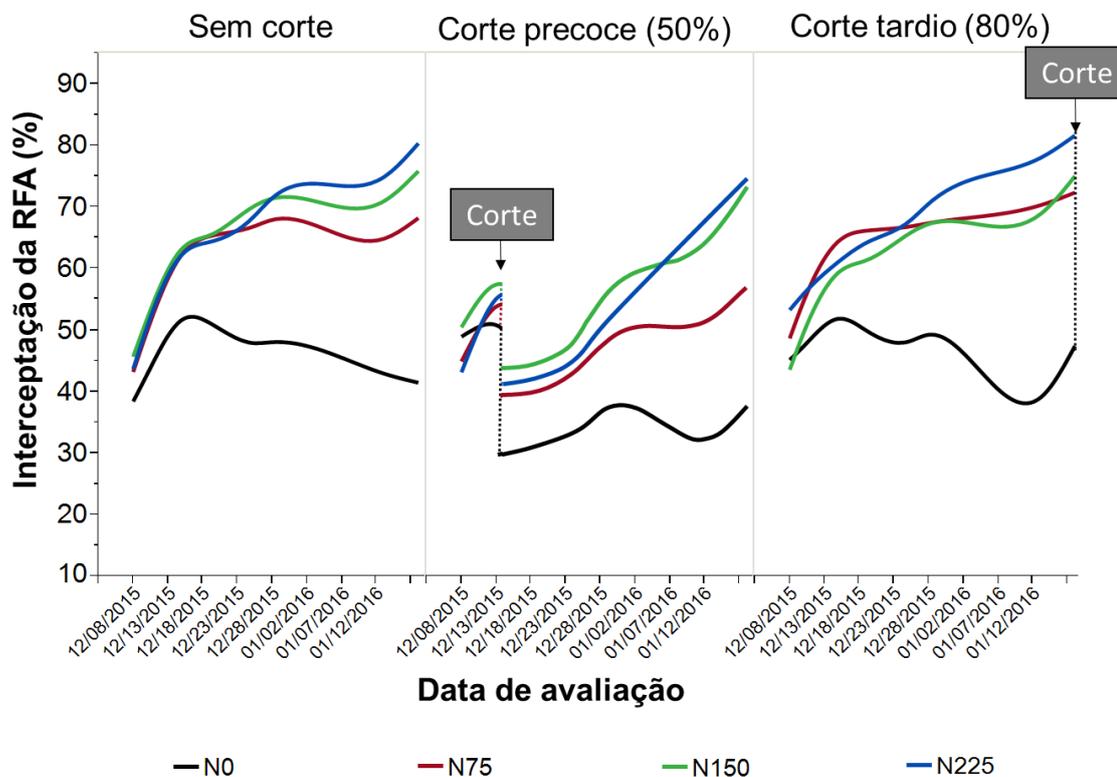


Figura 3. Evolução da Intercepção da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) realizada pelas plantas no ambiente 2016.

Por outro lado, no tratamento corte tardio do ambiente 2016, quando a colheita foi realizada em meados de abril, foi verificado efeito positivo da fertilização nitrogenada. Neste momento, as plantas se encontravam em período final do ciclo de pleno desenvolvimento vegetativo, havendo incremento na taxa de senescência de perfilhos e folhas.

O índice de velocidade de germinação, primeira contagem de germinação e a evolução da germinação em função do tempo representam análises complementares às informações fornecidas pelo teste de germinação. Muitas vezes, existem lotes que apresentam percentuais de germinação semelhantes e possuem diferenças na velocidade de germinação, sugerindo assim diferença de vigor (Nakagawa, 1999). Sementes com maior velocidade de germinação e com mais sementes na primeira contagem são consideradas mais vigorosas (Guedes et al., 2009).

Sob condições hídricas mais adequadas, como as condições presentes no ambiente 2017 (Tabela 3), não foi verificado efeito da fertilização nitrogenada e manejo de cortes no percentual de germinação, IVG e primeira

contagem de germinação. A ausência de resposta germinativa frente aos tratamentos aplicados nas plantas parentais coincide com a literatura previa em *P. notatum* (Gates; Quarin; Pedreira, 2004). O percentual médio de sementes germinadas foi de 49%, valor relativamente similar à média geral do Ambiente 2016 e de outras variedades tetraploides apomíticas de *P. notatum* descritas na literatura (Acuña et al., 2009). Há que se considerar, no entanto, que a capacidade germinativa do Ambiente 2017 dista consideravelmente do valor de 74% de sementes germinadas verificado na melhor condição de 2016 (corte tardio + 225 kg/ha de N). A formação de sementes com menor capacidade germinativa diante de um ambiente com melhores condições ambientais parece, num primeiro momento, possuir pouco respaldo ecofisiológico. Porém, a estratégia reprodutiva da espécie *P. notatum* também inclui a produção de rizomas supraterrâneos, em adição à produção de sementes. Estudos (Gardner & Mangel, 1999; Sakai, 1995; Zandt et al., 2003) verificaram que a produção de sementes é minimizada e a reprodução via rizomas é maximizada em habitats com condições ambientais favoráveis. Sakai (1995) e Gardner & Mangel (1999) teorizam que em condições adequadas, as plantas parentais priorizam a reprodução via rizomas por determinarem melhores chances de sobrevivência de seus descendentes nos patches adjacentes, comparativamente à produção e dispersão de sementes. No entanto, o custo para produção de rizomas é superior ao de sementes, sendo que sob condições de estresse hídrico essa estratégia se torna ineficiente e, portanto, ocorre um direcionamento das reservas da planta para a obtenção de descendentes viáveis por meio do aumento na qualidade de sementes.

A estratégia de suprimir a qualidade de sementes em detrimento da produção de rizomas é também uma forma de permitir uma maior produção de sementes em períodos posteriores. Portanto, em épocas adequadas as plantas investem em perfilhos, que são unidades básicas para a formação de inflorescências, para posteriormente melhorar a produção de sementes viáveis.

Com relação às sementes não germinadas, embora não tenhamos uma clara explicação ecofisiológica das razões determinantes, a ausência de germinação por distintos fatores é uma condição comum em plantas em estágio inicial de domesticação (Gepts, 2010). De fato, a assincronia na produção de sementes dificulta a identificação do momento ideal de colheita, aumentando a presença de sementes com embrião morfológicamente imaturo (sementes dormentes) ou inexistente (sementes vazias) (Lopes & Franke, 2011). Estas sementes possuem número escasso de células e não apresentam quantidade suficiente de reservas, ocasionando a repressão ao desenvolvimento nos estádios iniciais de histodiferenciação (Marcos-Filho, 2015). Plantas dormentes apresentam desequilíbrio entre as substâncias promotoras e inibidoras da germinação, que pode estar caracterizado com a predominância da ação de inibidores como o ácido abscísico (ABA) ou deficiência de promotores (quantidade ou ação) como giberelinas, etileno e citocininas, a eficiência do balanço hormonal também pode estar relacionada com a sensibilidade do embrião a essas substâncias (Marcos-Filho, 2015). A imaturidade fisiológica também pode afetar a expressão de genes necessários

para a germinação, deixando-os inativos ou com ação reprimida, assim como expressar genes que podem inibir a germinação.

CONCLUSÃO

A aplicação de fertilizantes nitrogenados em plantas parentais de *P. notatum* INIA Sepé melhora a taxa de germinação de sementes quando associado a corte tardio na presença de déficit hídrico. No caso da ausência de corte ou com corte precoce, a aplicação de N reduz o potencial germinativo de sementes. Em situações de precipitações regulares, foram minimizados os efeitos do manejo de cortes e da fertilização nitrogenada na germinação de sementes de *P. notatum* INIA Sepé.

REFERENCIAS

ABRANTES, F. L. et al. Nitrogênio em cobertura e qualidade fisiológica e sanitária de sementes de painço (*Panicum miliaceum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 32, p. 106–115, 2010.

ACUÑA, C. A. et al. Bahiagrass tetraploid germplasm: reproductive and agronomic characterization of segregating progeny. **Crop Science**, Madison, v. 49, n. 2, p. 581–588, 2009.

ALLEN, V. G. et al. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 66, n. 1, p. 2–28, 2011.

BALASUBRAMANIAN, S.; WEIGEL, D. Potent induction of *Arabidopsis thaliana* flowering by elevated growth temperature. **PLoS Genetics**, San Francisco, v. 2, n. 7, p. 980–989, 2006.

CLUA, A. A.; GIMENEZ, D. O. Environmental factors during seed development of narrow-leaved bird's-foot-trefoil (*Lotus tenuis*) influences subsequent dormancy and germination. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 58, n. 4, p. 333–338, 2003.

COÊLHO, J. J. et al. Canopy height and its relationship with leaf area index and light interception in tropical grasses. **Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales**, Valle del Cauca, v. 2, p. 31, 2014.

DAVIDSON, R. Effect of root/leaf temperature differentials on root/shoot ratios in some pasture grasses and clover. **Annals of Botany**, Oxford, v. 33, n. 3, p. 561–570, 1969.

GARDNER, S. N.; MANGEL, M. Modeling investments in seeds, clonal offspring, and translocation in a clonal plant. **Ecology**, Washington, v. 80, n. 4, p. 1202–1220, 1999.

GATES, R. N.; QUARIN, C. L.; PEDREIRA, C. **Bahiagrass**. Madison: American Society of Agronomy, 2004. p. 651-680.

GEPTS, P. Crop domestication as a long-term selection experiment. In: JANICK, J. (Ed.). **Plant breeding reviews**. New York: Wiley, 2004. v. 24. p. 1–44.

GUEDES, R. S. et al. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes *erythrina velutina willd.* (Fabaceae - Papilionoideae) seeds. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1360–1365, 2009.

HIRATA, M.; PAKIDING, W. Responses of bahiagrass to nitrogen and defoliation. **Journal of Range Management**, Denver, v. 56, n. 6, p. 608–615, 2003.

KIGEL, J.; GIBLY, A.; NEGBI, M. Seed germination in *Amaranthus retroflexus* L. as affected by the photoperiod and age during flower induction of the parent plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 30, n. 5, p. 997–1002, 1979.

LEMAIRE, G. Research priorities for grassland science: the need of long term integrated experiments networks. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 93–100, 2007.

LOPES, R. R.; FRANKE, L. B. Produção de sementes de quatro ecótipos de *Paspalum* nativos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 1, p. 20–30, 2011.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: Abrates, 2015.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. (Ed.). **Testes de vigor de sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1999. p. 49–85.

PRANDO, A. M. et al. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 272–279, 2012.

RAO, I. et al. LivestockPlus: the sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystem services in the tropics. **Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales**, Valle del Cauca, v. 3, n. 2, p. 59, 2015.

REYNO, R. et al. Molecular and cytogenetic characterization of a collection of bahiagrass (*Paspalum notatum* Flüggé) native to Uruguay. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Amsterdam, v. 59, n. 8, p. 1823–1832, 2012.

SAKAI, S. Optimal resource allocation to vegetative and sexual reproduction of a plant growing in a spatially varying environment. **Journal of Theoretical Biology**, London, v. 175, n. 3, p. 271–282, 1995.

SAS Institute. **JMP 13.1 statistical discovery**. Cary, NY: SAS Institute, 2017.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; TRENTINI, V.; BARÉA, K. Manejo de *Paspalum dilatatum* Poir. biótipo Virasoro. 2. Produção de sementes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1022–1028, 2007.

SIMIĆ, A. Response of Italian ryegrass seed crop to spring nitrogen application in the first harvest year. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 11, n. 26, p. 6826–6831, 2012.

VENDRAMINI, J. M. B. et al. Bahiagrass cultivar response to grazing frequency with limited nitrogen fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 105, n. 4, p. 938–944, 2013.

ZANDT, P. A. et al. Positive and negative consequences of salinity stress for the growth and reproduction of the clonal plant, *iris hexagona*. **Journal of Ecology**, Oxford, p. 837–846, 2003.

CAPÍTULO IV

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tentativa de definir as variáveis de manejo que redundam simultaneamente na máxima qualidade e produtividade de sementes em espécies em estágio inicial de domesticação pode ser desafiadora. Isso porque ao focar exclusivamente na disponibilidade atual de recursos pode ocorrer perda da compreensão da variedade de mecanismos sofisticados desenvolvidos por essas plantas de perceber e responder a ambientes altamente dinâmicos. Várias evidências disso foram verificadas no presente trabalho.

Inferimos, a partir dos resultados da presente tese que a espécie *P. notatum* acesso INIA Sepé, ao direcionar assimilados para sua reprodução, é capaz de “perceber” as condições ambientais e definir a estratégia mais eficiente para gerar descendentes viáveis. As plantas são capazes de responder à temperatura e ao fotoperíodo, à umidade no solo, à disponibilidade de nutrientes e ao manejo de corte imposto. Comparando-se distintos ambientes/anos de avaliação, ficou claro o aumento da variabilidade das respostas das plantas aos tratamentos aplicados na ocorrência de condições edafoclimáticas mais restritivas. Tal constatação foi evidenciada em ambos artigos da presente tese.

No primeiro artigo, demonstrou-se que a utilização de fertilização nitrogenada é essencial para aumentar a produção de sementes, estando associada ao incremento da massa de forragem e teores de proteína bruta e na elevação do índice de nutrição nitrogenada e da densidade de perfilhos, estes que constituem as unidades básicas para a produção de inflorescências. No caso de maior limitação edafoclimática, como verificado no ambiente 2016, foi verificada maior magnitude dos resultados. Tal evidência foi detectada pela menor produtividade de sementes na ausência de N e da obtenção de produtividade máxima similar ao ambiente 2017 com a aplicação do elemento. A necessidade de N para o alcance do “potencial” produtivo foi, no entanto, superior para o ambiente 2016.

Por outro lado, verificamos que a época de corte é determinante para a produção total de sementes. Quando se busca a realização de apenas uma colheita anual, procede a recomendação da realização de corte tardio, pois possibilita um maior rendimento em uma única colheita. Neste caso, a utilização da pastagem para outro fim (e.j., pastejo, produção de feno) poderia ser realizada desde o início da estação de crescimento até o fim de janeiro, a qual seria então destinada à produção de sementes. No caso da preferência por maximizar o rendimento total de sementes, deve-se optar pela realização de cortes precoces por possibilitarem a obtenção de mais de uma colheita por ano.

No segundo artigo, verificamos que no ambiente 2017 a germinação de sementes obedeceu às evidências verificadas na literatura disponível para

P. notatum, onde as plantas são capazes de manter a qualidade de sementes em detrimento da produtividade frente a contrastantes disponibilidades de nutrientes (Gates; Quarin; Pedreira, 2004). Por outro lado, observou-se que a resposta germinativa das sementes do ambiente 2016 não obedeceu a um padrão linear frente à disponibilização de recursos, exceto para o corte tardio. Na associação entre cortes precoces e condições hídricas limitantes, as plantas menos vigorosas (i.e., sem suprimento de N) “priorizaram” a produção de sementes com qualidade superior. Por outro lado, a reprodução via crescimento vegetativo, apesar de consistir em uma estratégia de maior custo para a planta, pode permitir uma maior busca por recursos limitantes no ambiente (i.e., água e nutrientes) e possibilitar uma produção de sementes mais vigorosa em momentos posteriores.

Dito isso, percebe-se que a constatação verificada no artigo 2, de que a aplicação de nitrogênio associada a cortes precoces determina menor germinação de sementes em anos com déficit hídrico necessita ser contextualizada frente as estratégias globais adotadas pelas plantas em produzir sementes de qualidade. A supressão momentânea da qualidade de sementes pode ser um mecanismo para aliar produção e qualidade de sementes em períodos posteriores. Isso foi demonstrado no presente trabalho, sendo que com aplicação de nitrogênio ocorreu, além de maior produtividade de sementes, maior potencial germinativo das mesmas em colheitas tardias.

Comentários finais e necessidades de pesquisas futuras

Embora as respostas obtidas através deste experimento representem um avanço no entendimento do comportamento da produção de sementes deste material (INIA Sepé), mostrou-se necessário uma caracterização morfológica completa para aclarar os diversos fatores que interagem com a reprodução deste acesso. Com esta caracterização é possível aumentar o número de ferramentas de suporte para a tomada de decisão, principalmente relacionado ao momento de corte com maior eficiência.

Durante o experimento foram observados altos índices de deiscência, embora não quantificado neste trabalho, indica a necessidade de estudos relacionados ao momento ideal de colheita. Ainda que o manejo ocasione melhoria na sincronia de florescimento, as inflorescências apresentam perdas de sementes, demonstrando a importância do entendimento dos mecanismos envolvidos no desligamento das sementes da planta parental, já que pode influenciar diretamente no rendimento de sementes e também na qualidade das mesmas, visto que geralmente possuem maior peso e conseqüentemente melhor germinação.

Com base no capítulo II, foi possível identificar um baixo percentual de sementes cheias, sendo esta uma característica frequente em espécies tropicais. Mesmo sendo uma característica intrínseca à espécie, os tratamentos utilizados foram capazes de alterar os percentuais de sementes cheias, indicando assim, que o fator que influencia o enchimento de sementes é sensível pelo manejo. Esta constatação demonstra a importância do

conhecimento dos fatores que estão relacionados direta ou indiretamente com a formação do embrião.

Conforme apresentado no capítulo III, a melhoria da qualidade das sementes envolve inúmeros fatores, dificultando a interpretação das respostas apresentadas aos tratamentos utilizados. Por ser um material em fase inicial de domesticação apresenta relações ainda não conhecidas entre os tratamentos e a composição hormonal (inibidores e promotores da germinação), sendo este um fator fundamental no entendimento do complexo processo reprodutivo presente nesta espécie. A possível ocorrência de dormência nas sementes oriundas das plantas parentais afetam a qualidade dos lotes de sementes, evidenciando a necessidade de maiores esforços no estudo dos mecanismos fisiológicos envolvidos.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, V. G. et al. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 66, n. 1, p. 2–28, 2011.
- BARBOSA, M. A. A. F. et al. Estudo do perfilhamento do capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...Juiz de Fora: SBZ**, 1997. p. 114-116.
- BARRETO, I. L. **O gênero Paspalum (Gramineae) no Rio Grande do Sul**. 1974. 258 f. Dissertação (Livre-Docência - Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1974.
- BERRETTA, E. Ecophysiology and management response of the subtropical grasslands of Southern America. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro-SP. **Proceedings ... Piracicaba: FEALQ**, 2001. p. 939–946.
- BOONMAN, J. G. **East Africa's grasses and fodders: their ecology and husbandry**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1993. 343 p. (Tasks for Vegetation Science, 29).
- BOONMAN, J. G. Experimental studies on seed production of tropical grasses in Kenya: the effect of harvest date on seed yield in varieties of *Setaria sphacelata*, *Chloris gayana* and *Panicum coloratum*. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 21, n. 1, p. 3-11, 1973.
- BURTON, G. W.; MULLINIX, B. G. Yield distributions of spaced plants within *Pensacola bahiagrass* populations developed by recurrent restricted phenotypic selection. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 2, p. 333-336, 1998.
- CARÁMBULA, M. **Producción de semillas de plantas forrajeras**. Montevideo: Hemisferio Sur, 1984. 518 p.
- CARAMBULA, M.; ELIZONDO, J. Producción de semillas in gramíneas forrajeras: I. importancia de la edad de las macollas e influencia del nitrógeno y de la defoliación. **Boletim Estación Experimental Paysandú**, Paysandú, n. 5, p. 111-137, 1968.
- CARVALHO, P. C. F.; BATELLO, C. Access to land, livestock production and ecosystem conservation in the Brazilian campos biome: the natural grasslands dilemma. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 120, n. 1/2, p. 158–162, 2009.
- CARVALHO, R. I. N.; CARVALHO, D. B. Germinação de sementes de um ecótipo de *Paspalum* da região de Guarapuava – PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, supl.1, p. 1187-1194, 2009.

- CHADHOKAR, B. Y. P. A.; HUMPHREYS, L. R. Effect of tiller age and time of nitrogen stress on seed production of *Paspalum plicatulum*. **The Journal of Agricultural Science**, London, v. 81, n. 2, p. 219–229, 1973.
- CHASE, A. The North American species of *Paspalum*. **Contributions from the United States National Herbarium**, Washington, v. 28, p. 1-310, 1929.
- CORSI, M. **Effects of nitrogen rates and harvesting intervals on dry matter productivity, tillering and quality of tropical grass *Panicum maximum* Jacq. Wooster**. 1984. 125 f. Thesis (Ph.D. Phylosopy) - Ohio State University, Ohio, 1984.
- COSTA, N. L.; SAIBRO, J. C. Adubação nitrogenada, época e alturas de corte em *Paspalum guenoarum* Arech. **Agronomia Sul rio grandense**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 33-49, 1984.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS/UFV, 2007. p. 92-132.
- DENHAM, S. S. Revisión sistemática del subgénero *Harpostachys* de *Paspalum* (Poaceae: Panicoideae: Paniceae). **Annals of the Missouri Botanical Garden**, Saint Louis, v. 92, p. 463-532, 2005.
- EUCLIDES, V. P. B. et al. Brazilian scientific progress in pasture research during the first decade of XXI century. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p. 151-168, 2010.
- FACHINETTO, J. M. **Caracterização agrônômica, molecular, morfológica e determinação do nível de ploidia em uma coleção de acessos de *Paspalum notatum* Flüge**. 2010. 142 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- FAGUNDES, J. L. et al. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 397–403, 2005.
- FAO. **Land use**. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/RL>>. Acesso em: 25 jan. 2018.
- GATES, R. N.; QUARIN, C. L.; PEDREIRA, C. G. S. Bahiagrass. In: MOSER, L. E. et al. (Ed.). **Warm season (C4) grasses**. Madison: American Society of Agronomy, 2004. p. 651–680. (Agronomy monograph, 45).
- GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass

(*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. **Annals of Botany**, Oxford, v. 83, p. 423–429, 1999.

HADDAD, C. M. et al. Características de produção e valor nutritivo do capim Pensacola (*Paspalum notatum* Flüggé var. *saurae* Parodi) em função da idade de corte. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 753-761, 1999.

HIRATA, M.; PAKIDING, W. Responses of bahiagrass to nitrogen and defoliation. **Journal of Range Management**, Denver, v. 56, n. 6, p. 608–615, 2003.

HUMPHREYS, L. R. **Tropical pasture seed production**. Roma: FAO, 1979. 143 p.

HUMPHREYS, L. R.; RIVEROS, F. **Tropical pasture seed production, plant production and protection**. Roma: FAO, 1986. 203 p. (Paper, 8).

JORNADA, J. B. J. et al. Efeito da irrigação, épocas de corte da forragem e doses de nitrogênio sobre o rendimento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 50-58, 2005.

JUDZIEWICZ, E. J. Poaceae (Gramineae). In: GÖRTS-VAN RIJN, A. R. A. (Ed.). **Flora of the Guianas**. Königstein: Koeltz, 1990. p. 1-727.

KOULTUNOW, A. M. Apomixis: embryo sacs and embryos formed without meiosis or fertilization in ovules. **The Plant Cell**, Rockville, v.5, n. 10, p. 1425-1437, 1993.

LABOURIAU, L. G.; PACHECO, A. On the frequency of isothermal germination in seeds of *Dolichos biflorus* L. **Plant & Cell Physiology**, v.19, n.3, p. 507-512, 1978.

LEMAIRE, G.; GASTAL, F. N uptake and distribution in plant canopies. In: LEMAIRES, G. (Ed.) **Diagnosis of nitrogen status in crop**. Heidelberg: Springer, 1997. p. 3-43.

LOPES, R. R.; FRANKE, L. B. Produção de sementes de quatro ecótipos de *Paspalum* nativos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 1, p. 20–30, 2011.

MACEDO, G. A. R. et al. Adubação nitrogenada e práticas culturais na produção de sementes de galactia (*Galactia striata*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 12, n.2, p. 249-265, 1993.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n.2, p. 176-177, 1962.

MARASCHIN, G. E. A planta forrageira no sistema de produção: gramas batatais, forquilha e bahiagramas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 217-263.

MATTHEW, C. et al. A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. **Annals of Botany**, Oxford, v. 76, n. 6, p. 579–587, 1995.

MEZZALIRA, J. C. et al. Produção animal e vegetal em pastagem nativa manejada sob diferentes ofertas de forragem por bovinos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, p. 1264–1270, 2012.

MILLOT, J. C. Mejoramiento de gramíneas forrajeras. In: **Producción y conservación de pasturas y forrajes**: reunión técnica, 1969, La Estanzuela, Colonia, Uruguay Memorias. 7. ed. Montevideo: CIAAB, 1969. p. 101–110.

MORTON, A. G.; WATSON, D. J. A physiological study of leaf growth. **Annals of Botany**, Oxford, v. 12, n.47, p. 281-310, 1948.

MOTTA, E. A. M. et al. Forage performance of Paspalum hybrids from an interspecific cross. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 6, p. 1025–1031, 2016.

NABINGER, C. et al. Servicios ecosistémicos de las praderas naturales: ¿es posible mejorarlos con más productividad? **Archivos Latino americanos de Producción Animal**, Mayaguez, v. 19, n. 3/4, p. 27-34, 2011.

NABINGER, C. Manejo do campo nativo na região sul do Brasil e viabilidade do uso de modelos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM PRODUÇÃO ANIMAL, 2., 2006, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2006. p. 1-44.

NABINGER, C. Produção de sementes forrageiras. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 37, n. 1, p. 41-49, 1984.

NABINGER, C.; MEDEIROS, R. B. Produção de sementes de Panicum maximum Jacq. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 1995. p. 59-128.

NABINGER, C.; PONTES, L. S. Morfogênese de plantas forrageiras e a estrutura do pasto. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001.

NAYLOR, R. et al. Losing the links between livestock and land. **Science**, Washington, v. 310, p. 1621–1622, 2005.

OST, H. J. **Componentes do rendimento e qualidade de sementes de Paspalum guenoarum Arech. ecótipo "Azulão" submetido a diferentes**

regimes de cortes. 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

OVERBECK, G. E. et al. Brazil's neglected biome: the South Brazilian campos. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Amsterdam, v. 9, n. 2, p. 101–116, 2007.

PARSONS, A. J.; JOHNSON, I. R.; HARVEY, A. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation and to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 43, n. 1, p. 49–59, 1988.

PARSONS, A.; CHAPMAN, D. The principles of pasture utilization. In: HOPKINS, A. (Ed.). **Grass: its production and utilization**. Okehampton: British Grassland Society, 2000. p. 31–80.

PARUELO, J. M. et al. Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: marcos conceptuales para su análisis. **Agrociencia**, [Montevideo], v. 10, n. 2, p. 47–61, 2006.

PEREIRA, E. A. et al. Adaptabilidade e estabilidade em genótipos apomíticos do gênero *Paspalum*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 8, p. 1361–1367, 2015b.

PEREIRA, E. A. et al. Agronomic performance and interspecific hybrids selection of the genus *Paspalum*. **Científica**, Jaboticabal, v. 43, n. 4, p. 388, 2015a.

PEREZ, S. C. Envoltórios. In: BORGHETTI, F. (Ed.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 125–134.

PIZARRO, E. A. Potencial forrajero del género *Paspalum*. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 22, n.1, p. 38-46, 2000.

POZZOBON, M. T. et al. Cytogenetic analyses in *Paspalum* L. reveal new diploid species and accessions. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 5, p. 1292-1299, 2008.

POZZOBON, M. T.; VALLS, J. F. M. Chromosome number in germplasm accessions of *Paspalum notatum* (Gramineae). **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, n. 20, v. 1, p. 29-34, 1997.

PRATES, E. R. Efeito do nitrogênio e de intervalos entre cortes sobre a produção e composição de dois ecótipos de *Paspalum notatum* Flüggé e da cultivar pensacola *Paspalum notatum* Flüggé var. *saurae* Parodi. **Anuário Técnico do Instituto de Pesquisas Zootécnicas “Francisco Osório”**, Porto Alegre, v. 4, p. 267-307, 1977.

REYNO, R. et al. Molecular and cytogenetic characterization of a collection of bahiagrass (*Paspalum notatum* Flüggé) native to Uruguay. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Amsterdam, v. 59, n. 8, p. 1823–1832, 2012.

ROSENGURT, B. **Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay**. Montevideo: Universidad de la Republica, Facultad de Agronomía, 1979. 86p.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; SAIBRO, J. C.; RIBOLDI, J. Efeito do nitrogênio, métodos de semeadura e regimes de corte no rendimento e qualidade da forragem e da semente de milheto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 309–317, 1985.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; TRENTINI, V.; BARÉA, K. Manejo de *Paspalum dilatatum* Poir. biótipo Virasoro. 2. Produção de sementes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1022–1028, 2007.

SEBRAE. SENAR. FARSUL. **Diagnóstico de sistemas de produção de bovinocultura de corte no estado do Rio Grande do Sul**: relatório. Porto Alegre, 2005. 265 p.

SHAHBA, M. A.; ABBAS, M. S.; ALSHAMMARY, S. F. Drought resistance strategies of seashore paspalum cultivars at different mowing heights. **Hort Science**, Alexandria, v. 49, n. 2, p. 221–229, 2014.

SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 122–138, 2007.

SOARES, A. B. et al. Produção animal e de forragem em pastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1148–1154, 2005.

SVEJCAR, T. et al. Challenges and limitations to native species restoration in the Great Basin, USA. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 218, n. 1, p. 81–94, 2017.

TOWNSEND, C. **Características produtivas de gramíneas nativas do gênero *Paspalum*, em resposta a disponibilidade de nitrogênio**. 2008. 255 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

VALLS, J. F. M. O potencial de plantas forrageiras tropicais americanas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FORRAGEIRAS E PASTAGENS, 4., 1994, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1994. p. 11-24.

VENDRAMINI, J. M. B. et al. Bahiagrass cultivar response to grazing frequency with limited nitrogen fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 105, n. 4, p. 938–944, 2013.

WEILER, R. L. et al. Intraspecific tetraploid hybrids of *Paspalum notatum*: Agronomic evaluation of segregating progeny. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 75, n. 1, p. 36–42, 2018.

VITA

Patricia Bertoncelli é filha de Cleusa R. B. Bertoncelli e José Bertoncelli. Nasceu em 25 de setembro de 1988 em Salto do Lontra, Paraná. Ingressou em 2006 no curso técnico agrícola com habilitação em zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), onde recebeu o título em início de 2008. Também em 2008 ingressou no curso de bacharelado em zootecnia na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), onde foi bolsista (CNPq e fundação araucária) de iniciação científica desde o segundo semestre de 2008 até dezembro de 2011. Recebeu o título de Zootecnista em janeiro de 2012. Em março de 2012 deu início ao mestrado em agronomia pelo departamento de fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), na área de concentração de fisiologia e manejo de culturas agrícolas, onde recebeu o título em fevereiro de 2014. Em abril de 2014 ingressou no Doutorado pelo programa de pós-graduação em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), na área de concentração Plantas Forrageiras: Ecologia, Produção e Tecnologia de Sementes, sob a orientação da Professora Dr. Carolina Bremm, com bolsa da coordenação de aperfeiçoamento profissional de nível superior (CAPES), desenvolveu seu projeto de Doutorado em conjunto com o Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria – INIA/ Uruguai, sob co-orientação do Pesquisador Dr. Rafael Reyno.