

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

**EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E DA CONSORCIAÇÃO COM
LEGUMINOSAS NA PRODUÇÃO E PERSISTÊNCIA DE HÍBRIDOS
INTERESPECÍFICOS DO GÊNERO *Paspalum*.**

MARIÂNGELA GIL DE SOUZA
Engenheira Agrônoma/UFPel

Dissertação apresentada como um dos requisitos a obtenção do Grau de
Mestre em Zootecnia

Área de Concentração Plantas Forrageiras

Porto Alegre/RS, Brasil
Março, 2019.

CIP - Catalogação na Publicação

Gil de Souza, Mariângela
EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E DA CONSORCIAÇÃO
COM LEGUMINOSAS NA PRODUÇÃO E PERSISTÊNCIA DE HÍBRIDOS
INTERESPECÍFICOS DO GÊNERO Paspalum. / Mariângela Gil
de Souza. -- 2009.
49 f.
Orientador: Miguel Dall'Agnol.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2009.

1. Biomassa Forrageira. 2. Adubação Nitrogenada. 3.
Paspalum guenoarum. 4. Tolerância ao Frio. 5.
Persistência. I. Dall'Agnol, Miguel, orient. II.
Título.

Mariângela Gil de Souza
Engenheira Agrônoma

DISSERTAÇÃO

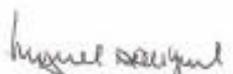
Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM ZOOTECNIA

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

Aprovada em: 29/03/2019
Pela Banca Examinadora

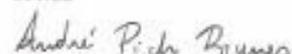
Homologado em: 22/05/2019
Por

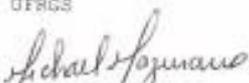

MIGUEL DALL'AGNOL
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador


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


Eder Alexandre Minski da Motta
SIA


Roberto Luis Weiler
UFRGS


André Pich Bruns
UFRGS


Michael Mazurana
UFRGS


CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de Agronomia

“Viva como se fosse morrer amanhã. Aprenda como se fosse viver para sempre”

Mahatma Gandhi

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, Marilisa, por ter sido uma mãe amiga, exigente, assumindo mais do que suas responsabilidades de mãe.

Ao meu irmão, Marcus, por ser meu amigo e parceiro em todos os momentos importantes da minha vida.

Ao meu namorado, Henrique, pelo apoio e incentivo, pela amizade e pelo carinho.

Ao meu pai, Nilson, pelos ensinamentos.

À minha família que sempre apoiou os estudos e o conhecimento adquirido.

Ao meu orientador, Miguel Dall’Agnol, pela oportunidade, ensinamentos, confiança e ajuda ao longo do período do mestrado.

Meu agradecimento ao Grupo de Melhoramento Genético de Plantas Forrageiras – UFRGS e seus membros por me ajudarem durante o mestrado, especialmente aos meus colegas de pós-graduação Éder Motta, Cléber Henrique de Souza, Silvio Gavioli, Karine Krycki, Tamyres Nunes.

Aos professores Carine Simioni, Roberto Weiler, André Brunes e Michael Mazurana pela troca de experiências e ajuda.

Aos técnicos da Estação Experimental Agronômica da UFRGS, Carlos e João, pela ajuda no campo (Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia).

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – UFRGS.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – pela bolsa de estudo concedida.

Aos meus amigos, pela amizade, apoio e compreensão durante o período do mestrado.

EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E DA CONSORCIAÇÃO COM LEGUMINOSAS NA PRODUÇÃO E PERSISTÊNCIA DE HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS DO GÊNERO *Paspalum*.

Autora: Mariângela Gil de Souza

Orientador: Miguel Dall'Agnol

Resumo: O grupo *Pliculula* é um grupo taxonômico pertencente ao gênero *Paspalum* que contém espécies importantes considerando sua diversidade genotípica para as características da forragem, e algumas dessas espécies foram melhoradas através da hibridação interespecífica artificial. O nitrogênio (N) é um importante fator limitante para a produção de biomassa. As leguminosas forrageiras contribuem com a fixação simbiótica do N₂ atmosférico e podem aumentar a produção de biomassa e o valor nutritivo das pastagens. Os objetivos desta dissertação foram: (i) avaliar a produção de massa seca total de híbridos interespecíficos do gênero *Paspalum*, submetidos a diferentes níveis de adubação nitrogenada, tolerância ao frio e persistência de plantas; (ii) comparar a produção de biomassa sob níveis de adubação nitrogenada e no consórcio de leguminosas. Em razão disso, (iii) selecionar os melhores híbridos para as próximas etapas dentro do programa de melhoramento genético de plantas forrageiras da UFRGS. O estudo foi conduzido no período de agosto de 2017 a janeiro de 2019. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em arranjo de parcelas subdivididas com três repetições. Os tratamentos foram cinco doses de N (0, 60, 120, 240 e 480 kg N ha⁻¹ N) e um consórcio com leguminosas (*Trifolium repens* + *Lotus corniculatus*) como parcela principal, e seis genótipos (1020133, 102069, 103084, 103061, *P. guenoarum* ecótipo Azulão e *Megathyrsus maximus* cv. Aruana utilizados como controle) como subparcelas. As taxas de nitrogênio de 240 e 480 kg N ha⁻¹ aumentaram a produção de MST, a tolerância ao frio e a persistência. A produção de MST no consórcio foi similar às doses de 120 kg ha⁻¹ de N. O híbrido 1020133 apresentou MST semelhante ao Azulão e foi superior ao cv. Aruana. Portanto, existe a oportunidade de aumentar a MST, a tolerância ao frio e a persistência das plantas, além de melhorar o valor nutricional por meio da seleção de genótipos e do manejo de N. Além disso, o consórcio leguminosa pode apresentar melhor valor nutricional que o monocultivo de capim adubado com N, e pode ser uma prática alternativa para substituir a aplicação de adubação nitrogenada até a dose de 200 kg N ha⁻¹. O híbrido 1020133 deve ser indicado para novos estudos, como produção de sementes e desempenho animal.

Palavras Chaves: biomassa forrageira, adubação nitrogenada, persistência, seleção de plantas, tolerância ao frio.

EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION AND COMPARISON WITH LEGUMINOUS IN PRODUCTION AND PERSISTENCE OF INTERSPECIFIC HYBRIDS OF THE GENDER *Paspalum*.

Author: Mariângela Gil de Souza

Advisor: Miguel Dall'Agnol

Abstract: The Pliculula group is a taxonomic group belonging to the genus *Paspalum* that contains interesting species considering its genotypic diversity for forage characteristics, and some of these species were improved through artificial interspecific hybridization. Nitrogen (N) is an important limiting factor for producing biomass. Forage legumes contribute with symbiotic fixation of atmospheric N₂ and may increase biomass production and nutritive value of pastures. The objectives of this dissertation were: (i) to evaluate the total dry mass production of interspecific hybrids of the genus *Paspalum*, submitted to different levels of nitrogen fertilization, cold tolerance and plant persistence; (ii) to compare biomass production under nitrogen fertilization levels and in the legume consortium. Because of this, (iii) select the best hybrids for the next steps within the program of genetic improvement of forage plants of UFRGS. The study was conducted in the period from August 2017 to January 2019. The experimental design was in randomized blocks, in arrangement of subdivided plots with three replicates. The treatments were five doses of N (0, 60, 120, 240 and 480 kg N ha⁻¹ N), and a consortium with legumes (*Trifolium repens* + *Lotus corniculatus*) as main plot, and six genotypes (1020133, 102069, 103084, 103061, *P. guenoarum* ecotype Azulão and *Megathyrsus maximus* cv. Aruana used as control) as subplots. Nitrogen rates of 240 and 480 kg N ha⁻¹ increased MST production, cold tolerance and persistence. Production of MST for the consortium was similar to the doses of 120 kg.ha⁻¹ of N. The 1020133 hybrid had MST similar to Azulão and was superior to cv. Aruana. Therefore, there is an opportunity to increase MST, cold tolerance and plant persistence, as well as improve nutritional value through genotype selection and N management. In addition, the grass-legume consortium may present better value nutrient than the monoculture grass fertilized with N, and may be an alternative practice to replace the application of nitrogen fertilizer up to the dose of 200 kg N ha⁻¹. The hybrid 1020133 should be indicated for new studies, such as seed production and animal performance.

Key words: biomass yield, nitrogen supply, persistence, plant selection, cold tolerance.

¹Master Dissertation in Animal Science – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (p.59), Março, 2019

Sumário

1.1	INTRODUÇÃO	13
1.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
1.2.1.	GÊNERO <i>PASPALUM</i> : IMPORTÂNCIA DO GRUPO <i>PLICATULA</i>	15
1.2.2.	MELHORAMENTO GENÉTICO EM ESPÉCIES DO GRUPO <i>PLICATULA</i>	16
1.2.3.	A IMPORTÂNCIA DO NITROGÊNIO NO POTENCIAL FORRAGEIRO DE GRAMÍNEAS	18
1.2.4.	CONSÓRCIO GRAMÍNEA-LEGUMINOSA EM PASTAGENS	21
1.2.5.	CARACTERÍSTICAS DAS LEGUMINOSAS UTILIZADAS NA PESQUISA	25
2.	HIPÓTESES E OBJETIVOS.....	28
2.1	INTRODUÇÃO	31
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	32
2.3	RESULTADOS	35
2.4	DISCUSSÃO	39
2.5	CONCLUSÕES	43
2.6	REFERÊNCIAS	44
3.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
4.	REFERÊNCIAS	49
5.	BIOGRAFIA DO AUTOR.....	54

RELAÇÃO DE TABELAS

CAPÍTULO II

<i>Tabela 1: Características químicas do solo antes e durante a condução do experimento.</i>	33
<i>Tabela 2: Efeito da interação Genótipo*Nível de nitrogênio na produção matéria seca total.</i>	35
<i>Tabela 3: Produção de Matéria Seca Total de Paspalum e de forragem.</i>	36
<i>Tabela 4: Produção de Matéria Seca Total de Gramíneas por nível de N.</i>	36
<i>Tabela 5: Coeficientes de correlação simples de Pearson</i>	37
<i>Tabela 6: Produção de matéria seca.</i>	37
<i>Tabela 7: Notas de persistência.</i>	39

RELAÇÃO DE FIGURAS

CAPÍTULO II

<i>Figura 1: Temperatura máxima, temperatura mínima e temperatura média, precipitação e irrigação durante o período de condução do experimento (agosto/2017 até dezembro/2018).</i>	33
<i>Figura 2: Tolerância ao frio</i>	38

RELAÇÃO DE ABREVIATURAS

CAPÍTULO II

MST: Matéria Seca Total de gramínea e leguminosa

MSP: Matéria Seca de *Paspalum*

MSI: Matéria Seca de Invasoras

MSTr: Matéria Seca de Trevo

MSC: Matéria Seca Cornichão

Alt: Altura

Leg: Leguminosa

% Leg: percentual de leguminosas

CAPÍTULO I

1.1 Introdução

De acordo com a ONU (2017), até meados de 2017, a população mundial era próxima de 7,6 bilhões de pessoas. Estima-se que há um crescimento de 1,10% ao ano, chegando até 8,6 bilhões de pessoas em 2030 e podendo ser superior a 9 bilhões de pessoas e, em 2050. Assim como a expansão populacional, a concentração nas cidades e o crescimento da renda deve ampliar a demanda de alimentos.

Segundo a FAO (2016), a disponibilidade de áreas agrícolas está centrada em poucos países. Cerca de 90% das terras para a expansão agrícola estão na América Latina e África-Subsaariana. Na América Latina, o Brasil é um importante produtor mundial de alimentos e com grande potencial de expansão da oferta (Saath & Fachinello, 2018).

A produção animal em regiões tropicais e subtropicais do mundo é altamente dependente de pastagens nativas ou cultivadas, que requerem alta produção, qualidade e adaptação das plantas forrageiras (Jank et al., 2011). O uso de manejo adequado, principalmente uso correto de água e de nutrientes, além da escolha da espécie, são alguns pontos que devem ser levados em consideração.

A oferta de nitrogênio (N) é também considerada um fator limitante importante para a obtenção de biomassa em ecossistemas naturais. Este nutriente é, na maioria das vezes, ofertado às plantas na forma de fertilizantes químicos e é essencial para que as gramíneas expressem seu potencial forrageiro (Lemaire et al., 2008), sendo que a produção forrageira é afetada com o uso de fertilizantes nitrogenados (Pontes et al., 2016).

O uso de espécies leguminosas pode ser uma alternativa para fornecer N às gramíneas e reduzir os impactos ambientais, gerando sustentabilidade na produção pecuária. Através da fixação simbiótica de N, as leguminosas podem substituir o uso de fertilização nitrogenada assim como contribuir no aumento de biomassa e valor nutritivo da forragem ofertada, melhorando a eficiência da conversão de forragem em proteína animal (Lüscher et al., 2014).

O gênero *Paspalum*, pertencente à família Gramineae, contém mais de 400 espécies originárias da América do Sul, englobando a maior parte das pastagens nativas em regiões tropicais e subtropicais, sendo abundante no centro e no sul do Brasil (Chase, 1929). A grande diversidade, a área de cobertura e a adaptabilidade são fatores importantes para utilizar as espécies do gênero *Paspalum* para a produção animal (Novo et al., 2016).

O grupo taxonômico Plicatula, criado informalmente por Chase (1929) para agregar as espécies relacionadas ao *Paspalum plicatulum*, é composto por um grande número de espécies e formas (Quarín et al., 1997). O grupo apresenta potencial forrageiro e algumas espécies como *Paspalum plicatulum* e *P. guenoarum* têm sido estudadas e avaliadas há alguns anos, além de serem cultivadas como pastagem na Austrália, na Argentina e nos Estados Unidos (Aguilera et al., 2011).

A coleta de uma planta sexual diploide de *P. plicatulum*, e sua duplicação cromossômica realizada artificialmente resultaram na geração de uma planta sexual tetraploide (Sartor et al., 2009). Desde então, esta planta vem sendo utilizada como genitora feminina em hibridizações artificiais para obtenção de progênie do grupo Plicatula (Aguilera et al., 2011; Novo et al., 2016; Novo et

al., 2017). Estudos para avaliar os caracteres agronômicos têm mostrado o potencial genético de híbridos interespecíficos gerados para algumas características como produção forrageira, tolerância ao frio (Motta et al., 2016, 2017), resposta a fertilização nitrogenada (Motta, 2018) e preferência de pastejo (Novo et al., 2017).

Foram avaliados quatro híbridos interespecíficos 102069 e 1020133, resultantes do cruzamento *Paspalum plicatulum* (4c4x) x *Paspalum guenoarum* (Azulão) e 103061 e 103084, resultantes do cruzamento *P. plicatulum* (4c4x) x *P. guenoarum* (Baio). Estes híbridos foram selecionados por Saraiva (2015) e Motta (2018).

Em um programa de melhoramento vegetal, os efeitos da interação genótipo x ambiente sobre a estabilidade e persistência são de grande importância, visto que cada cultivar possui uma capacidade inerente de responder às mudanças ambientais (Cunha et al., 2013). O termo estabilidade ou persistência refere-se à habilidade dos genótipos a se adaptarem às mudanças climáticas, de um mesmo local, ao longo do tempo e das colheitas realizadas no ano (Vencovsky & Barriga, 1992). Desta forma, é esperada que a produção de forragem seja constante ao longo dos anos em que os híbridos sejam avaliados, apesar da variação climática existente entre os anos a que todas as plantas forrageiras estão sujeitas.

Com o objetivo de dar continuidade ao trabalho de seleção de híbridos interespecíficos de *Paspalum*, o presente estudo é dedicado às avaliações de produção de biomassa, tolerância ao frio e persistência, submetidos a níveis de fertilização nitrogenada e consórcio com leguminosas. Portanto, essas avaliações podem contribuir para a seleção de genótipos superiores, com alta produção forrageira e persistência. A consorciação deste híbridos com leguminosas pode fornecer dados sobre o aporte de N que estas espécies estão dando à gramínea.

1.2 Revisão Bibliográfica

1.2.1. Gênero *Paspalum*: importância do grupo Plicatula

O gênero *Paspalum*, pertencente à família Gramineae, contém mais de 330 espécies (Zuolaga & Morrone, 2005) presentes em diversos habitats (Morrone et al., 2000), compondo um importante grupo de forrageiras na formação de pastagens perenes (Quarin et al., 1997; Sartor et al., 2011). O gênero *Paspalum* tem um papel importante na pecuária porque contém um grande número e uma boa diversidade de espécies, qualidade forrageira e ampla adaptação ecológica (Novo et al., 2016).

O grupo taxonômico Plicatula, criado informalmente por Chase (1929) para agregar as espécies relacionadas ao *Paspalum plicatulum*, é composto por um grande número de espécies e formas (Quarín et al., 1997). O centro e o sul do Brasil, leste da Bolívia e o Paraguai constituem o centro geográfico de variação do grupo Plicatula (Quarín et al., 1997; Sartor et al., 2009). As espécies pertencentes a este grupo apresentam variabilidade quanto à capacidade fisiológica de produção de sementes viáveis, tolerância à presença de patógenos nas sementes e vigor das plântulas no estabelecimento a campo, podendo ser utilizadas em programas de melhoramento genético (Batista & Godoy, 1998).

Além disso, o grupo apresenta potencial forrageiro e algumas espécies como *P. plicatulum*, *P. guenoarum* e *P. atratum*, têm sido estudadas e avaliadas há alguns anos. Estas espécies têm maior ocorrência no centro e parte do sudeste do Brasil (Oliveira et al., 2008). *P. guenoarum* e *P. notatum* são também encontradas no Rio Grande do Sul. Estas espécies têm sido utilizadas em hibridações inter e intraespecíficas, respectivamente, (Aguilera et al., 2011; Novo et al., 2016; Novo et al., 2017) e avaliadas para as características agronômicas (Pereira et al., 2012; Huber et al., 2016; Motta et al., 2016; Steiner et al., 2017).

O interesse de estudo do gênero justifica-se não somente pela sua importância ecológica, forrageira e ornamental, como também, pelo seu modo de reprodução. O gênero *Paspalum* ocupa um lugar de destaque entre as gramíneas porque contém plantas sexuais diploides e apomíticas poliploides que representam, aproximadamente, 80% das espécies; além disso, a maioria dos poliploides são tetraploides (Quarin et al., 1992).

Paspalum guenoarum é uma gramínea perene, de crescimento estival, de reprodução apomítica, com tolerância ao frio e à seca, podendo manter uma boa distribuição de produção de forragem ao longo do ano (Pedreira, 1975). É uma espécie nativa de regiões de clima temperado e subtropicais da América do Sul e, no Rio Grande do Sul, está presente na região da depressão central, na encosta da serra do sudeste, nos campos de cima da serra e no planalto (Nabinger & Dall'Agnol, 2008). Os ecótipos Baio e Azulão são nativos da região da depressão central, na encosta da serra do sudeste, nos campos de cima da serra e no planalto do Estado e foram coletados há mais de 30 anos pelo Departamento de Plantas Forrageiras e Meteorologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Em estudos realizados com o objetivo de avaliar os caracteres agronômicos dos dois ecótipos de *P. guenoarum*, Baio e Azulão, estes obtiveram as maiores produções de massa seca total (MST), massa seca de folhas (MSF), maior adaptabilidade e estabilidade em ambientes favoráveis, demonstrando o

potencial produtivo destas gramíneas nativas (Pereira et al., 2012; Pereira et al., 2015; Steiner et al., 2017).

Em um trabalho realizado em 2010 pelo grupo de Melhoramento de Plantas Forrageiras da UFRGS, foram realizadas hibridizações entre *Paspalum plicatulum* (4c4x) x *Paspalum guenoarum* (Azulão) e *P. plicatulum* (4c4x) x *P. guenoarum* (Baio). Destes cruzamentos, foram obtidos 257 híbridos que foram, juntamente com seus genitores, previamente avaliados a campo durante os anos de 2010 e 2011 (Pereira, 2013). Os híbridos foram selecionados por Saraiva (2015), no qual o híbrido 10-2069 (*P. plicatulum* x *P. guenoarum* – Azulão) mostrou-se superior aos demais híbridos na soma da produção de MST. Na sequência, Motta (2018) avaliou os híbridos mais produtivos (10-2069, 10-20133, 10-3061 e 10-3084), no qual o híbrido 10-20133 foi o mais produtivo e os híbridos 103061 e 103084 os híbridos mais nutritivos.

1.2.2. Melhoramento Genético em espécies do grupo Plicatula

A maioria das espécies do gênero *Paspalum* apresenta reprodução assexual através da apomixia (Quarin, 1992) que resulta em uma progênie com constituição genética idêntica à planta mãe (Espinoza et al., 2001) e permite a perpetuação de genótipos fixados (Acuña et al., 2009). Uma das principais vantagens da apomixia no melhoramento genético de plantas é que permite o desenvolvimento de híbridos ou genótipos que se reproduzem independentemente da heterozigose (Espinoza et al., 2001).

Para se ter sucesso em um programa de melhoramento genético de plantas, existem três requisitos fundamentais: (i) disponibilidade de uma coleção diversa de germoplasma; (ii) adequado conhecimento da biologia, da citologia e do sistema reprodutivo do material disponível e (iii) objetivos claros e realizáveis (Ortiz et al., 2013).

O melhoramento genético de *Paspalum* têm objetivos específicos que consistem em avaliar a produção de matéria seca, a tolerância ao frio e crescimento em estações frias, a produção de semente, a resistência ao pastejo, o valor nutritivo e a resistência ao estresse biótico. A seleção de ecótipos é a técnica mais antiga no melhoramento genético e envolve avaliação da coleção de germoplasma, seleção e multiplicação dos melhores ecótipos, e o lançamento de genótipos superiores como nova cultivar apomítica, isto é, clones propagados por sementes (Ortiz et al., 2013).

A apomixia impede a proteção de cultivares no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA-Brasil), porque o primeiro atributo para uma nova cultivar ser protegida é ter passado por um processo (hibridação, mutação, transgenia, entre outros) de melhoramento (Brasil, 2011). Além disso, a proteção de uma cultivar pode gerar *royalties* para os programas de melhoramento e beneficiar produtores através da obtenção de cultivares com alta produção, com qualidade e com pureza de sementes.

O desenvolvimento dessas espécies em ambientes divergentes também pode ser dificultado, porque não há troca de alelos favoráveis à adaptação. Porém, a utilização de hibridizações, quando um dos genitores apresenta reprodução sexuada, pode gerar variabilidade e possibilitar a seleção de progênies superiores, com fixação imediata dos caracteres de interesse em razão da apomixia (Acuña et al., 2009).

Há, dentro do gênero, uma estreita correlação entre nível de ploidia e modo de reprodução: a diploidia está relacionada a reprodução sexuada; enquanto que a poliploidia, com apomixia (Adamowski et al., 2005). Aproximadamente, 80% das espécies de *Paspalum* estudadas citologicamente são poliploides ou contêm traços de poliploidia, com cerca de 50% desses poliploides sendo tetraploides, dos quais a maioria é apomítica (Quarin, 1992; Sartor et al., 2011). A apomixia nas plantas poliploides é, na maioria, facultativa, apesar da expressão da sexualidade ser usualmente bem menos importante que a apomixia (Sartor et al., 2009).

A existência de plantas sexuais em nível de ploidia tetraploide é um importante requisito para um programa de melhoramento de gramíneas apomíticas. Plantas sexuais tetraploides podem ser utilizadas como genitores femininos em cruzamentos com plantas apomíticas 4x. A indução de poliploidia em plantas diploides sexuais para obtenção de plantas sexuais compatíveis com a ploidia de plantas apomíticas é uma alternativa para alcançar a recombinação genética no cruzamento (Sartor et al., 2009). A duplicação de cromossomos de uma planta sexual diploide de *P. plicatum*, através do uso da substância Colchicina, resultou na geração de uma planta sexual tetraploide – 4c-4x – (Sartor et al., 2009). Esta planta foi utilizada como genitor feminino nos cruzamentos com outras espécies apomíticas, o que permitiu iniciar o melhoramento das espécies do grupo Plicatula através da hibridação interespecífica.

Aguilera et al. (2011) realizou o cruzamento entre *P. plicatum* 4c-4x e *P. guenoarum* Rojas – cultivar apomítica –, que resultou em 23 híbridos: 14 sexuais e 9 apomíticos. Destes híbridos apomíticos, sete produziram sementes e foram avaliados no campo em linhas (Pereira et al., 2015), sendo selecionados os quatro melhores híbridos em relação à ótima performance forrageira, denominados de H12, H13, H20 e H22. Em sequência, estes híbridos foram avaliados em parcelas sob diferentes condições edafoclimáticas e alguns híbridos obtiveram uma produção de massa seca superior a 21000 kg.ha⁻¹ (Motta et al., 2017). Além disso, também foi observada uma maior tolerância ao frio em relação ao genitor masculino Rojas e à cv. Aruana (*Megathyrsus maximus*), utilizada como testemunha. Isto demonstrou que a hibridização interespecífica resultou em vigor híbrido na progênie avaliada.

Outra hibridização foi realizada por Novo et al. (2017) utilizando *P. plicatum* 4c4x como genitor feminino e 11 espécies apomíticas como genitores masculinos, dentre elas *P. guenoarum*, com o objetivo de analisar a ocorrência de heterose para características agronômicas de interesse em híbridos apomíticos. Alguns híbridos apresentaram heterose para tolerância ao frio e preferência ao pastejo, com altos níveis de fertilidade em sementes e capacidade de crescimento. Além disso, os autores reportaram que a eficiência da hibridização e fertilidade na progênie gerada são dependentes do genitor masculino. O ecótipos nativos Baio e Azulão são nativos de regiões tropicais e subtropicais do Brasil, e apresentam apomixia como modo de reprodução, sendo utilizados como genitores masculinos em cruzamentos interespecíficos com *Paspalum plicatum* – 4c-4x (Pereira et al., 2015; Motta et al., 2016; Steiner et al., 2017).

Atualmente, não existe nenhuma cultivar do grupo Plicatula originada pela técnica de hibridização artificial disponível para comercialização.

Citogenética dos genótipos utilizados na pesquisa

Os estudos citogenéticos, como análise meiótica, análise de fertilidade polínica, análise do modo de reprodução, podem fornecer informações sobre a variabilidade genética, problemas de esterilidade e possibilidade de cruzamentos, sendo de fundamental importância para programadas de melhoramento genético de plantas.

No Laboratório de Citogenética do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS foram realizadas as análises para confirmação do modo de reprodução dos híbridos 10-2069, 10-20133, 10-3061 e 10-3084.

As análises foram feitas nas inflorescências em antese, quando o saco embrionário normalmente está completamente desenvolvido. As inflorescências foram analisadas conforme Krycki et al (2016) seguindo os protocolos proposto por Young et al. (1979) e modificado por Acuña et al. (2007). Os sacos embrionários contendo antípodas e dois núcleos polares centrais, foram classificados como sexuais; os que apresentaram sacos múltiplos ou únicos com uma célula central, ausência de antípodas e uma morfologia alterada por grupos de células embrionárias, foram considerados apomíticos. Foram avaliados, em média, 39 ovários por híbrido (10-20133, 10-2069, 10-3061 e 10-3084), obtendo, respectivamente, as proporções de ovários sexuais:apomíticos 10:19, 23:5, 24:2 e 25:10. Todos os híbridos obtiveram ovários degenerados, que são aqueles que, por motivos diversos como coloração mais clara ou mais escura, não foram possíveis de analisar. Concluiu-se que os híbridos são apomíticos facultativos.

1.2.3. A importância do Nitrogênio no potencial forrageiro de gramíneas

O ciclo do nitrogênio no sistema solo-planta é muito dinâmico e complexo devido a interação entre diversos fatores como clima, solo, planta e microrganismos. A adição, a transformação, a utilização e a possível perda de nitrogênio no sistema solo-planta são os principais componentes da ciclagem de N.

O tipo de solo, a baixa fertilidade e as condições climáticas adversas afetam negativamente a qualidade das forrageiras, limitando o consumo de nutrientes do solo e não atendendo às exigências agrônômicas de produção de biomassa (Braz et al., 2002). Isto porque o nitrogênio encontrado na atmosfera não está biologicamente disponível às plantas, não atendendo à demanda das gramíneas.

O nitrogênio é o responsável pelo incremento da área foliar da planta, aumentando a eficiência de interceptação da radiação solar, a taxa fotossintética e, conseqüentemente, a produção de biomassa (Fageria & Baligar, 2005). Em lavouras comerciais, a maioria do N é adicionado ao solo através de fertilizantes inorgânicos com o objetivo de suprir a exigência nutricional das plantas. Nas gramíneas forrageiras, auxilia na obtenção de elevadas taxas de acúmulo de MST ao longo das estações do ano (Fagundes et al., 2005). Desta maneira, o manejo do uso de N tem sido uma prática agrícola muito estudada para intensificar o rendimento das culturas. Porém, há outras maneiras de adição de

N no solo como a fixação biológica que ocorre através de bactérias que fixam N_2 atmosférico e o tornam disponível às plantas (Fageria & Baligar, 2005).

A demanda da planta por N é suprida pelo fornecimento da mineralização de N pela matéria orgânica do solo e por fertilizante nitrogenado que é geralmente aplicado em uma forma facilmente disponível às plantas, enquanto que o nitrogênio fornecido pela matéria orgânica do solo deve ser mineralizado antes de se tornar disponível.

De maneira geral, a absorção de nitrogênio pelas plantas se dá através da forma de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+), embora o nitrogênio orgânico do solo possa ser absorvido e represente uma proporção significativa dos ambientes da absorção total de nitrogênio em situações particulares como solos ácidos e ambientes com baixas temperaturas (Gastal & Lemaire, 2002).

Lugão et al. (2003) objetivaram estudar a taxa de acúmulo de MS, a MST e a eficiência do uso de nitrogênio (EUN) em *Panicum maximum* sob quatro doses de N e em sistema de pastejo rotacionado, comprovando que as taxas de acúmulo de MS se elevam com a utilização da adubação nitrogenada.

O nitrogênio é essencial para a manutenção da produtividade e persistência de gramíneas forrageiras, porque constitui as proteínas que participam ativamente da síntese de compostos orgânicos que melhoram a estrutura da planta – tamanho da folha, densidade dos perfilhos e o número de folhas vivas por perfilho – e, também, maximizam a morfogênese – aparência da folha, expansão e senescência – características das gramíneas (Costa et al., 2013).

A disponibilidade de nitrogênio em quantidades inferiores que as referidas pelas plantas comprometem a expressão do potencial produtivo. Entretanto, é preciso saber o nível adequado deste nutriente, capaz de economicamente maximizar a produção de biomassa, evitando perdas e incrementando a eficiência deste nutriente na produtividade das gramíneas e, conseqüentemente, na performance animal (Lugão et al., 2003).

Acúmulo de Forragem

O potencial produtivo de uma planta forrageira é determinado geneticamente, mas para que esse potencial seja expressado, condições adequadas de manejo e do ambiente (temperatura, umidade, luminosidade e disponibilidade de nutrientes) devem ser estudados (Fagundes et al., 2005). Por isso, diversas pesquisas com diferentes espécies forrageiras, diferentes fontes e taxas de nitrogênio têm sido desenvolvidas para avaliar o efeito do nitrogênio na biomassa das gramíneas.

Fagundes et al., (2005) avaliaram a espécie *Urochloa debumbens* submetida a quatro doses de nitrogênio (75, 150, 225 e 300 $kg.ha^{-1}$) aplicadas antes do início das avaliações e constaram aumento nas taxas de acúmulo de forragem, com o aumento das doses de N ao longo das épocas de avaliação.

Alguns estudos têm avaliado ecótipos nativos do gênero *Paspalum* e a resposta deles a fertilização nitrogenada. Townsend (2008) avaliou ecótipos de *P. guenoarum*, *P. notatum* e *P. lividum* submetidos a quatro taxas de nitrogênio (0, 60, 180 e 360 $kg.ha^{-1} ano^{-1}$), observando uma resposta linear a aplicação de N na produção de biomassa, demonstrando a habilidade desses ecótipos em responderem em doses superiores a 360 $kg.ha^{-1}$ de N e expressar o potencial de rendimento máximo em resposta ao N aplicada. Contudo, em um

trabalho utilizando ecótipos de *P. notatum* submetidos às doses de 0, 60, 180 e 360 kg.ha⁻¹ de N, Machado (2014) observou que a MS dobrou quando a taxa de N aumentou de 60 para 180 kg.ha⁻¹. Porém o aumento de biomassa não é tão efetivo quando comparado a taxa de 180 kg.ha⁻¹.

Avaliando a espécie de *P. notatum*, submetida a seis fontes de N e a três doses de N (0, 60 e 120 kg N ha⁻¹), (Silveira et al., 2013) observaram que a produção de massa seca aumentou em 25 e 50% para a dose de 60 e 120 kg N ha⁻¹, respectivamente, em relação ao nível zero.

Townsend et al. (2008) avaliaram dois ecótipos de *P. guenoarum* (Baio e Azulão) submetidos a quatro níveis de oferta de N (0, 60, 180 e 360 kg/ha/ano de N-ureia em duas aplicações de cobertura), obtendo uma resposta linear à aplicação de N para a produção de fitomassa, demonstrando a sua capacidade em responder a doses superiores a 360 kg/ha/ano de N e expressando o seu potencial forrageiro.

Geralmente, quando as plantas estão sob condições não favoráveis para o seu desenvolvimento, por exemplo, déficit hídrico ou baixa fertilidade, a expressão de variabilidade entre os genótipos reduz porque não conseguem expressar o seu potencial produtivo e apenas tentam sobreviver. Por isto, o melhoramento de plantas é conduzido na presença de nutrientes suficientes como N, permitindo que as novas cultivares expressem ao máximo seu potencial produtivo.

Na prática, a adequação de uma abordagem depende dos objetivos de um produtor individual e sua capacidade de gerenciar e utilizar efetivamente a forragem extra produzida com N ou com a inclusão de leguminosas.

Problemas ambientais

Em algumas regiões do planeta, o nitrogênio é fornecido nas lavouras em uma quantidade grande ou, muitas vezes, excessiva. Nesses casos, o N se torna poluente, porque a presença em excesso causa uma série de reações e processos extremamente prejudiciais para o ambiente e para a saúde da população (Martinelli, 2007).

Quando o N é adicionado ao campo, parte dele é absorvido pela planta e parte pode ser lixiviado ou evapora para a atmosfera (Martinelli, 2007). Essa perda pode ter impactos negativos na qualidade do ar e da água, sendo associado à formação da poluição atmosférica, aquecimento global, prejudicial a camada de ozônio e afeta, negativamente, a qualidade de águas superficiais e subterrâneas (Schröder, 2014).

O nitrogênio sofre várias transformações no solo. As principais perdas são por lixiviação, predominantemente nitrato (NO₃⁻), mas também amônio e nitrogênio orgânico solúvel; por desnitrificação, resultando em emissões de óxido de nitrato (N₂O), óxido nítrico (NO) e gases de nitrogênio (N₂); por volatilização na forma de amônia (NH₃) (Schröder, 2014).

A lixiviação de nitrato para as águas superficiais causa o fenômeno de eutrofização, que promove uma alta produção de algas (Verhulst et al., 2015) que, após a morte destas algas, o processo de decomposição começa. Os organismos de decomposição utilizam oxigênio (O₂) dissolvido em água para obter energia requerida. A falta deste oxigênio causa uma série de mudanças químicas e biológicas. O resultado é a morte de peixes que ocorre regularmente em rios e baías (Martinelli, 2007).

O tempo levado pelo nitrato para mover-se da área de raízes até as águas superficiais é variável. Em solos arenosos, NO_3^- deve atingir as águas superficiais em questão de dias se tiver irrigação ou chuva. Em outros solos, composto por metais mais pesados, com águas mais profundas, pouca chuva ou baixas taxas de fertilização nitrogenada criam condições em que o nitrato pode levar mais tempo para atingir as águas superficiais (Ladha et al., 2005).

Em um estudo conduzido na região do Médio Alto Uruguai, no sul do Brasil, Fernandes et al., (2017) avaliaram a relação entre a taxa de N aplicada anualmente via fertilizantes orgânicos (estrupe de porco e cama de aviário) e via fertilizantes químicos nas pastagens. Uma correlação positiva ($r=0,49$) foi observada entre o montante aplicado via fertilizante e o nitrato contendo na água lixiviada. Para os autores, a correlação demonstra um potencial de poluição ao excesso de aplicação de fertilizantes em pastagens perenes nesta região, o que pode comprometer a qualidade dos recursos hídricos.

Outro aspecto importante sobre os fertilizantes nitrogenados é a perda de nitrogênio na forma de amônia, conhecido como volatilização. A principal perda ocorre através de N na forma de ureia e pode alcançar 70% do fertilizante aplicado. A maior ineficiência da ureia aplicada a superfície surge pela volatilização de NH_3 devido à hidrólise da ureia pela enzima urease (Costa et al., 2009).

De acordo com Martinelli (2007), essa dualidade do N – extrema necessidade contra efeito poluente é um dos maiores desafios que a humanidade terá por décadas. Especialmente, se o N for considerado um fator limitante na agricultura e baseado na baixa oferta e alta demanda, o N virará uma commodity.

1.2.4. Consórcio gramínea-leguminosa em pastagens

Há uma necessidade global de que sejam produzidos mais alimentos, mais fibras, sem que haja um aumento proporcional de insumos como N e terra. Em razão disso, a produção de pastagens terá de acompanhar os requisitos para uma maior produção de carne e leite, de sistemas de ruminantes, responder e adaptar-se às mudanças climáticas (Lüscher et al., 2014). Para manter a produção de alimentos ou de oferta de forragem para os animais sem que haja maior uso de fertilizantes químicos, seria necessário até duas vezes mais leguminosas capazes de fixar N e duas vezes mais áreas agricultáveis disponíveis. De acordo com Lüscher et al. (2014), a produção industrial emite, a cada quilo de N inorgânico, 2,25kg de CO_2 . Neste sentido, as leguminosas têm vantagem porque todo o carbono necessário para fixação simbiótica de N é obtido diretamente da atmosfera através da fotossíntese e, portanto, são consideradas neutralizantes de gases do efeito estufa.

O preço dos fertilizantes químicos vem aumentando ao longo dos anos, fazendo com que os produtores estejam buscando outras alternativas para obter nitrogênio para as pastagens (Biermacher et al., 2012). As leguminosas introduzidas nas pastagens surgem como alternativa porque substituem o fertilizante inorgânico, promovendo uma produção forrageira sustentável, com elevada biomassa, com excelente valor nutritivo e elevando a eficiência de conversão de pastagem em proteína animal (Lüscher et al., 2014). Em regiões temperadas e subtropicais, o consórcio de gramínea-leguminosa é a base dos

sistemas de produção de pecuária de corte ou de leite fornecendo boa qualidade forrageira nas estações frias.

A fixação biológica de nitrogênio atmosférico por leguminosas é um fenômeno biológico espetacular na natureza, tendo como importância a adição de N nos sistemas da agricultura e surge como alternativa sustentável para o incremento de N (Souto & Döbereiner, 1984; Luscher et al, 2014) através do consórcio. O ganho de N deverá ser a saída racional para obtenção de altos rendimentos com menores custos de produção (Souto & Döbereiner, 1984). Uma das funções da leguminosa, na consorciação, além de fornecer produção de massa no período hibernal, é transferir para a gramínea o N atmosférico fixado, aumentando a sua produtividade e seu valor nutritivo (Paris et al., 2008).

Existem muitas vantagens para cultivar o consórcio de gramínea-leguminosa nas pastagens. As leguminosas têm a capacidade de fixação biológica de N, que pode ser utilizado pela gramínea. Isso pode compensar a necessidade anual de aplicação de N na gramínea. As misturas também são mais produtivas e têm maior valor nutritivo do que o capim sozinho. Em geral, as misturas gramíneas-leguminosas geralmente resultam em melhor desempenho animal do que uma única espécie cultivada sozinha (Lüscher et al., 2014).

As principais vantagens do consórcio de gramíneas com leguminosas, em relação ao cultivo isolado, são: maior acúmulo de nutrientes; a gramínea, no sistema, esgota o N do solo e estimula a fixação biológica de N atmosférico pela leguminosa; a água e os nutrientes do solo podem ser mais eficientemente utilizados em função da exploração do solo por diferentes volumes dos sistemas radiculares; a gramínea adiciona ao solo uma fitomassa com relação C/N intermediária àquelas das culturas isoladas, proporcionando proteção ao solo e fornecimento de N à cultura em sucessão; liberação de N à solução do solo quando a espécie leguminosa se decompõe; fornece elevada produção de forragem com baixas doses de N mineral; melhora a distribuição temporal da produção forrageira (Sleugh et al., 2000; Heinrichs et al., 2001; Campillo et al., 2005) podendo aumentar o rendimento de matéria seca.

Além disso, as pastagens naturais têm sua maior produtividade de forragem na primavera e no verão, reduzindo sua produção no período de outono e inverno, principalmente em regiões mais frias como o sul do Brasil. Sendo assim, o correto manejo das pastagens de inverno é decisivo para a obtenção de elevados rendimentos e para a definição do potencial produtivo das culturas de verão (Nicoloso et al., 2006). As gramíneas necessitam elevadas quantidades de N para obterem altas produtividades de forragem, para manterem sua persistência a campo e também, a qualidade da forragem produzida (Newman & Sollenberger, 2005). Para isso, as análises de adaptabilidade e estabilidade estimam o comportamento previsível dos genótipos nos anos de seleção (Mendes et al., 2012).

Ames et al. (2014) avaliaram três sistemas de cultivo para a produção de feno de Gramma-bermuda (*Cynodon dactylon*) cv. Tifton 85 no inverno, com o objetivo de verificar a produção de matéria seca total. A cultivar foi avaliada sozinha sem e com adubação nitrogenada na forma de ureia, e consorciada com ervilha forrageira (*Pisum arvense*) cv. Iapar 83. A menor quantidade de matéria seca total foi obtida no consórcio, sendo menor que o tratamento sem adubação nitrogenada; isto porque a ervilhaca pode ter suprimido a grama-bermuda. Porém, este consórcio aumentou o valor nutritivo e a produção forrageira.

Olivo et al. (2017) estudaram sistemas de produção de forragem compostos por Capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum., EG), Azevém-italiano (*Lolium multiflorum* Lam., IR), espécies espontâneas e leguminosas – Amendoim forrageiro (*Arachis pintoii*) e Trevo Vermelho (*Trifolium pratense* L.) e concluíram que a presença de leguminosas na pastagem resulta em melhor qualidade e maior quantidade forrageira, principalmente a presença do Trevo Vermelho. O amendoim forrageiro funciona como excelente controle contra o crescimento de espécies espontâneas. A inclusão de leguminosas no sistema pastoril resulta em melhores taxas nutricionais, assim como, melhora a performance da pastagem no outono/inverno, que é um período crítico no sul do Brasil devido às baixas temperaturas.

Os resultados obtidos por Graminho (2018), com *P. notatum*, corroboram com os resultados de produção de MST, obtidos no consórcio com leguminosa, assemelhando-se à produção de 120 a 240 kg.ha⁻¹ de N. Deve ser levado em consideração, no processo de decisão de implantação de pastagens, que há um esforço adicional de manejo necessário para incorporar leguminosas no sistema forrageiro e é geralmente maior que o trabalho necessário para ter aplicações de fertilizantes nitrogenados em pastagens.

As leguminosas normalmente requerem maiores quantidades de fertilizantes de fósforo (P) e potássio (K), cujos custos aumentaram drasticamente nos últimos anos. Assim, a redução no custo do fertilizante nitrogenado pode ser anulada pelo aumento do custo com o calcário e o fertilizante P e K (Butler & Muir, 2012). Além disso, os preços de sementes de leguminosas tendem a acompanhar o preço de N, isto é, quando o preço do N aumenta, o mesmo acontece com o preço das sementes de leguminosas (Biermacher et al. 2012).

O manejo do consórcio exige atenção, uma vez que inclui efeitos como competição entre espécies e seletividade animal sobre componentes da comunidade (Barcellos et al., 2008). De modo geral, a não adoção e utilização de consórcio é atribuída à baixa persistência das leguminosas, que em muitos casos está associada à falta de técnicas de manejo específicas ou eficientes e à fertilização inadequada para essas pastagens (Aroeira et al., 2005). Assim, estabelecer misturas de gramíneas e leguminosas não requer apenas a seleção de espécies adaptadas que sejam compatíveis, mas também proporções ótimas entre diferentes espécies na mistura (Adjesiwor et al., 2017), determinando a persistência e contribuição das leguminosas para as sistema planta-animal.

Segundo Biermacher et al. (2012), é importante enfatizar que, atualmente, manejar fontes sintéticas de N é relativamente simples para a maioria dos produtores. De fato, essa atividade geralmente exige apenas que os produtores solicitem a um comerciante local de fertilizantes que aplique o N em suas pastagens, ou que os próprios produtores realizem tal atividade. Os sistemas de leguminosas requerem manejo adicional pelos produtores, tais como quais espécies de leguminosas são ideais para sua localidade e estratégias de gerenciamento do consórcio (Butler e Muir, 2012). Tekeli & Ates, (2005) relataram que a escolha de quais espécies cultivar em um consórcio deve ser baseada em (i) adaptação da espécie ao local, (ii) resposta da espécie ao sistema de pastejo, (iii) rendimento potencial de forragem e distribuição sazonal, (iv) valor nutricional e (v) persistência.

A quantidade de N fixada pela leguminosa varia com as espécies e condições ambientais. Acidez do solo, salinidade, deficiência ou excesso de

minerais, estresse hídrico, variações de temperatura, quantidade de N inorgânico no solo, pragas e doenças influenciam no FBN. O menor N no solo resultará em maior proporção de N para planta derivada de FBN, que ficará acima de 85% (Barcellos et al., 2008). A quantidade de N disponível a partir de leguminosas depende das espécies de leguminosas cultivadas, da biomassa total produzida e da porcentagem de N no tecido vegetal. As condições culturais e ambientais que limitam o crescimento de leguminosas, como a data de plantio atrasada, o estabelecimento de assentamentos precários e a seca, reduzirão a quantidade de N produzida. As condições que estimulam a boa produção de N incluem obter uma boa posição, níveis ótimos de nutrientes no solo e pH do solo, boa nodulação e umidade adequada do solo (Hirel et al., 2011).

Transferências de nitrogênio ocorrerão abaixo e acima da superfície do solo através da excreção de N na rizosfera da decomposição de leguminosas, raízes e nódulos, ligação micorrizal das raízes com as de leguminosas, e / ou pela ação da fauna do solo sobre raízes e nódulos da leguminosa. Na superfície do solo ocorrerá pela decomposição de folhas superficiais (Barcellos et al., 2008).

As leguminosas têm raízes que, especialmente no caso das espécies perenes, permitem que haja uma penetração mais profunda nos perfis do solo em busca de umidade e nutrientes. Geralmente, suas desvantagens incluem a recuperação lenta após pastejo, menor produção de sementes e baixo vigor de plântulas em comparação com a maioria das gramíneas. As gramíneas têm sistemas de raízes fibrosas que lhes dão uma vantagem quando competem por umidade superficial e nutrientes do solo; também tendem a se estabelecer mais facilmente, a crescer mais rapidamente e a se recuperar do pastoreio mais rapidamente. Somente quando o N do solo é baixo, as gramíneas ficam em desvantagem em relação às leguminosas (Muir et al., 2011).

Segundo Reis et al. (2006) alguns pontos devem receber um foco maior da pesquisa com o objetivo de utilizar mais fixação biológica de nitrogênio. Entre eles estão: (i) seleção de genótipos, devido à existência de variabilidade entre eles; (ii) conhecimento de qual bactéria ou grupo deve ser a melhor combinação com o genótipo mais promissor; (iii) fatores ambientais relacionados à eficiência do processo como temperatura, umidade, luminosidade, disponibilidade de N no solo, associação com outros microrganismos e interação com a microflora nativa; (iv) modificações na planta e na bactéria, para o aprimoramento dessa associação.

Barcellos et al. (2008) relataram que, mesmo com uma importante contribuição para a produção de gado em pastagens e estudos já realizados por diferentes instituições de ensino e pesquisa, o uso de leguminosas em pastagens no Brasil ainda é limitado. Assim, para mudar essa situação, o uso da mistura gramínea-leguminosa deve gerar a percepção de baixo risco e de baixo custo tecnológico. Portanto, a adoção deve se basear no conhecimento das potencialidades e limitações das cultivares e na detecção das melhores oportunidades de inclusão em sistemas de produção, para maximizar o uso dessa opção tecnológica.

Tejera et al. (2015) avaliaram duas espécies de *Paspalum* consorciadas com leguminosas de estação fria em termos de disponibilidade e estabilidade de forragem e colonização de plantas invasoras. Concluíram que os diferentes hábitos de crescimento de *P. notatum* e *P. dilatatum* tiveram efeito diferente sobre o desempenho do consórcio. Ao testar esses efeitos em todas

as estações, a inclusão de *P. notatum* aumentou a produtividade do consórcio durante o verão, mas diminuiu seu desempenho durante a estação fria. A adição de uma gramínea de estação quente com uma capacidade competitiva moderada, como *P. dilatatum*, é desejável para evitar um impacto negativo na composição da pastagem de estação fria, melhorando a disponibilidade de forragem e reduzindo a variabilidade ao longo do tempo.

Silveira et al. (2013), com o objetivo de avaliar os efeitos do nitrogênio na produção de biomassa de grama-forquilha (*P. notatum*), no valor nutritivo e investigar o potencial efeito dos fertilizantes nitrogenados no pH do solo e nas perdas de N, utilizaram seis tipos diferentes de fornecimento de N aplicados em 0, 60 ou 120kg.ha⁻¹ano⁻¹ de N. O acúmulo de matéria seca aumentou linearmente com o aumento dos níveis da fertilização nitrogenada. Os resultados desse estudo de três anos indicam que o nível de N tem um excelente efeito na produção de MST e no valor nutritivo na grama-forquilha.

Motta (2018) avaliou quatro híbridos interespecíficos de *P. guenoarum* consorciados com duas espécies leguminosas – Trevo Branco (*Trifolium repens* L.) e Cornichão (*Lotus corniculatus* L.) – em relação à proporção de biomassa de leguminosas na matéria seca total (MST). A produção de MST de todos os genótipos, quando consorciados, foi semelhante a 120 kg.ha⁻¹ de N.

1.2.5. Características das leguminosas utilizadas na pesquisa

Trevo branco (*Trifolium repens* L.)

O Trevo branco é uma leguminosa amplamente distribuída no mundo. É originária de países do Mediterrâneo Leste ou Ásia Menor. A distribuição por outros continentes está associada à colonização e a presença de animais domésticos de pastejo. Caracteriza-se como uma planta glabra, rasteira e estolonífera. Cresce perto do solo, expandindo-se através de estolões vigorosos, que alongam e formam raízes nos nós quando o solo tem umidade (Dall'Agnol & Scheffer-Basso, 2004).

É uma planta de clima temperado, não tolera altas temperaturas. Desenvolve-se bem em solos neutros e naqueles que contêm alto nível de matéria orgânica. É tolerante a geada e ao sombreamento (Fontaneli et al., 2012).

O trevo branco tem gemas nos estolões que se desenvolvem em ramificações ou botões florais. Em razão desta característica, mesmo com pastejo intensivo ou cortes frequentes, na estação de intensa floração, há produção de sementes, já que para maturação das sementes é necessário apenas 20 ou 30 dias no período mais quente (Paim & Riboldi, 1994).

Além disso, o trevo branco contém seus estolões perto da superfície do solo, fornecendo tolerância a intensa desfolha, protegendo os seus pontos de crescimento no pastejo. Em razão disso que essa leguminosa, mesmo sob pastejo intenso em associação com outras espécies como azevém ou cornichão, prevalece no consórcio, o que a torna uma importante espécie leguminosa forrageira de períodos hibernais. Apresenta boa produção forrageira e elevado valor nutritivo (Dall'Agnol e Scheffer-Basso, 2004) e é utilizada sob pastejo contínuo, incrementando proteína no consumo de forrageiras pelos animais (Carvalho et al., 2010).

No Rio Grande do Sul (RS), é a espécie leguminosa mais utilizada na melhoria de pastagens naturais (Scheffer-Basso et al., 2005), assim como em consórcio de pastagens durante o inverno e a primavera.

Em anos em que a distribuição de chuvas é regular, o trevo branco pereniza. No entanto, em anos com deficiência de água durante o período quente, muitas plantas morrem e a sobrevivência dos estolões é reduzida, comportando-se como uma espécie anual. Altas temperaturas restringem seu crescimento e produção, o que requer um bom suprimento de água (umidade) para o crescimento normal (Dall'Agnol e Scheffer-Basso, 2004).

Em um estudo com acessos de trevo branco em duas regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul, Schneider et al. (2011) relataram que é possível selecionar genótipos mais produtivos e persistentes no verão. Para estes autores, as plantas capazes de sobreviverem em condições não favoráveis, nos períodos mais quentes, podem melhorar a disponibilidade de biomassa e aumentar o período de uso dessas espécies forrageiras, principalmente em regiões de elevadas temperaturas.

O trevo branco tem excelente capacidade de fixar nitrogênio atmosférico e incrementar a produção forrageira. Enriquez-Hidalgo et al. (2015) avaliaram o trevo branco sob diferentes taxas de nitrogênio (0, 60, 120, 200 e 240 kg.ha⁻¹ ano⁻¹) e observaram variação da fixação de N₂ de 52 a 291 kg.ha⁻¹ de N, que diminuía quando a taxa de N aumentava.

Cornichão (*Lotus corniculatus* L.)

Cornichão encontra-se no leste europeu, norte da África, nordeste e centro dos Estados Unidos, sudeste do Canadá, sul da América Latina e partes da Ásia (Carvalho et al., 2010). No Brasil, o maior cultivo desta forrageira está na região sul, onde o clima subtropical é mais apropriado para o desenvolvimento, concentrando o ciclo de produção nas estações primavera-verão (Scheffer-Basso et al., 2011). É caracterizada como uma espécie perene e glabra com folhas pinadas compostas por três folhetos apicais e duas folhas basais distais. Contém sistema radicular ramificado e pivotante (Fontaneli et al., 2009).

É uma forrageira que apresenta versatilidade, moderada tolerância à acidez e média necessidade de fertilidade do solo quando comparada à outras leguminosas temperadas (Scheffer-Basso et al., 2005). Apresenta tolerância ao frio e tem preferências por climas frios a média temperatura, com resistência à geada. Entretanto, sua melhor adaptação é em temperaturas médias em torno de 24°C. Se adapta bem a maioria dos solos e regiões do RS, especialmente aos solos mais secos. Sua tolerância ao déficit hídrico é em razão da sua raiz pivotante, aprofundando-se no solo e procurando água nas camadas mais profundas (Carvalho et al., 2010).

Tem seu crescimento ereto e, por isso, seu manejo deve ser feito com cuidado para manter uma larga área de folhas e evitar a remoção dos pontos de crescimento que são, principalmente, bem acima da superfície do solo. A maior intensidade de crescimento ocorre de meados de julho a novembro. Tem baixa tolerância ao sombreamento e é prejudicado em consórcios com espécies mais altas e com alta produção de biomassa (Fontaneli et al., 2012).

A época de semeadura ocorre de abril a junho (Fontaneli et al., 2012). Apresenta um lento estabelecimento e alcança a sua maior produção depois de

um ano (Carvalho et al., 2010). Com isso, Silveira et al. (2015) avaliou diferentes densidades de semeadura 0, 50, 100, 150 e 200% além do montante de sementes recomendado (6 kg.ha^{-1}), em consórcio com azevém (*Lolium multiflorum*). Estes autores observaram que o uso de 150 a 200% a mais que o recomendado aumenta a produção de forragem, mas não afeta o total de produção forrageira no consórcio.

2. Hipóteses e Objetivos

A hipótese do trabalho é que existe variabilidade entre híbridos interespecíficos do gênero *Paspalum* (*Paspalum plicatulum* 4c-4x x *Paspalum guenoarum* Azulão e Baio) em resposta às diferentes doses de nitrogênio e ao consórcio com leguminosa na produção de matéria seca total e na persistência.

Os objetivos dessa dissertação foram: (i) avaliar a produção de massa seca total, a tolerância ao frio e a persistência dos híbridos interespecíficos do gênero *Paspalum*, submetidos a diferentes níveis de fertilização nitrogenada; (ii) comparar a produção de biomassa sob níveis de fertilização nitrogenada e no consórcio com leguminosas. Em razão disto, (iii) selecionar os melhores híbridos para os próximos passos dentro do programa de melhoramento genético de plantas forrageiras da UFRGS.

1. CAPÍTULO II¹

Avaliação agronômica e persistência de híbridos interespecíficos de *Paspalum* sob diferentes doses de nitrogênio ou em consórcio com leguminosas.

Avaliação agronômica de híbridos interespecíficos de *Paspalum* sob diferentes doses de nitrogênio ou em consórcio com leguminosas.

RESUMO

Estudos sobre os fatores que podem afetar o desempenho agronômico em híbridos de *Paspalum* são necessários para o desenvolvimento de informações sobre decisões de manejo e seleção de cultivares. Os objetivos deste estudo foi determinar a produção de matéria seca total (MST), tolerância ao frio e persistência das plantas em quatro híbridos interespecíficos de *P. plicatulum* 4c-4x x *P. guenoarum* (Azulão e Baio) avaliados sob taxas de fertilização nitrogenada, comparar a performance agronômica no consórcio gramínea-leguminosa à uma gramínea fertilizada com N e selecionar os melhores híbridos para novos passos de um programa de melhoramento genético. O experimento consiste em parcelas subdivididas, em blocos casualizados, com três repetições, com cinco doses de N (0, 60, 120, 240 e 480 kg.ha⁻¹ de N) e um tratamento de consórcio com leguminosas – trevo branco e cornichão – (sem aplicação de N) como parcela principal, e seis genótipos em subparcelas. Taxas mais altas de N aumentaram a produção de MST, tolerância ao frio e persistência. A produção de biomassa no consórcio foi semelhante ao nível de 120 kg.ha⁻¹ de N. O híbrido 1020133 deve ser selecionado para novos estudos dentro do programa de melhoramento genético. Há oportunidade de aumentar o desempenho agronômico das gramíneas por meio do manejo de N e seleção de genótipos. Consórcio com leguminosas pode ser uma alternativa para substituir a aplicação do fertilizante de N.

2.1 Introdução

De acordo com a ONU (2017), estima-se que a população mundial chegará até 8,6 bilhões de pessoas em 2030 e podendo ser superior a 9 bilhões de pessoas, em 2050. Assim como a expansão populacional, a concentração nas cidades e o crescimento da renda deve ampliar a demanda de alimentos.

A oferta de nitrogênio é também considerada um fator limitante importante para a obtenção de biomassa em ecossistemas naturais. Este nutriente é, na maioria das vezes, ofertado às plantas na forma de fertilizantes químicos e é essencial para que as gramíneas expressem seu potencial forrageiro (Lemaire et al., 2008). Porém, quando utilizado de forma excessiva, torna-se poluente, porque a presença em excesso de N causa uma série de reações e processos extremamente prejudiciais para o ambiente e para a saúde da população (Martinelli, 2007). Outro aspecto importante sobre os fertilizantes nitrogenados é a perda de nitrogênio na forma de amônia, conhecido como volatilização. A principal perda ocorre através de N na forma de ureia e pode alcançar 70% do fertilizante aplicado. A maior ineficiência da ureia aplicada a superfície surge pela volatilização de NH₃ devido à hidrólise da ureia pela enzima urease (Costa et al., 2009).

Entretanto, os preços dos fertilizantes químicos têm aumentando ao longo dos anos e isto pode ter uma influência nos custos das pastagens e na rentabilidade dos sistemas de produção pecuária. Em razão disso, o uso de espécies leguminosas pode ser uma alternativa para fornecer N às gramíneas e reduzir os impactos ambientais, gerando sustentabilidade na produção pecuária. Através da fixação simbiótica de N, as leguminosas podem substituir o uso de fertilização nitrogenada assim como contribuir no aumento de biomassa e valor nutritivo da forragem ofertada, melhorando a eficiência da conversão de forragem em proteína animal (Lüscher et al., 2014).

O gênero *Paspalum* contém mais de 400 espécies originárias da América do Sul, englobando a maior parte das pastagens nativas em regiões tropicais e subtropicais, sendo abundante no centro e no sul do Brasil (Chase, 1929). A grande diversidade, a área de cobertura e a adaptabilidade são fatores importantes para utilizar as espécies do gênero *Paspalum* para a produção animal (Novo et al., 2016). Espécies de *Paspalum* têm sido geneticamente melhoradas nos Estados Unidos e Argentina com o objetivo de gerar nova cultivar forrageira para regiões subtropicais (Acuña et al., 2009; Aguilera et al., 2011). A apomixia impede que haja uma mutação espontânea, tornando a hibridação um passo importante para que haja proteção de cultivar no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA-Brasil) porque um atributo para uma nova cultivar ser protegida é ter passado por um processo (hibridação, mutação, transgenia, entre outros) de melhoramento (Brasil, 2011).

Como as espécies de *P. plicatulum* e de *P. guenoarum* são tetraploides apomíticas, as cultivares foram selecionadas de ecótipos nativos e sem nenhum melhoramento genético realizado através de cruzamentos (Aguilera et al., 2011). A planta sexual diploide de *P. plicatulum*, e sua duplicação cromossômica realizada artificialmente resultaram na geração de uma planta sexual tetraploide (Sartor et al., 2009). Há alguns anos, esta planta vem sendo utilizada como genitor feminino em hibridizações artificiais para melhorar plantas tetraploides apomíticas do grupo *Plicatula* (Aguilera et al., 2011; Novo et al., 2016; Novo et al., 2017).

O desenvolvimento de novas cultivares com alta produção de biomassa e adaptadas às regiões subtropicais podem contribuir para melhorar a performance animal. Além disso, avaliar a resposta desses novos híbridos interespecíficos sob diferentes níveis de N ou em consórcio com leguminosas pode gerar informações sobre decisões de manejo agrônomo e pode ajudar na seleção de uma cultivar. Entretanto, essas informações requerem conhecimentos mais aprofundados sobre a produção de forragem de híbridos interespecíficos de *Paspalum* avaliados sob taxas de fertilização nitrogenada ou em consórcio com leguminosas. O objetivo deste trabalho foi determinar a produção de matéria seca total (MST), tolerância ao frio e persistência das plantas em quatro híbridos interespecíficos de *P. plicatulum* 4c-4x x *P. guenoarum* (Azulão e Baio) avaliados sob taxas de fertilização nitrogenada, comparar a performance agrônoma no consórcio gramínea-leguminosa à uma gramínea fertilizada com N e selecionar os melhores híbridos para novos passos de um programa de melhoramento genético.

2.2 Material e Métodos

O estudo foi conduzido na Estação Experimental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no estado do Rio Grande do Sul, Brasil (30°05'S, 51°40'W, 46 m de altitude). As avaliações foram realizadas de agosto de 2017 a janeiro de 2019, constituindo dois anos avaliados (2017/2018 e 2018/2019). O clima na região é do tipo Cfa (subtropical úmido, com verão quente) conforme classificação de Köppen. As temperaturas mínima e máxima variam, em média, entre 8,5°C (julho) a 30,2°C (janeiro), respectivamente. Média anual de precipitação é, aproximadamente, 1450 mm. A irrigação foi utilizada após 10 dias sem chuva, irrigando-se até o solo atingir sua saturação. As médias das temperaturas, mínima e máxima, a média da precipitação e a média da irrigação, durante a condução do estudo, são apresentadas na Figura 1.

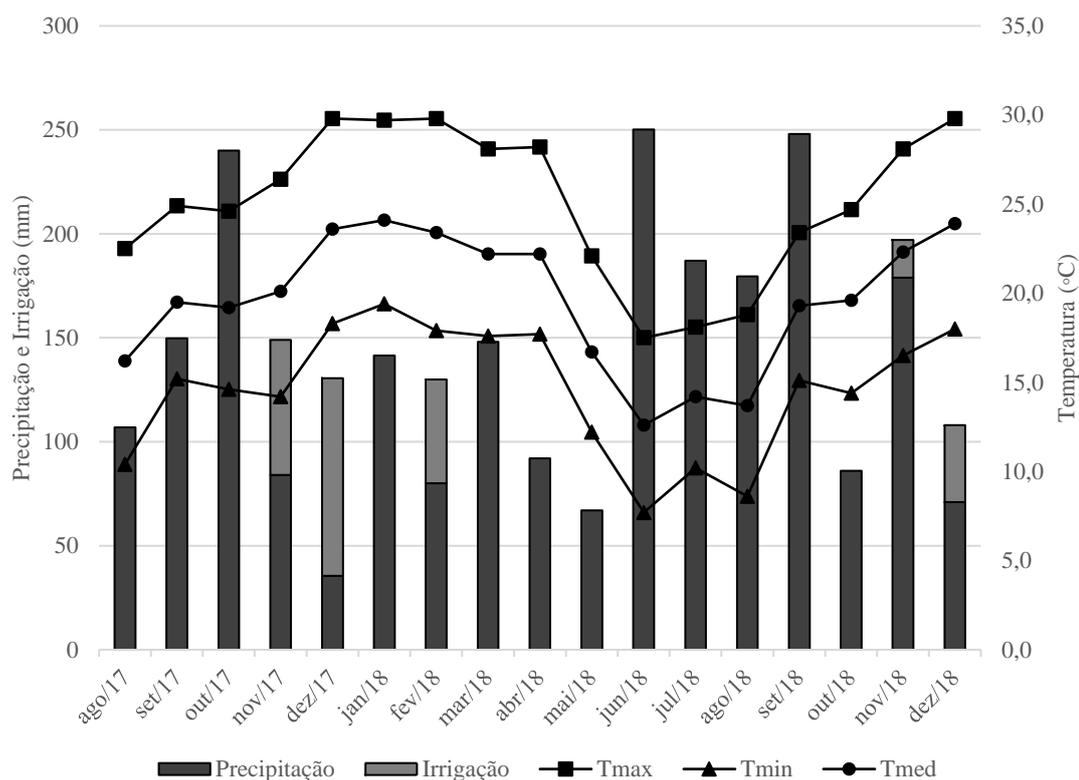


Figura 1: Temperatura máxima, temperatura mínima e temperatura média, precipitação e irrigação durante o período de condução do experimento (agosto/2017 até dezembro/2018).

O solo é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico. A análise química do solo foi realizada antes da implantação e durante os quatro anos de avaliação do experimento (Tabela 1). A coleta foi realizada nas profundidades do solo de 0-20 em todos os tratamentos e enviada ao Laboratório de Análises de Solo da UFRGS. Para este estudo, as safras 2017/18 e 2018/19 são primeiro e segundo ano de avaliação, respectivamente.

Tabela 1: Características químicas do solo antes e durante a condução do experimento.

Ano	Argila	pH (H ₂ O)	MO	P	K	H+Al	Al	Ca	Mg	CTC	Sat. Base	Sat. Al
	g.kg		g.kg	mg.dm-3			cmolc.dm-3					
*	220	5,5	15	8,9	105	2,5	0,0	2,4	1,0	6,2	60	0,0
1	260	5,3	14	15	72	2,8	0,1	2,8	1,1	6,8	59	2,4
2	190	5,2	17	15	108	3,9	0,2	3,9	1,8	7,5	48	5,3
3	250	5,1	13	13	125	3,9	0,0	2,1	0,9	7,2	46	0,0
4	220	5,7	16	17	111	2,5	0,0	2,9	1,3	7,0	64	0,0

*Análise de solo na implementação do experimento (2014); ¹Análise de solo durante o primeiro ano de experimento (2015/16); ²Análise de solo durante o segundo ano do experimento (2016/17); ³Análise de solo durante o terceiro ano de experimento (2017/18); ⁴Análise de solo durante o quarto ano do experimento (2018/19).

O experimento consiste em 108 parcelas arranjadas em parcelas subdivididas, em blocos casualizados, com três repetições. Os tratamentos foram 5 doses de N (0, 60, 120, 240 e 480 kg.ha⁻¹ de N) e um consórcio com leguminosas (sem aplicação de N) como parcela principal e seis genótipos, como

subparcelas. Para o consórcio gramínea-leguminosa, foram utilizadas duas espécies de leguminosas: trevo branco (*Trifolium repens* L.) cv. BRSURS Entrevero e cornichão (*Lotus corniculatus* L.) cv. URSBRS Posteiro, semeadas com 8 e 20 kg.ha⁻¹ de sementes, respectivamente, em 10/05/2017 e 03/05/2018.

O germoplasma avaliado inclui quatro híbridos interespecíficos apomíticos de *Paspalum* resultantes dos cruzamentos entre *P. plicatulum* 4c-4x e *P. guenoarum* ecótipo “Azulão” (“10-20133”, “10-2069”) e *P. plicatulum* 4c-4x e *P. guenoarum* ecótipo Baio (“10-3084” e “10-3061”). Como testemunhas, foram utilizados o ecótipo de *Paspalum guenoarum* “Azulão” e a cv. Aruana (*Megathyrsus maximus*). O experimento foi implantado no arranjo de seis fileiras (10 mudas/fileira) distantes 20 cm, ficando cada parcela com o tamanho de 2.4m² e avaliado por dois anos (2015/2016 e 2016/2017).

Em julho de 2017, as parcelas foram fertilizadas com 170 kg.ha⁻¹ de fósforo (P₂O₅) e 180 kg.ha⁻¹ de potássio (K₂O). As doses de N (como sulfato de amônio) foram aplicadas durante a primavera e o verão, divididas em quatro aplicações por ano. A adubação e calagem foram realizadas de acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (CQFS, 2016).

Os cortes foram realizados quando as parcelas, de cada nível de fertilização nitrogenada, atingiam de 30 a 35 cm de altura, o equivalente a 95% de interceptação luminosa, mantendo um resíduo de 15 cm do solo. A biomassa foi avaliada por duas amostras representativas por subparcela, utilizando-se um quadrado de 0,25m².

As amostras de forragem foram separadas manualmente em massa verde de *Paspalum* (planta inteira - lâminas e bainhas foliares, colmos e inflorescências) e de invasoras. Para o tratamento consorciado com leguminosas, eram também separadas a biomassa verde de trevo branco e de cornichão (planta inteira), além dos componentes falados anteriormente. As amostras eram secas a 60°C por 72h, ou até atingirem peso constante, e pesadas. A matéria seca total (MST: gramíneas + leguminosas), matéria seca de *Paspalum* (MSP), matéria seca de invasoras (MSI), matéria seca de trevo (MSTr) e matéria seca de cornichão (MSC) foram calculadas como a soma das colheitas por parcela.

A tolerância ao frio foi visualmente estimada em 19 de junho, 19 de julho e 12 de setembro de 2018, uma semana após às geadas, com temperaturas próximas a 2°C, utilizando uma escala de 1 a 5, onde 1 é o menos tolerante ao frio e 5, o mais tolerante ao frio. As notas de persistência também foram estimadas visualmente, utilizando uma escala de 1 a 5, onde 1 é o menos persistente e 5, o mais persistente.

A análise estatística foi realizada por meio do software estatístico R (R Core Team, 2015). Análise de variância (ANOVA) foi realizada para todas as variáveis para testar a significância dos principais fatores e suas interações: bloco, taxa de N e genótipo. O teste de Tukey foi utilizado para separar as médias dos tratamentos com $P < 0,05$, utilizando o pacote *lsmeans* do R.

2.3 Resultados

Matéria Seca Total

Foi observado efeito significativo ($P < 0.001$) de ano na produção de matéria seca total e interação significativa ($P < 0.001$) entre genótipo x nível de N no primeiro ano. Em todos os níveis houve variação entre os genótipos (Tabela 2). O híbrido 1020133 (11686 kg.ha⁻¹.ano⁻¹) foi semelhante ao Azulão (11471 kg.ha⁻¹.ano⁻¹) nos níveis até 240 kg.ha⁻¹ de N, seguido do híbrido 102069 (9015 kg.ha⁻¹.ano⁻¹). Nas parcelas do nível 480 kg.ha⁻¹ de N, foi encontrado o fungo *Gauemannomyces graminis* var. *avenae*, identificado pelo laboratório de fitossanidade da faculdade de agronomia da UFRGS, nas parcelas do ecótipo Azulão, causando redução na produção de biomassa; o híbrido 1020133 foi superior a todos os genótipos, os quais não diferiram entre si. No consórcio com as leguminosas, o híbrido 1020133 foi semelhante ao Azulão e à Aruana, e superior aos demais híbridos.

A produção de MST no consórcio com leguminosas é semelhante à produção nos níveis 120 e 240 kg.ha⁻¹ de N para o ecótipo Azulão e os híbridos 1020133, 103084. Para o híbrido 103061, a produção no consórcio com leguminosa ficou ente os níveis 0 e 60 kg.ha⁻¹ de N. Já o híbrido 103061 produziu menos que o nível 0 e isto pode estar atribuído à sua baixa estatura e sua baixa capacidade de competição. Para a Aruana, a semelhança deu-se entre 240 e 480 kg.ha⁻¹ de N.

No primeiro ano (tabela 2), as gramíneas obtiveram as maiores produções de MST em 480 kg.ha⁻¹ de N não diferindo do nível de 240 kg.ha⁻¹ de N. Para o híbrido 103061 e o ecótipo Azulão, o nível de 120 kg.ha⁻¹ de N obteve produção semelhante a 480 kg.ha⁻¹ de N. A produção de MST no consórcio com leguminosas diferiu para cada genótipo quando comparada aos níveis de N. Para o híbrido 103061, a produção de MST no consórcio foi semelhante aos níveis 0 e 60 kg.ha⁻¹ de N. Para os híbridos 102069 e 103084, foi semelhante aos níveis 0, 60 e 120 kg.ha⁻¹ de N. Para o híbrido 1020133, foi semelhante aos níveis 60 e 120 kg.ha⁻¹ de N. Para o ecótipo Azulão e para a cv. Aruana, a produção no consórcio com leguminosa foi semelhante aos níveis 120, 240 e 480 kg.ha⁻¹ de N.

Tabela 2: Efeito da interação Genótipo*Nível de nitrogênio na produção matéria seca total de quatro híbridos interespecíficos de *Paspalum guenoarum*, ecótipo Azulão (*P. guenoarum*) e *M. maximus* cv. Aruana no primeiro ano (2017/18), Eldorado do Sul-RS.

Genótipos ²	Tratamento ¹					
	0	60	120	240	480	leg
Azulão	6375Ab	7711Ab	9076Aab	11471ABa	11343Ba	11393Aa
1020133	5388ABd	6865ABcd	8777ABbc	11686Aab	13969Aa	9871ABbc
103084	4764ABc	5607ABCbc	6424BCbc	7972Cab	10877Ba	7619BCbc
102069	4342ABc	6052ABCbc	69261ABCbc	9015BCab	10792Ba	5857Cc
103061	3412Bbc	4038Cbc	5963Cab	7841Ca	9009Ba	2819Dc
Aruana	3109Bc	4947BCc	5946BCc	8345Cab	11255Ba	8713Bab

*Letras maiúsculas diferem em coluna e letras minúsculas, em linha. Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna ou na linha não diferem de acordo com o *Lsmeans* a 5% de probabilidade. ¹Tratamento com níveis em kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de N. ²Produção de MST em kg.ha⁻¹.ano⁻¹.

No segundo ano, houve efeito significativo de genótipos ($P < 0.001$), conforme tabela 3. O híbrido 1020133 obteve maior produção de biomassa, semelhante ao híbrido 103084 e do ecótipo Azulão, sendo superior à cv. Aruana. Quando avaliada a massa forragem total (*Paspalum* + leguminosas), o híbrido 1020133 continua sendo superior aos demais híbridos e semelhante ao ecótipo Azulão e ao híbrido 103084.

Houve efeito significativo de nível de N ($P < 0.01$) para a produção de MST de *Paspalum* (Tabela 4). O nível 480 kg.ha⁻¹ de N, obteve maior produção de MST que o nível 60 kg.ha⁻¹ de N e o consórcio com leguminosas, porém não diferiu dos níveis 0, 120 e 240 kg.ha⁻¹ de N. O nível 60 kg.ha⁻¹ de N foi semelhante ao consórcio com leguminosas.

Tabela 3: Produção de Matéria Seca Total de *Paspalum* e de forragem (Gramíneas + leguminosas) para a safra 2018/2019 (Ano 2).

Matéria Seca Total (kg.ha ⁻¹)		
Genótipo	Gramínea	Forragem
1020133	2911a	2983a
Azulão	2799ab	2928a
103084	2326abc	2439ab
102069	2194bc	2237b
Aruana	2193bc	2288b
103061	1735c	1861b

*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem de acordo com o *Lsmeans* a 5% de probabilidade. Produção de MST em kg.ha⁻¹ano⁻¹.

Tabela 4: Produção de Matéria Seca Total de Gramíneas por nível de N (kg.ha⁻¹) e consórcio com leguminosa para a safra 2018/2019 (Ano 2).

Níveis de N (kg.ha ⁻¹)	Matéria Seca Total
	Gramínea
0	2295ab
60	1870b
120	2721ab
240	2291ab
480	3544a
Leguminosa	1439b

*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem de acordo com o *Lsmeans* a 5% de probabilidade. Produção de MST em kg.ha⁻¹ano⁻¹.

Foram correlacionadas (tabela 5) nove variáveis (MST, MSTr, MSC, Forragem, Leguminosas, % leguminosas, % gramínea, altura e rebrote) e observou-se que estas diferem quanto ao grau de influência direta na produção de forragem (*Paspalum* + leguminosas) e na produção de *Paspalum*. A produção de cornichão e o rebrote obtiveram coeficientes positivos, porém baixos e não significativos para a produção de *Paspalum*. Porém, a produção de forragem (*Paspalum* + leguminosas) foi altamente significativa, positiva e com alto valor para a produção de *Paspalum*.

A leguminosa e o percentual de leguminosa (% leguminosa) foram altamente significativas, com valor alto e positivas para a presença de trevo e de leguminosas. Já o percentual de *Paspalum* em relação ao trevo foi altamente significativa, de valor alto, porém negativa; resultado igual para a correlação com a massa de leguminosas e, com valor mais elevado, para o percentual de leguminosas.

Tabela 5: Coeficientes de correlação simples de Pearson entre os caracteres de matéria seca total de gramíneas (MST), matéria seca total de trevo (MSTr), matéria seca total de cornichão (MSTC), produção de forragem (Paspalum + leguminosas), matéria seca de leguminosas (trevo + cornichão), % de leguminosas na produção de MST, % de gramínea na produção de MST, altura e capacidade de rebrote.

Variável	MST	MSTr	MSTC	Forragem	Leg.	% Leg.	% gram.	Alt.	Rebrote
<i>MSTP</i>									
MSTr	-0.25*								
MSTc	-0,16	0.68***							
Forragem	0.97***	-0,02	0,02						
Leg.	-0.24*	0.99***	0.77***	-0,02					
%leg.	-0.28**	0.97***	0.72***	-0,06	0.97***				
% Pasp.	0.45***	-0.89***	-0.62***	0.26**	-0.89***	-0.92***			
Alt.	0.38***	-0.46***	-0.43***	0.28**	-0.48***	-0.46***	0.53***		
Rebrote	0,13	-0.35***	-0.28**	0,05	-0.35***	-0.36***	0.42***	0.41***	
Frio	0.47***	-0,14	-0,03	0.46***	-0,13	-0.22*	0.31***	0,09	0,15

***Significativo a $P < 0,001$. **Significativo $P < 0,01$. *Significativo a $P < 0,1$.

Massa Seca de leguminosas na Matéria Seca Total (*Paspalum* + leguminosas)

Houve efeito significativo de genótipos ($P < 0.001$) para a produção de massa seca de leguminosas no ano 1 (Tabela 6).

Tabela 6: Produção de matéria seca total das leguminosas, trevo e cornichão ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$); soma das leguminosas ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e o percentual de leguminosas nos dois anos de avaliação (2017/2018 e 2018/2019).

Genótipos	Trevo		Cornichão		T+C		% leguminosas	
	Anos							
	1	2	1	2	1	2	1	2
103061	2724a	545	252ab	203	2977a	750	46a	32
103084	1890a	528	344ab	151	2234ab	650	22ab	23
102069	950b	165	464a	87	1414bc	253	19ab	13
1020133	364bc	363	193ab	67	558cd	430	5b	15
Azulão	150bc	574	33b	199	183d	773	1b	29
Aruana	0,13c	472	2b	95	2d	568	0,03b	24

1 - Primeiro ano de avaliação (2017/2018). 2 – Segundo ano de avaliação (2018/2019). Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem de acordo com o Lsmeans a 1% de probabilidade. Produção de MST em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$.

No primeiro ano, a maior produção de biomassa de leguminosas foi encontrada na parcela com o híbrido 103061, seguido do híbrido 103084, diferindo-se dos híbridos 102069 e 1020133, seguidos do ecótipo Azulão e da cv. Aruana, a qual obteve a menor produção de leguminosas (tabela 7). No segundo ano, não houve diferença estatística entre os genótipos. A produção de trevo branco, dentro de cada genótipo, teve comportamento igual a soma das leguminosas, em ambos os anos, visto que a sua produção de biomassa é superior ao do cornichão.

A biomassa de cornichão manteve comportamento semelhante, porém a maior produção foi encontrada no híbrido 102069, seguido dos demais híbridos 103084, 103061, 1020133, diferindo-se do ecótipo Azulão e da cv. Aruana.

Tolerância ao Frio

Houve efeito genotípico significativo ($P < 0,001$) na tolerância ao frio. As notas visuais estimadas variaram (figura 2) entre 2.98 para o híbrido 103061 a 3.94 para o híbrido 1020133. Não houve diferença entre os híbridos 1020133, 103084 102069 e o ecótipo Azulão. Já a cv. Aruana e o híbrido 103061, mostraram-se menos tolerantes ao frio, não diferindo entre si.

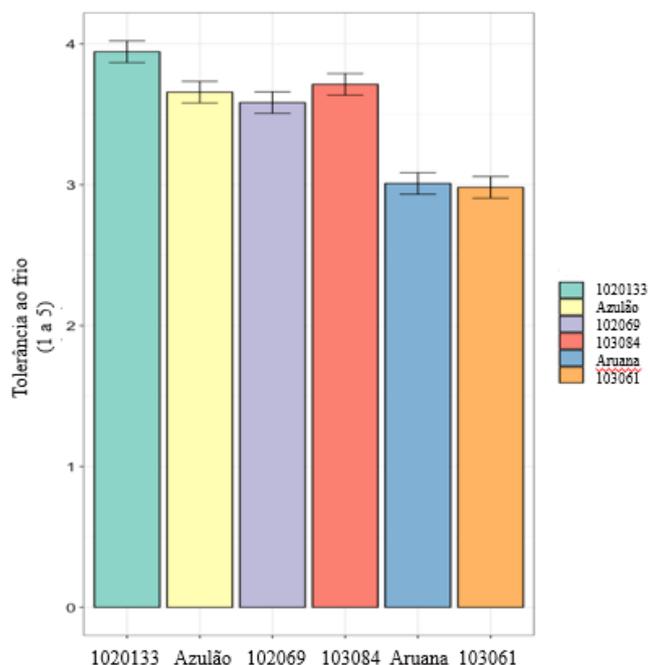


Figura 2: Tolerância ao frio de quatro híbridos interespecíficos de *Paspalum*, *P. guenoarum* ecótipo Azulão e *M. maximus* cv. Aruana.

Persistência

Houve efeito significativo ($P < 0.05$) de tratamento para as notas de persistência. As notas visuais estimadas variaram de 3.9 (leguminosa) a 4.9 (nível 60 kg.ha⁻¹ de N). O maior índice de persistência se deu no nível 60 kg.ha⁻¹ de N quando comparado com o consórcio gramínea-leguminosa, não diferindo dos demais níveis. Os genótipos não diferiram entre si.

Tabela 7: Notas de persistência em resposta aos níveis de N ou em consórcio com leguminosas após um ano completo de avaliação (2017/2018).

Níveis de N (kg.ha ⁻¹)	Nota de Persistência
0	3,9ab
60	4,9a
120	4,0ab
240	4,4ab
480	4,3a
Leguminosa	3,7b

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem de acordo com o *Lsmeans* a 1% de probabilidade. Produção de MST em kg.ha⁻¹ano⁻¹.

2.4 Discussão

A maioria das espécies do gênero *Paspalum* são tetraploides e apomíticas, impossibilitando o cruzamento em natureza. A existência de plantas diploides sexuais, e sua indução em tetraploides sexuais (Sartor et al., 2009), tornou possível, para os programas de melhoramento genético de plantas, obter variabilidade genética através da hibridação interespecífica (Aguilera et al., 2011; Novo et al., 2017). O uso da planta sexual de *P. plicatulum* 4c-4x tetraploidizada artificialmente como genitor feminino nos cruzamentos com ecótipos nativos apomíticos, gera variabilidade genética evidenciada nos caracteres avaliados, desde a progênie F1 (Pereira, 2013). Neste estudo, a produção de biomassa, a tolerância ao frio, a persistência e o percentual de leguminosas no consórcio gramínea-leguminosa foram determinados para quatro híbridos interespecíficos de *Paspalum*, Azulão e Aruana como testemunha, submetidos a cinco doses de fertilização nitrogenada e um consórcio gramínea-leguminosa composta por trevo branco e cornichão. Foi observada a interação significativa entre os genótipos e as doses de N para os caracteres observados. Os caracteres avaliados (altura, rebrote, tolerância ao frio) foram significativos para a correlação com produção de MST de *Paspalum* e consórcio com leguminosas, porém, de baixo valor na correlação de Person.

Produção de Matéria Seca Total

Houve variação de produção de MST entre os genótipos dentro de cada nível de adubação nitrogenada. O híbrido 1020133 se mostrou superior, aos demais híbridos, nos níveis de maiores fertilizações nitrogenadas (240 e 480 kg.ha⁻¹ de N), sendo superior à cv. Aruana a partir de 120 kg.ha⁻¹ de N. No consórcio com leguminosa, obteve produção de MST semelhante ao ecótipo Azulão e superior à cv. Aruana. Este híbrido é resultado do cruzamento entre as

plantas 4c-4x sexual tetraploide e o ecótipo apomítico Azulão, podendo ter proporcionado maior vigor híbrido, que ocorre quando a distância genética entre os genitores é elevada (Paterniani & Campos, 2005), além de ser tolerante ao fungo *Gauemannomyces graminis* var. *avenae*. O Azulão é uma planta nativa que produz elevada biomassa (Pereira et al., 2012; Huber et al., 2016; Steiner et al., 2017), explicando, também, a similaridade na produção de biomassa destes dois materiais e a maneira como respondem à adubação nitrogenada.

A MST inferior da cv. Aruana tem sido reportada na literatura, quando comparada com híbridos de *Panicum maximum* (Cecato et al., 2000; Fernandes et al., 2014) e híbridos interespecíficos de *P. guenoarum* (Motta, 2018). A menor produtividade apresentada pela cv. Aruana pode ser explicada, provavelmente, pela retirada de meristemas apicais quando cortados abaixo de 20 cm (Cecato et al., 2000). Uma possível explicação para o decréscimo da produção de MST da Aruana neste estudo pode estar relacionada à frequência das baixas temperaturas no inverno (Newman et al., 2007) já que o acúmulo de biomassa é limitado pelas condições climáticas, como temperatura e radiação (Zanini et al., 2012). Outros estudos demonstram o incremento de produção forrageira em *P. guenoarum*, *P. notatum* (Townsend, 2008), *Brachiaria decumbens* (Fagundes et al., 2005), conforme o aumento da adubação nitrogenada.

O incremento de matéria seca com a aplicação de nitrogênio é um fator esperado em experimentos dessa natureza, uma vez que o nitrogênio é o elemento que causa maiores efeitos nas características fisiológicas e morfológicas da planta (Lavres Jr et al., 2004). Os resultados obtidos mostram que a fertilização nitrogenada forneceu benefícios na produção de MST de todos os híbridos, a qual aumentou conforme as doses de N também aumentaram.

Nas gramíneas forrageiras, o nitrogênio auxilia na obtenção de elevadas taxas de acúmulo de MST ao longo das estações do ano (Fagundes et al., 2005). Desta maneira, o manejo do uso de N tem sido uma prática agrícola muito estudada para intensificar o rendimento das culturas. Porém, o valor dos fertilizantes comerciais estão cada vez mais elevados, aumentando as preocupações sobre o uso de fertilizantes inorgânicos. Com isso, pesquisas estão sendo realizadas para aumentar a produção forrageira sem a utilização de insumos inorgânicos.

Neste estudo, o nível 480 kg.ha⁻¹ produziu mais MST que o consórcio com leguminosa para todos os híbridos, com exceção do ecótipo Azulão e da cv. Aruana que obtiveram produções semelhantes. A produção de MST no consórcio gramínea-leguminosa, no primeiro ano, variou entre 60 e 240 kg.ha⁻¹ de N, resultados semelhantes encontrados por Graminho (2018) ao trabalhar com *P. notatum*. Adjesiwor et al. (2017) reportaram que prado brome (*Bromus commutatus*) consorciado com alfafa (*Medicago sativa*) e cornichão (*Lotus corniculatus*) mostraram produção de MST semelhante à produção de prado brome submetido à doses de 56 e 112 kg.ha⁻¹. Motta (2018) comparou a produção no consórcio gramínea-leguminosa (*P. guenoarum* + trevo branco + cornichão) e obteve produção de MST entre 60 e 120 kg.ha⁻¹ de N.

Estes resultados mostram que o consórcio com leguminosas é uma alternativa viável e sustentável de fixar, de forma biológica, o nitrogênio atmosférico nos sistemas agrícolas (Souto et al., 1984; Lüscher et al., 2014). Diversos benefícios do consórcio gramínea-leguminosa já foram citados,

incluindo a transferência de N das leguminosas para as gramíneas, aumentando a produção de biomassa e o valor nutritivo da pastagem (Lüscher et al., 2014; Cox et al., 2017).

Considerando algumas variáveis avaliadas neste estudo, os sistemas em que foi realizada a fertilização nitrogenada obtiveram alta correlação positiva e significativa com a produção de *Paspalum* (0.97; $P < 0.001$). A superioridade de produção de MST do híbrido 1020133, nos dois anos, comparado aos demais híbridos, indica que este híbrido foi o mais responsivo ao nitrogênio, sendo uma característica individual, uma vez que a variabilidade genética das espécies vegetais normalmente proporciona diferenças na capacidade de absorção dos nutrientes (Oliveira et al., 2008).

Massa Seca de leguminosas na Matéria Seca Total (*Paspalum* + leguminosas)

Houve variação entre os genótipos para a proporção de leguminosas na MST, no primeiro ano, diferindo-se entre os genótipos ($P < 0.001$). No primeiro ano, a proporção de leguminosas variou de 0,03% (Aruana) a 46% para o híbrido 103061. Estes resultados podem estar atribuídos a diferença de capacidade de competição de cada genótipo. No segundo ano, a proporção variou de 13 a 32%, não diferindo entre os genótipos, atribuindo este resultado aos poucos cortes realizados. De acordo com Lüscher et al. (2014), as vantagens apresentadas no consórcio gramínea-leguminosa como incremento da produção de forragem, alto valor nutritivo, incremento de N no sistema através da fixação biológica de N_2 atmosférico e o suporte de N às plantas não fixadoras de N nas pastagens, são mais pronunciadas em pastagens consorciadas entre 30-50% de leguminosas.

No primeiro ano, o trevo branco produziu até dez vezes mais que o cornichão (103061). Os resultados obtidos sugerem que há uma maior competição do trevo branco no consórcio, principalmente quando comparado com o cornichão.

As leguminosas têm uma importante contribuição para a pastagem, substituindo o fertilizante inorgânico por fixação biológica do N atmosférico e aumentando não somente a biomassa disponível como também o valor nutritivo da pastagem (Lüscher et al., 2014). Entretanto, o consórcio gramínea-leguminosa requer maior dedicação ao manejo das espécies escolhidas para compor o sistema que o trabalho de aplicação do fertilizante inorgânico e isto precisa ser levado em consideração na tomada de decisão. Além disso, as leguminosas, normalmente, exigem correção de pH através do calcário, adubação com P e K, e o preço das sementes pode afetar a economia do sistema gramínea-leguminosa (Adjewor et al., 2017).

Foi observada presença de variabilidade ($P < 0.001$) entre os genótipos, no primeiro ano, para a produção de biomassa de leguminosas na MST. A produtividade variou de 2 kg.ha⁻¹ (Aruana) a 2977 kg.ha⁻¹ (103061). Esse resultado pode ser atribuído ao rebrote rápido da Aruana, sombreando as leguminosas, refletindo-se na baixa produção dos componentes – trevo branco e cornichão – na soma dos cortes (Gerdes et al., 2005). O híbrido 103061 apresenta um comportamento prostrado, justificando o melhor desenvolvimento das leguminosas no consórcio. Já o híbrido 1020133 (558 kg.ha⁻¹) e o ecótipo

Azulão (183 kg.ha⁻¹) não diferem da Aruana na produção de massa seca de leguminosas na MST, porque assemelham-se nas estruturas morfológicas (elevada altura de desenvolvimento e folhas mais largas), causando maior sombreamento e maior capacidade de competição às leguminosas. A gramínea explora a leguminosa obtendo vantagem com o N adicionado ao sistema através da leguminosa, enquanto suprime o crescimento das leguminosas através da competição por luz (Phelan et al., 2015). A alta correlação negativa e significativa (-0.89; $P < 0.001$) entre produção de *Paspalum* e leguminosa comprova esta alta competição da gramínea sobre a leguminosa: quando há maior produção de gramínea, menor é a produção das leguminosas.

O trevo branco mostrou produção de forragem superior ao cornichão em todos os genótipos, sugerindo uma alta capacidade de competição em relação ao cornichão e contribuindo mais para o incremento de matéria seca no consórcio, resultados esses também obtidos por Motta (2018). A alta correlação positiva e significativa (0.99; $P < 0.001$) da produção total de leguminosas com a produção de trevo comprova a superioridade deste genótipo ao cornichão.

Tolerância ao Frio

Neste estudo, a tolerância ao frio foi realizada através de uma avaliação dos danos causados nas folhas das plantas após a ocorrência de geada. Genótipos com baixos danos (dossel com folhas verdes) foram classificados como boa tolerância ao frio, enquanto que os genótipos com elevados danos (dossel com folhas senescentes) foram classificados com baixa tolerância ao frio.

Neste experimento, os híbridos 1020133, 102069, 103084 e o ecótipo Azulão não diferiram entre si, obtendo as maiores notas de tolerância ao frio, sugerindo uma adaptação à condição climática da região Sul do Brasil, assemelhando-se aos resultados obtidos por Motta (2018).

Considerando as avaliações de produção em épocas mais frias do ano, nas condições climáticas do estado do Rio Grande do Sul, há estabilidade de forragem de ecótipos de *P. guenoarum* (Azulão e Baio), mesmo apresentando algum dano visual às baixas temperaturas, mostrando que, apesar de serem espécies estivais, com alta produção de biomassa no verão, há uma elevada tolerância ao frio desses ecótipos (Steiner et al., 2017).

Motta et. al. (2016) já haviam relatado elevada tolerância ao frio do ecótipo Azulão em condições subtropicais. A cv. Aruana obteve baixa tolerância ao frio, sendo inferior aos híbridos interespecíficos de *Paspalum*. Os resultados indicam que cruzamentos interespecíficos podem prover vigor híbrido para essa característica, resultando em híbridos superiores comparados aos seus controles para tolerância ao frio (Motta, 2018).

A tolerância ao frio desses genótipos pode ser considerada uma ferramenta essencial no desenvolvimento e seleção desses materiais para as condições de baixas temperaturas.

Persistência

As condições edafoclimáticas são um fator importante na produção e longevidade das pastagens em sistemas pastoris. O conhecimento da interação genótipo x ambiente e da persistência de híbridos interespecíficos do gênero *Paspalum* pode contribuir na identificação de genótipos promissores para o lançamento comercial ou no direcionamento de cruzamentos potenciais na obtenção de genótipos mais estáveis e produtivos (Pereira et al., 2015). Ao tratar-se do terceiro ano de avaliação destes híbridos a campo, percebe-se que com a perenização, os fotoassimilados são mais direcionados à expressão dos caracteres forrageiros, facilitando a visualização das diferenças entre os genótipos mais produtivos (Pereira et al., 2011).

Os níveis 60 e 480 kg.ha⁻¹ de N apresentaram maior índice persistência, assemelhando-se aos níveis 0, 120 e 240 kg.ha⁻¹ de N, diferindo apenas do consórcio gramínea-leguminosa. Possivelmente, o efeito do acúmulo da adubação nitrogenada, ao longo dos anos de avaliação, promoveu condições de crescimento favoráveis, reduzindo a competição entre plantas por nutrientes e aumentando a capacidade de crescimento. Motta (2018) relacionou isto ao desenvolvimento de perfilhos.

Os sistemas de consórcio entre as espécies vegetais que apresentam diferentes arquiteturas de plantas e distintos padrões de crescimento do sistema radicular podem melhorar o aproveitamento de recursos do meio, proporcionando maior acúmulo de biomassa por área em determinado tempo (Costa et al., 2010). O consórcio inclui efeitos de competição por água, luz, espaço e nutrientes entre as espécies, além dos ciclos vegetativos serem normalmente distintos, determinando a persistência e a contribuição em consórcio de gramíneas e leguminosas no sistema forrageiro.

A habilidade da planta em capturar e usar os recursos do ambiente (luz, água, nutrientes) para ocupar e colonizar com sucesso o espaço é um atributo importante na persistência dos materiais (Nie et al., 2004). A identificação de híbridos melhorados de *Paspalum* com maior MST e incorporação de persistência pode ter um impacto positivo significativo em sistemas de produção baseados em pastagens.

2.5 Conclusões

Há variabilidade genética entre os híbridos interespecíficos do gênero *Paspalum* (*Paspalum plicatulum* 4c-4x x *Paspalum guenoarum* Azulão e Baio) em resposta às diferentes doses de nitrogênio e ao consórcio com leguminosa na produção de matéria seca total.

A produção de matéria seca de sistemas com genótipos de *Paspalum guenoarum* consorciados com trevo branco e cornichão é semelhante a sistemas fertilizados com até 240 kg.ha⁻¹ de N, evidenciando a viabilidade do consórcio entre estas espécies, permitindo o equilíbrio da produção de forragem do decorrer do ano de forma mais sustentável.

A produção de matéria seca do híbrido 1020133 e ecótipo nativo Azulão respondem mais a adubação nitrogenada que a cv. Aruana.

A tolerância ao frio do híbrido 1020133 foi semelhante ao ecótipo Azulão e superior à Aruana.

2.6 Referências

- ACUÑA, C. A. et al. Bahiagrass Tetraploid Germplasm: Reproductive and Agronomic Characterization of Segregating Progeny. *Crop Science*, v. 49, n. 2, p. 581, 2009.
- ADJESIWOR, A. T. et al. Grass-Legume Seed Mass Ratios and Nitrogen Rates Affect Forage Accumulation, Nutritive Value, and Profitability. *Crop Science*, v. 57, p. 2852–2864, 2017.
- AGUILERA, P. M. et al. Interspecific tetraploid hybrids between two forage grass species: Sexual *Paspalum plicatulum* and apomictic *P. guenoarum*. *Crop Science*, v. 51, n. 4, p. 1544–1550, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Proteção de Cultivares no Brasil/MAPA. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: MAPA/ACS, 2011. 202 p.
- CECATO, U. et al. Avaliação da Produção e de Algumas Características da Rebrotas de Cultivares e Acessos de *Panicum maximum* Jacq . sob duas Alturas de Corte¹. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 3, p. 660–668, 2000.
- COSTA, K. A. P. et al. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-marandu. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 62, n. 1, p. 192–199, 2010.
- COSTA, N. D. L. et al. Productivity and morphogenesis of *Axonopus aureus* under different nitrogen fertilization rates. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 42, n. 2013, p. 541–548, 2013.
- COX, S. et al. Forage Production of Grass – Legume Binary Mixtures on Intermountain Western USA Irrigated Pastures. *Crop Science Society of America*, v. 57, p. 1742–1753, 2017.
- FAGUNDES, J. L. et al. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 40, n. 4, p. 397–403, 2005.
- FERNANDES, F. D. et al. Forage yield and nutritive value of *Panicum maximum* genotypes in the Brazilian savannah. *Scientia Agricola*, v. 71, n. 1, p. 23–29, 2014.
- GERDES, L. et al. Características do Dossel Forrageiro e Acúmulo de Forragem em Pastagem Irrigada de Capim-Aruana Exclusivo ou Sobre-Semeado com uma Mistura de Espécies Forrageiras de Inverno. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 4, p. 1088–1097, 2005.
- HUBER, K. G. C. et al. Variabilidade agronômica e seleção de progênies F1 de

Paspalum. Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences, v. 11, n. 4, p. 374–380, 2016.

JANK, L.; VALLE, C. B.; RESENDE, R. M. S. Breeding tropical forages. Crop Breeding and Applied Biotechnology S1, p. 27–34, 2011.

JR, J. L. et al. YIELD COMPONENTS AND MORPHOGENESIS OF ARUANA GRASS IN RESPONSE TO NITROGEN SUPPLY. Scientia Agricola, v. 61, n. 6, p. 632–639, 2004.

LEMAIRE, G.; JEUFFROY, M.-H.; GASTAL, F. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage Theory and practices for crop N management. European Journal of Agronomy, v. 28, p. 614–624, 2008.

LÜSCHER, A. et al. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: A review. Grass and Forage Science, v. 69, n. 2, p. 206–228, 2014.

MOTTA, E. A. M. DA et al. Associações entre Caracteres Forrageiros de Espécies do Gênero Paspalum. Revista de la Facultad de Agronomía UNPLPam, v. 22, n. 2, p. 53–55, 2013.

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

MOTTA, E. A. M. DA et al. Valor forrageiro de híbridos interespecíficos superiores de Paspalum¹. Revista Ciência Agronômica, v. 48, n. 1, p. 191–198, 2017.

MOTTA, E. A. M. DA. Agronomic Performance in Paspalum Interspecific Hybrids Subjected to Nitrogen Application Rates or in Mixture with Temperate Legumes. Porto Alegre-RS: [s.n.].

NEWMAN, Y. C.; SOLLENBERGER, L. E. Grazing management and nitrogen fertilization effects on vaseygrass persistence in limpoglass pastures. Crop Science, v. 45, p. 2038–2043, 2005.

NIE, Z. N. et al. Effects os pasture species mixture, management, and environment on the productivity and persistence of dairy pastures in south-west Victoria. 2. Plant population density and persistence. Australian Journal of Agricultural Research, v. 55, p. 637–643, 2004.

NOVO, P. E. et al. Interspecific hybrids between paspalum plicatum and P. Oteroi: A key tool for forage breeding. Scientia Agr, v. 73, n. 4, p. 356–362, 2016. NOVO, P. E. et al. Hybridization and heterosis in the Plicatula group of Paspalum. Euphytica, v. 213, n. 8, 2017.

NOVO, P. E. et al. Hybridization and heterosis in the Plicatula group of Paspalum. Euphytica, v. 213, n. 8, p. 198–213, 2017.

OLIVEIRA, R. C. DE; VALLS, J. F. M. Novos sinônimos e ocorrências em *Paspalum* L. (Poaceae). *Hoehnea*, v. 35, n. 2, p. 289–295, 2008.

ONU United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017). *World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables*. Working Paper No. ESA/P/WP/248.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento do Milho. In: Borén, A. *Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa: UFV, 2005. p.491-533.

PEREIRA, E. A. et al. Variabilidade genética de caracteres forrageiros em *Paspalum*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n. 10, p. 1533–1540, 2012.

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

PHELAN, P. et al. Forage Legumes for Grazing and Conserving in Ruminant Production Systems. *Critical Reviews in Plant Sciences*, v. 34, n. 1–3, p. 281–326, 2015.

PONTES, L. S. et al. Grass and Forage Science Effects of nitrogen fertilization and cutting intensity on the agronomic performance of warm-season grasses. n. April, p. 1–13, 2016.

SARTOR, M. E.; QUARIN, C. L.; ESPINOZA, F. Mode of reproduction of colchicine-induced *paspalum plicatulum* tetraploids. *Crop Science*, v. 49, n. 4, p. 1270–1276, 2009.

SOUTO, S. M.; DÖBEREINER, J. Metodologia para Medição da Fixação de N₂ em Raízes de Gramíneas Forrageiras Tropicais¹. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 19, n. 5, p. 553–565, 1984.

STEINER, M. G. et al. Forage potential of native ecotypes of *Paspalum notatum* and *P. guenoarum*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 89, n. 3, p. 1753–1760, 2017.

TOWNSEND, C. R. Características produtivas de gramíneas nativas do gênero *Paspalum*, em resposta à disponibilidade de nitrogênio. [s.l: s.n.].

ZANINI, G. D.; SANTOS, G. T.; SBRISSIA, A. F. Revista Brasileira de Zootecnia Frequencies and intensities of defoliation in Aruana Guineagrass swards: accumulation and morphological composition of forage 1. p. 905–913, 2012.

CAPÍTULO III

3.1 Considerações Finais

Os resultados encontrados nesta dissertação mostram a existência de variabilidade entre os genótipos para a produção de matéria seca total quando fertilizados sob diferentes doses de N, demonstrando que a fertilização nitrogenada auxilia na expressão do potencial forrageiro. Assim como, a fertilização nitrogenada é necessária para otimizar e manter a produção de biomassa, tolerância ao frio e persistência dos genótipos.

Foi comprovado que o consórcio gramínea-leguminosa tem produção de biomassa semelhante aos níveis de 60 a 240 kg.ha⁻¹ de N. Com isto, o consórcio pode ser uma alternativa para substituir a fertilização nitrogenada, porque as leguminosas podem contribuir para melhorar a eficiência da conversão da forragem em proteína animal e, especialmente, substituir o N inorgânico através da fixação simbiótica de N₂ atmosférico.

Como comprovado por outros autores, a técnica artificial de hibridização utilizada em espécies nativas, pode fornecer novos recursos genéticos para os sistemas de produção agropecuários. Os híbridos oriundos dos cruzamentos apresentaram resposta positiva para a produção de biomassa, tolerância ao frio, quando submetidos a doses de N e ao consórcio com leguminosas. O híbrido 1020133 apresentou a melhor produção de matéria seca total, em ambos os anos, sendo superior à Aruana em todos os níveis de adubação. Portanto, o híbrido 1020133 é indicado para novas etapas dentro do programa de melhoramento, como avaliação da raiz, produção de sementes e desempenho animal.

Sugere-se o estudo das características físicas do solo porque as leguminosas apresentam raízes de formato diferentes das gramíneas, visto que são quatro anos de avaliação do experimento que recebeu altas doses de N. Para que o sistema do consórcio seja lucrativo para o sistema pecuário, o preço do estabelecimento anual de leguminosas deve ser inferior ao preço do fertilizante nitrogenado. Além disso, mais pesquisas são necessárias para identificar espécies leguminosas que possam ser mais promissoras para um consórcio com *Paspalum*, sob outras condições edafoclimáticas.

4. REFERÊNCIAS

- ADAMOWSKI, E. D. V. *et al.* Chromosome numbers and meiotic behavior of some *Paspalum* accessions. **Genetics and Molecular Biology**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 773–780, 2005.
- AMES, J. P. *et al.* Dry matter production, chemical composition, dry matter digestibility and occurrence of fungi in Bermuda grass hay (*Cynodon dactylon*) under different fertilization systems or associated with pea plantings in winter. **Ciencia e Investigación Agraria**, Santiago, Chile, v. 41, n. 2, p. 163–174, 2014.
- AROEIRA, L. J. M. *et al.* Disponibilidade, composição bromatológica e consumo de matéria seca em pastagem consorciada de *Brachiaria decumbens* com *Stylosanthes guianensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 413–418, 2005.
- BARCELLOS, A. O. *et al.* Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, p. 51–67, 2008. Número especial.
- BATISTA, L. A. R.; GODOY, R. Capacidade de produção de sementes em acessos do gênero *Paspalum*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 841–847, 1998.
- BIERMACHER, J. T. *et al.* Expected economic potential of substituting legumes for nitrogen in bermudagrass pastures. **Crop Science**, Madison, v. 52, p. 1923–1930, 2012.
- BRAZ, S. P. *et al.* Aspectos quantitativos do processo de reciclagem de nutrientes pelas fezes de bovinos sob pastejo em pastagem de *Brachiaria decumbens* na zona da mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 858–865, 2002.
- BUTLER, T. J.; MUIR, J. P. Perspective on forage legume systems for the tallgrass and mixed-grass prairies of the southern great plains of Texas and Oklahoma. **Crop Science**, Madison, v. 52, n. 5, p. 1971–1979, 2012.
- CAMPILLO, R. *et al.* Strategies to optimise biological nitrogen fixation in legume/grass pastures in the southern region of Chile. **Plant and Soil**, The Hague, v. 273, n. 1/2, p. 57–67, 2005.
- CARVALHO, P. C. F. *et al.* Forrageiras de clima temperado. *In*: FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. (ed.). **Plantas forrageiras**. Viçosa, MG: Ed UFV, 2010. cap. 15, p. 494–537.

COSTA, A. R. *et al.* **Uso do nitrogênio na agricultura e suas implicações na emissão do gás de efeito estufa óxido nitroso (N₂O)**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. (Documentos, 249).

CUNHA, M. V. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade da produção de forragem por meio de diferentes metodologias na seleção de clones de *Pennisetum* spp. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 4, p. 681–686, 2013.

DALL'AGNOL, M.; SCHEFFER-BASSO, S. Utilização de recursos genéticos de leguminosas para ruminantes. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais [...]**. Campo Grande: SBZ, 2004. p. 115–128.

ENRIQUEZ-HIDALGO, D.; GILLIAND, T. J.; HENNESSY, D. Herbage and nitrogen yields, fixation and transfer by white clover to companion grasses in grazed swards under different rates of nitrogen fertilization. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 71, n. 4, p. 559–574, 2015.

ESPINOZA, F. *et al.* The breeding system of three *Paspalum* species with forage potential. **Tropical Grasslands**, Cali, v. 35, n. 4, p. 211–217, 2001.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 88, p. 97–185, 2005.

FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Climate change and food security: risks and responses**. Rome: FAO, 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i5188e.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2019.

FERNANDES, G. *et al.* Impacto da fertilização nitrogenada em pastagens perenes na contaminação dos recursos naturais. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, Frederico Westphalen, v. 1, n. 1, p. 3–14, 2017.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S. (org.). **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 544.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, n. 370, p. 789–799, 2002.

HEINRICHS, R. *et al.* Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 331–340, 2001.

HIREL, B. *et al.* Improving nitrogen use efficiency in crops for sustainable agriculture. **Sustainability**, Basel, v. 3, n. 9, p. 1452–1485, 2011.

KRYCKI, K. C.; SIMIONI, C.; DALL'AGNOL, M. Cytoembryological evaluation, meiotic behavior and pollen viability of *Paspalum notatum* tetraploidized plants. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 16, n. 4, p. 282–288, 2016.

LADHA, J. K. *et al.* Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: retrospects and prospects. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 87, p. 85–156, 2005.

LUGÃO, S. M. B. *et al.* Acúmulo de forragem e eficiência de utilização do nitrogênio em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. (Acesso BRA-006998) adubadas com nitrogênio. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 371–379, 2003.

MARTINELLI, L. A. Os caminhos do nitrogênio – do fertilizante ao poluente. **Informações Agronômicas**, Belo Horizonte, n. 118, p. 6–10, 2007.

MENDES, F. F. *et al.* Adaptability and stability of maize varieties using mixed model methodology. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 12, n. 2, p. 111–117, 2012.

MUIR, J. P.; PITMAN, W. D.; FOSTER, J. L. Sustainable, low-input, warm-season, grass-legume grassland mixtures: mission (nearly) impossible? **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 66, n. 3, p. 301–315, 2011.

NABINGER, C.; DALL'AGNOL, M. Principais gramíneas nativas do RS: Características gerais, distribuição e potencial forrageiro *In*: SIMPÓSIO DE FORRAGEIRAS E PRODUÇÃO ANIMAL, 3., 2008, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: UFRGS, 2008. p. 7-54.

NICOLOSO, R. S.; LANZANOVA, M. E.; LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1799–1805, 2006.

OLIVO, C. J. *et al.* Forage systems mixed with forage legumes grazed by lactating cows. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 39, n. 1, p. 19–26, 2017.

ORTIZ, J. P. A. *et al.* Harnessing apomictic reproduction in grasses: what we have learned from *Paspalum*. **Annals of Botany**, London, v. 112, n. 5, p. 767–787, 2013.

PAIM, N. R.; RIBOLDI, J. Duas novas cultivares de trevo-branco comparadas com outras disponíveis no Rio Grande do Sul, em associação com gramíneas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 43–53, 1994.

PARIS, W. *et al.* Produção e qualidade de massa de forragem nos estratos da cultivar coastcross-1 consorciada *Arachis pintoi* com e sem adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 135–143, 2008.

QUARIN, C. L. The nature of apomixis and its origin in panicoid grasses. **Apomixis Newsletter**, Montpellier, v. 5, p. 7–15, May 1992.

QUARIN, C. L.; VALLS, J. F. M.; URBANI, M. H. Cytological and reproductive behaviour of *Paspalum atratum*, a promising forage grass for the tropics. **Tropical Grasslands**, Cali, v. 31, p. 114–116, 1997.

REIS, V. M. *et al.* Fixação biológica de nitrogênio simbiótica e associativa. *In*: FERNANDES, M. S. (ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 153-174.

SAATH, K. C. O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 56, n. 2, p. 195–212, 2018.

SARTOR, M. E. *et al.* Ploidy levels and reproductive behaviour in natural populations of five *Paspalum* species. **Plant Systematics and Evolution**, Wien, v. 293, n. 1/4, p. 31–41, 2011.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; VENDRUSCOLO, M. C.; CECCHETTI, D. Desempenho de leguminosas nativas (*Adesmia*) e exóticas (*Lotus*, *Trifolium*), em função do estágio fenológico no primeiro corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1871–1880, 2005.

SCHNEIDER, R. *et al.* Avaliação agrônômica de progênies de policruzamento de trevo-branco em dois locais do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 9, p. 1879–1885, 2011.

SCHRÖDER, J. J. The position of mineral nitrogen fertilizer in efficient use of nitrogen and land: a review. **Natural Resources**, [S.l.], v. 5, n. 15, p. 936–948, 2014.

SILVEIRA, M. L. *et al.* Bahiagrass response and N loss from selected N fertilizer sources. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 70, n. 1, p. 154–160, 2013.

SLEUGH, B. *et al.* Binary legume-grass mixtures improve forage yield, quality and seasonal distribution. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, n. 1, p. 24–29, 2000.

TEJERA, M. *et al.* Forage biomass, soil cover, stability and competition in

perennial grass – legume pastures with different Paspalum species. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 71, n. 4, p. 575-583, 2016.

TEKELI, A. S.; ATES, E. Yield potential and mineral composition of white clover (*Trifolium repens* L.) - tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb) mixtures. **Central European Agriculture**, Zagreb, v. 6, n. 1, p. 27–34, 2005.

TOWNSEND, C. R. *et al.* Determinação das características morfológicas e estruturais de biótipos de *Paspalum guenoarum* sob níveis de oferta de nitrogênio. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE BREEDING, 3., 2011, Bonito. **Proceedings** [...]. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2011. p. 65–67.

URBANI, M. H. *et al.* Registration of “Boyero UNNE” bahiagrass. **Journal of Plant Registrations**, Madison, v. 11, n. 1, p. 26–32, 2017.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

YOUNG, B. A.; SHERWOOD, R. T.; BASHAW, E. C. Cleared-pistil and thick-sectioning techniques for detecting aposporus apomixis in grasses. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 57, n. 15, p. 1668-1672, 1979.

ZULOAGA, F.O.; MORRONE, O. **Revisión de las especies de Paspalum para América del Sur austral (Argentina, Bolívia, Sur del Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay)**. St. Louis, Missouri: Botanical Garden Press, 2005.

5. Biografia do Autor

Mariângela Gil de Souza, natural de Porto Alegre/RS, Brasil, nascida em 27 de março de 1991, filha de Marilisa Polidori Gil e Nilson Carvalho de Souza.

Iniciou a faculdade no início de 2009, curso de Agronomia, na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – FAEM, da Universidade Federal de Pelotas – UFPel (Pelotas/RS), finalizando em dezembro de 2014.

Ingressou na pós-graduação, nível de mestrado, em abril de 2017 no Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sob orientação do Prof. Dr^o Miguel Dall’Agnol, concluindo em março de 2019.