

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

Tamyris Nunes dos Santos

**Avaliação do desempenho agronômico de alfafa (*Medicago sativa* L.) para
aptidão ao pastejo no sul do Brasil**

Porto Alegre (RS), Brasil, Maio de 2020

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

**Avaliação do desempenho agrônômico de alfafa (*Medicago sativa* L.) para
aptidão ao pastejo no sul do Brasil**

Tamyris Nunes dos Santos
Engenheira Agrônoma/ UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de
Mestre em Zootecnia
Área de concentração Plantas Forrageiras

Porto Alegre (RS), Brasil, Maio de 2020

CIP - Catalogação na Publicação

Nunes dos Santos, Tamyris
Avaliação do desempenho agrônômico de alfafa
(Medicago sativa L.) para aptidão ao pastejo no sul do
Brasil / Tamyris Nunes dos Santos. -- 2020.
58 f.
Orientador: Miguel Dall'Agnol.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, , Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Leguminosas forrageiras . 2. Produção de matéria
seca. 3. Estabilidade. I. Dall'Agnol, Miguel, orient.
II. Título.

Tamyria Nunes dos Santos
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: 14.05.2020
Pela Banca Examinadora

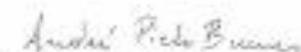
Homologado em: 22/07/2020
Por


MIGUEL DALL'AGNOL
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador


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


Carlos Sinioni
UFRGS


Mariana Buckenbach de Avila
UNIPAMPA


André Fich Bruner
UFRGS


CARLOS ALBERGIO BISSANI
Diretor da Faculdade de Agronomia

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, minha base, que sempre estiveram do meu lado, me apoiando e dando força nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador Miguel Dall' Agnol, por toda atenção, paciência, incentivo e orientação durante os cinco anos em que participei do grupo de melhoramento de plantas forrageiras.

Aos professores Carine Simioni, André Brunet e Roberto Weiler, por toda a atenção e ajuda prestada em todos os momentos em que precisei.

Aos meus antigos e atuais colegas bolsistas de iniciação científica, pela amizade, conversas, churrascos e ajuda nos trabalhos.

Aos meus colegas de profissão Cleber Henrique Lopes e Emerson Pereira, pela ajuda com a parte estatística.

Aos funcionários da Estação Experimental Agrícola, que sempre me ajudaram de bom grado durante esse período.

Ao CNPQ pela concessão da bolsa.

Sem o apoio de todos, este trabalho não teria sido realizado. A eles, meu muito obrigada.

Avaliação do desempenho agrônômico de alfafa (*Medicago sativa* L.) para aptidão ao pastejo no sul do Brasil¹

Autora: Tamyris Nunes dos Santos

Orientador: Miguel Dall'Agnol

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar e identificar algumas características morfológicas e a produção de matéria seca (MS) de plantas de alfafa (*Medicago sativa* L.) selecionadas à aptidão ao pastejo no programa de melhoramento de plantas do DPFA (Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia) da UFRGS e confirmar se as mesmas obtiveram progresso genético em relação a produção forrageira. Foram avaliadas nove populações denominadas: a) Crioula (utilizada como controle), b) São José do Inhacorá (SJI), c) Iara SP, d) E₁C₃, e) E₁C₃ Resistente, f) E₂C₃, g) E₁C₄, h) E₂C₄, i) SJI F₂. O experimento foi realizado em blocos ao acaso com nove tratamentos representados pelas populações de alfafa, com três repetições. As avaliações foram realizadas através de cortes na linha central da parcela, totalizando uma área útil de 1 metro linear, deixando um resíduo de 10 cm. Antes de cada corte, mensurava-se a altura das plantas. Os dados foram analisados estatisticamente utilizando modelos mistos. Os resultados da caracterização morfológica não diferiram para a variável folha/colmo. Quanto ao número de hastes por planta e ao tipo de haste por planta (basilar ou axilar), o genótipo E₁C₃ Resistente destacou-se com a maior produção em relação a cultivar Crioula. O genótipo E₁C₃ obteve o melhor desempenho na distribuição forrageira ao longo das estações do ano, entretanto só conseguiu superar a Crioula na produção de matéria seca total no ano de 2018. O genótipo E₂C₄ foi o menos promissor. Os demais materiais apresentaram valores intermediários, devendo ser investigados em avaliações futuras, com o objetivo de obter cultivares mais adaptadas às condições do Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: leguminosa forrageira; caracterização morfológica; estabilidade; matéria seca.

¹ Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Plantas Forrageiras, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (58 p.) Maio, 2020.

Evaluation of agronomic performance of alfalfa (*Medicago sativa* L.) for grazing aptitude in southern Brazil²

Author: Tamyris Nunes dos Santos

Advisor: Miguel Dall'Agnol

ABSTRACT

The objective of this study was evaluate and identify some morphological characteristics and dry matter production (DM) of selected alfalfa plants for grazing aptitude in the plant improvement program of the DPFA (Department of Forage Plants and Agrometeorology) at UFRGS and confirm whether they have achieved genetic progress in relation to forage production. Nine populations were evaluated: Crioula (used as a control), São José do Inhacorá (SJI), Iara SP, E₁C₃ Resistant, E₁C₃, E₂C₃, E₁C₄, E₂C₄, and SJI F₂. The experiment was carried out in random blocks with nine treatments represented by the alfalfa populations and three replicates. The evaluations were performed through cuts in the central line of the plot, totaling a useful area of 1 linear meter, leaving a residue of 10 cm. Before each cut, the height of the plants was measured. The data were analyzed statistically using mixed models. The results of the morphological characterization did not differ for the leaf/stem variable. Regarding the number of stems per plant and the type of stem per plant (basilar or axillary), the cultivar E₁C₃ resistant showed the highest values in relation to the Crioula (control) cultivar. The E₁C₃ genotype obtained the best performance in the forage distribution throughout the seasons, however it only managed to surpass the Crioula in the production of total dry matter in 2018. The cultivar E₂C₄ was the least promising. The other materials presented intermediate values, and should be investigated in subsequent evaluations with the objective of obtaining cultivars that are more adapted to the conditions of Rio Grande do Sul.

Keywords: forage legumes; morphological characteristics; stability; dry matter.

² Master of Science dissertation in Forrage Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (58 p.) May, 2020.

Relação de tabelas

Tabela 1. Material vegetal utilizado no experimento.	26
Tabela 2. Variação média do número de hastes por m ² em diferentes cultivares de alfafa submetidas a cortes, durante oito meses, em 2019. Estação Experimental Agronômica da UFRGS, Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.	35
Tabela 3. Variação média da relação folha/colmo em diferentes genótipos de alfafa submetidas a cortes em 2019. Estação Experimental Agronômica da UFRGS, Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.	36
Tabela 4. Produção de matéria seca (Kg ha ⁻¹) por corte e total no mês de dezembro de 2017, nos meses de janeiro a dezembro de 2018 e nos meses de janeiro a novembro de 2019. Estação Experimental Agronômica da UFRGS, Eldorado, Rio Grande do Sul, Brasil.	38
Tabela 5. Produção total de matéria seca (Kg ha ⁻¹) de alfafa nos anos de 2017, 2018 e 2019 na Estação Experimental Agronômica (EEA) da UFRGS, Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.	40
Tabela 6. Produção de matéria seca total (Kg ha ha ⁻¹) de alfafa dentro de diferentes estações do ano. Estação Experimental Agronômica (EEA) da UFRGS, Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.	41
Tabela 7. Produção média de populações de alfafa e estimativa dos parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade conforme modelo de Eberhar & Russel. Estação Experimental Agronômica (EEA) da UFRGS, Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.	45

Relação de figuras

FIGURA 1. Precipitação, temperatura máxima, mínima e média na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, no período do experimento. Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.	25
FIGURA 2. Material estabelecido no campo experimental (EEA, Eldorado do Sul, RS) Junho de 2018.	27
FIGURA 3. Datas dos cortes dentro de cada estação. (EEA, Eldorado do Sul, RS. 2017, 2018 e 2019.)	28
FIGURA 4. Realização dos cortes na linha central da parcela.	29
FIGURA 5. Área do experimento após a realização dos cortes (EEA-Eldorado do Sul, RS). Junho de 2018.	29
FIGURA 6. Variação média da altura dos diferentes genótipos de Alfafa nos anos de 2017, 2018 e 2019 na Estação Experimental Agrícola (EEA) da UFRGS. Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. Valores destacados com ** diferem estatisticamente da testemunha pelo teste de Dunnet ($p < 0,01$)..	33
FIGURA 7. Produção de matéria seca (Kg ha^{-1}) de cultivares de alfafa por cortes no período de novembro a dezembro de 2017, janeiro a dezembro de 2018 e janeiro a dezembro de 2019 na Estação Experimental Agrícola (EEA) da UFRGS, Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.	39

Relação de abreviaturas e siglas

cv.	Cultivar
DM	Dry matter
DPFA	Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia
E ₁ C ₃	População selecionada pelo comprimento do 1º entrenó curto, com 3 ciclos de seleção.
E ₁ C ₃ R	População selecionada pelo comprimento do 1º entrenó curto, com 3 ciclos de seleção e que apresenta resistência a doenças foliares.
E ₁ C ₄	População selecionada pelo comprimento do 1º entrenó curto, com 4 ciclos de seleção
E ₂ C ₃	População selecionada pelo comprimento do 2º entrenó curto, com 3 ciclos de seleção.
E ₂ C ₄	População selecionada pelo comprimento do 2º entrenó curto, com 3 ciclos de seleção.
SJI	Cultivar São José do Inhacorá.
F2	Cultivar no segundo ciclo de cruzamentos.
SP	Refere-se a cultivar Iara Super Pastejo.
Ha	Hectare.
MS	Matéria seca.
m ²	Metro quadrado
EEA	Estação Experimental Agronômica da UFRGS
N	Nitrogênio
P ₂ O ₅	Pentóxido de fósforo
K ₂ O	Óxido de potássio
T	Tonelada.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 Alfafa (<i>Medicago sativa</i> L.): Origem, biologia e importância.....	10
2.2 Produtividade e utilização.....	13
2.3 Entraves no desenvolvimento de alfafa no Brasil	15
2.4 Melhoramento genético de alfafa para aptidão ao pastejo	17
2.5 Estabilidade e adaptabilidade.....	20
3. Hipóteses	22
4. Objetivos	23
4.1 Objetivos gerais.....	23
4.2 Objetivos específicos.....	23
5. Material e métodos	24
5.1 Avaliação do desempenho agrônômico de cultivares de alfafa (<i>Medicago sativa</i> L) no campo	24
5.1.1 Local do experimento	24
5.1.2 Clima e solo.....	25
5.1.3 Material vegetal	26
5.1.4 Delineamento experimental, tratamentos e condução do experimento	27
5.1.5 Análise estatística.....	30
5.1.5.1 Modelo estatístico.....	30
6. Resultados e discussões.....	32
6.1 Altura (cm).....	32
6.2 Número de hastes por m ²	34
6.3 Relação folha/colmo	36

6.4 Produção de MS (Kg ha ⁻¹) por corte, total e por estação	37
6.5 Persistência das plantas.....	43
6.6 Estabilidade e adaptabilidade.....	44
7 Considerações finais	46
8. Referencial bibliográfico	47
9. Vita	53

1. INTRODUÇÃO

Trabalhos experimentais em áreas de pesquisa com plantas forrageiras têm recomendado a introdução de leguminosas nos sistemas pastoris por promover benefícios à produção animal em relação a pastagens compostas exclusivamente de gramíneas. Tais benefícios referem-se ao aumento da qualidade e da quantidade da forragem ofertada, resultante não só da participação da leguminosa na dieta do animal, mas também dos efeitos indiretos relacionados com ação biológica de nitrogênio e seu repasse ao ecossistema de pastagem (AVILA et al., 2017).

Dentre as leguminosas forrageiras, a alfafa (*Medicago Sativa* L.) destaca-se pelo seu elevado valor nutritivo, alta produção de biomassa, boa aceitação pelos animais, devido a sua alta palatabilidade e versatilidade de utilização, proporcionando aumento na produtividade dos rebanhos, quando bem manejada. No entanto, a baixa persistência dos materiais quando usados sob pastejo é um dos maiores entraves no aumento da utilização dessa leguminosa em sistemas de produção no Brasil. Além disso, outros fatores como pisoteio, compactação do solo e pastejo seletivo, tende a diminuir o crescimento e a persistência das pastagens de alfafa (ROMERO et al., 1995), levando a uma baixa utilização pelos produtores.

No Brasil, os estudos com objetivo de lançar materiais de alfafa persistentes ao pastejo ainda são incipientes, mas há indicativos de que a alfafa Crioula exibe variabilidade para hábito de crescimento, e que pode ser perceptível ainda em estágio de plântula (PEREZ & DALL'AGNOL, 2009). Nesse sentido, o processo de seleção pode ser acelerado e ter seu custo reduzido.

A produção de matéria seca também é um fator que deve ser considerado, pois está dentre as características agronômicas mais importantes para o melhoramento de forrageiras e tem sido avaliada na maioria dos ensaios comparativos de desempenho de cultivares de alfafa (FERNÁNDES et al., 2017; CAPACHO et al., 2018; HOZAYN et al., 2019; PICASSO et al., 2019).

A produtividade é o resultado final de diversas características, tais como: resistência a pragas e doenças e tolerância a estresses abióticos, podendo ser utilizada como atributo representativo da adaptação e estabilidade dos diferentes materiais genéticos. Este fato torna-se importante por facilitar a avaliação dos ensaios,

reduzindo o custo final dos trabalhos de melhoramento, pelo menor número de características avaliadas.

A Região Sul do Brasil foi a pioneira em desenvolver pesquisas referentes a persistência para aptidão ao pastejo, buscando também adaptar as cultivares às condições edafoclimáticas brasileiras. O Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS (DPFA) promove trabalhos e estudos de melhoramento genético desde a década de 90, com o objetivo de aumentar a produtividade e persistência da alfafa, focando, principalmente na aptidão ao pastejo (ÁVILA et al., 2019).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi identificar e avaliar genótipos de alfafa selecionados anteriormente através do programa de melhoramento genético da UFRGS para aptidão ao pastejo, e verificar se houve incremento na produção forrageira e estabilidade de produção.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Alfafa (*Medicago sativa* L.): Origem, biologia e importância

Considerada como a primeira planta forrageira a ser domesticada (GIAVENO, 1996), a alfafa é uma leguminosa herbácea perene, pertencente ao gênero *Medicago*, a qual compreende várias espécies que apresentam diferentes níveis de ploidia, sendo a espécie *sativa* uma tetraploide com $2n=4x=32$ cromossomos (FRANZEN & BERTI, 2017). Apresenta folhas trifolioladas dispostas de forma alternada no caule da planta, com estípulas delgadas junto aos pecíolos. Os folíolos apresentam forma ovalada ou arredondada, com bordas da parte superior serrilhadas. A planta quando madura, tem altura variando de 60 a 90 cm. Seu sistema radicular apresenta uma raiz pivotante que pode penetrar no solo em profundidades superiores a 9 m e uma coroa posicionada na região superficial do solo. Essa coroa e as raízes são importantes no processo fisiológico de crescimento, já que são os locais de armazenamento de reservas orgânicas, utilizadas na recuperação das plantas após corte ou pastejo (FONSECA & MARTUSCELLO, 2010).

É originária da Ásia Menor e do Sul do Cáucaso (DEL POZO, 1983). Essas regiões são denotadas por manifestar invernos frios e verões quentes e secos, cujos solos são, comumente, bem drenados e próximos à neutralidade, em termos de pH (MICHAUD et al., 1988). Já os primeiros registros da cultura da alfafa no Brasil se deram no Rio Grande do Sul, em meados de 1850, provavelmente introduzidas por imigrantes europeus. Os primeiros relatos de ocorrência dessa cultura no estado se deram nos vales do rio Caí, Taquarí, Jacuí, Uruguai e nas encostas da Serra do Nordeste (SAIBRO, 1985; NEUERNBERG, 1986).

Em nível mundial, estima-se que mais de 30 milhões de hectares são cultivados com alfafa. Os principais produtores nos últimos cinco anos foram Estados Unidos, Argentina, México, Irã e Itália (GUERRERO et al., 2018). A alfafa produzida nos Estados Unidos está voltada para a fenação e é utilizada na alimentação de gado leiteiro ou corte em confinamento. Por outro lado, na Argentina, é utilizada em pastagens consorciadas com gramíneas – principalmente festuca (*Festuca*

arundinacea), para a produção de carne e leite (DALL'AGNOL & SCHEFFER-BASSO, 2000).

No Brasil, apesar da área com alfafa ainda ser considerada baixa, cerca de 40 mil hectares, existe potencial de expansão da área da região sul em direção ao Cerrado (FERREIRA et al., 2015). Os principais estados brasileiros produtores de alfafa são Paraná e Rio Grande do Sul, sendo que, neste último estado, a área cultivada abrange menos de quatro mil hectares, embora esteja presente em 19% dos municípios (MITTELMAN et al., 2008; FREITAS et al., 2009).

Apontada como uma das principais plantas forrageiras cultivadas no mundo, a alfafa possui inúmeras características relevantes, como efetividade na fixação de nitrogênio atmosférico (podendo variar entre 126 e 330 kg/ha⁻¹/ano), elevada qualidade nutricional (proteínas, energia, vitaminas e minerais) e alta produção de biomassa (CONRAD & KLOPFENSTEIN, 1988; BOTREL et al., 2001; FERREIRA 2005; RASSINI et al., 2006). Além disso, apresenta um potencial versátil quanto a sua utilização, desde a indústria farmacêutica e cosmética ao consumo humano.

No que se refere à alimentação animal, destaca-se pelas características de elevada qualidade nutricional, como alimento exclusivo ou complementar para bovinos, caprinos, equídeos, ovelhas, suínos, aves e pequenos animais, sendo disponível na forma de feno, silagem, "pellets" desidratados, forragem verde e pastejo (BARNES & SHEAFFER, 1995). Estas possibilidades permitem ao produtor ajustar a produção de acordo com o tipo de animal e as condições climáticas dominantes (NUERNBERG et al., 1990).

Em relação à fertilidade do solo, a alfafa é extremamente exigente em grandes quantidades de nutrientes para se desenvolver, extraíndo para cada 20t de matéria seca, 400kg de N, 133kg de P₂O₅ e 678kg de K₂O (WERNER et al., 1996). Desbalanços na correção do solo e adubação podem levar à perda de vigor do alfafal, ocasionando infestação de plantas daninhas e redução da longevidade. A planta se adapta melhor a solos profundos, bem drenados, ligeiramente alcalinos e de alta fertilidade (MELTON et al., 1988).

A implantação do sistema intensivo de criação de gado para produção de leite em diversas regiões do Brasil elevou a demanda de alimentos volumosos de alto valor nutritivo para melhor proveito do padrão genético dos animais (VILELA, 1992). Logo,

a alfafa é uma opção para esses sistemas, pois é considerada a recordista em termos de valores nutritivos dentre as forrageiras (PERES NETTO et al., 2011; LOUČKA & TYROLOVÁ, 2001). A forma fenada dessa forrageira é uma das mais recomendadas devido à combinação de características de alta produção de matéria seca com máxima conservação de seu valor nutritivo e maior aproveitamento da forrageira, na época em que seu desenvolvimento é menos intenso (CAMPOS et al., 2004).

Segundo Perez & Dall'Agnol (2009), o melhoramento genético está focado na busca de novos genótipos com aptidão ao pastejo. Tais genótipos podem contribuir para a alimentação de bovinos na produção de carne e leite, visto que a utilização de pastagem é considerada a forma mais econômica e prática. Além de ser utilizada como forrageira, a alfafa é considerada uma cultura promissora para uso como matéria-prima bioenergética (BOUTON, 2007) e pode também servir como fonte atrativa de néctar para abelhas (STUTEVILLE & ERWIN, 1990).

No Brasil, a alfafa Crioula é apontada como a cultivar mais adaptada e mais utilizada dentre os materiais disponíveis. A extinta RENACAL (Rede Nacional de Avaliação de Cultivares de Alfafa), coordenada pela Embrapa Gado de Leite, realizou testes com diversas cultivares de alfafa disponíveis, majoritariamente importadas, e evidenciou que, ainda que existam materiais que apresentavam bons índices relacionados à produtividade, entretanto, os impasses em relação à persistência ainda prosseguiram (BOTREL et al., 1996; 2001; FERREIRA et al., 2004).

A alfafa Crioula se caracteriza por não apresentar queda de folhas durante o seu desenvolvimento, resultando em maior acúmulo de reservas nas raízes e coroa da planta. Além disso, por ser uma planta sem dormência hiberna, com crescimento nesse período, apresenta crescimento ereto, característico de um tipo morfológico para fenação, aptidão para a qual tem sido mais cultivada no Brasil (Perez & Dall'Agnol), bem como persistência das plantas sob pastejo (FAVERO et al., 2008). Além disso, resultados de experimentos conduzidos em múltiplos locais revelaram que a alfafa Crioula, ou materiais derivados dela, estão constantemente entre os materiais de superior desempenho para a produção de forragem (BOTREL et al., 2001; FERREIRA et al., 1999), evidenciando o seu potencial como forrageira.

2.2 Produtividade e utilização

Segundo a literatura, a produção de alfafa no Brasil é acima de 25 t MS/ha/ano (FONTES et al., 1993; FERRAGINE et al., 2004). Diversos trabalhos na região Sudeste do Brasil evidenciaram que essa forrageira pode produzir até 20 t/ha/ano de matéria seca, com teor médio de proteínas de 25% (FONTES et al., 1993; VILELA et al., 1994; BOTREL et al., 1996; RASSINI, 1998; EVANGELISTA et al., 2001; FERREIRA et al., 2004). No Rio Grande do Sul, a produtividade média é mais baixa, em torno de 10 t MS de feno/ha⁻¹/ano, e no Paraná 15 t MS/ha⁻¹/ano com a cultivar Crioula (MITTELNANN et al., 2008). Em Santa Catarina, há relatos de produtividade de 7 t a 10 t MS/ha com a cultivar Crioula (NUERNBERG et al., 1990).

Na Argentina, pastagens de alfafa, consorciadas ou não, constituem a base da alimentação de rebanhos bovinos, na produção de leite e carne (FONTANA et al., 2016; KLOSTER & ZURBRIGGEN, 2019). Entretanto, informações sobre a utilização sob pastejo em regiões tropicais na dieta bovinos de leite e de corte ainda são exíguas. Vilela et al. (1994) mostraram que a alfafa em pastejo proporcionou média de produção diária de 20 litros por vaca, sem comprometer o peso corporal e a eficiência reprodutiva dos animais, em condições tropicais e usando vacas Holandesas com média de produção de 6.000 litros de leite por lactação.

Logo, a alfafa utilizada como parte da dieta poderia contribuir para equilibrar a relação energética e proteica da dieta (RODRIGUES et al., 2008), aumentar a produção de leite por área (JAHN et al., 2000), além de reduzir o risco de timpanismo quando comparado ao risco causado pelo uso exclusivo da alfafa em pastejo (DAVIES & MENDEZ, 2007). Além disso, Vinholis et al. (2008) observaram, mediante simulação, que a alfafa, associada à suplementação concentrada e volumosa, reduziu o custo de produção final em aproximadamente 15%, em comparação a um sistema em confinamento.

Espécies forrageiras leguminosas como a alfafa e os trevos (*Trifolium* spp.) apresentam melhor qualidade nutricional em termos de digestibilidade, teor de proteína bruta, menos teor de fibras e maior palatabilidade (VILELA, 1994). Com a intensificação da produção de leite, visando obter maior produtividade e menores custos, é essencial a suplementação de qualidade nutricional. Portanto, o uso da

alfafa como alternativa alimentar para o rebanho leiteiro vem crescendo consideravelmente no Sudeste do país (FERREIRA et al., 2015).

No ano de 2000, o National Agricultural Statistics Service formalizou uma análise do desempenho da alfafa em relação à produtividade e foi constatado que as cultivares que foram lançadas nos últimos anos, estavam superando as cultivares mais antigas. Esse desempenho também pode ser verificado nas estatísticas de produção nacional. No Brasil, a alfafa, quando bem manejada, possibilita a produção de um material de excelente qualidade com até 11 cortes por ano, o que resulta no mínimo quatro cortes a mais que nos países de clima temperado (MOREIRA, 2007).

Segundo Counce et. al (1984), técnicas de manejo para a utilização da alfafa sob pastejo foram desenvolvidas de modo a adaptá-la às características da planta, historicamente selecionada para a utilização sob cortes. Apesar disso, perdas expressivas ainda ocorrem, por isso a preferência por fenação. Frame et al. (1998) destacaram que o declínio progressivo da produção da alfafa ao longo dos anos pode ser atribuído à competição com invasoras, ataque de pragas e doenças, pastejo intenso e cortes muito frequentes. A falta de conhecimento sobre tais fatores contribui significativamente para a baixa utilização dessa forrageira no Brasil (VILELA et al., 2008).

Os estudos de melhoramento de alfafa no Brasil ainda são escassos quando comparados com outras espécies, e a introdução de materiais do exterior vem sendo a principal estratégia para a disponibilização desse germoplasma aos programas de melhoramento (FERREIRA & PEREIRA, 2005). Segundo Bouton (1999), diversos trabalhos evidenciam que plantas de alfafa para pastejo apresentam características diferentes das plantas tipo feno. Perez & Dall'Agnol (2009) evidenciaram que o comprimento do entrenó e o índice de gemas específicas são descritores funcionais da aptidão ao pastejo em algumas populações crioulas de alfafa, comprovando que existe variabilidade nesse germoplasma.

2.3 Entraves no desenvolvimento de alfafa no Brasil

As maiores dificuldades para a expansão do cultivo da alfafa no Brasil estão associadas à falta de conhecimento sobre seu manejo nas variadas formas de utilização (PAIM, 1994), à baixa fertilidade do solo, bem como à escassez de cultivares adaptadas às diferentes regiões do país (LÉDO et al., 2002). Um dos fatores essenciais para a implantação da alfafa é a calagem. O grande benefício dessa prática está relacionado com a eliminação de formas tóxicas de alumínio e de manganês, suprimento de cálcio e magnésio, incremento na atividade microbiana e, conseqüentemente, maior desenvolvimento das raízes (FONTES, 1994). Assim, a correta adubação assume papel importante, não apenas na fase de estabelecimento, mas também na manutenção e na persistência do estande de alfafa.

No entanto, o elevado custo da aplicação do produto torna-se um dos inconvenientes, uma vez que altos níveis de calcário são requeridos, pois ocorre uma baixa mobilidade para as camadas mais profundas do solo. Isso faz com que haja uma concentração das raízes nas camadas superficiais, tornando as plantas suscetíveis ao déficit hídrico, o que pode reduzir sua produção e persistência (MONTARDO et al., 2000). Para evitar problemas como esses, a pesquisa vem buscando alternativas, como a seleção de plantas mais tolerantes a solos ácidos (ÁVILA et al., 2019).

Outra dificuldade no aumento do número de alfafais no país é a baixa persistência da cultura da alfafa, sendo essa sua maior limitação quando utilizada sob pastejo. Segundo Smith et al. (1989), essa condição da alfafa sob pastejo levou a seleção de plantas sob lotação contínua a ser um método para melhor detectar materiais persistentes por disponibilizar as situações de estresses comuns no campo, ou seja, pisoteio, tração, excreções e desfolhações quase diárias.

Dentre os fatores que contribuem para a baixa persistência de alfafa, destaca-se a pouca atenção dos programas de melhoramento genético à resposta das plantas ao pastejo. O que pode ser considerado uma alternativa importante para o desenvolvimento e estabelecimento dessa cultura (PEREZ & DALL'AGNOL, 2009).

No Brasil, trabalhos têm mostrado que as características morfológicas de plantas de alfafa influenciam para essa aptidão (PEREZ & DALL'AGNOL, 2009;

BRANDOLI, 2009). Hoveland (1992) relatou que as principais causas responsáveis por falhas na utilização de alfafa sob pastejo estão relacionadas à mortalidade das plantas quando em condições de pastejo contínuo intenso, o que promove a eliminação do estande de plantas e favorece o aumento das invasoras.

As plantas invasoras podem reduzir consideravelmente a produtividade da cultura, competindo por água, luz, nutrientes, além de reduzirem a qualidade da forragem e das sementes (PETERS & PETERS, 1992). As espécies de plantas invasoras mais agressivas em alfafa pertencem aos gêneros *Brachiaria*, *Cenchrus*, *Digitaria*, *Commelina*, *Amarranthus* e *Ipomoea* (SILVA et al., 2004).

A dependência da importação de sementes também tem sido uma das barreiras à ampliação do cultivo da cultura no país, devido ao fato desta ser muito exigente em relação às condições edafoclimáticas e de manejo para produção de sementes, além da necessidade de insetos polinizadores eficientes (PEREIRA, 2008).

Pesquisas no Sul do Brasil estão desenvolvendo genótipos para aptidão ao pastejo, como é o caso da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em parceria com a Embrapa Pecuária Sul – Bagé, RS. Perez & Dall’Agnol (2009), trabalhando com diferentes genótipos de alfafa na UFRGS, evidenciaram que a aptidão ao pastejo pode ser relacionada com entrenós de dimensão reduzida. Os autores demonstraram que existe variabilidade fenotípica na fase inicial de desenvolvimento em alfafa, permitindo separar genótipos quanto à aptidão ao pastejo através do comprimento do primeiro entrenó – região situada entre o nó cotiledonar e o nó da primeira folha unifoliolada, possibilitando a detecção precoce de tal aptidão. Tal estudo revelou que plântulas da cv. Crioula exibem variabilidade quanto ao comprimento de nós e entrenós. Essa variabilidade indica a possibilidade de seu uso como indicador de aptidão ao pastejo de alfafa, podendo acelerar e tornar o processo de melhoramento mais eficiente (FAVERO et al., 2008; PEREZ & DALL’AGNOL, 2009).

Favero et al. (2008) selecionaram populações de alfafa persistentes em Passo Fundo, RS, com base nessa característica. Contudo, cabe destacar que algumas áreas como: produção de sementes, controle de plantas daninhas, pragas e doenças, além do manejo nutricional, devem receber atenção das instituições de pesquisas, para assim, viabilizar o cultivo da alfafa em larga escala no Brasil.

2.4 Melhoramento genético de alfafa para aptidão ao pastejo

Os primeiros registros do interesse em introduzir alfafa nas áreas de campo nativo na região nordeste dos EUA datam de 1897 a 1909, quando foram coletadas nas estepes da Sibéria um tipo de alfafa considerada mais adaptada a tal condição. Esses materiais serviram de base para o programa de melhoramento da região de pastagens naturais de clima seco no Canadá, resultando no lançamento da cv. Rambler, em 1955 (HEINRICHS, 1978).

Com relação à persistência da alfafa sob pastejo em elevada e contínua pressão, data-se que o primeiro estudo tenha sido realizado na Austrália, por Kaehne (1978). Nesse estudo pioneiro, foram testadas 50 populações, obtidas pelo cruzamento de diferentes tipos de alfafa e outras espécies do gênero com cultivares de alfafa não dormentes. As plantas foram submetidas à intensa pressão de pastejo contínuo, sendo que a altura de resíduo era mantida a 5 cm. As plantas sobreviventes foram caracterizadas quanto à sobrevivência e produção, onde constatou-se diferenças importantes entre os distintos grupos após 22 meses de avaliação.

Posteriormente, Counce et al. (1984) submeteram 22 cultivares de alfafa a dois tratamentos distintos para avaliar o comportamento da alfafa sob pastejo. Um sob elevada e contínua pressão de pastejo (3-5 cm de resíduo), 100 dias por ano, e outro sob cortes, a 7 cm de resíduo em intervalos de 20 a 30 dias, ambos durante três anos. Não houve diferença significativa na persistência sob cortes. Porém houve diferenças entre as cultivares no tratamento sob pastejo, o que permitiu a seleção de materiais resistentes.

Sobre esse procedimento de avaliação, Brummer & More (2000) assinalam que, sob pressão de pastejo elevada e contínua, as diferenças entre cultivares são acentuadas, refletindo-se na persistência dos diferentes materiais, o que muitas vezes não seria evidenciado em regime rotativo. Os autores recomendam, para alfafa, dois anos de pastejo, como forma de obter uma maior veracidade nos resultados. Entretanto, essa recomendação pode ser questionada em função das condições climáticas do Brasil, visto que elas são relativas a ambientes onde o período de pastejo se restringe a cerca de 100 dias por ano, o que não se verifica em regiões como a

Depressão Central no Rio Grande do Sul, onde a estação de crescimento da alfafa é mais prolongada (PEREZ & DALL'AGNOL 2009).

Com o avanço dos trabalhos de melhoramento genético visando obter cultivares tolerantes ao pastejo, o hábito de crescimento da alfafa foi sendo modificado. A alfafa tipo-feno possui hábito ereto, com elevada produção de forragem. Já as primeiras cultivares tipo pastejo apresentavam hábito decumbente e baixo potencial de produção de forragem (SMITH & BOUTON, 1989; KALLENBACH, et al., 2002).

No entanto, mais tarde, os trabalhos de Bouton et al. (1991), na Geórgia, deram origem a uma cultivar tolerante ao pastejo, a cv. Alfagraze, a qual foi desenvolvida através de uma técnica relativamente nova: a seleção das linhagens parentais usadas no cruzamento para obtenção do novo material foi feita com base na habilidade dessas linhagens sobreviverem a um processo de pastejo intensivo e contínuo. Com isso, essa cultivar revelou-se extremamente persistente sob pastejo, possuindo, ainda, uma boa produtividade de forragem e de sementes (SMITH et al., 1989; SMITH & BOUTON, 1993). Essa cultivar é muito versátil, sendo cultivada para produção de feno, silagem e pastejo.

No Brasil, o Rio Grande do Sul foi pioneiro nas pesquisas que conduziram experimentos com objetivo de identificar cultivares adaptadas (SAIBRO, 1985), e definir práticas de manejo e utilização da alfafa adaptadas as condições edafoclimáticas brasileiras (ZIMMER et al., 1982; FISCHER et al., 1984). No ano de 1995, foi criada a Rede Nacional de Avaliação de Cultivares de Alfafa (RENACAL), que perdurou até 2005, onde foram realizados experimentos em mais de 20 locais das Regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste com o objetivo de avaliar a adaptação de cultivares nacionais e introduzidas de outros países em regiões distintas do país.

Embora o potencial produtivo de algumas cultivares tenham apresentado bons resultados, houve grandes problemas relacionados com a persistência destes materiais, que eram quase sempre superados pela Cultivar Crioula (FERREIRA et al., 2000). Essa cultivar ocupa quase todo o território nacional, bem como os materiais derivados dela (Crioula CRA, Crioula Itapuã, Crioula na Terra, Crioula Nativa, Crioula Ledur, Crioula Roque, Crioula Chile, Crioula UFRGS, entre outras) (PEREIRA, 2008).

A alfafa Crioula tem sido utilizada como material genético para obtenção de cultivares derivadas, em função da sua variabilidade genética e boa aptidão na maioria das condições edafoclimáticas brasileiras. Uma de suas características mais relevantes é a recuperação rápida após os cortes, o que resulta em maior acúmulo de reservas nas raízes e na coroa da planta, ocasionando em um rebrote intenso e vigoroso, com bom rendimento de matéria seca, boa distribuição estacional da produção e grande persistência, aspectos importantes para o melhoramento de plantas (FERREIRA et al., 2016). Programas de melhoramento genético desta população têm sido conduzidos pela Embrapa Gado de Leite e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (FERREIRA & PEREIRA, 1999; DALL'AGNOL et al., 2007).

Pereira et al. (1998) avaliaram o desempenho de sete cultivares de alfafa (Crioula CNPGL, 5715, Rio, Crioula original, Flórida 77, Vale Plus e Crioula EEA/UFRGS) para algumas características de importância agrônômica, como produção de massa seca (MS), estatura, percentagem de florescimento à época dos cortes e incidência de doenças. Entre tais materiais, todos os oriundos da cv. Crioula mostraram-se superiores, na maioria dos caracteres avaliados. Com isso, deve-se destacar a importância desse germoplasma como fonte de variabilidade genética para a obtenção de materiais mais adaptados.

2.5 Estabilidade e adaptabilidade

A análise de adaptabilidade e estabilidade de produção são parâmetros que os programas de melhoramento buscam, visando a obtenção de genótipos que estabeleçam a sua maximização do potencial produtivo. O objetivo principal é avaliar um conjunto de genótipos por meio de várias metodologias de análise, as quais utilizam diferentes conceitos biológicos da estabilidade e/ ou adaptabilidade. Também são empregados diferentes métodos estatísticos para a obtenção das estimativas dos parâmetros em experimentos conduzidos com vários genótipos, anos e locais (CRUZ & CARNEIRO, 2006).

Quando um indivíduo é avaliado em mais de um ambiente, o seu valor fenotípico pode apresentar, além da ação do efeito genotípico e do meio (ambiente) ao qual é submetido, interação entre os efeitos desses fatores. A interação genótipo x ambiente é uma das grandes dificuldades enfrentadas na recomendação de cultivares, pois é responsável pelo comportamento instável dos genótipos que não mantêm o desempenho relativo nos diversos ambientes onde são cultivados (CRUZ & CARNEIRO, 2003).

O Rio Grande do Sul possui ampla variação quanto aos aspectos edafoclimáticos, conferindo grande diversidade no rendimento das culturas, em geral. Uma forma de amenizar sua influência é a realização de análises de adaptabilidade, que se refere à capacidade dos genótipos responderem de forma positiva ao estímulo do ambiente; e a estabilidade, que se refere à capacidade dos genótipos desempenharem um comportamento previsível em consequência de estímulos ambientais (CRUZ & CARNEIRO, 2003). Dessa forma, é possível identificar genótipos de comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientais nas diferentes regiões de cultivo (CRUZ & REGAZZI, 1997).

Dentre as metodologias utilizadas para avaliar adaptabilidade e estabilidade dos genótipos, a de análise de regressão propostas por Eberhart & Russel (1966), apesar de ser antiga, é uma das mais disseminadas. É baseada em uma regressão linear simples dos genótipos em função do ambiente. Segundo esses autores, o coeficiente de inclinação da reta é adotado como medida de adaptabilidade e os desvios de regressão como medida de estabilidade, sendo considerado como

genótipo ideal aquele que possui um coeficiente de regressão igual ou próximo a um e que apresente o menor valor de desvio de regressão possível (SILVA-FILHO et al.,2008).

Com relação à alfafa, existem trabalhos de avaliação da adaptabilidade e estabilidade de cultivares, considerando como ambientes as diferentes épocas de cortes avaliados em um mesmo ensaio (FERREIRA et al., 2000; 2004), através da utilização dos dados de produtividade obtidos. No entanto, cabe ressaltar que para a recomendação de uma cultivar à determinada região, é necessário testar os genótipos em ambientes diferentes para verificar o seu potencial de produção forrageiro antes da sua recomendação como cultivar.

3. HIPÓTESES

- I) Os germoplasmas de alfafa (*Medicago sativa* L.), selecionados para aptidão ao pastejo, serão capazes de expressar um bom desempenho forrageiro, além de distribuição estacional da produção de forragem.
- II) Os germoplasmas selecionados apresentarão boa capacidade de adaptação e estabilidade de produção ao longo do período de avaliação.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivos gerais

I) Identificar e avaliar genótipos de alfafa (*Medicago sativa L.*) selecionados anteriormente através do programa de Melhoramento Genético de Plantas, do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS para aptidão ao pastejo, e verificar se houve incremento na produção forrageira e estabilidade de produção.

4.2 Objetivos específicos

I) Avaliar no campo, sob o manejo de cortes, a produção de forragem dos diferentes genótipos de alfafa selecionados.

II) Avaliar características morfológicas dos genótipos e verificar sua influência na produção de matéria seca.

III) Verificar a estabilidade e adaptabilidade dos genótipos em função dos cortes realizados.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Avaliação do desempenho agrônômico de genótipos de alfafa (*Medicago sativa L.*) sob cortes

5.1.1 Local do experimento

A semeadura das plantas foi realizada no departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), localizada no município de Porto Alegre – RS, em setembro de 2017. Foram utilizadas bandejas de poliestireno expandido para mudas, com 128 células (3 cm x 3cm x 6cm), preenchidas com substrato comercial Carolina Soil, onde foram colocadas duas sementes por célula.

Posteriormente à emergência das plântulas, foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma plântula por célula, totalizando 35 mudas de cada população. Durante esse período, receberam iluminação artificial e irrigação para o seu desenvolvimento. No mês de outubro, as mudas foram transplantadas para a Estação Experimental Agrônômica (EEA), pertencente a Faculdade de Agronomia da UFRGS, localizada no município de Eldorado do Sul - RS, às margens da BR 290, na região da Depressão Central do estado.

5.1.2 Clima e solo

O clima segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfa, subtropical úmido, com verão quente (BERGAMASCHI et al., 2013). O experimento foi implantado sobre um argiloso vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2013), o qual apresenta características de boa drenagem, baixa fertilidade natural e alta suscetibilidade à erosão, necessitando de cuidados quanto ao uso e manejo (STRECK et al., 2004).

A preparação do solo da área experimental foi pelo sistema de cultivo convencional, com aração e gradagens. A correção da fertilidade do solo foi realizada de acordo a análise de solo, seguindo as recomendações para a cultura da alfafa

(Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2004), sendo aplicado a lanço 465 Kg/ha⁻¹ de adubação fosfatada (SFT) e 466 Kg/ha⁻¹ de adubação potássica. Foi utilizado 2,6 T/ha⁻¹ de Calcário Dolomítico (PRNT 75%) para a correção da acidez do solo para elevar o pH a 6,5. Não houve a necessidade do uso de irrigação artificial na área. Na Figura 1 estão apresentados os dados referentes à precipitação e temperatura na EEA durante o período experimental.

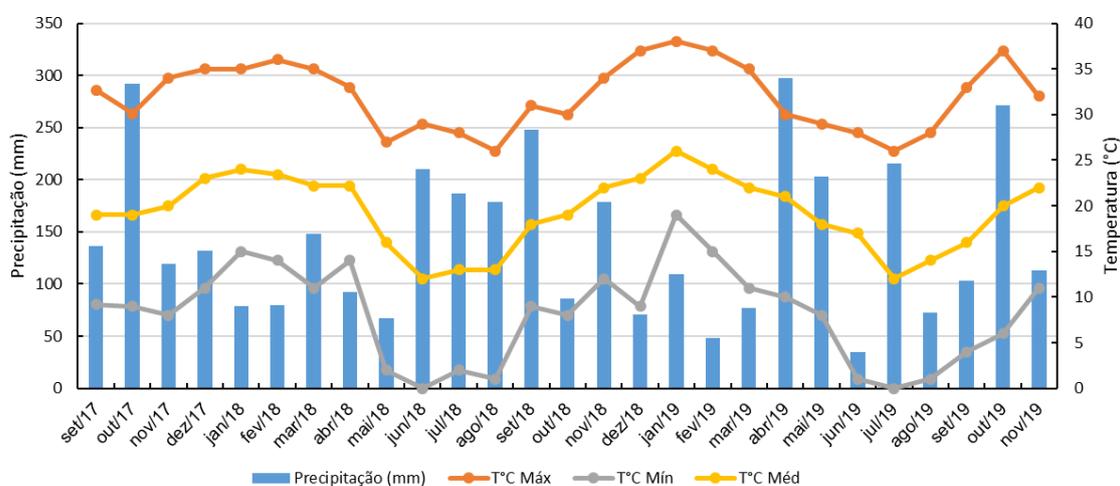


FIGURA 1. Precipitação, temperatura máxima, mínima e média na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, no período do experimento. Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

5.1.3 Material vegetal

Nove genótipos de alfafa foram utilizados. A cultivar Crioula, que é considerada o material disponível melhor adaptado às condições edafoclimáticas do Brasil, foi utilizado como testemunha neste experimento. Os demais materiais foram obtidos da coleção de germoplasma de alfafa pertencente ao Programa de Melhoramento de Plantas do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS, todos provenientes da cultivar Crioula em cruzamentos anteriores, selecionados por Brandoli (2009) e Ávila et al. (2017; 2019) (Tabela 1).

TABELA 1. Material vegetal utilizado no experimento.

Genótipo	Origem
Crioula	Testemunha.
São José do Inhacorá (SJI)	coletada em no município homônimo, em uma área de alfafa e que estava sendo utilizada a três anos sob pastejo.
Iara Super Pastejo	População selecionada para aptidão ao pastejo.
E ₁ C ₃	selecionada pelo comprimento do 1° entrenó curto, no terceiro ciclo de seleção.
E ₂ C ₃	selecionada pelo comprimento do 2° entrenó curto, no terceiro ciclo de seleção.
E ₁ C ₄	selecionada pelo comprimento do 1° entrenó curto, no quarto ciclo de seleção.
E ₂ C ₄	selecionada pelo comprimento do 2° entrenó curto, no quarto ciclo de seleção.
E ₁ C ₃ R	selecionada para tolerância a doenças foliares no Rio Grande do Sul.
São José do Inhacorá F ₂	selecionada para tolerância ao AI no segundo ciclo de seleção.

5.1.4 Delineamento experimental, tratamentos e condução do experimento

O delineamento experimental foi constituído por blocos casualizados, com nove tratamentos, representados pelos materiais citados acima e três repetições. Cada material ocupava uma parcela de 0,72 m², composta por três linhas contendo 7 plantas cada. (120 cm x 60 cm). O espaçamento entre elas foi de 20 cm e entre linhas 30 cm, enquanto que entre as parcelas foi de 80 cm (Figura 2).



FIGURA 2. Material estabelecido no campo experimental. (EEA, Eldorado do Sul, RS) Junho de 2018.

As avaliações foram realizadas mensalmente, em intervalos médios de 15 a 30 dias, dependendo das condições de desenvolvimento dos genótipos, através de cortes na linha central da parcela, que correspondiam a cinco plantas, quando atingiam de 5 a 10% de florescimento. Em condições onde o fotoperíodo não permitia essa condição, o critério estabelecido para o corte foi a altura (média geral de 30 a 40 cm), deixando-se um resíduo de 10 cm para o rebrote.

Antes de cada corte mensurava-se três alturas na linha central da parcela, utilizando uma régua graduada (cm) para a determinação da altura média total dos genótipos. Foi realizado a contagem visual do número de plantas sobreviventes nas parcelas após os cortes, totalizando quatro avaliações, sendo nos dias 07 de novembro de 2017, 12 de maio de 2018, 15 de janeiro de 2019 e 20 de novembro de

2019. O controle de plantas invasoras foi manual, através de capinas na área experimental.

As amostras cortadas foram conduzidas até o Departamento de Plantas Forrageiras da Faculdade de Agronomia da UFRGS, onde foram pesadas, secas em estufa (60°C, 72 horas) para determinação da matéria seca total (MST) e separadas botanicamente para a mensuração da relação folha/colmo. Também foi realizada a contagem do número de hastes basais, oriundas da porção subsuperficial da coroa, e número de hastes axilares, oriundas das gemas axilares da porção superficial da coroa para a determinação do número de hastes por m².

O conjunto de dados foi separado e classificado de acordo com a data em que ocorreram os cortes e agrupados dentro da estação equivalente, para a determinação da produção forrageira por estação, conforme o esquema abaixo ilustra.

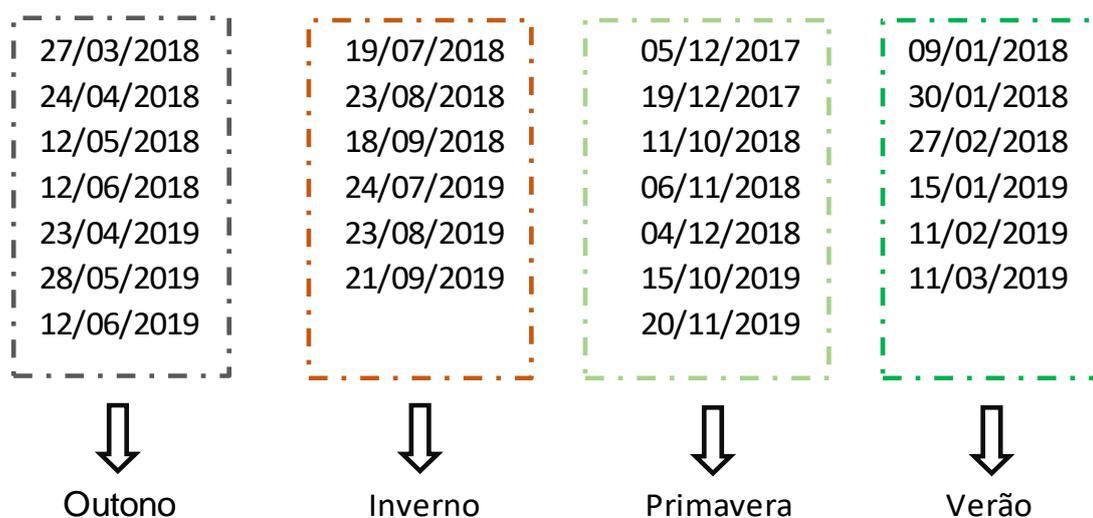


FIGURA 3. Datas dos cortes dentro de cada estação. (EEA, Eldorado do Sul, RS. 2017, 2018 e 2019.)



FIGURA 4. Realização dos cortes na linha central da parcela.

O período da realização dos cortes foi de 07 de novembro de 2017 até 20 de novembro de 2019, totalizando 26 avaliações para a determinação da matéria seca total. As avaliações referentes a relação folha/colmo e número de hastes por m^2 foram realizadas no período de 23 de abril até 20 de novembro de 2019, totalizando oito avaliações.



FIGURA 5. Área do experimento após a realização dos cortes (EEA-Eldorado do Sul,RS). Junho de 2018

5.1.5 Análise estatística

5.1.5.1 Modelo estatístico

Para a análise dos dados do experimento, foi utilizado o modelo estático de blocos completos casualizados:

$$\gamma_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Onde,

γ_{ij} : Observação do tratamento i no bloco j

μ : Média geral

τ_i : Efeito da variedade i

β_j : Efeito do bloco j

ϵ_{ij} : Erro associado a observação

Foram realizados testes de normalidade (Shapiro Wilk) e homogeneidade de variância. Modelos lineares mistos foram implementados usando a função *lmer* do pacote *lme4* no software estatístico R (R Development Core Team, 2011; BATES et al., 2015). O bloco foi inserido como aleatório no modelo, enquanto os outros fatores foram estabelecidos como fixos. Análise de variância foi realizada e quando a fonte de variação foi significativa (1 e 5%), foi aplicado o Teste de Dunnett para comparação dos tratamentos com a testemunha (NOGUEIRA, 1992). Também foi calculada a estimativa dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Eberhart & Russel (1966), baseado na regressão linear utilizando o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

Onde,

Y_{ij} : média da cultivar i no ambiente j;

β_{0i} : média geral da cultivar i;

β_{1i} : coeficiente de regressão linear, cuja estimativa representa a resposta da cultivar i à variação do ambiente j;

I_j : índice ambiental codificado;

δ_{ij} : desvios da regressão; $\bar{\epsilon}_{ij}$: erro experimental médio.

São de adaptabilidade geral as cultivares com β_{1i} igual ou muito próximo a 1, adaptabilidade específica a ambientes favoráveis aquelas com $\beta_{1i} > 1$ e adaptabilidade

específica a ambientes desfavoráveis aquelas com $\beta_{1i} < 1$. A estabilidade refere-se à previsibilidade da cultivar em relação ao modelo de regressão linear. São considerados estáveis as cultivares com desvios de regressão não-significativos e instáveis aquelas com desvios significativos.

6. Resultados e Discussões

6.1 Altura

Foram encontradas diferenças significativas para essa variável nos diferentes materiais quando comparados com a cultivar Crioula (testemunha), conforme demonstrado na Figura 6. Os genótipos E₁C₃ R, E₂C₄, SJI e SJI-F₂ obtiveram os menores valores de estatura. Esses resultados corroboram com o estudo realizado por Ávila et al. (2020), que identificaram precocemente genótipos de alfafa para aptidão ao pastejo, pelo comprimento dos entrenós, onde a população SJI apresentou o menor comprimento médio do 1º entrenó, constituindo-se de uma estatura menor, característica de plantas com maior aptidão ao pastejo.

Brummer & Bouton (1991), ao compararem alfafas tolerantes e não tolerantes ao pastejo, verificaram que as cultivares tolerantes apresentavam hábito prostrado e menor produção de matéria seca. Entretanto, nesse estudo não foi evidenciado correlação forte da altura (0,33; $p < 0,01$) com a produção de matéria seca total (MST), sugerindo que os materiais melhorados que apresentaram hábito mais prostrado, não reduziram a produção de biomassa. Esse progresso nos materiais é importante, visto que plantas adaptadas ao pastejo necessitam também ter boa produção forrageira como requisito fundamental para a manutenção da alimentação animal.

Apesar da população SJI ser uma variação da Crioula, sua estatura menor pode estar relacionada ao fato de que ela foi submetida por três anos consecutivos ao pastejo, o que pode ter favorecido a seleção natural para essa condição e provavelmente essa característica se manteve no segundo ciclo de seleção. O genótipo E₂C₄ apresentou numericamente a menor estatura. Os demais genótipos não se diferenciaram estatisticamente da Crioula.

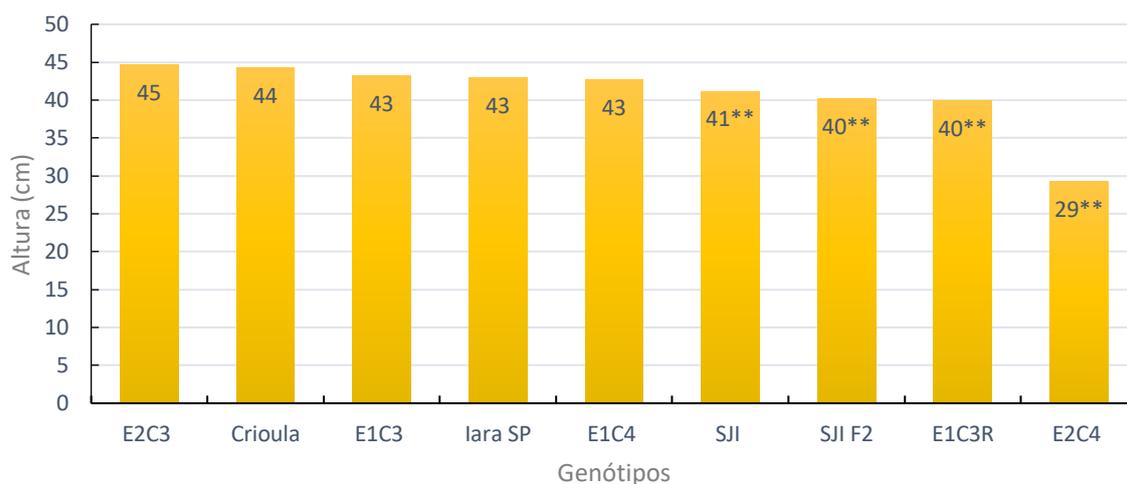


FIGURA 6. Variação média da altura dos diferentes genótipos de Alfafa nos anos de 2017, 2018 e 2019 na Estação Experimental Agrícola (EEA) da UFRGS. Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. Valores destacados com ** diferem estatisticamente da testemunha pelo teste de Dunnet ($p < 0,01$).

6.2 Número de hastes por m²

A análise do número de hastes por m² indicou diferenças significativas entre as cultivares. A E₁C₃ Resistente obteve o maior valor, com média de 388 hastes basilares por m² e 309 hastes axilares por m² e a cultivar E₁C₄ o menor desempenho, com média de 231 hastes basilares e 290 hastes axilares por m². Não houve correlação dessa variável com a produção forrageira entre os materiais testados (Tabela 2).

Além disso, o número de hastes basais foi superior em relação ao número de hastes axilares em todas as cultivares. Estes resultados corroboram com àqueles obtidos por Perez & Dall'Agnol (2009), que evidenciaram que esses valores estão relacionados à densidade das plantas sobreviventes após os cortes realizados. Apesar de serem obtidos com um número médio de plantas considerado baixo, no que diz respeito a competição por luz (DUFOR et al., 1989), mostraram um comportamento semelhante observado em alfafas sob cultivo denso, em regime de cortes, onde existe uma predominância de hastes basilares após a realização do corte. Portanto, essa condição parece estar ligada à competição entre as plantas, por recursos do meio (ambiente).

TABELA 2. Variação média do número de hastes por m² em diferentes cultivares de alfafa submetidas a cortes, durante oito meses, em 2019. Estação Experimental Agronômica da UFRGS, Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

Genótipo	Haste basilar	Haste axilar	Total
E1C3R	388**	309**	696**
Iara SP	356**	273**	628**
E2C3	346	249*	594**
SJI F2	334**	248*	582**
SJI	306**	247*	552**
E1C3	286	227	512
E1C4	274	211	485
Crioula	268	207	475
E2C4	231	190	420

Valores destacados com sombreado diferem estatisticamente da testemunha pelo teste de Dunnet (*=p<0,05 e **= p<0,01).

6.3 Relação folha/colmo

Os dados obtidos da variável relação folha/colmo não evidenciaram diferenças significativas dos genótipos avaliados com a cultivar Crioula (testemunha). Todos obtiveram valores aproximados para essa característica (Tabela 3). Houve correlação positiva moderada (0,66; $p < 0,01$) para essa variável e para a produção de matéria seca (Kg ha^{-1}), indicando que esse componente morfofisiológico agregou na resposta à produção de forragem das plantas, pelo aumento da produção de folhas.

Segundo Sbrissia & Da Silva (2001), a relação folha/colmo apresenta relevância em grau variável, dependendo da espécie forrageira, sendo menor em espécies de colmo tenro e de menor lignificação. Além disso, pode ser utilizada como indicativo qualitativo dos materiais, inferindo no valor nutritivo, pois representa uma boa digestibilidade, além de facilitar a colheita por parte do animal e, conseqüentemente uma maior produtividade deste (WILSON, 1982).

Contudo, apesar não haver diferenças significativas, houve uma compensação parcial na produção de forragem, em função do aumento da produção de folhas, sendo uma característica importante no melhoramento para a seleção de genótipos superiores.

TABELA 3. Variação média da relação folha/colmo em diferentes genótipos de alfafa submetidas a cortes em 2019. Estação Experimental Agronômica da UFRGS, Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

Cultivares	Relação folha/colmo
E1C3	0,72 ^{ns}
IARA SP	0,75 ^{ns}
SJI F2	0,72 ^{ns}
SJI	0,73 ^{ns}
E1C4	0,73 ^{ns}
E2C3	0,72 ^{ns}
CRIOULA	0,71 ^{ns}
E1C3R	0,70 ^{ns}
E2C4	0,71 ^{ns}

Valores destacados com ^{ns} não diferem estatisticamente da testemunha pelo teste de Dunnet.

6.4 Produção de matéria seca (Kg ha⁻¹) por corte, por estação e total.

A análise de variância da produção de matéria seca evidenciou diferença entre as cultivares nos cortes de abril, maio e junho de 2018, fevereiro, abril, maio, junho, julho e setembro de 2019 (Tabela 4; Figura 7). Em 2017, onde ocorreu o transplante das mudas no campo, a produção de forragem no primeiro corte foi baixa, o que já era esperado, pois as plantas ainda estavam se estabelecendo, não expressando todo o seu potencial produtivo. Com isso, não houve diferenças significativas entre os cortes para esse ano.

Não houve superioridade dos genótipos em comparação com a Crioula. Entretanto, houve diferença dos genótipos E₂C₄ e E₁C₃ R, que obtiveram baixa produção de biomassa, sendo que essa redução foi acentuada nas estações mais frias do ano, ocorrendo no ano de 2018 e 2019.

Esse resultado foi observado no campo, principalmente com o E₂C₄, que apresentou alta estacionalidade de produção durante os meses de inverno, praticamente cessando o crescimento nessa época. Provavelmente esse comportamento esteja ligado à dormência, pois a diminuição do crescimento da alfafa em dias curtos é característica das variedades dormentes no inverno (CHRISTIAN, 1977). No entanto, até então, não foi descrito na literatura essa condição na cultivar Crioula. Cunningham et al. (2001) relataram que as bases fisiológicas desses mecanismos nem a interação entre a fisiologia e ambiente estão ainda completamente esclarecidas em alfafa.

TABELA 4. Produção de matéria seca (Kg ha⁻¹) por corte e total no mês de dezembro de 2017, nos meses de janeiro a dezembro de 2018 e nos meses de janeiro a novembro de 2019. Estação Experimental Agrônômica da UFRGS, Eldorado, Rio Grande do Sul, Brasil

Genótipo	DATA																								Total 2019				
	2017			2018											2019														
	07.11	19.12	Total 2017	09.01	30.01	27.02	27.03	24.04	12.05	12.06	19.07	23.08	18.09	11.10	06.11	04.12	Total 2018	15.01	11.02	11.03	23.04	28.05	12.06	24.07	23.08	21.09	15.10	20.11	
Crioula	268	1.133	1.401	2.464	1.310	1.562	1.819	1.117	953	875	651	472	444	1.498	1.493	1.363	16.022	949	1.051	1.819	858	1.061	903	792	729	858	1.498	1.799	12.318
E1C3	151	1.429	1.580	2.265	1.886	1.977	3.150	1.301	1.150	1.158	986	767	849	1.236	1.719	1.989	20.433	997	1.107	3.060	1.503	1.329	1.233	1.069	1.135	1.131	1.236	1.804	15.605
E1C3R	301	1.163	1.464	2.246	1.342	1.532	1.478	810	610	572	411	326	349	1.097	1.094	870	12.736	603	500*	1.729	714	839	767	642	620	631	1.156	1.589	9.789
E1C4	136	948	1.084	2.375	1.506	1.621	2.067	1.214	910	1.449	940	779	722	1.240	1.646	1.374	17.841	824	1.334	1.928	1.263	1.221	1.117	753	697	772	1.630	1.785	13.323
E2C3	122	937	1.059	1.974	1.479	1.816	2.232	1.151	911	911	658	540	556	1.428	1.631	1.737	17.023	686	1.063	2.104	1.286	1.276	994	707	594	615	1.469	1.769	12.566
E2C4	253	1.401	1.654	2.660	1.135	1.159	1.035	406**	319**	325*	328	325	313	1.490	1.428	1.012	11.934	773	737	1.035	447**	425*	374*	347*	350	357*	1.490	1.732	8.067
Iara SP	288	1.487	1.775	2.269	1.421	1.398	1.418	1.190	832	883	818	674	625	1.804	1.269	1.213	15.816	825	1.448	1.396	1.358	1.619	1.350	819	774	910	1.757	1.668	13.924
SJI F2	147	1.339	1.486	2.175	1.551	2.039	2.216	1.247	951	936	906	788	690	1.132	1.278	1.094	17.004	697	675	2.078	1.326	1.386	1.010	879	806	776	1.238	1.617	12.487
SJI	89	1.516	1.605	2.186	1.053	1.220	1.642	1.506	1.271	989	758	571	531	1.053	1.251	1.749	15.779	597	903	1.642	1.450	1.510	1.278	1.169	1.024	993	1.229	1.527	13.321

Valores destacados com sombreado diferem estatisticamente da testemunha pelo teste de Dunnet (*=p<0,05 e **=p<0,01)

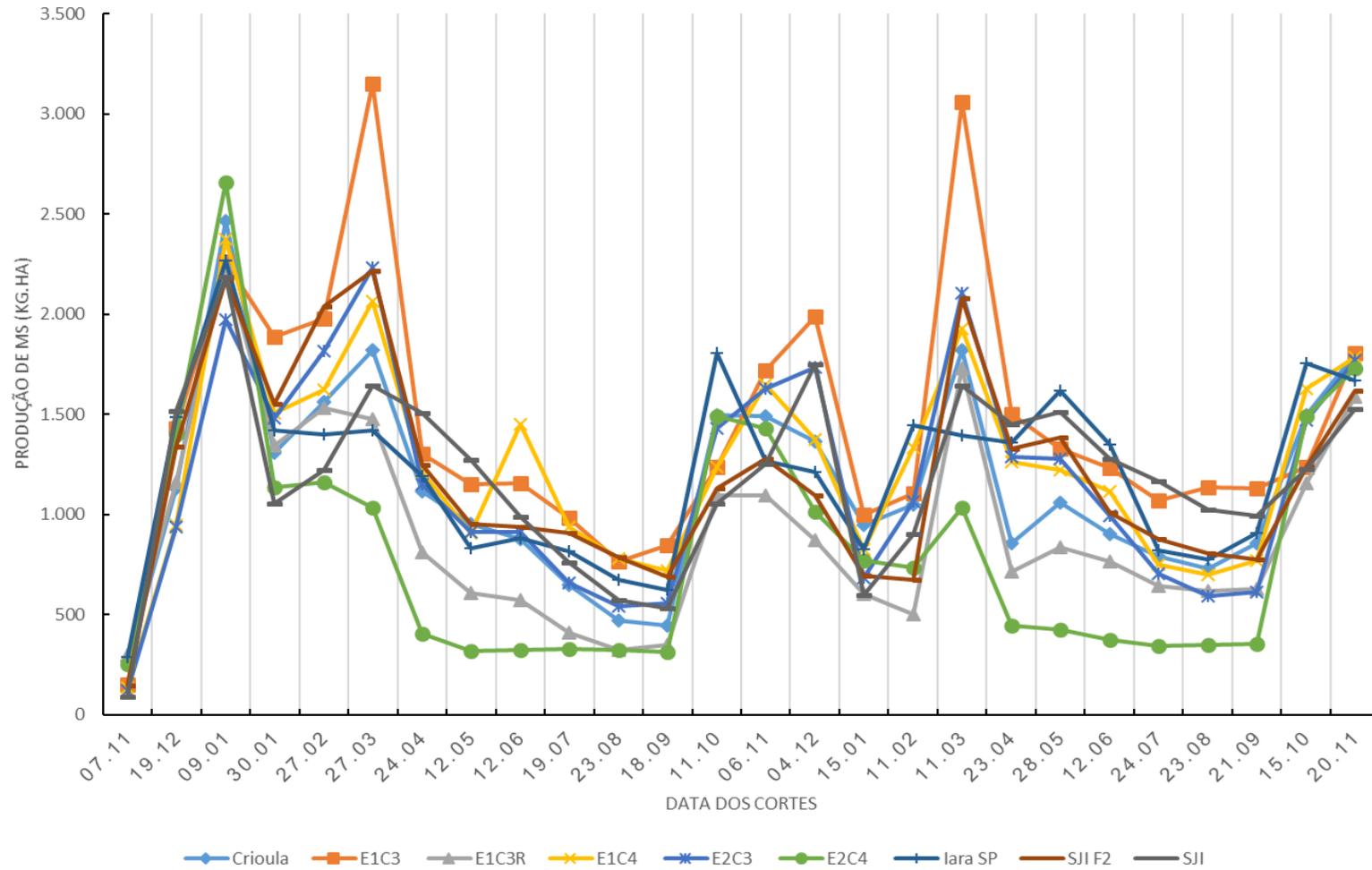


FIGURA 7. Produção de matéria seca (Kg ha^{-1}) de cultivares de alfafa por cortes no período de novembro a dezembro de 2017, janeiro a dezembro de 2018 e janeiro a dezembro de 2019 na Estação Experimental Agrícola (EEA) da UFRGS, Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

Em relação à produção de matéria seca anual e total (MST), a análise de variância evidenciou diferença significativa entre o genótipo E₁C₃, que foi superior a Crioula na produção de MST, porém, apenas no ano de 2018 (20.433 Kg.ha⁻¹) (Tabela 5). Entre as estações do ano, este genótipo obteve produção forrageira superior nos meses correspondentes ao período de outono e verão (Tabela 6).

TABELA 5. Produção total de matéria seca (Kg ha⁻¹) de alfafa nos anos de 2017, 2018 e 2019 na Estação Experimental Agronômica (EEA) da UFRGS, Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

Genótipos	2017	2018	2019	Total
CRIOULA	1.401	16.022	12.318	29.741
E1C3	1.580	20.433*	15.605	37.618
E1C3R	1.464	12.736	9.789	23.989
E1C4	1.084	17.841	13.323	32.248
E2C3	1.059	17.023	12.566	30.648
E2C4	1.654	11.934	8.067	21.655
IARA SP	1.775	15.816	13.924	31.515
SJI F2	1.486	17.004	12.487	30.977
SJI	1.605	15.779	13.321	30.705

Valores destacados com sombreado diferem estatisticamente da testemunha pelo teste de Dunnet (*=p<0,05 e **= p<0,01).

TABELA 6. Produção de matéria seca total (Kg ha ha⁻¹) de alfafa dentro de diferentes estações do ano. Estação Experimental Agronômica (EEA) da UFRGS, Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

GENÓTIPO	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	TOTAL
E1C3	10.825*	5.774	10.129	12.232*	38.960
SJI	10.438	5.045	7.916	9.013	32.412
E1C4	8.808	4.664	9.200	9.587	32.259
E2C3	8.661	3.671	9.712	9.122	31.166
SJI F2	9.073	4.844	8.295	9.214	31.426
Iara SP	8.099	4.620	10.358	8.757	31.834
E1C3 R	5.789	2.979	8.209	7.701	24.678
E2C4	3.331	2.019	10.128	7.798	23.276
Crioula	7.956	3.947	10.096	9.156	31.155

Valores destacados com sombreado diferem estatisticamente da testemunha pelo teste de Dunnet (*=p<0,05).

O genótipo E₁C₃ já participava do programa de melhoramento da UFRGS. Ávila et al. (2020) relataram que o mesmo se mostrou promissor à aptidão ao pastejo utilizando o marcador morfológico comprimento do 1º entrenó, visto que essa população apresentou distribuição semelhante a cultivar ABT-805, conhecida por sua característica de aptidão ao pastejo.

Já os genótipos E₁C₄, E₂C₃ e E₂C₄ que, também foram selecionados para essa característica, não superaram a Crioula na produção forrageira, porém como pode ser verificado na Tabela 4, com exceção do genótipo E₂C₄, estes materiais obtiveram valores numéricos maiores quando comparados com a testemunha em quase todas as avaliações.

No entanto, a SJI, que é uma população crioula, e nunca participou de qualquer processo de seleção, manteve uma produção mediana durante todo o período de análise, inclusive com produção mais elevada em relação à Crioula em alguns períodos.

Essa população já vinha de um histórico onde foi submetida a três anos consecutivos sob pastejo, fato que pode ter contribuído positivamente para uma maior aptidão a essa condição sem reduzir a produção de matéria seca, porém não conseguiu superar estatisticamente a Crioula. Por isso, torna-se necessário mais atenção a esses materiais em futuras seleções, com o objetivo de agregar produção de biomassa visto que os resultados para essa condição ainda são incipientes.

6.5 Persistência das plantas

A avaliação de plantas sobreviventes foi conduzida através da contagem do número de plantas na parcela após os cortes, sendo realizada em ocasiões distintas, como elucidado anteriormente. Foi verificado o mesmo valor do início ao final do experimento, ou seja, todos os tratamentos (genótipos) obtiveram o mesmo número de plantas após os cortes ao longo do período de avaliação (dados não apresentados).

Esse resultado pode ser explicado pelo resíduo de 10 cm após a realização dos cortes, o que possibilitou as plantas uma boa capacidade de rebrote. Resultados semelhantes foram encontrados na literatura. Counce et al. (1984) não obtiveram diferença significativa entre plantas submetidas a cortes, a 7cm de altura em intervalos de 20 a 30 dias, durante um período de três anos de avaliação. Por outro lado, Brummer & Moore (2000) recomendam para alfafa a introdução de animais por um período de dois anos de pastejo, para a obtenção de resultados mais consistentes. Perez & Dall'Agnol (2009) questionaram tais recomendações para as condições climáticas da região sul do Brasil, uma vez que a estação de crescimento da alfafa é mais prolongada em algumas regiões, como a Depressão Central do RS, onde o período de pastejo não é restringido a 100 dias no ano. Apesar de não haver diferença para o número de plantas sobreviventes nesse estudo, tornam-se necessárias avaliações com protocolos mais incisivos. Por exemplo, a introdução de animais, sob um menor resíduo de altura, para avaliar o potencial de persistência das plantas e selecioná-las de acordo com o seu desempenho, atestando se essa característica que foi previamente selecionada se mantém.

6.6 Análise de estabilidade e adaptabilidade.

Identificou-se que a cultivar Crioula apresentou ampla adaptação e expressou maior estabilidade entre os genótipos. No entanto, a população E₁C₃ expressou maior adaptação específica em ambientes favoráveis ($b_1 > 1$). Já a lara SP apresentou maior adaptação específica em ambientes desfavoráveis ($b_1 < 1$) (Tabela 7). A identificação da cultivar Crioula como de boa adaptabilidade e estabilidade já era esperada, uma vez que, devido ao seu histórico de seleção natural ao longo do tempo, resultou em uma ampla variabilidade genética e boa adaptação nas condições edafoclimáticas no Rio Grande do Sul.

Ressalta-se que a cultivar Crioula e a população E₁C₃, foram os materiais que expressaram maior desempenho forrageiro ao longo do experimento, sendo que no ano de 2018, o genótipo E₁C₃ obteve a maior expressão da produção de MST, além de apresentar uma melhor distribuição forrageira ao longo das avaliações.

Embora o genótipo lara SP tenha apresentado produção mediana e não significativa estatisticamente, a análise sugeriu que ela pode ser um material promissor em ambientes com condições desfavoráveis ao seu desenvolvimento. No entanto, torna-se necessário também realizar testes com dados de produção em ambientes diferentes. Assim é possível uma melhor expressão desses genótipos, uma vez que a seleção de plantas com ampla adaptação e de elevada estabilidade são parâmetros fundamentais para a indicação de uma cultivar, tanto pela estabilidade e adaptabilidade sob diferentes épocas de corte, como pela região específica onde ela vai expressar o seu maior potencial.

TABELA 7. Tabela. Produção média de populações de alfafa e estimativa dos parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade (modelo de Eberhar & Russel). Estação Experimental Agronômica (EEA) da UFRGS. Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

População	Média	Regressão		
	β_0	β_{1i}	sdij	RQ
E1C3	1498	1,34	27540 *	0,83
SJI	1257	0,95	32079 *	0,69
E1C4	1241	0,93	-36601 Ns	0,92
Iara SP	1224	0,72	-4111 Ns	0,70
SJI F2	1209	0,96	-18167 Ns	0,85
E2C3	1199	1,07	-22736 Ns	0,89
Crioula	1198	0,98	-39162 Ns	0,93
E1C3R	949	0,95	-26159 Ns	0,88
E2C4	895	1,09	115517 **	0,60

destacados com ^{ns} não se diferem e * diferem estatisticamente da testemunha pelo teste de Dunnet (*= $p < 0,05$; **= $p < 0,01$).

7. Considerações finais

Os genótipos selecionados para aptidão ao pastejo não demonstraram superioridade quando foram comparados a cultivar Crioula para a produção de matéria seca total (MST). No entanto, o genótipo E₁C₃, mostrou-se superior na distribuição forrageira ao longo do período avaliado, nas estações de verão e outono, mostrando-se um material promissor .

Os genótipos que obtiveram menores estaturas em relação à Crioula, apesar de não apresentarem estatisticamente produção forrageira superior, mantiveram a produção mediana, sugerindo que essa característica foi mantida durante a seleção.

A produção do maior número hastes parece estar mais ligada a fatores ambientais. A relação folha/colmo não apresentou diferenças significativas entre os genótipos. Porém os resultados sugeriram que essa característica agregou na produção forrageira.

A cultivar Crioula apresentou ampla resposta de adaptação e estabilidade no ambiente. O genótipo E₁C₃ expressou maior adaptação específica em ambientes favoráveis; Iara SP apresentou maior adaptação específica em ambientes desfavoráveis, sendo essas características relevantes nos processos de seleção e melhoramento genético vegetal.

8. Referencial bibliográfico

AVILA, Mariana R. *et al.* Selection of alfalfa genotypes for resistance to the foliar pathogen *Curvularia geniculata*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 89, n. 3, p. 1801-1813, Sept. 2017.

ÁVILA, K. M. S. *et al.* SELEÇÃO DE ALFAFA (MEDICAGO SATIVA L.) PARA TOLERÂNCIA AO ALUMÍNIO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 1, 17 maio 2019

ÁVILA, K. M. S. *et al.* Seleção de alfafa para aptidão ao pastejo. **Revista Científica Agropampa**, Dom Pedrito, v. 1, n. 1, p. 93-102, 13 fev. 2020.

BARNES, D. K., SHEAFFER, C. C., Alfalfa. *In*: BARNES, R. F.; MILLER, D. A.; NELSON, C. J. (ed.) **Forages: an introduction to grassland agriculture**. 5th. ed. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1995. v. 1. p. 206-215.

BASIGALUP, D.; ROSSANIGO, R.; BALLARIO, M. V. Panorama actual de la alfalfa en la Argentina. *In*: BASIGALUP, D. H. (ed.). **El cultivo de la alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2007. p. 15-25.

BATES, G. W. *et al.* Plant persistence and animal performance for continuously stocked alfalfa pastures at three forage allowances. **Journal of Production and Agriculture**, Madison, v. 9, n. 3, p. 418-423, jan. 1996.

BATES, D. *et al.* Fitting linear mixed-effects models using lme4. **Journal of Statistical Software**, United States, v. 67, n. 1, 2015. DOI: 10.18637/jss.v 067.i01.

BERGAMASCHI, H., GUADAGNIN, M. R. **Boletins agrometeorológicos da estação experimental agrônômica da UFRGS**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

BOTREL, M. A.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F. Frequência de corte da alfafa (cv. crioula) na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 396-403, 1996.

BOTREL, M. A. *et al.* Estimativas de coeficientes de repetibilidade para produção de matéria seca em cultivares de alfafa, sob diferentes ambientes. **Revista Ceres**, Viçosa, v.47, n. 274, p.651-663, 2000.

BOTREL, M. A. *et al.* Cultivares de alfafa em área de influência da Mata Atlântica no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1437-1442, nov. 2001.

BOUTON, J. H. The economic benefits of forage improvement in the United States. **Euphytica**, Wageningen, v. 154, n. 3, p. 263-270, Apr. 2007.

BOUTON, J. H. Desenvolvimento de cultivares tolerantes ao alumínio e acidez do solo. *In*: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 16., 1999, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 47-66.

BRANDOLI, M. A. A. **Utilização de marcadores morfológicos para a seleção precoce de alfafa com aptidão ao pastejo e avaliação da fixação biológica de nitrogênio**. 2009. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

BRUMMER, E. C.; BOUTON, J. H. Plant traits associated with grazing-tolerant alfalfa. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, p.996-1000, 1991.

BRUMMER, E. C.; MOORE, K. J. Persistence of perennial cool-season grass and legume cultivars under continuous grazing by beef cattle. **Agronomy Journal**, Madison, v.92, p. 466-471, 2000.

CAMPOS, A. T. *et al.* Balanço energético na produção de feno de alfafa em sistema intensivo de produção de leite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 245-251, fev. 2004.

CASTILLO, A. A.; GALLARDO, M. R. Suplementación de vacas lecheras em pastoreo de alfafacon concentrados y forrajes conservados. *In:* HITANO, E.H.; NAVARRO, A. (ed.). **La alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires: INTA Rafaela, 1995. p.197-204.

CONRAD H. R.; KLOPFENSTEIN T. Role in livestock feeding - greenchop, silage, hay, and dehy. *In:* HANSON, A. A.; BARNES, A. A.; HILL JR., R. R. (ed.). **Alfalfa and Alfalfa Improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1988, p. 539-551.

COUNCE, P. A.; BOUTON, J. H.; BROWN, R. H. Screening and characterizing of alfalfa for persistence under mowing and continous grazing. **Crop Science**, Madison, v. 24, n. 2, p. 282-285, 1984.

COMERON, E. A.; ROMERO, L. A. Utilización de la alfalfa por vacas lecheras em pastoreo. *In:* BASIGALUP, D.H. (ed). **El cultivo de la alfalfa Argentina**. Buenos Aires: INTA Rafaela, 2007. p. 303-331.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 585 p.

CRUZ C.D., REGAZZI A.J., CARNEIRO P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2004. 480 p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. v. 2.

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1997. 390 p

CUNNINGHAM, S. M. *et al.* Winter hardiness, root physiology and gene expression in successive fall dormancy selections from 'Mesilla'and 'CUF 101' alfalfa. **Crop Science**, Madison, v. 41, p. 1091-1098, 2001.

DALL'AGNOL, M.; SCHEFFER-BASSO, S. M. Produção e utilização de alfafa. *In:* SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 2000, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ), 2000, p. 265-295.

DALL' AGNOL, M. *et al.* Plant breeding and biotechnology in temperate species in Southrn Brazil. *In:* INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF FORAGE BREEDING, 2007, Campo Grande, MS. **Proceedings [...]**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2007. 1 CD-ROM.

DAVIES, P.; MENDEZ, D. Meteorismo espumoso (empaste) enpastoreo. *In:* BASIGALUP, D.H. (ed.). **El cultivo de la alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires: INTA Rafaela, 2007. p. 389-404

DEL POZO, M. **La alfafa, su cultivo y aprovechamiento**. Madrid: Mundi- Prensa, 1983.

DOUFOR, L.; FAUCHER, M; LEMAIRE, G. Etudesdestransferts d'assimilats entre tiges de luzerne (*Medicago sativa L.*) par l' utilisationdu¹⁴ CO₂. **Agronomie**, Paris, v. 9, p. 377-382.

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, p. 36-40, 1966.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa solos, **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. rev. ampl. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353 p.

- EVANGELISTA, A. R. *et al.* Comportamento de 35 cultivares de alfafa (*Medicago sativa*) no Sul de Minas Gerais. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 38., 2001, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 240-241.
- FAVERO, D. *et al.* Desempenho de populações de alfafa sob distintos níveis de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 589-595, 2008.
- FERNÁNDEZ, F.; MATTIODA, A.; SARANDÓN, P. Estimación de la productividad de alfalfa en la depresión del Salado. **Investigación Joven**, Buenos Aires, v. 4, n. 2, p. 77, feb. 2018.
- FERRAGINI, M. D. C. *et al.* Produção estacional, índice de área foliar e interceptação luminosa de cultivares de alfafa sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 10, p. 1041-1948, out. 2004.
- FERREIRA, R. P. *et al.* Avaliação de cultivares de alfafa e estimativas de repetibilidade de caracteres forrageiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 995-1002, 1999.
- FERREIRA, R. P.; PEREIRA, A. V. Melhoramento de forrageiras. *In: BORÉM, A. Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa: UFV, 1999. p. 649-677.
- FERREIRA, R. P. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade em cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 3, p. 743-755, jul/set. 2000.
- FERREIRA, R. P. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa em relação a diferentes épocas de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 265-269, 2004.
- FERREIRA R. P.; PEREIRA A. V. Melhoramento de forrageiras. *In: BORÉM, A. (ed.) Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa: Editora UFV, 2005, p. 781-812.
- FERREIRA, R. P. *et al.* **Cultivo e utilização da alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2015.
- FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas forrageiras**. Viçosa: Ed. UFV, 2010.
- FONTANA, L. M.; RUIZ, M. A.; BABINEC, F. J. Producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) bajo pastoreo = Alfalfa (*Medicago sativa* L.) production under grazing. **Revista Argentina de Producción Animal**, Argentina, 36, oct. 2016.
- FONTES, P. C. R. *et al.* Produção e níveis de nutrientes em alfafa (*Medicago sativa* L.) no primeiro ano de cultivo na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 205-211, 1993.
- FONTES, P. C. R. Fertilização da cultura da alfafa. *In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DA ALFAFA (Medicago sativa L.) NOS TRÓPICOS*, 1994 **Anais [...]**. Juiz de Fora: Embrapa, 1994. p. 99 - 115
- FRAME, J.; CHARLTON, J. F. L.; LAIDLAW, A. S. Lucerne (syn, Alfafa). *In: FRAME, J.; CHARLTON, J. F. L.; LAIDLAW, A. S. (ed.) Temperate forage legumes*. New York: CAB International, p. 107-179.
- FRANZEN D. W.; BERTI, M. **Alfalfa soil fertility requirements in North Dakota soils**. Fargo: NDSU Extension Service, North Dakota State University, Nov. 2017. SF1863. Disponível em: <<https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/alfalfa-soil-fertility-requirements-in-north-dakota-soils>> Acesso em: 17 jan. 2020.
- FREITAS, A. R. *et al.* **Prioridades de pesquisa com a cultura da alfafa no Brasil**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009.
- GIAVENO, C. D. **Comparación de dos ciclos de selección el desarrollo de poblaciones de alfafa (*Medicago sativa* L.) con menor potencial empastador**. 1996. 69 f. Tese (Magister Scientiae)

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária– Universidad Nacional de Rosario – Pergamino, Argentina, 1996.

GUAITA, M. S.; GALLARDO, M. **Utilización de lapastura de alfalfa em un sistema intensivo de producción de leche**. Rafaela: INTA, 1996. p. 93-100.

GUERRERO, L. *et al.* Evaluación del rendimiento de materia seca y sus componentes en germoplasma de alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Revista Mexicana de Ciências Pecuárias**. Mérida, v. 9, n. 3, p. 486-505, sept. 2018.

HEINRICHS, D. H. The future of alfalfa for pastures in dry regions and research requirements. *In: ALFALFA IMPROVEMENT CONFERENCE*, 26., 1978, St. Paul, Brookings, SD. **Report**. [...]. St Paul: USDA-ARS, 1978. p. 47-48.

JAHN, E.; VIDAL, A.; SOTO, P. Sistema de producción de leche basado en alfalfa y maíz para la zona Centro Sur. **Producción de leche. Agricultura Técnica**, v. 60, p.43-51, 2000a.

KAEHNE, I. D. The performance under intensive continuous grazing of second generation bulk populations derived from crosses between wild and exotic Alalfas and cultivated non-hardy varieties. *In: ALFALFA IMPROVEMENT CONFERENCE*, 1978, St. Paul: Brookings. **Report** [...]. St Paul: USDA-ARS, 1978. p. 47 - 48.

KALLENBACH, R. L.; NELSON, C. J.; COUTTS, J. H. Yield quality, and persistence of grazing-and had-type alfalfa under three harvest frequencies. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, p. 1094-1103, 2002.

KLOSTER, A. M.; ZURBRIGGEN, G. A. Producción y persistencia de una mezcla de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) bajo intensidades y frecuencias de pastoreo contrastantes. **Revista de Investigaciones Agropecuarias**, Córdoba, v. 45, marzo, 2019.

LÉDO, F. J. S. *et al.* Introdução e avaliação de germoplasma de alfafa no ecossistema de Mata Atlântica de Minas Gerais. *In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 39., 2002, Recife. Recife, 2002. 1 CD-ROOM, 39 p.

LENTH, R. V. Least-squares Means: the R Package lsmeans. **Journal of Statistical Software**, Innsbruck, v. 69, n. 1, p. 1-33, 2016. DOI: 10.18637/jss.v.069.i01.

LOUČKA, R.; MACHAČOVÁ, E.; TYROLOVÁ, I. Differences between two Varieties of Alfalfa. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM FORAGE CONSERVATION*, 10., 2001, Prague. **Proceedings** [...]. Prague, Czech Republic: Research Institute of Animal Production, 2001. p. 88-89.

MICHAUD, R.; LEHMAN, W. F.; RUMBAUCH, M. D. World distribution and historical development. *In: HANSON, A. A.; BARNES, D.; HILL, R. R. (ed.). Alfalfa and alfalfa improvement*. Madison: American Society of Agronomy, 1988. p. 25-92.

MELTON, B.; MOUNTRAY, J. B.; BOUTON, J. H. Geographic adaptation and cultivar selection. *In: HANSON, A. A.; BARNES, D. K.; HILL, R. R. (ed.). Alfalfa and alfalfa improvement*. Madison: American Society of Agronomy, 1998. p. 596-618.

MITTELMANN, A.; LÉDO, F. J. S.; GOMES, J. F. **Tecnologias para produção de alfafa no Rio Grande do Sul**. Pelotas; Juiz de Fora: Embrapa, 2008.

MONTARDO D. P. *et al.* PROGRESSOS NA TOLERANCIA DE ALFAFA A SOLOS ÁCIDOS. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 6, n. 1, p. 97-105, 31 ago. 2000.

MOREIRA, A. *et al.* **Fertilidade do solo e estado nutricional da alfafa cultivada nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 40 p.

NEUERBERG, N. J. Técnicas de produção de alfafa *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM*, 8, 1986, Piracicaba. **Anais** [...] Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 145 - 160

- NOGUEIRA, M. C. S. **Curso de estatística experimental aplicada a experimentação agronômica**. Piracicaba: ESLQ/USP, 1992. 121 p.
- NUERNBERG, N. J.; MILAN, P. A.; SILVEIRA, C. A. M. **Manual de produção de alfafa**. Florianópolis: EMPASC, 1990. 102 p.
- OLIVEIRA, P. R. D.; PAIM, N. R.; CZERMAINSKJ, A. B. C. Seleção para rendimento e qualidade de forragem em alfafa Crioula. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 9, p. 1039-1044, 1993.
- PAIM, N. R. Utilização e melhoramento da alfafa. In: WORKSHOP SOBRE POTENCIAL FORRAGEIRO DA ALFAFA (MEDICAGO SATIVA L.) NOS TRÓPICOS, 1994, Juiz de Fora. **Anais [...]**. Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1994. p. 141-158.
- PERES NETO, D. *et al.* Desempenho de vacas leiteiras em pastagem de alfafa suplementada com silagem de milho e concentrado e viabilidade econômica do sistema. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 63, n. 2, p. 399-407, 2011.
- PEREIRA, A. V. *et al.* Comportamento da alfafa cv. Crioula de diferentes origens e estimativas dos coeficientes de repetibilidade para caracteres forrageiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, p. 686-690, 1998.
- PEREIRA, A. V. **Cultivo e utilização de alfafa nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. 469 p.
- PEREZ, N. B.; DALL'AGNOL, M. Características morfológicas de plantas de alfafa relacionadas à aptidão ao pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 418-421, 2009.
- PETERS, E. J.; PETERS, R. A. Weeds and weeds control. In: HANSON, C. H. (ed.). **Alfalfa science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1992, 812 p.
- QUEIROZ, C. F.; BAUCHAN, G. R. The genus *Medicago* and the origin of the *Medicago sativa* complex. In: HANSON, A. A.; BERNES, D. K.; HILL, R. R. (ed.). **Alfalfa and alfalfa improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1988, p. 25-92.
- R Development Core Team, R. 2018. R: A Language and Environment for Statistical Computing. (R.D.C. Team, editor). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- RASSINI, J. B. **Alfafa (*Medicago sativa*): estabelecimento e cultivo no Estado de São Paulo**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 1998. 22 p. (Circular Técnica, 15).
- RASSINI, J. B.; FERREIRA, R. P.; MOREIRA, A. **Recomendações para o cultivo de alfafa na região Sudeste do Brasil**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. (Circular Técnica, 46).
- ROMERO, N. A., E. A. COMERON y E. USTARROZ, E. 1995. Crecimiento y utilización de la alfalfa. In: E. Hijano y A. Navarro (ed) La alfalfa en la Argentina. INTA Subprograma Alfalfa. Enciclopedia Agro de Cuyo, Manuales 11, Cap. 8, pp 149-170
- SAIBRO, J. C. **Avaliação preliminar de cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.) no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 1972. (Relatório de Pesquisa).
- SAIBRO, J. C. Produção de alfafa no Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE PASTAGENS, 7., 1985, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: FEALQ, 1985. p. 61-106
- SBRISIA, A. F.; SILVA, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p. 731-754.
- SILVA, V. *et al.* **Potenciais herbicidas para a cultura de alfafa**. 77. ed. Juiz de Fora: EMBRAPA, 2004.

SPADA, M. C. Red nacional de evaluación de cultivares de alfafa. **Avances en Alfalfa**, Buenos Aires, v. 15, 2005.

SMITH JR., S. R.; BOUTON, J. H.; HOVELAND, C. S. Alfalfa persistence and regrowth potential under continuous grazing. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, n. 6, p. 960-965, 1989.

SMITH JR., S. R.; BOUTON, J. H. Selection within Alfalfa Cultivars for Persistence under Continuous Stocking. **Crop Science**, Madison, v.33, p. 1321-1328, 1993.

STRECK, C. A. *et al.* Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 755-760, 2004.

STUTEVILLE, L. D.; ERWIN, D. C. **Compendium of alfalfa diseases**. St Paul: APS,1990.

VILELA, D. Potencialidade da alfafa na região Sudeste do Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 175, p. 50-53, 1992.

VILELA, D. Potencial do pasto de alfafa (*Medicago sativa*) para produção de leite. *In*: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DE ALFAFA (*MEDICAGO SATIVA* L.) NOS TRÓPICOS, 1994., Juiz de Fora. **Anais [...]**. Juiz de Fora: EMBRAPA - CNPGL, 1994. p. 171-185.

VILELA, D. *et al.* Prioridades de pesquisa e futuro da alfafa no Brasil. *In*: FERREIRA, R. P. *et al.* (ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008, p. 441-455.

VINHOLPIS, M. M. B.; ZEN, S.; BEDUSCHI, G. *et al.* Análise econômica de utilização de alfafa em sistemas de produção de leite. *In*: FERREIRA, R. P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. A. *et al.* (ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. Brasília: Embrapa Sede, 2008. p.395-420.

WILSON, J. R. Environmental and nutritional factors affecting herbage quality. *In*: Hacker, J. B. (ed.). **Nutritional limits to production from pastures**. Farnham Royal: CAB, 1982. p. 111-131.

9. VITA

Tamyris Nunes dos Santos, filha de Sergio Nunes dos Santos e Tânia Maria Maria Nunes dos Santos, nasceu em 15 de setembro de 1989 na cidade de Guaíba, Rio Grande do Sul. Realizou o ensino fundamental na Escola Municipal Inácio de Quadros, no mesmo município. Concluiu o ensino médio no ano de 2007, no Colégio Estadual Conego Scherer também em Guaíba. Em 2008 ingressou no curso técnico de Contabilidade pelo instituto Pensar, concluindo em 2010. Após esse período, trabalhou por dois anos nessa área. Em 2012 ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do sul, graduando-se no ano de 2017. Durante esse período, realizou estágios na área agrônômica e foi bolsista de iniciação científica no Departamento de Plantas Forrageiras, sob orientação do professor Miguel Dall'Agnol, auxiliando nos experimentos dos mestrados e doutorandos. Em 2018 ingressou na pós graduação em Zootecnia, na mesma universidade com o mesmo orientador na área de concentração de plantas forrageiras como bolsista CNPq.