

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola
Familiar

Tese



Fluxo de energia solar e produtividade em cultivo de capim-sudão BRS
Estribo em diferentes espaçamentos e épocas de semeadura

Carolina da Silva dos Santos

Pelotas, 2021

Carolina da Silva dos Santos

**Fluxo de energia solar e produtividade em cultivo de capim-sudão BRS
Estribo em diferentes espaçamentos e épocas de semeadura**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Roberto Trentin

Coorientador: Edgar Ricardo Schöffel

Pelotas, 2021

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S237f Santos, Carolina da Silva dos

Fluxo de energia solar e produtividade em cultivo de capim-sudão BRS Estribo em diferentes espaçamentos e épocas de semeadura / Carolina da Silva dos Santos ; Roberto Trentin, orientador ; Edgar Ricardo Schöffel, coorientador. — Pelotas, 2021.

70 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. Albedo. 2. Data de semeadura. 3. Forragem. 4. Produção de matéria verde e seca. 5. *Sorghum sudanense*. I. Trentin, Roberto, orient. II. Schöffel, Edgar Ricardo, coorient. III. Título.

CDD : 633.3

Carolina da Silva dos Santos

Fluxo de energia solar e produtividade em cultivo de capim-sudão BRS Estribo
em diferentes espaçamentos e épocas de semeadura

Data da Defesa: 25 de junho de 2021.

Banca examinadora:

.....
Prof. Dr. Roberto Trentin (Orientador), Doutor em Engenharia Agrícola, pela
Universidade Federal de Santa Maria.
.....

.....
Prof. Dr. Ivan Carlos Maldaner, Doutor em Agronomia, pela Universidade Federal de
Santa Maria.
.....

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

.....
Dr. Gustavo Trentin, Doutor em Agronomia, pela Universidade Federal de Santa
Maria.
.....

Dedico este trabalho aos meus pais Laura e José Firmino, meu irmão Vitor, meu esposo Joel e ao nosso filho Joaquim por todo apoio e confiança durante esta jornada.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por todas as bênçãos em minha vida.

À Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar pela oportunidade de cursar o doutorado.

Ao corpo docente, discente e funcionários da UFPel e do PPGSPAF que cruzaram meu caminho dando todo seu apoio neste período.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Instituto Federal-Sul-Rio-Grandense, *Campus Pelotas Visconde da Graça* pela disponibilização da área para o experimento e a toda sua equipe para o que fosse necessário para a realização do trabalho.

À Embrapa Pecuária Sul por disponibilizar seu corpo de pesquisadores para instruir e apoiar o nosso projeto no que foi necessário.

Ao meu orientador Professor Roberto Trentin por todo apoio, dedicação e ensinamentos transmitidos durante essa jornada, sem sua ajuda isso não seria possível.

Aos meus amigos e colegas Amanda Borges, Leandro Maciel e Patrícia Marques pelo companheirismo e ajuda em tudo que precisei.

Aos meus pais Laura e José Firmino, e irmão Vitor, por sempre estarem ao meu lado em todos os momentos, me ajudando, guiando e apoiando.

Ao meu esposo Joel Manfron por trilhar comigo essa jornada, dando todo seu empenho, compreensão e ajuda nos momentos necessários.

E por fim, agradeço ao meu filho Joaquim por tornar meus dias mais felizes desde que chegou, e que mesmo tão pequeno é capaz de compreender o quanto essa etapa é importante na minha vida.

“Tudo aquilo que merecemos faz parte de uma trajetória que não é fácil. No entanto, sempre existirá um caminho, a questão é: o quanto você está disposto a caminhar?”

Luara Quaresma

Resumo

SANTOS, CAROLINA DA SILVA DOS. **Fluxo de energia solar e produtividade em cultivo de capim-sudão BRS Estribo em diferentes espaçamentos e épocas de semeadura**. 70 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

A utilização em grande escala do capim-sudão BRS Estribo, uma gramínea anual de verão, como forrageira para alimentação animal é relativamente nova, principalmente na região Sul. Quando o pastejo é conduzido de forma bem manejada, é geralmente, o sistema mais barato de produção de ruminantes e muito utilizado em todas as regiões do nosso país. Para o melhor aproveitamento da cultura e a maior produção é que algumas características no manejo precisam ser compreendidas, como a época de semeadura e espaçamento entrelinhas, pois definem as características produtivas desta forragem, tais como o número total de cortes e a capacidade de perfilhamento. No entanto, na literatura não são encontrados trabalhos que esclareçam completamente os espaçamentos entrelinhas que devem ser usados no cultivo do capim-sudão e nem a melhor época para a sua semeadura. Deste modo, os objetivos deste estudo foram avaliar se diferentes épocas de semeadura e diferentes espaçamentos entrelinhas influenciam sobre o albedo e o acúmulo de matéria verde e seca do capim-sudão na região de Pelotas-RS. Foram utilizadas cinco épocas distintas de semeadura (novembro de 2016, janeiro de 2017, novembro de 2017, dezembro de 2017 e janeiro de 2018) e três espaçamentos entrelinhas (0,17; 0,34 e 0,51 m) com quatro repetições em dois anos agrícolas (2016/2017 e 2017/2018). O albedo foi determinado a partir da relação dos dados de radiação solar global e refletida, obtidos pelos tubos solarímetros instalados no experimento. E a produção de matéria verde e seca foi determinada por amostragem da pastagem nos três tratamentos distintos. As épocas em que a semeadura ocorreu mais cedo, foram as que obtiveram maior produção de matérias verde e seca em relação às outras, nos dois anos agrícolas avaliados. O menor espaçamento entrelinhas foi o que obteve maior produção de matéria verde e seca, comparado com os demais espaçamentos, independentemente da época de semeadura. Num dia ensolarado, o albedo foi de 0,31, 0,29 e 0,27 nos espaçamentos de 0,17 m, 0,34 m e 0,51 m respectivamente, já no dia nublado, o albedo foi de 0,28, 0,27 e 0,23, nos espaçamentos 0,17, 0,34 e 0,51 m, respectivamente.

Palavras-chave: Albedo, data de semeadura, forragem, produção de matéria verde e seca, relação folha/colmo, *Sorghum sudanense*.

Abstract

SANTOS, CAROLINA DA SILVA DOS. **Solar energy flow and yield in Sudan grass BRS Estribo at different spacings and sowing dates.** 70 f. Thesis (Doctorate in Agronomy) - Postgraduate Program in Family Agricultural Production Systems. Federal University of Pelotas, Pelotas, RS.

The large-scale use of Sudan grass BRS Estribo, an annual summer grass, as forage for animal feed is relatively new in south Brazil. When grazing is conducted in a well-used in all regions of our country. For the best use of the crop and greater production, some management characteristics need to be understood, such as sowing date and spacing between rows, as they define the productive characteristics of this forage, such as the total number of cuts and tillering capacity. However, in the literature there are no studies that clarify about the spacing between rows that should be used in the cultivation of Sudan grass, nor the best time for its sowing. Thus, the objectives of this study were to evaluate the influence of different sowing dates and different spacing between rows on the albedo and accumulation of green and dry matter of Sudan grass in the region of Pelotas-RS. Five different sowing dates were used (November 2016, January 2017, November 2017, December 2017, and January 2018), three row spacing (0.17, 0.34 and 0.51 m) with four repetitions in two agricultural years (2016/2017 and 2017/2018). The albedo was determined from the relation of global and reflected solar radiation data, obtained by the solarimeter tubes installed in the experiment. And the production of green and dry matter was determined by sampling the plants in the three different treatments. The sowing dates in which sowing occurred earlier were the ones with the highest production of green and dry matter in relation to the others, in the two agricultural years evaluated. The smallest spacing between rows had the highest production of green and dry matter, compared to the other spacings, regardless of the sowing date. On a sunny day, the albedo was 0.31, 0.29 and 0.27 in the spacings of 0.17, 0.34 and 0.51 m respectively. On the cloudy day, the albedo was 0.28, 0.27 and 0.23 at 0.17, 0.34 and 0.51 m spacings, respectively.

Keywords: Albedo, sowing date, forage, green and dry matter production, leaf/stem ratio, *Sorghum sudanense*.

Lista de Figuras

Figura 1. Localização do experimento (A área demarcada indica o Campus Visconde da Graça e a seta verde indica o local exato do experimento). Fonte: https://www.google.com.br/maps	27
Figura 2. Abertura das linhas de semeadura.....	28
Figura 3. Representação da distribuição dos blocos dos tratamentos nos diferentes anos agrícolas.	29
Figura 4. Medida da altura do dossel da cultura.	30
Figura 5. Separação das plantas em folha, colmo e material morto.....	30
Figura 6. Experimento sendo cortado na altura dos cortes amostrais.....	31
Figura 7. Instrumentos micrometeorológicos ligados ao sistema de aquisição de dados datalogger.....	31
Figura 8. Disposição dos tubos solarímetros.....	32
Figura 9. Variação diária da radiação solar global (Rs), temperatura média do ar (Tar) e Chuva, registrados durante o período experimental em dois anos agrícolas 2016-2017 (a) e 2017-2018 (b). Pelotas, RS.	39
Figura 10. Componentes do balanço de ondas curtas (BOC), Radiação solar global (Rs) e Radiação solar refletida (Rr) sobre o cultivo de capim-sudão BRS Estribo, em um dia ensolarado (20/12/2016) em três espaçamentos de semeadura 0,17 m (a), 0,34 m (b) e 0,51 m (c). Pelotas, RS.	43
Figura 11. Componentes do balanço de ondas curtas (BOC), Radiação solar global (Rs) e Radiação solar refletida (Rr) sobre o cultivo de capim-sudão BRS Estribo, em um dia nublado (19/12/2016) em três espaçamentos de semeadura 0,17 m (a), 0,34 m (b) e 0,51 m (c). Pelotas, RS.....	44
Figura 12. Albedo do cultivo de capim-sudão BRS Estribo cultivado em três espaçamentos de semeadura 0,17 m, 0,34 e 0,51 m para um dia (20/12/2016) ensolarado (a) e para um dia (19/12/2016) nublado (b). Pelotas, RS.	46

Figura 13. Valores de albedo às 12h00 em um cultivo de capim-sudão BRS Estribo cultivado em três espaçamentos de semeadura 0,17 m, 0,34 e 0,51 semeado em 22/11/2016. As setas indicam as datas de emergência e cortes. Pelotas, RS..... 47

Figura 14. Relação entre radiação solar global (R_s) e a radiação solar refletida (R_r) pela superfície do capim-sudão em três espaçamentos de semeadura 0,17 m (a), 0,34 m (b) e 0,51 m (c). Pelotas, RS.48

Lista de Tabelas

Tabela 1. Características químicas de amostras da camada superficial (0 - 0,2m) do solo da área experimental.....	28
Tabela 2. Radiação solar global (Rs) acumulada e duração (dias) de cada subperíodo de desenvolvimento do capim-sudão em cinco épocas de semeadura (1: 22/11/2016; 2: 02/01/2017; 3: 13/11/2017; 4: 20/12/2017; e 5: 30/01/2018). Pelotas, RS.....	40
Tabela 3. Eficiência de conversão da radiação solar em massa seca (ϵ_b) para capim-sudão BRS Estribo em função da interação de cinco épocas de semeadura (1: 22/11/2016; 2: 02/01/2017; 3: 13/11/2017; 4: 20/12/2017; e 5: 30/01/2018) e de três espaçamentos entrelinhas 0,17 m, 0,34 m e 0,51 m. Pelotas, RS.....	41
Tabela 4. Produção de matéria verde de colmo (MVC), Produção de matéria verde total (MVT) e Produção de matéria seca total (MST) em função de cinco diferentes épocas de semeadura nos anos agrícolas 2016-17 e 2017-18, Pelotas, RS.	54
Tabela 5. Produção de matéria verde de colmo (MVC), Produção de matéria verde total (MVT), e Produção de matéria seca total (MST) em função de três espaçamentos entrelinhas de semeadura nos anos agrícolas 2016-17 e 2017-18, Pelotas, RS.	55
Tabela 6. Produção de matéria verde de folha (MVf) em função da interação dos fatores época de semeadura e dos espaçamentos entrelinhas de semeadura (0,17; 0,34 e 0,51 m) nos anos agrícolas 2016-17 e 2017-18, Pelotas, RS.	56
Tabela 7. Produção de matéria seca de folha (MSF) e Produção de matéria seca de colmo (MSC) em função da interação dos fatores época de semeadura e dos espaçamentos entrelinhas de semeadura (0,17; 0,34 e 0,51 m) nos anos agrícolas 2016-17 e 2017-18, Pelotas, RS.....	56
Tabela 8. Relação folha/colmo em cinco diferentes épocas de semeadura nos anos agrícolas 2016-17 e 2017-18, Pelotas, RS.....	57

Lista de Apêndices

Apêndice A. Análise de variância da eficiência de conversão da radiação solar em massa seca (\mathcal{E}_b) em função da época de semeadura, do tratamento, bloco e interação época de semeadura e tratamento, para o capim-sudão BRS Estribo, em Pelotas-RS.	67
Apêndice B. Análise de variância da produção de matéria verde total, de folha e de colmo em função da época de semeadura, do tratamento, bloco e interação época de semeadura e tratamento, para o capim-sudão BRS Estribo, em Pelotas-RS.	68
Apêndice C. Análise de variância da produção de matéria seca total, de folha e de colmo em função da época de semeadura, do tratamento, bloco e interação época de semeadura e tratamento, para o capim-sudão BRS Estribo, em Pelotas-RS.	69
Apêndice D. Análise de variância da relação folha/colmo em função da época de semeadura, do tratamento, bloco e interação época de semeadura e tratamento, para o capim-sudão BRS Estribo, em Pelotas-RS.....	70

Lista de Abreviaturas e Siglas

α - Albedo

BOC - Balanço de Ondas Curtas

ε – Eficiência de conversão da radiação solar em massa seca

cm - Centímetros

ES - Época de semeadura

ha - Hectare

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Kg - Quilogramas

m – Metros

mm - Milímetros

MSC - Matéria Seca de Colmo

MSF - Matéria Seca de Folha

MST - Matéria Seca Total

MVC - Matéria Verde de Colmo

MVF - Matéria Verde de Folha

MVT - Matéria Verde Total

PMS – Produção de Massa Seca

RFA - Radiação Fotossinteticamente Ativa

RFAi - Radiação Fotossinteticamente Ativa incidente

Rr - Radiação solar refletida

Rs - Radiação solar global

Tar – Temperatura média do ar

MJ – Megajoule

W - Watt

Sumário

1	Introdução	16
2	Revisão de Literatura	19
2.1	A cultura do capim-sudão e seu potencial forrageiro	19
2.2	Radiação Solar (Balanço de Ondas Curtas (BOC), Albedo)	21
2.3	Espaçamento entrelinhas	24
2.4	Época de semeadura	25
3	Material e Métodos.....	27
4	Capítulo 1. Fluxos de energia em cultivo de capim-sudão BRS Estribo em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos entrelinhas	33
	Resumo	33
4.1	Introdução	33
4.2	Material e Métodos.....	35
4.3	Resultados e Discussão	37
4.4	Conclusões	49
5	Capítulo 2. Produção de capim-sudão BRS Estribo em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos entrelinhas.....	50
5.1	Introdução	50
5.2	Material e Métodos.....	51
5.3	Resultados e Discussão	53
5.4	Conclusões	57
6	Considerações Finais.....	58
	Referências	59
	Apêndices.....	66

1 Introdução

Na agricultura familiar, uma importante fonte de renda para os produtores provém da criação de bovinos, seja pela comercialização da produção de leite ou carne. De acordo com o último censo agropecuário, o número de estabelecimentos agropecuários com bovinos no estado do Rio Grande do Sul é de 261.717, sendo que destes 213.384 constituem-se de unidades familiares (IBGE, 2017). Isto demonstra o quão grande é a importância da pecuária familiar para o estado do RS, tanto em geração de renda quanto de alimentos.

Desta forma, sabe-se que um fator de grande importância na criação de bovinos é a produção de forragens, pois é a fonte de alimento de menor desembolso nos sistemas de produção de ruminantes (FONSECA et al., 2010), tanto de carne (LEMOES et al., 2012; HOFFMANN et al., 2014; MEZZOMO et al., 2020a), quanto de leite (CÓSER & PEREIRA, 2001; JOCHIMS et al., 2018; MICHELS et al., 2019). Por isso, usar plantas fisiologicamente mais eficientes no aproveitamento de luz, nutrientes e água, é altamente desejável (PENNA et al., 2010). Para que as plantas obtenham o maior acúmulo de folhas vivas em seu dossel, elas precisam de energia solar, água e nutrientes fornecidos pelo solo (NASCIMENTO JÚNIOR & ADESE, 2004), no entanto, o fator radiação solar é o que mais interfere no pleno desenvolvimento e crescimento das pastagens, pois 90% do peso seco das plantas provêm diretamente da assimilação fotossintética do carbono (BENINCASA, 1988; NABINGER, 2000). Pois é a radiação, a força motriz dos processos físico-químicos e biológicos que acontecem no planeta (BORGES et al., 2010).

Existe uma relação linear entre a fitomassa produzida pelas plantas e a radiação absorvida ao longo do ciclo (TOLLENAR & BRUULSEMA, 1988). Porém, somente uma parte do espectro da luz solar consegue ser utilizada pelas plantas para a assimilação fotossintética, a chamada Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) (KLUGE et al., 2015). O que quer dizer que a quantidade de radiação solar absorvida é determinante no rendimento das culturas.

No entanto, a forma de crescimento da haste das plantas, a densidade populacional das hastes, o espaçamento entrelinhas, afetam a distribuição da área foliar no dossel das culturas. Então, a maneira como a radiação fotossinteticamente

ativa é interceptada pelo dossel das plantas é um fator determinante para a fotossíntese e conseqüentemente, para a produção da cultura (STEWART et al., 2003). Sabendo disto, torna-se imprescindível o conhecimento da espécie forrageira que se deseja implantar.

Dentre as inúmeras espécies forrageiras, sempre são buscadas características de alta produtividade, alta rusticidade, alto perfilhamento, maior tolerância ao pastejo e ao pisoteio. Essas são características desejadas em qualquer espécie forrageira. O capim-sudão (*Sorghum sudanense*) é uma forrageira da família Poaceae que vem sendo cada vez mais uma opção de cultivo para produtores no Rio Grande do Sul, pois possui elevada produtividade de matéria seca que é de alta qualidade bromatológica. Além disso, essa é uma forrageira indicada como solução para reduzir o efeito de carência alimentar animal, principalmente em regiões que sofrem períodos de estiagens frequentes (RODRIGUES, 2000 *apud* MEZZOMO, 2017).

O perfilhamento é uma parte importante no desenvolvimento de algumas espécies de gramíneas. O perfilho é uma haste que se desenvolve da gema axial da haste-mãe. É apontado como a característica mais importante para o estabelecimento da produtividade das gramíneas forrageiras (FREITAS, 2000). Pois o número de folhas geradas em um perfilho representa valiosa referência ao potencial de perfilhamento, pois cada gema axilar associada a uma folha gerada pode, potencialmente, gerar um novo perfilho e, portanto, alterar a estrutura de uma comunidade de plantas (NASCIMENTO JUNIOR et al., 2002). No entanto, o perfilhamento depende de algumas condições ambientais, competição por água, radiação solar e nutrientes e do manejo dado à cultura (densidade de plantas). E o capim-sudão tem excelente capacidade de perfilhamento (SILVEIRA et al., 2015), por isso a importância em se conhecer qual o melhor espaçamento entrelinhas para a cultura.

Para o melhor aproveitamento da cultura e a maior produção é que algumas características no manejo precisam ser compreendidas, como a época de semeadura e espaçamento entrelinhas, pois definem as características produtivas desta forragem, tais como o número total de cortes e a capacidade de perfilhamento. No entanto, na literatura não são encontrados trabalhos que esclareçam completamente os espaçamentos entrelinhas que devem ser usados no cultivo do capim-sudão e nem

a melhor época para a sua semeadura. Assim, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a influência dos espaçamentos entrelinhas de semeadura sobre o albedo e avaliar o acúmulo de matéria verde e seca do capim-sudão em diferentes datas de semeadura.

2 Revisão de Literatura

2.1 A cultura do capim-sudão e seu potencial forrageiro

O capim-sudão (*Sorghum sudanense*), é uma espécie originária do Sudão e do sul do Egito, primeiramente introduzida nos Estados Unidos no ano de 1909, e então trazida para o Brasil, Argentina e Uruguai (ARAUJO, 1972 *apud* DABUL et al., 2018). Pode ser encontrada em regiões de clima temperado até florestas (PEREIRA et al., 2016). A cultura possui alta qualidade nutricional, alta produção de forragem, se presta para semeadura precoce, possui ciclo de produção longo, alta rusticidade, tanto no que se refere ao estresse hídrico, quanto as condições nutricionais do solo. É adaptada a climas secos e quentes e tem alta capacidade de rebrote após ser pastejada ou cortada, superior a outras gramíneas anuais de verão comumente utilizadas (MEZZOMO et al., 2020b; EMBRAPA, 2014; BIBI et al., 2010). E pode ser utilizada como pastagem, silagem e produção de feno, (BIBI et al., 2010; MATTOS, 2003).

Gramíneas com alta relação folha/colmo e com colmos finos, são comumente usadas para produção de feno, pois desidratam mais rapidamente e resultam num feno de melhor qualidade, além disso, as plantas de hábito de crescimento ereto e que possuem meristema apical facilmente eliminado no pastejo necessitam de maior frequência de corte a rebaixamento menor (FONSECA et al., 2010). E o capim-sudão BRS Estribo possui esses atributos, é uma gramínea de porte ereto, com colmos mais finos (EMBRAPA, 2014), se prestando para a fenação, além de que essas características permitem que no pastejo os animais consigam fazer o rebaixamento do pasto sem precisar fazer roçadas frequentes durante o ciclo de produção (SILVEIRA et al., 2015).

O capim-sudão é uma forrageira pertencente à família das Poaceae, é uma planta anual de verão, com reprodução por sementes, com ciclo de produção durante a primavera e verão, possui elevada produção de matéria seca, alta rusticidade e alta capacidade de perfilhamento (SILVEIRA et al., 2015). Por ser adaptada ao clima do Rio Grande do Sul e por ter elevado potencial forrageiro nos períodos de carência de pastagens de qualidade, essa cultura é uma ótima alternativa de cultivo (MEZZOMO,

2017). A época de semeadura para a região Sul do Brasil, normalmente ocorre em meados de outubro, quando as poáceas anuais de inverno começam a entrar na fase final de seu ciclo (SILVEIRA et al., 2019).

O capim-sudão BRS Estribo, lançado em 2013 pela Embrapa em parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a Sulpasto – Associação Sul-Brasileira para o Fomento da Pesquisa de Forrageiras (EMBRAPA, 2013), é uma forrageira de clima tropical, porém adaptada às condições de clima do Rio Grande do Sul, onde o clima é subtropical. Essa espécie é anual, de hábito ereto, porte alto, atóxica aos animais em qualquer fase de desenvolvimento, adaptada a diversos tipos de solos e tem boa tolerância à deficiência hídrica (SILVEIRA et al., 2015). Por isso, o capim-sudão pode ser uma boa opção para uso e diversificação das pastagens anuais de verão pelos produtores. Além de também poder ser uma boa estratégia aos produtores que necessitam de suas áreas liberadas, pois por proporcionar bom ganho médio diário de peso aos bovinos de corte, possibilita antecipação de engorda dos animais e consequente venda antes da época de maior oferta no mercado, comercialização por preços melhores, e em decorrência a isso, libera os campos mais cedo para serem utilizados por outros animais (LAMPERT & MONTARDO, 2020).

Em 2018, o capim-sudão BRS Estribo chegou a ocupar cerca de 600 mil hectares em áreas semeadas com a cultura, a maioria desta área destinada para a produção de carne, com aproximadamente 542 mil hectares, e o restante para a produção de bovinos de leite a pasto (EMBRAPA, 2018 *apud* MEZZOMO et al., 2020b).

Algumas características da cultura do capim-sudão BRS Estribo, descritas por Silveira et al. (2015), nos permite ver esta forrageira como uma espécie de alto potencial de produção. Entre estas características podemos elencar as seguintes:

- É uma forrageira com ciclo de produção longo, ou seja, possibilita a semeadura mais precoce, em meados de setembro-outubro, e consegue produzir alimentos aos animais até maio ou junho, se as condições climáticas permitirem;
- Não é tóxica aos animais em nenhuma fase do seu estágio de desenvolvimento, o que permite ter alimento disponível há qualquer momento que o produtor precisar;

- É uma planta mais rústica, ou seja, resistente a pastejo e pisoteio, e tolerante a deficiência hídrica;
- Colmo mais fino do que no capim-sudão comum, o que facilita a ingestão dos animais, aproveitando melhor a pastagem disponível;
- Alto perfilhamento, e esta talvez seja a característica de maior relevância quando se fala em produção de pasto;
- Desde que bem manejada, esta pastagem possui um bom valor nutritivo e uma alta relação folha/colmo.

Quando se fala em manejo adequado do capim-sudão BRS Estribo, se preconiza que o produtor tenha em mente que é preciso fazer a correta adubação de base e de manutenção (mediante análise de solo), que é preciso respeitar a correta densidade de semeadura, atentar com as alturas de rebaixamento, entrada de animais ou corte quando as temperaturas forem críticas para o seu crescimento, ter cuidado com o excesso ou déficit hídrico no período de implantação da cultura, semear nas épocas e na profundidade (1 a 2 cm) mais adequadas, conforme o recomendado e fazer o controle das plantas espontâneas na área (SILVEIRA et al., 2015).

2.2 Radiação Solar (Balanço de Ondas Curtas (BOC), Albedo)

A radiação solar está diretamente relacionada com a capacidade de aproveitamento das plantas em converter energia luminosa disponível em biomassa seca. Pois praticamente todos os processos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem nos vegetais são advindos da energia solar (ASSIS & MENDEZ, 1989). Ou seja, o crescimento das plantas é em função da quantidade de biomassa acumulada pela fotossíntese (SANQUETTA et al., 2014).

A produtividade das culturas de acordo com o modelo proposto por Monteith (1972), é medido pela fitomassa produzida em função da radiação solar global incidente, e o que desta radiação é a fração de energia que é fotossinteticamente disponível (RFA), e da eficiência de interceptação e de conversão em matéria seca da RFA num determinado período (SILVA et al., 2008).

Neste sentido, Sanquetta et al. (2014) dizem que a produção de matéria seca está diretamente relacionada com a quantidade de radiação fotossinteticamente

disponível absorvida pela planta e pela sua eficiência em converter energia solar em fotoassimilados através da fotossíntese. E os mesmos autores constataram que na maioria das vezes essa é uma função linear, em que o coeficiente angular da curva entre a radiação fotossinteticamente ativa interceptada e a biomassa seca acumulada determina a eficiência em transformar radiação solar em produção de fitomassa.

Do total da radiação que chega até o topo da atmosfera, somente 51% atinge a superfície terrestre, e isso acontece por causa dos processos de espalhamento e absorção que ocorrem na atmosfera (CASAROLI et al., 2007). É estimado que somente 5% da energia solar total que chega até a superfície terrestre seja de fato utilizada nas transformações bioquímicas das plantas, e conseqüentemente na produção de carboidratos pelas mesmas, sendo o restante desta energia emitida em comprimentos de ondas maiores, transformadas em energia calorífica ou refletida pelas superfícies (TAIZ & ZIEGER, 2004).

Contudo, a quantidade de energia disponível para os processos de evapotranspiração, fotossíntese, e aquecimento do ar e do solo, ou seja, o saldo de radiação ou de energia, é uma componente do balanço de energia constituída pela radiação de ondas curtas e de ondas longas (FIETZ & FISCH, 2009). Porém, somente parte do total da radiação solar que chega até a superfície está disponível para estes processos de evaporação da água, fotossíntese e aquecimento do ar e do solo, pois parcela desse total é refletida pelo solo e pelas plantas (RADÜNZ et al., 2011).

Da radiação solar global que incide sobre a superfície terrestre, parte é refletida, e parte é absorvida pelas culturas, sendo que a parte absorvida é o chamado balanço de radiação de ondas curtas (KRIEGER et al., 2019). A razão entre a radiação refletida e a radiação solar global, é definida como albedo, ou coeficiente de reflexão de ondas curtas, que é uma importante variável do balanço de ondas curtas (FIETZ & FISCH, 2009; BERGAMASCHI & BERGONCI, 2017; KRIEGER et al., 2019). Desta forma, o albedo, denominado como sendo a fração da radiação que chega até a superfície e que é devolvida para a atmosfera por causas das condições de reflexibilidade da superfície terrestre, é um importante componente do balanço de energia e é dependente do tipo de superfície (SCHÖFFEL & VOLPE, 2000; LEIVAS et al., 2007; KRIEGER et al., 2019).

Como o albedo é dependente das características das superfícies, sabe-se que as rugosas de coloração escura e teor de umidade elevado levam a menores valores de albedo, já as superfícies suaves, de coloração clara e baixos teores de umidade proporcionam altos valores de albedo (SCHÖFFEL et al., 2021). No entanto, o albedo é influenciado se a superfície estiver coberta por vegetação, pela porcentagem desta cobertura no solo, pela espécie que está sendo cultivada, pela altura das plantas, pelo ângulo das folhas, pelo índice de área foliar, e se há nuvens na atmosfera e pelo ângulo de inclinação dos raios solares (BLAD & BACKER, 1972; CORREIA et al., 2002; QUERINO et al., 2013, RADÜNZ et al., 2013).

Por isso, quanto menor o valor de albedo, maior é a energia disponível para o meio, o que indica que a superfície reflete menos radiação solar, e por consequência, as plantas absorvem mais (KUSHARI & KONITPONG, 2011).

Quando se considera a radiação interceptada pelas plantas, é preciso levar em conta que apenas parte desta é utilizada, a chamada radiação fotossinteticamente ativa (RFA) (BERGAMASCHI & BERGONCI, 2017). A fração denominada de RFA é o fluxo de fótons na faixa de 400 a 700 nm do espectro solar (McCREE, 1972), também denominada como luz visível (BERGAMASCHI & BERGONCI, 2017). Para medir a RFA são utilizados os piranômetros com filtros capazes de separar as demais bandas de radiação, ou então um sensor específico, chamado de *quântico*, devido a unidade que expressa (PEREIRA et al., 2002).

Porém, na ausência de instrumentos capazes de medir a RFA, pode-se estimá-la a partir da radiação solar global (R_s), já que representa parte da mesma. E para a região de Pelotas, RS, Assis & Mendez (1989), estimaram que a RFA equivale a 47% da R_s que chega até as superfícies.

Com a quantificação da radiação fotossinteticamente ativa, absorvida ou interceptada por uma cultura, é possível estabelecer a produção de fitomassa a partir desta, ou seja, compreender a eficiência do uso da radiação solar na produção de matéria seca (SIVAKUMAR & VIRMANI, 1984; COSTA et al., 1996). Para determinar a eficiência de conversão de radiação solar em matéria seca, pode-se fazer uso no modelo de Monteith (1977), onde a produção de massa seca é obtida pelo produto do acumulado de radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela eficiência de conversão de radiação solar em massa seca (\mathcal{E}_b).

2.3 Espaçamento entrelinhas

A semeadura do capim-sudão deve ser preferencialmente em linha e com espaçamento entrelinhas de 0,17 a 0,45 m (EMBRAPA, 2014). As máquinas semeadoras reguladas para trigo ou arroz são adequadas para essa operação, com espaçamento entrelinhas de 0,12 e 0,17 m (SILVEIRA et al., 2019).

Para a cultura do capim-sudão, em especial o BRS Estribo, as informações a respeito do melhor espaçamento entrelinhas ainda são muito subjetivas. Como visto no parágrafo anterior, os limites determinados como melhores espaçamentos são muito amplos, e, no entanto, ainda não foi determinado exatamente qual o melhor espaçamento entrelinhas de semeadura. Por isso serão usados dados a respeito de outras culturas da família das poáceas de verão para tentar entender a importância da escolha correta do melhor espaçamento entrelinhas.

A escolha do melhor arranjo espacial das plantas na área, com a redução do espaçamento entrelinhas, contribui para incremento na produtividade (BALBINOT JUNIOR & FLECK, 2004; STRIEDER, 2006). E esse aumento na produtividade, decorrente da melhor distribuição de plantas com a redução do espaçamento entrelinhas de semeadura, reduz a competição por água, luz e nutrientes entre as plantas (ARGENTA et al., 2001; PENARIOL et al., 2003; MODOLO et al., 2010).

Outro fator importante observado é a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelas plantas, fator que exerce grande influência na produtividade de qualquer cultura. E a redução no espaçamento entrelinhas de semeadura é uma das formas de aumentar a interceptação da radiação pelas plantas (ARGENTA, et al., 2001), por causa da melhor distribuição espacial das mesmas (FLÉNET et al., 1996).

Outra vantagem que vale destacar é que com a adoção de manejos que proporcionem à cultura vantagem competitiva em relação às plantas daninhas, diminui a necessidade do uso de herbicidas (TOLLENAAR et al., 1994), e o espaçamento entrelinhas reduzido, além de melhor distribuir as plantas, também pode suprimir o crescimento das daninhas. E isso acontece por que proporciona um aumento na capacidade das plantas em interceptar a luz pelo seu dossel, por consequência, as plantas ocuparão o espaço de forma mais rápida, diminuindo a disponibilidade de

recursos abióticos para o crescimento e desenvolvimento das daninhas (THARP & KELLS, 2001).

Em trabalhos realizados com a cultura do sorgo, Albuquerque et al. (2010) e Fernandes et al. (2014) relatam que, o reduzido espaçamento entrelinhas favorece o crescimento e desenvolvimento da cultura, por aumentar a eficiência da utilização de luz, água e nutrientes, além de um maior controle de plantas daninhas. Neumann et al. (2010) e Bandeira et al. (2018), relataram não haver diferenças significativas para os mesmos fatores comparando diferentes espaçamentos entrelinhas de semeadura na cultura do sorgo. Já Albuquerque et al. (2011), testando diferentes espaçamentos entrelinhas de semeadura (0,5 m, 0,7 m e 0,9 m), em dois anos agrícolas (2006/07 e 2007/08) na cultura do sorgo forrageiro no município de Jaíba-MG obtiveram como resultados que a viabilidade da redução do espaçamento entrelinhas do cultivo depende da cultivar utilizada e das condições climáticas de cada ano agrícola.

Costa et al. (2013), avaliando diferentes espaçamentos entrelinhas (22,5; 45,0; 67,5 e 90,0 cm) e densidades de semeadura para a cultura do milho no município de Marechal Cândido Rondon/PR, concluem que a produção de massa verde da cultura na fase de florescimento, decresce à medida em que se aumenta o espaçamento entrelinhas utilizado.

E tudo isso nos levou a crer que o menor espaçamento entrelinhas influencia na maior produção de matéria seca da cultura do capim-sudão. Dado que será abordado nesta tese.

2.4 Época de semeadura

Existe para o capim-sudão BRS Estribo uma indicação de épocas possíveis de semeadura muito ampla, que vão desde o início de setembro até fevereiro (SILVEIRA et al., 2015). Porém, não está totalmente esclarecido qual a melhor época de semeadura que garanta maior produção no final do ciclo, e por isso não são encontrados trabalhos que estabeleçam isso para esta forrageira. E isso nos traz a necessidade de buscar informações na literatura disponível a respeito do tema, estudos que trabalharam com culturas semelhantes, que sejam da família das poáceas de verão, que possuam hábito ereto, porte alto e capacidade de

perfilhamento para melhorar a compreensão a respeito do assunto e ajudar a estabelecer a melhor época de semeadura para o capim-sudão BRS Estribo.

Romagnoli et al. (2020), em experimento no município de Votuporanga-SP com diferentes épocas de semeadura sobre cultivo de sorgo sacarino (novembro/2013, dezembro/2013, janeiro/2014 e fevereiro/2014), encontraram resultados de que a época de semeadura influencia na produtividade do sorgo sacarino, sendo que a maior produção foi nas épocas de novembro e dezembro.

3 Material e Métodos

O experimento com a pastagem capim-sudão BRS Estribo foi conduzido em dois anos agrícolas, 2016-2017 e 2017-2018, no Instituto Federal Sul-Rio-Grandense – Campus Visconde da Graça, localizado no município de Pelotas – RS (31°42'59" S, 52°18'56" O e altitude de 17 m) (Figura 1). O Clima do local é do tipo Cfa, subtropical úmido, com precipitação uniforme e bem distribuída ao longo do ano, conforme a classificação Köppen.



Figura 1. Localização do experimento (A área demarcada indica o Campus Visconde da Graça e a seta verde indica o local exato do experimento). *Fonte:* <https://www.google.com.br/maps>

Para efetuar a fertilização do solo, coletou-se uma amostra composta para análise, e então, a partir do laudo de fertilidade do solo (Tabela 1), realizado pelo Laboratório de Análises de Solos da Faculdade de Agronomia da UFPel em setembro de 2016, foram feitas as devidas correções do mesmo conforme recomendado no Manual de Adubação e Calagem para os Solos de Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004). Constatou-se não haver necessidade de calagem da área. O solo foi preparado de forma convencional, com aração e gradagem. E antes de cada semeadura foi realizada a dessecação da área a ser semeada para controle das

plantas espontâneas. Após a dessecação realizou-se a demarcação de cada parcela (tratamento 1: 1,2 m x 4 m; tratamento 2: 2,4 m x 4 m; e tratamento 3: 3,6 m x 4 m). Então realizou-se a abertura das linhas de semeadura a aproximadamente 0,02 m de profundidade, com o auxílio de um trado com regulagem de espaçamento (Figura 2), e fez-se a semeadura manual, para tal etapa foram pesadas previamente com auxílio de uma balança de precisão a quantidade de sementes correspondentes por parcela. A densidade de semeadura foi o equivalente a 25 Kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis, de acordo com o recomendado por Silveira et al. (2015).

Tabela 1. Características químicas de amostras da camada superficial (0 - 0,2m) do solo da área experimental.

Características químicas	Resultados
pH	5,6
Cálcio (cmol _c dm ⁻³)	3,8
Magnésio (cmol _c dm ⁻³)	1,1
Alumínio (cmol _c dm ⁻³)	0,0
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	2,8
CTC (cmol _c dm ⁻³)	8,0
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	5,2
Saturação por alumínio (%)	0,0
Saturação por bases (%)	65,0
Fósforo – Mehlich-1 (mg dm ⁻³)	73,8
Potássio – Mehlich-1 (mg dm ⁻³)	81,0



Figura 2. Abertura das linhas de semeadura com o auxílio de um trado com regulagem de espaçamento.

O experimento com as distintas épocas de semeadura foi conduzido em blocos ao acaso, com quatro repetições em esquema fatorial 5x3, com cinco épocas de semeadura e três espaçamentos entrelinhas. Os tratamentos utilizados com diferentes

espaçamentos entrelinhas foram: Tratamento 1: 0,17 m; Tratamento 2: 0,34 m; e Tratamento 3: 0,51 m, em cinco épocas distintas de semeadura (Época 1: 22 de novembro de 2016; Época 2: 02 de janeiro de 2017; Época 3: 13 de novembro de 2017; Época 4: 20 de dezembro de 2017; e Época 5: 30 de janeiro de 2018), (Figura 3).

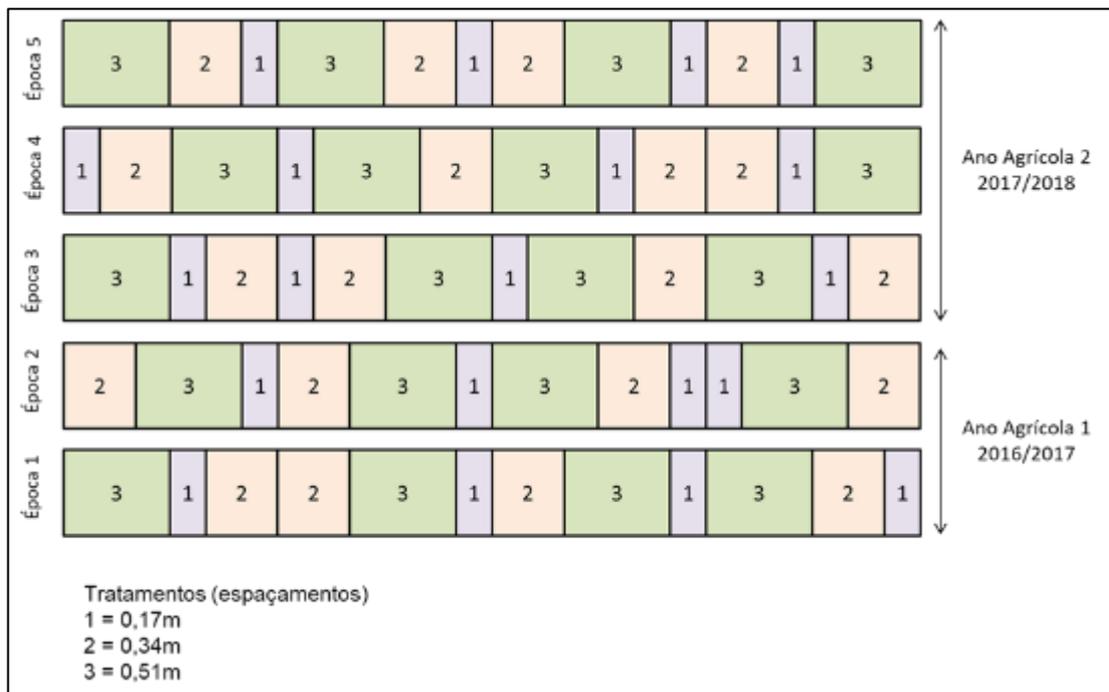


Figura 3. Representação da distribuição dos blocos dos tratamentos nos diferentes anos agrícolas.

A altura do dossel foi considerada a partir da superfície do solo até o ponto mais alto da curvatura da última folha. Foi determinada a cada três dias utilizando-se uma régua graduada em centímetros, sendo medidos quatro pontos aleatórios por repetição em cada tratamento (Figura 4). A condução da cultura se deu de tal forma, que sempre que o dossel vegetativo atingiu 0,5-0,6 m de altura, foi efetuado um corte até rebaixamento de 0,05-0,1 m, como recomendado para esta forrageira. Após cada corte foram realizadas adubações nitrogenadas de cobertura conforme o recomendado no Comunicado Técnico 89 da Embrapa (SILVEIRA et al., 2015).

A cada corte realizado, foram coletadas amostras do centro de cada parcela, aproximadamente 1 m linear na linha mais central de cada parcela, para avaliação de matéria verde (MV) – efetuou-se a separação das partes das plantas em folhas vivas, colmo, partes mortas (Figura 5) e inflorescência (plantas em final de ciclo). Esse material foi acondicionado em sacos de papel, pesado em balança de precisão (marca

Marte e modelo BL3200H), e secado numa estufa de ventilação forçada com temperatura do ar mantida a aproximadamente 65 °C, até atingir massa constante para determinação da matéria seca (MS). Depois de amostradas, as parcelas foram cortadas na mesma altura dos cortes amostrais (Figura 6).



Figura 4. Medida da altura do dossel da cultura.



Figura 5. Separação das plantas em folha, colmo e material morto.



Figura 6. Experimento sendo cortado na altura dos cortes amostrais.

Os instrumentos micrometeorológicos foram ligados a um sistema de aquisição de dados *datalogger* modelo CR1000 (Campbell Scientific®), programados para registrar, de forma independente, cada medição a cada segundo, armazenando a cada 30 minutos, um valor médio ou o somatório de cada sensor para esse intervalo de tempo. O *datalogger* funcionou com energia oriunda de bateria recarregável com a energia solar captada a partir de placas fotovoltaicas (Figuras 7). Foram coletados dados de: radiação solar global incidente (R_s) e refletida (R_r) pela cultura em cada um dos três tratamentos.



Figura 7. Instrumentos micrometeorológicos ligados ao sistema de aquisição de dados *datalogger*.

A radiação solar global incidente foi medida com o auxílio de um tubo solarímetro instalado a 1,2 m acima da superfície do solo e para a medida da radiação refletida foram utilizados três tubos solarímetros, um para cada tratamento, instalados com a face sensível voltada para a cultura, instalados a 1 m da superfície do solo (Figura 8). Os valores medidos de radiação solar global e refletida foram integralizados diariamente, obtendo-se os respectivos valores totais diários, que foram convertidos em $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$.



Figura 8. Disposição dos tubos solarímetros.

4 Capítulo 1. Fluxos de energia em cultivo de capim-sudão BRS Estribo em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos entrelinhas

Resumo

O objetivo do trabalho foi determinar o balanço de radiação de ondas curtas, o albedo e a eficiência do uso da radiação pelo capim-sudão (*Sorghum sudanense*) cultivado BRS Estribo cultivado em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos entrelinhas na região de Pelotas-RS. Os experimentos foram conduzidos em dois anos agrícolas, 2016-2017 e 2017-2018, em cinco épocas distintas de semeadura (novembro de 2016, janeiro de 2017, novembro de 2017, dezembro de 2017 e janeiro de 2018) e três espaçamentos entrelinhas (0,17; 0,34 e 0,51 m) com quatro repetições cada. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, composto por quatro blocos. Foram mensurados a Radiação solar global e a Radiação refletida pelo cultivo. Os dados micrometeorológicos obtidos pelo sistema de aquisição de dados foram transferidos para planilhas eletrônicas, onde foram organizados e tabulados em valores horários. E então calculados o acúmulo de radiação em cada subperíodo do desenvolvimento, o albedo e o balanço de ondas curtas. As variações temporais nos valores do albedo estão associadas, principalmente, ao ângulo de elevação solar e às condições de nebulosidade. O albedo foi influenciado inversamente ao espaçamento entrelinhas de semeadura do capim sudão, sendo maior nos menores espaçamentos.

Palavras-chave: Forragem, *Sorghum sudanense*, data de semeadura, Balanço de ondas curtas, albedo

4.1 Introdução

Na agricultura familiar, uma importante fonte de renda para os produtores é a criação de bovinos, sejam para produção de leite ou carne. De acordo com o último censo agropecuário, o número de estabelecimentos com produção de bovinos no estado é de 261.717, sendo que destes, 213.384 constituem-se de unidades familiares (IBGE, 2017). Isto demonstra o quão grande é a importância da pecuária familiar para

o Estado, tanto em geração de renda, quanto de alimentos. Desta forma, sabe-se que na criação de bovinos a produção de forragens é de suma importância, pois economicamente, é o alimento mais barato nos sistemas de produção (FONSECA et al., 2010). Neste contexto, a cultura do capim-sudão é uma alternativa para os produtores, pois apresenta elevado potencial de acúmulo de massa de forragem, alta rusticidade, alto perfilhamento e é adaptada às condições climáticas do Rio Grande do Sul (SILVEIRA et al., 2015).

A produção de biomassa é a forma pela qual se mede a eficiência e a qualidade de uma pastagem que serve como alimento para os animais. E a radiação solar está diretamente relacionada com a capacidade de aproveitamento das plantas em converter energia luminosa disponível em biomassa seca. Pois praticamente todos os processos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem nos vegetais são advindos da energia solar (ASSIS & MENDEZ, 1989). Ou seja, o crescimento das plantas é em função da quantidade de biomassa acumulada pela fotossíntese (SANQUETTA et al., 2014). Neste sentido, Sanquetta et al. (2014) destacam que a produção de matéria seca está diretamente relacionada com a quantidade de radiação fotossinteticamente disponível absorvida pela planta e pela sua eficiência em converter energia solar em fotoassimilados através da fotossíntese.

Contudo, a quantidade de energia disponível para os processos de evapotranspiração, fotossíntese, e aquecimento do ar e do solo, ou seja, o saldo de radiação ou de energia, é uma componente do balanço de energia constituída pela radiação de ondas curtas e de ondas longas (FIETZ & FISCH, 2009). Porém, somente parte do total da radiação solar que chega até a superfície está disponível para estes processos de evaporação da água, fotossíntese e aquecimento do ar e do solo, pois parcela desse total é refletida pelo solo e pelas plantas (RADÜNZ et al., 2011).

Da radiação solar global que incide sobre a superfície terrestre, parte é refletida, e parte é absorvida pelas culturas, sendo que a parte absorvida é o chamado balanço de radiação de ondas curtas (KRIEGER et al., 2019). A razão entre a radiação refletida e a radiação solar global, é definida como albedo, ou coeficiente de reflexão de ondas curtas, que é uma importante variável do balanço de ondas curtas (FIETZ & FISCH, 2009; BERGAMASCHI & BERGONCI, 2017; KRIEGER et al., 2019). Desta forma, o albedo, denominado como sendo a fração da radiação que chega até a superfície e que é devolvida para a atmosfera por causa das condições de reflexibilidade da superfície terrestre, é um importante componente do balanço de energia e é

dependente do tipo de superfície (SCHÖFFEL & VOLPE, 2000; KRIEGER et al., 2019). No entanto, quanto menor o valor de albedo, maior é a energia disponível para o meio, o que indica que a superfície reflete menos radiação solar, e por consequência, as plantas absorvem mais (KUSHARI & KONITPONG, 2011).

Para cultura do capim-sudão ainda não são encontrados na literatura disponível trabalhos que relatem a variação diária do albedo, como para as culturas da amora (SCHÖFFEL et al., 2021) e da videira (AZEVEDO et al., 1997; RADÜNZ et al., 2013). Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo determinar o balanço de radiação de ondas curtas, o albedo e a eficiência do uso da radiação pelo capim-sudão (*Sorghum sudanense*) cultivar BRS Estribo cultivado em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos entrelinhas.

4.2 Material e Métodos

O experimento com a pastagem capim-sudão BRS Estribo foi conduzido em dois anos agrícolas, 2016-2017 e 2017-2018, no Instituto Federal Sul-Rio-Grandense – Campus Visconde da Graça, localizado no município de Pelotas – RS (31°42'59" S, 52°18'56" O e altitude de 17 m). O Clima do local é do tipo Cfa, subtropical úmido, com precipitação uniforme e bem distribuída ao longo do ano, conforme a classificação Köppen.

Para efetuar a fertilização do solo, coletou-se uma amostra composta para análise, e então, a partir do laudo de fertilidade do solo realizado pelo Laboratório de Análises de Solos da Faculdade de Agronomia da UFPel em setembro de 2016, foram feitas as devidas correções do mesmo conforme recomendado no Manual de Adubação e Calagem para os Solos de Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004). Constatou-se não haver necessidade de calagem da área. O solo foi preparado de forma convencional, com aração e gradagem para cada época de semeadura. E antes da semeadura de cada época foi realizada a dessecação para controle das plantas espontâneas. Após a dessecação realizou-se a demarcação de cada parcela (tratamento 1: 1,2 m x 4 m; tratamento 2: 2,4 m x 4 m; e tratamento 3: 3,6 m x 4 m). Então realizou-se a abertura das linhas de semeadura com o auxílio de um trado com regulagem de espaçamento, e fez-se a semeadura manual a aproximadamente 0,02

m de profundidade, para tal etapa foram pesadas previamente com auxílio de uma balança de precisão a quantidade de sementes correspondentes por parcela. A densidade de semeadura foi o equivalente a 25 Kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis, de acordo com o recomendado por Silveira et al. (2015).

O experimento com as distintas épocas de semeadura foi conduzido em blocos ao acaso, com quatro repetições em esquema fatorial 5x3, com cinco épocas de semeadura e três espaçamentos entrelinhas. Os tratamentos utilizados com diferentes espaçamentos entrelinhas foram: Tratamento 1: 0,17 m; Tratamento 2: 0,34 m; e Tratamento 3: 0,51 m, em cinco épocas distintas de semeadura (Época 1: 22 de novembro de 2016; Época 2: 02 de janeiro de 2017; Época 3: 13 de novembro de 2017; Época 4: 20 de dezembro de 2017; e Época 5: 30 de janeiro de 2018).

A altura do dossel foi considerada a partir da superfície do solo até o ponto mais alto da curvatura da última folha. Foi determinada a cada três dias utilizando-se uma régua graduada em centímetros, sendo medidos quatro pontos aleatórios por repetição em cada unidade experimental. A condução da cultura se deu de tal forma, que sempre que o dossel vegetativo atingiu 0,5-0,6 m de altura, foi efetuado um corte até rebaixamento de 0,05-0,1 m, como recomendado para esta forrageira. Após cada corte foram realizadas adubações nitrogenadas de cobertura conforme o recomendado no Comunicado Técnico 89 da Embrapa (SILVEIRA et al., 2015).

Os instrumentos micrometeorológicos foram ligados a um sistema de aquisição de dados *datalogger* modelo CR1000 (Campbell Scientific®), programados para registrar, de forma independente, cada medição a cada segundo, armazenando a cada 30 minutos, um valor médio ou o somatório de cada sensor para esse intervalo de tempo. O *datalogger* funcionou com energia oriunda de bateria recarregável com a energia solar captada a partir de placas fotovoltaicas. Foram coletados dados de: radiação solar global incidente (Rs) nas cinco épocas de semeadura e refletida (Rr) pela cultura em cada dos três tratamentos somente na primeira época de semeadura.

A radiação solar global incidente foi medida por meio de um tubo solarímetro instalado a 1,2 m acima da superfície do solo e para a medida da radiação refletida foram utilizados três tubos solarímetros, um para cada tratamento, instalados com a face sensível voltada para a cultura, instalados a 1 m da superfície do solo. Os valores medidos de radiação solar global e refletida foram integralizados diariamente,

obtendo-se os respectivos valores totais diários, que foram convertidos em MJ m⁻² d⁻¹.

O albedo (α) foi determinado conforme expresso na equação 1:

$$\alpha = \frac{Rr}{Rs} \quad (1)$$

E o balanço de ondas curtas (BOC) foi obtido conforme expresso na equação 2:

$$\text{BOC} = (1 - \alpha) \times Rs \quad (2)$$

A determinação da eficiência na conversão de radiação solar em massa seca foi baseada no modelo de Monteith (1977), onde a produção de fitomassa é o produto do acumulado de radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela eficiência de conversão dessa radiação em massa seca (ϵ_b). Pode-se estimar a eficiência de conversão de radiação solar, por meio da relação entre produção de massa seca e o acumulado de RFA, por meio da equação 3.

$$\epsilon_b = \frac{PMS}{RFAi} \quad (3)$$

Onde:

PMS é a produção de massa seca da forragem (g m⁻²);

RFAi é a radiação solar fotossinteticamente ativa incidente (MJ m⁻²);

ϵ_b é a eficiência de conversão da radiação RFAi em massa seca produzida (g MJ⁻¹).

Estabeleceu-se como parâmetro para início do acúmulo de RFAi a emergência das plântulas para o subperíodo emergência ao primeiro corte e os cortes para os sucessivos subperíodos até o final do ciclo da forragem. A RFAi foi estimada com base na radiação solar global, segundo Assis & Mendez (1989), em trabalho realizado na Estação Agroclimatológica de Pelotas, a RFAi representa uma fração de 47% da Rs.

Os dados micrometeorológicos obtidos pelo sistema de aquisição de dados foram transferidos para planilhas eletrônicas, onde foram organizados e tabulados em valores horários.

4.3 Resultados e Discussão

Na Figura 9 são apresentadas as variáveis meteorológicas mensuradas durante o período de cultivo do capim-sudão nos dois anos agrícolas avaliados. No

ano agrícola 2016-2017 a radiação solar global (R_s) diária oscilou entre 2,4 e 30,7 MJ $m^{-2} d^{-1}$, devido as condições parcialmente nubladas, que são características das condições climáticas de Pelotas, RS, onde foi realizado o estudo. Os valores médios diários de temperatura do ar estiveram compreendidos entre 13,4 e 28,1 °C, sendo os valores extremos registrados foram de 5,6 e 37,2 °C. A chuva acumulada durante o período experimental foi de 522 mm, com um evento diário máximo de 68 mm. No ano agrícola 2017-2018 a radiação solar global diária oscilou entre um mínimo de 2,6 e 34,2 MJ $m^{-2} d^{-1}$. Os valores diários médios de temperatura do ar oscilaram de 10,7 a 27,1 °C, sendo os valores extremos registrados foram de 3,0 e 36,8 °C. A chuva acumulada no período foi de 620 mm, com um evento diário máximo de 77 mm.

Por meio da classificação dos anos conforme as fases do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) com informações obtidas na página eletrônica do National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2021), a caracterização das fases do ENOS nos dois anos agrícolas indica um ano agrícola Neutro (N) em 2016-2017 e classifica como La Niña (LN) o ano agrícola de 2017-2018. No Rio Grande do Sul, a chuva é, geralmente, elevada em anos de El Niño, enquanto em anos de La Niña ocorre geralmente em níveis mais baixos que nos anos neutros, especialmente na primavera e início do verão do ano de início do fenômeno (Berlato & Fontana, 2003). No entanto, a tendência é de que as deficiências hídricas sejam maiores nos anos neutros, principalmente, na metade Sul do RS (Berlato & Fontana, 2003). Em ambos os anos agrícolas o valor da chuva acumulada é inferior a normal climatológica do período 1971/2000 obtida a partir de dados da Estação Agroclimatológica de Pelotas para chuva que é de aproximadamente 616 e 707 mm, em período similar a duração dos experimentos do primeiro e segundo ano agrícola, respectivamente. Sendo 94 e 87 mm inferior a normal climatológica, respectivamente, para o primeiro e segundo anos agrícolas avaliados.

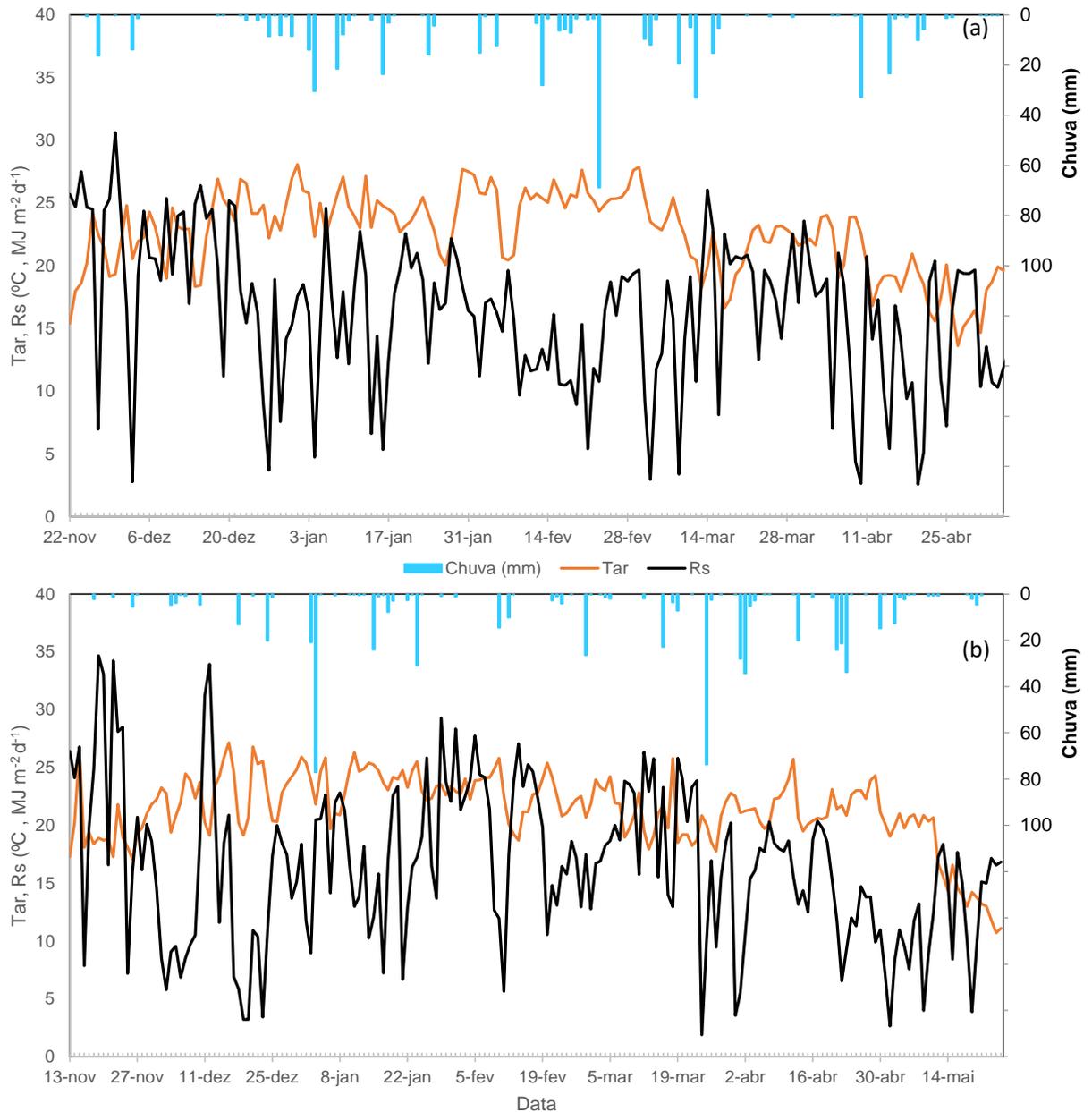


Figura 9. Variação diária da radiação solar global (Rs), temperatura média do ar (Tar) e Chuva, registrados durante o período experimental em dois anos agrícolas 2016-2017 (a) e 2017-2018 (b). Pelotas, RS.

Os dados de radiação global foram integralizados para cada subperíodo de desenvolvimento bem como a duração de cada subperíodo em dias para as cinco datas de semeadura avaliadas e são apresentadas na Tabela 2. Nas épocas 1 e 3 foram possíveis seis cortes do capim-sudão durante a estação de crescimento, as épocas 4, 2 e 5 foram possíveis somente cinco, quatro e três cortes, respectivamente. Quando a semeadura foi realizada mais tardiamente o número de cortes possíveis diminuiu. O capim-sudão se desenvolve na estação quente e quando exposto a temperaturas inferiores a 10 °C o crescimento vegetativo é paralisado ou ocorre em

uma taxa muito baixa (SILVEIRA et al., 2015). Malcorra (2021) em estudo numérico com dados de 49 anos para região de Pelotas-RS constatou que há uma sequencial diminuição no número de cortes nas semeaduras mais tardias do capim-sudão durante o período recomendado de semeadura de setembro a fevereiro.

Tabela 2. Radiação solar global (Rs) acumulada e duração (dias) de cada subperíodo de desenvolvimento do capim-sudão em cinco épocas de semeadura (1: 22/11/2016; 2: 02/01/2017; 3: 13/11/2017; 4: 20/12/2017; e 5: 30/01/2018). Pelotas, RS.

Subperíodo	Rs (MJ m ⁻²)				
	1	2	3	4	5
Emergência – 1º Corte	593,2	387,1	542,9	471,4	421,9
1º Corte – 2º Corte	193,8	263,3	290,9	472,0	389,6
2º Corte – 3º Corte	249,7	438,9	265,8	396,1	407,7
3º Corte – 4º Corte	357,9	701,12	636,8	546,7	—
4º Corte – 5º Corte	512,3	—	692,6	555,0	—
5º Corte – 6º Corte	627,7	—	555,0	—	—
Ciclo Total	2535,6	1792,4	2987,0	2445,2	1224,2
	Duração (dias)				
	1	2	3	4	5
Emergência – 1º Corte	29	22	35	28	22
1º Corte – 2º Corte	12	18	16	21	20
2º Corte – 3º Corte	14	28	15	21	27
3º Corte – 4º Corte	23	46	32	31	—
4º Corte – 5º Corte	32	—	38	43	—
5º Corte – 6º Corte	42	—	43	—	—
Ciclo Total	153	116	182	148	74

Os valores acumulados de radiação solar global apresentaram variações ao longo dos subperíodos. Oscilaram de 193,8 MJ m⁻² durante o subperíodo 1º Corte ao 2º Corte na primeira época até 701,1 MJ m⁻² no subperíodo compreendido entre o 3º Corte ao 4º Corte da época 2. A época 3 foi a que apresentou maior valor acumulado, 2987 MJ m⁻² num ciclo de 182 dias, enquanto a época 5 acumulou 1224 MJ m⁻² em somente 74 dias.

A eficiência de conversão da radiação solar em massa seca foi superior no espaçamento entrelinha de 0,17 m, em relação aos espaçamentos de 0,34 e 0,51 m (Tabela 3). O que pode ser explicado por as plantas no espaçamento de 0,17 m estarem mais bem distribuídas na área, reduzindo desta forma a competição por água, luz e nutrientes entre elas, o que corrobora com Albuquerque et al. (2010) e Fernandes et al. (2014). Pois, essa melhor distribuição espacial das plantas aumenta a

interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pela forragem (FLÉNET et al., 1996).

Tabela 3. Eficiência de conversão da radiação solar em massa seca (ϵ_b) para capim-sudão BRS Estribo em função da interação de cinco épocas de semeadura (1: 22/11/2016; 2: 02/01/2017; 3: 13/11/2017; 4: 20/12/2017; e 5: 30/01/2018) e de três espaçamentos entrelinhas 0,17 m, 0,34 m e 0,51 m. Pelotas, RS.

Época de Semeadura	ϵ_b (g MJ ⁻¹)		
	0,17 m	0,34 m	0,51 m
1	0,90 aBC*	0,73 bB	0,73 bAB
2	1,04 aB	0,93 abA	0,82 bA
3	0,94 aB	0,70 bB	0,74 bAB
4	0,76 aC	0,59 bB	0,61 abB
5	1,25 aA	0,95 bA	0,72 cAB

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A época 5 obteve valores superiores de eficiência de conversão de radiação solar em massa seca em relação as outras épocas estudadas, exceto no espaçamento entrelinha de 0,51 m. Seguida pela época 2, que obteve valores superiores aos das épocas 1, 3 e 4, e que no espaçamento de 0,51 m foi superior a todas as épocas avaliadas (Tabela 3). O que nos demonstra que as plantas semeadas mais tardiamente, foram as que obtiveram maior eficiência em conversão da radiação em matéria seca.

A variação horária dos componentes do balanço de radiação para um dia ensolarado sobre a área cultivada com capim-sudão BRS Estribo pode ser visualizado na Figura 10 (20/12/2016), em que o total diário de radiação solar global (R_s) foi de 25,2 MJ m⁻² d⁻¹, apresentando valores crescentes de R_s no turno da manhã até estabilizar entre 11 horas e 14 horas e 30 minutos alcançando 821 W m⁻², e posteriormente, declinando até o fim do dia. Ao observar a variação horária do balanço de ondas curtas (BOC), é possível verificar comportamento similar entre os espaçamentos entrelinhas avaliados (Figura 10). Comportamentos esses, similares aos encontrados por Schöffel et al. (2021) em trabalho com amora-preta Tupy em diferentes épocas de poda (precoce, convencional e tardia) no município de Morro Redondo-RS. Neste mesmo dia de céu limpo, os valores de radiação refletida (R_r), pela superfície da cultura do capim-sudão BRS Estribo atingiu valores de até -204 W

m^{-2} (Figura 10a), -208 W m^{-2} (Figura 10b) e -197 W m^{-2} (Figura 10c), respectivamente, nos espaçamentos 0,17 m, 0,34 m e 0,51 m.

Em dias de alta nebulosidade, a radiação solar global (R_s) que chega até a superfície diminui consideravelmente. Em um dia nublado, como o representado na Figura 11 (19/12/2016) a R_s total diária foi de $11,2 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, sendo essa energia 55% menor quando comparada com a R_s observada no dia ensolarado (Figura 10). E essa acentuada redução da radiação solar trouxe, por consequência, a mesma redução de 55% no BOC para os três diferentes espaçamentos entrelinhas avaliados.

Na escala horária o pico observado de radiação solar incidente foi de $622,5 \text{ W m}^{-2}$, às 12 horas e 30 minutos, em função das condições de nebulosidade os componentes do balanço de radiação oscilaram ao longo do dia, alterando aleatoriamente picos e declínios. Assim, às 12 horas e 30 minutos foram observados os valores extremos para as variáveis R_s , R_r e BOC em todos os tratamentos (Figura 11). Esse valor de R_s é aproximadamente 24% menor do que no mesmo horário no dia ensolarado, e esta proporção também é observada nos valores de BOC e R_r . O que evidencia redução em todas as variáveis avaliadas para as condições deste dia em comparação com o dia ensolarado. Valores similares foram encontrados no trabalho de Schöffel et al. (2021), com a amora-preta Tupy e por Azevedo et al. (1997), com videira europeia cultivada em espaldeira, em que os autores reportaram haver redução e oscilação nos valores horários da radiação solar global, e refletida na presença de nebulosidade.

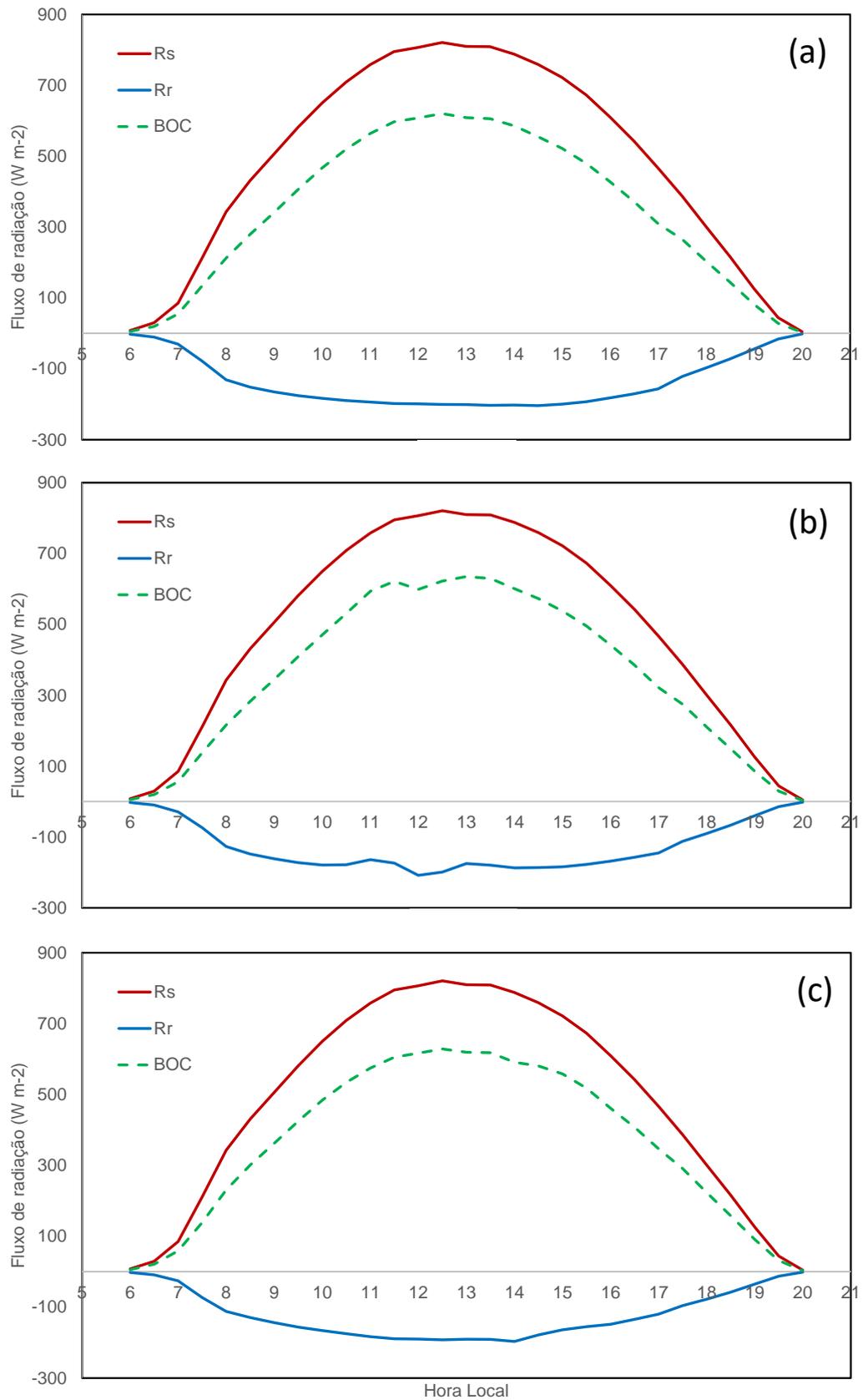


Figura 10. Componentes do balanço de ondas curtas (BOC), Radiação solar global (R_s) e Radiação solar refletida (R_r) sobre o cultivo de capim-sudão BRS Estribo, em um dia ensolarado (20/12/2016) em três espaçamentos de semeadura 0,17 m (a), 0,34 m (b) e 0,51 m (c). Pelotas, RS.

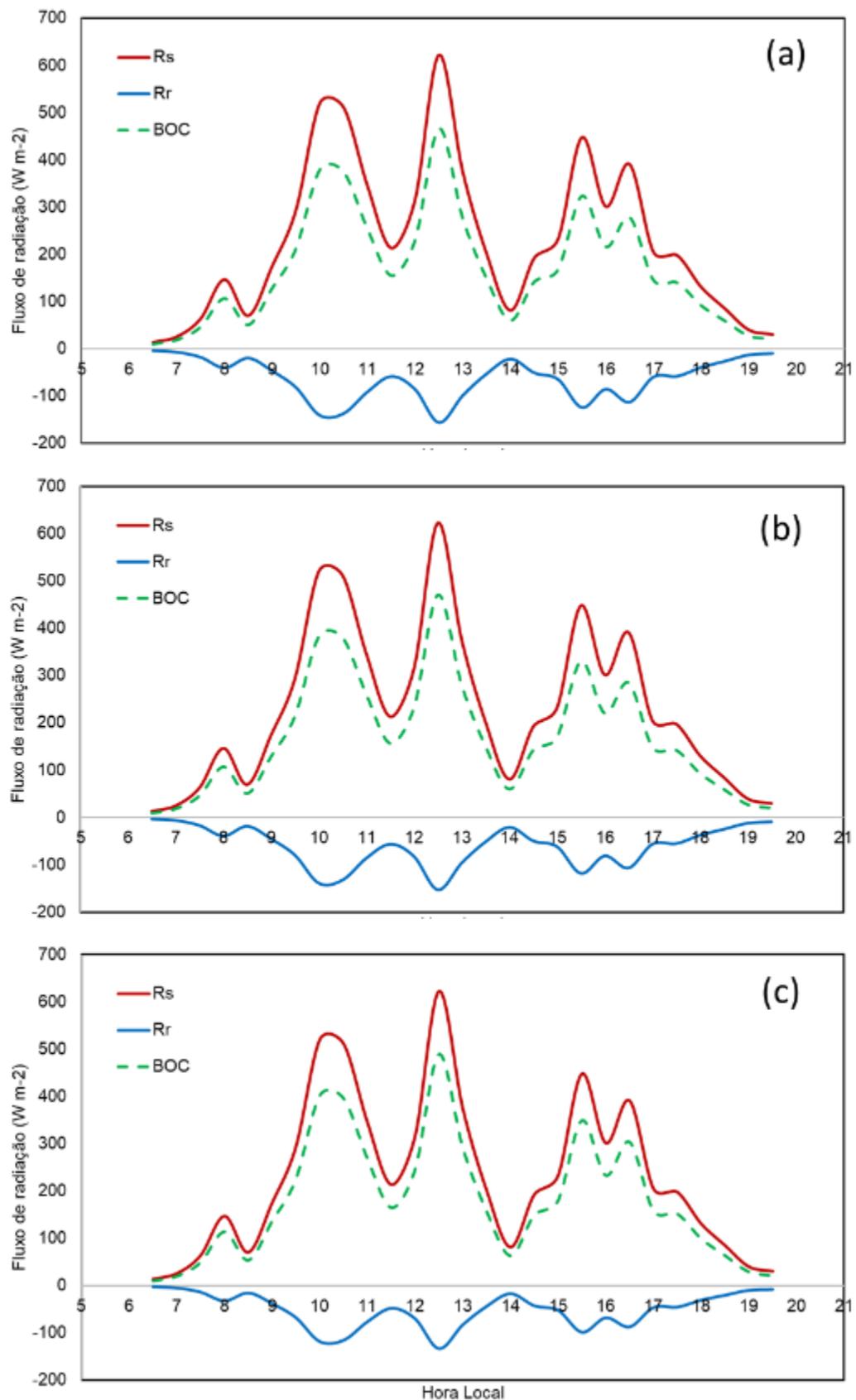


Figura 11. Componentes do balanço de ondas curtas (BOC), Radiação solar global (R_s) e Radiação solar refletida (R_r) sobre o cultivo de capim-sudão BRS Estribo, em um dia nublado (19/12/2016) em três espaçamentos de semeadura 0,17 m (a), 0,34 m (b) e 0,51 m (c). Pelotas, RS.

Para o albedo ao longo do dia ensolarado, 20/12/2016, representado na Figura 12a, é possível verificar que há oscilação no decorrer do dia, sendo que os maiores valores são no início e no final do dia, enquanto os menores valores foram observados próximo às 13 horas em ambos os tratamentos. Esses valores corroboram com Leivas et al. (2007) sobre vegetação nativa, com André et al. (2010) em cultivo de cana-de-açúcar e com Schöffel et al. (2021) em cultivo de amora-preta Tupy. Essa variação temporal nos valores do albedo está associada, principalmente, ao ângulo de elevação solar, sendo que nos horários de início e fim do dia, em que o ângulo de elevação solar está baixo, os raios atingem as culturas paralelamente, fazendo com que a maior parte da energia seja refletida, e por consequência, ocasionando valores elevados de albedo. Já nos horários próximos às 12 horas, quando há a maior elevação dos raios solares, eles atingem a superfície mais perpendicularmente, fazendo com que haja maior penetração e retenção dos raios solares entre as plantas, gerando nestes horários os menores valores de albedo. Ao observar a Figura 12a, verifica-se que o valor médio diário do albedo na cultura do capim-sudão BRS Estribo foi maior nos tratamentos 1 (0,31) e 2 (0,29), em relação ao tratamento 3 (0,27). E essas diferenças podem ser devidas às diferenças na superfície, pois a cultura levou um tempo maior para fechar a entrelinha no tratamento 3 em relação ao tratamento 2 e 1.

Em um dia nublado, como o representado na Figura 12b, é possível observar uma estabilização do albedo na escala horária, com pequena tendência de aumento dos valores no início da manhã e no final da tarde no tratamento 1, nos tratamentos 2 e 3 somente no final da tarde. O que pode ser justificado pela constante presença de nuvens neste dia, causando menor amplitude da radiação solar global (Figura 11) em comparação ao dia ensolarado (Figura 10) e com menor disponibilidade de Rs na maior parte do dia. Os valores médios de albedo no dia nublado (Figura 12b) foram de 0,28; 0,27 e 0,23 respectivamente nos tratamentos 1, 2 e 3, sendo que estas diferenças se mantiveram constantes durante todo o dia entre os diferentes tratamentos. Condição similar foi encontrada por Schöffel et al. (2021).

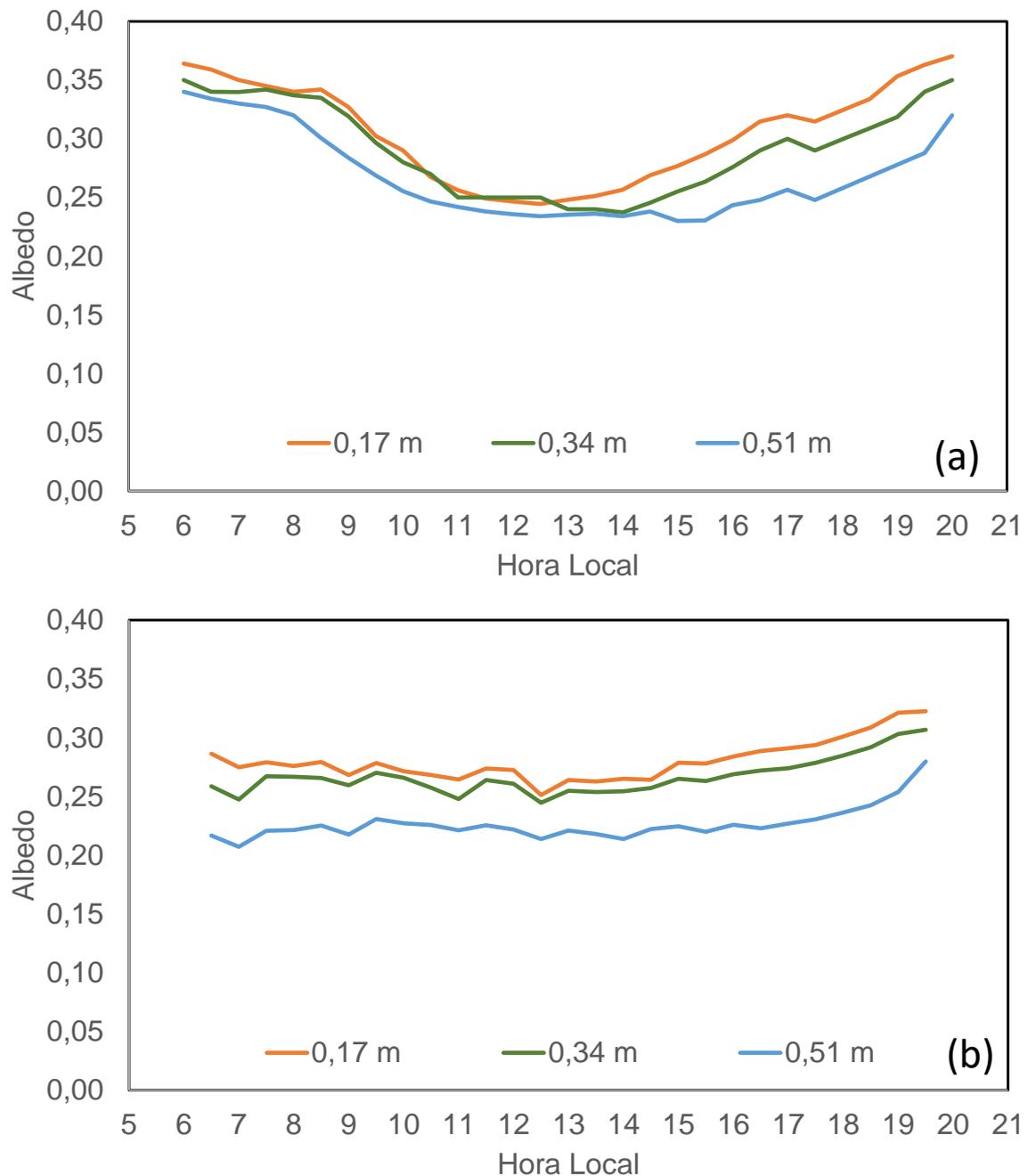


Figura 12. Albedo do cultivo de capim-sudão BRS Estribo cultivado em três espaçamentos de semeadura 0,17 m, 0,34 e 0,51 m para um dia (20/12/2016) ensolarado (a) e para um dia (19/12/2016) nublado (b). Pelotas, RS.

Na Figura 13 é possível verificar a variação do albedo no decorrer do ciclo da primeira época de semeadura (22/11/2016), durante o ciclo desde a data de semeadura foram realizados seis cortes sucessivos. É possível observar o efeito da diminuição dos valores de albedo após cada corte. Essa diminuição pode ser associada a maior superfície do solo exposta, o qual tem albedo inferior a superfície das folhas do cultivo. A partir do crescimento após cada corte os valores de albedo voltam a se elevar. No fim do ciclo após o quinto corte o albedo não se eleva na mesma

proporção que nos cortes anteriores, isto pode ser atribuído ao desenvolvimento reduzido do capim-sudão nesse subperíodo devido à baixa disponibilidade de radiação e baixas temperaturas.

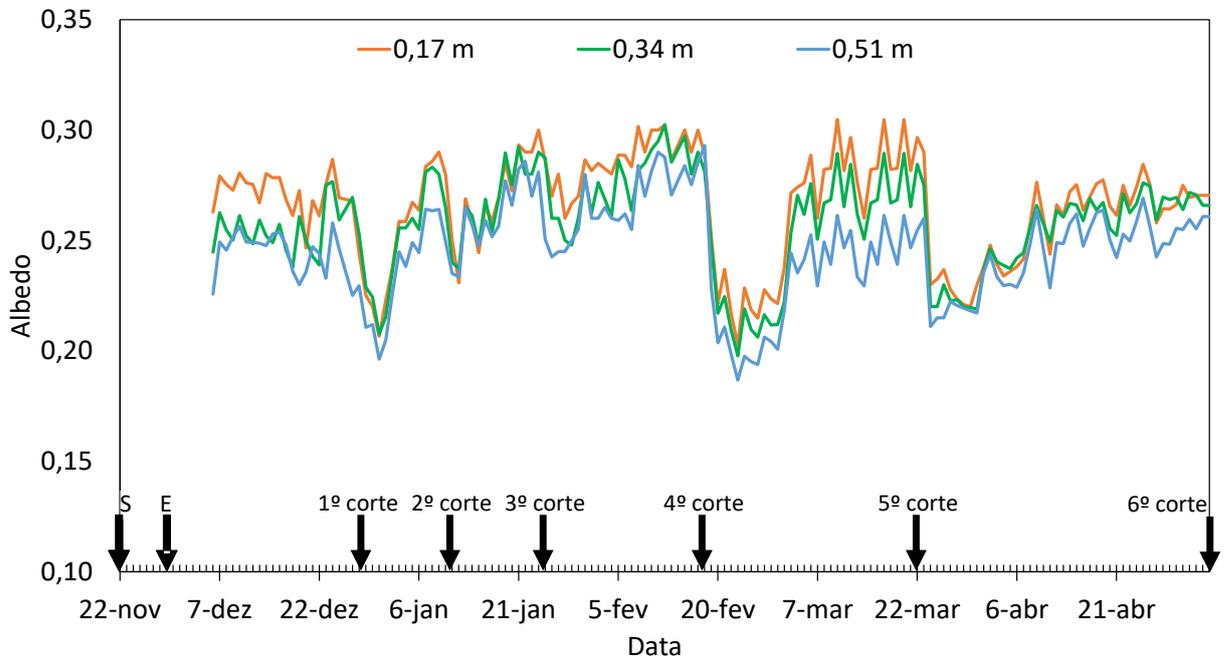


Figura 13. Valores de albedo às 12h00 em um cultivo de capim-sudão BRS Estribo cultivado em três espaçamentos de semeadura 0,17 m, 0,34 e 0,51 m semeado em 22/11/2016. As setas indicam as datas de semeadura (S), emergência (E) e cortes. Pelotas, RS.

Quando os dados de radiação solar global (R_s) e de radiação solar refletida (R_r) pela superfície são agrupados, sem qualquer distinção pelo horário ou pela presença de nuvens, é possível verificar a alta correlação linear positiva entre essas duas variáveis (Figura 14), e isso indica que a quantidade de radiação refletida pela cultura do capim-sudão aumenta linearmente com o acréscimo da radiação solar global em todos os tratamentos. Essa relação ajustada é uma equação linear simples, com intercepto zero, cujo coeficiente angular resultará no albedo do cultivo.

Na Figura 14a e 14b observa-se que o valor do albedo nos tratamentos 1 (0,17 m) e 2 (0,34 m) foram de aproximadamente 0,25, indicando que 25% da radiação solar incidente acabou sendo refletida pela superfície da pastagem, ao passo que para o tratamento 4 (0,54 m) o valor do albedo foi de 0,23 (Figura 14c), valor que pode ser devido ao fechamento mais tardio da entrelinha quando comparado aos outros tratamentos.

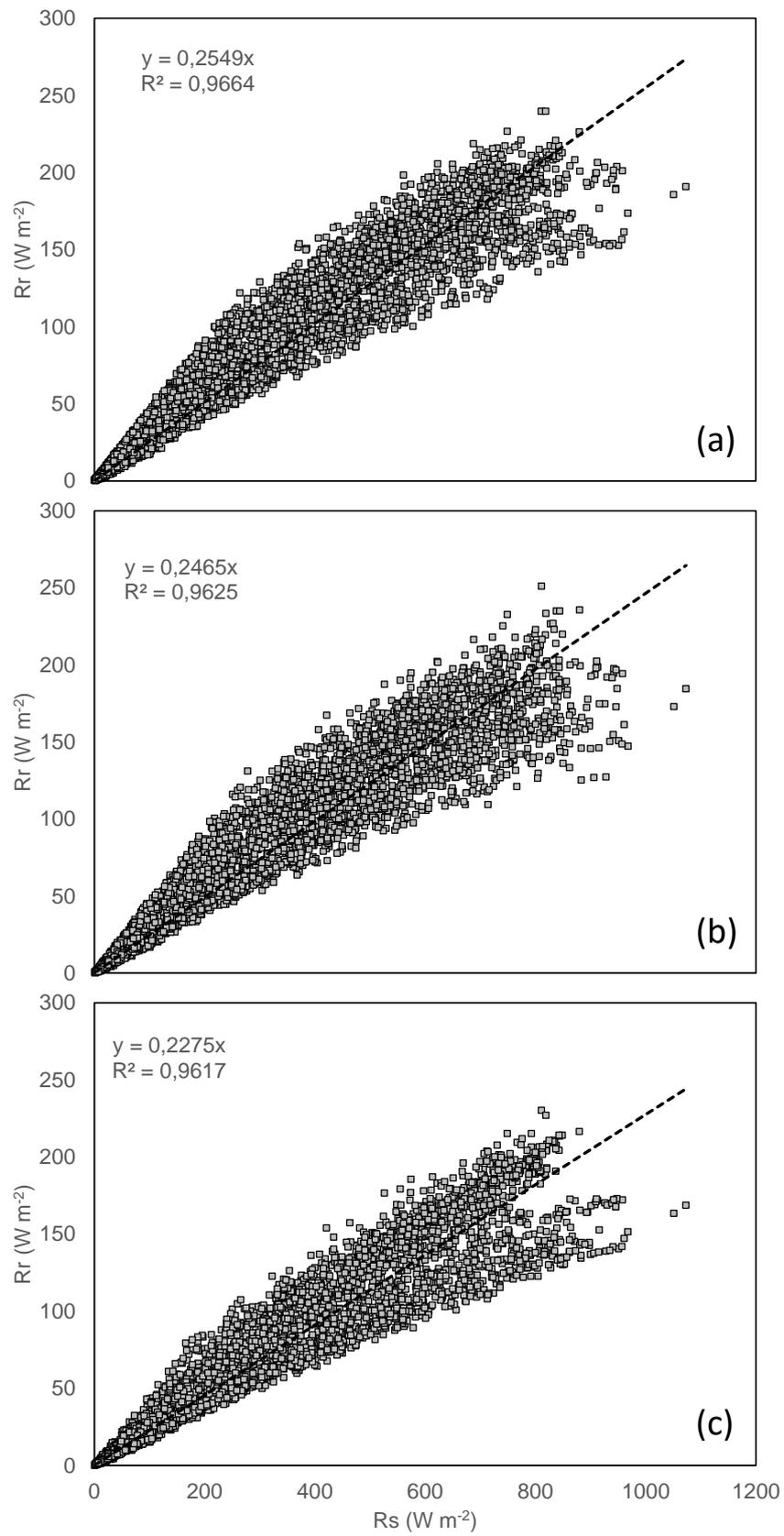


Figura 14. Relação entre radiação solar global (R_s) e a radiação solar refletida (R_r) pela superfície do capim-sudão em três espaçamentos de semeadura 0,17 m (a), 0,34 m (b) e 0,51 m (c). Pelotas, RS.

4.4 Conclusões

As variações temporais nos valores do albedo estão associadas, principalmente, ao ângulo de elevação solar e às condições de nebulosidade.

O albedo foi influenciado inversamente ao espaçamento entrelinhas de semeadura do capim sudão, sendo maior nos menores espaçamentos.

5 Capítulo 2. Produção de capim-sudão BRS Estribo em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos entrelinhas

Resumo

O objetivo do trabalho foi o de avaliar o acúmulo de matéria verde e seca e relação folha/colmo na pastagem de capim-sudão BRS Estribo quando submetido a diferentes épocas de semeadura e espaçamentos entrelinhas na região de Pelotas-RS. Os experimentos foram conduzidos em dois anos agrícolas, 2016-2017 e 2017-2018, em cinco épocas distintas de semeadura (novembro de 2016, janeiro de 2017, novembro de 2017, dezembro de 2017 e janeiro de 2018) e três espaçamentos entrelinhas (0,17; 0,34 e 0,51 m) com quatro repetições cada. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, composto por quatro blocos. Foram avaliadas a produção de matéria verde e seca de folhas, colmo e total. Os dados foram significativos em nível de 5% de probabilidade de erro. As épocas em que a semeadura ocorreu mais cedo, foram as que obtiveram maior produção de matérias verde e seca em relação às outras, nos dois anos agrícolas avaliados. O menor espaçamento entrelinhas foi o que obteve maior produção de matéria verde e seca, comparado com os demais espaçamentos, independentemente da época de semeadura.

Palavras-chave: Data de semeadura, forragem, Produção de biomassa, relação folha/colmo, *Sorghum sudanense*.

5.1 Introdução

Na agricultura familiar, uma importante fonte de renda para os produtores é a criação de bovinos, sejam para produção de leite ou carne. Desta forma, sabe-se que um fator de grande importância na criação de bovinos é a produção de forragens, pois é a fonte de alimento mais barata nos sistemas de produção de ruminantes (FONSECA et al., 2010), tanto de carne (LEMOS, et al., 2012; HOFFMANN et al., 2014; MEZZOMO et al., 2020a), quanto de leite (CÓSER & PEREIRA, 2001; JOCHIMS et al., 2018; MICHELS et al., 2019). Por isso, usar plantas fisiologicamente mais eficientes no aproveitamento de luz, nutrientes e água, é o almejado (PENNA et al., 2010). O que torna imprescindível o conhecimento da espécie forrageira que se deseja implantar.

O capim-sudão BRS Estribo possui alta qualidade nutricional, alta produção de forragem, propício para semeadura precoce, possui ciclo de produção longo, alta rusticidade, tanto no que se refere ao estresse hídrico, quanto as condições nutricionais do solo (SILVEIRA, et al., 2015). É adaptado a climas secos e quentes e tem alta capacidade de rebrote após ser pastejado ou cortado, superior a outras gramíneas anuais de verão comumente utilizadas (BIBI et al., 2010; EMBRAPA, 2014; MEZZOMO et al., 2020b).

Na cultura do milho (ARGENTA et al., 2001; PENARIOL et al., 2003; MODOLO et al., 2010), e na cultura do sorgo (ALBUQUERQUE et al., 2010; FERNANDES et al., 2014), o reduzido espaçamento entrelinhas favorece o crescimento e desenvolvimento da cultura, por aumentar a eficiência da utilização de luz, água e nutrientes, além de ter um maior controle de plantas daninhas

A época de semeadura e o espaçamento entrelinhas são importantes escolhas quando se pensa na implantação de uma pastagem, pois também influenciam na quantidade e na qualidade de fitomassa produzida pela cultura. E para o capim-sudão BRS Estribo essas são ferramentas do manejo que ainda não estão totalmente esclarecidas. Por isso o presente trabalho tem por objetivo avaliar o acúmulo de matéria verde e seca e a relação folha/colmo na pastagem de capim-sudão BRS Estribo quando submetido a diferentes épocas de semeadura e espaçamentos entrelinhas.

5.2 Material e Métodos

O experimento com a pastagem capim-sudão BRS Estribo foi conduzido em dois anos agrícolas, 2016-2017 e 2017-2018, no Instituto Federal Sul-Rio-Grandense – Campus Visconde da Graça, localizado no município de Pelotas – RS (31°42'59"S, 52°18'56"O e altitude de 17 m). O Clima do local é do tipo Cfa, subtropical úmido, com precipitação uniforme e bem distribuída ao longo do ano, conforme a classificação Köppen.

Para efetuar a correta fertilização do solo, coletou-se uma amostra para análise, e então, a partir do laudo de fertilidade do solo, foram feitas as devidas correções do mesmo conforme recomendado no Manual de Adubação e Calagem para os Solos de Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004). Constatou-se não haver necessidade de

calagem da área. O solo foi preparado de forma convencional, com aração e gradagem. E antes da semeadura foi realizada a dessecação para controle das plantas espontâneas. Então realizou-se a abertura das linhas de semeadura com o auxílio de um trado com regulagem de espaçamento e fez-se a semeadura manual, para tal etapa foram pesadas previamente com auxílio de uma balança de precisão a quantidade de sementes correspondentes por parcela. A densidade de semeadura foi o equivalente a 25 Kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis, de acordo com o recomendado por Silveira et al. (2015).

O experimento com as distintas épocas de semeadura foi conduzido em blocos ao acaso, com quatro repetições em esquema fatorial 5x3, com cinco épocas de semeadura e três espaçamentos entrelinhas. Os tratamentos utilizados com diferentes espaçamentos entre linhas foram: Tratamento 1: 0,17 m; Tratamento 2: 0,34 m; e Tratamento 3: 0,51 m, em cinco épocas distintas de semeadura (Época 1: 22 de novembro de 2016; Época 2: 02 de janeiro de 2017; Época 3: 13 de novembro de 2017; Época 4: 20 de dezembro de 2017; e Época 5: 30 de janeiro de 2018).

A condução da cultura se deu de tal forma, que sempre que o dossel vegetativo atingiu 0,5-0,6 m de altura, foi efetuado um corte até rebaixamento de 0,05-0,1 m, como recomendado para esta forrageira. Para definição do momento deste corte, a altura do dossel foi monitorada a cada 3 dias por meio da medição com uma régua graduada em centímetros, sendo medidos quatro pontos aleatórios por repetição em cada tratamento. A medição foi realizada a partir da superfície do solo até o ponto mais alto da curvatura da última folha. Após cada corte foram realizadas adubações nitrogenadas de cobertura conforme o recomendado no Comunicado Técnico 89 da Embrapa (SILVEIRA et al., 2015).

A cada corte realizado, foram coletadas amostras do centro de cada parcela, aproximadamente 1 metro linear na linha mais central de cada parcela, para avaliação de matéria verde (MV) – efetuou-se a separação das partes das plantas em folhas, colmo, partes mortas e inflorescência (plantas em final de ciclo). Esse material foi acondicionado em sacos de papel, pesado em balança de precisão (marca Marte, modelo BL3200H) e secado numa estufa de ventilação forçada com temperatura do ar mantida em aproximadamente 65 °C, até o material atingir massa constante para determinação da matéria seca (MS). Depois de amostradas, as parcelas foram cortadas na mesma altura dos cortes amostrais.

As produções das diferentes partições de matéria verde e seca da forragem obtidas a partir de uma amostra de um metro linear, foram convertidas para unidade área (Kg ha^{-1}). A relação folha/colmo foi determinada por meio da relação entre a massa seca de folha e de colmos. Estes dados foram analisados utilizando o programa estatístico Sisvar, por meio de análise de variância, e quando constatada significância foi realizado o agrupamento de médias pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade considerando-se como fonte de variação as épocas de semeadura e espaçamentos entrelinhas.

5.3 Resultados e Discussão

Por meio da análise de variância foi possível verificar que os efeitos das épocas de semeadura e os espaçamentos entrelinhas foram estatisticamente significativos em nível de 5% de probabilidade de erro, para as variáveis produção de matéria verde (Apêndice B) e seca (Apêndice C), de folha, colmo e o total e para relação folha/colmo na época de semeadura (Apêndice D).

A produção de matéria verde e seca de folha foram superiores nas épocas 1 e 3, sendo que a época 5 foi a de menor produção. Já nas matérias verde e seca de colmo, a maior produção foi verificada na época 3, nas épocas 1, 2 e 4 a produção não diferiu umas das outras, ficando a época 5 com a menor produção. Isto pode ser explicado pelo fato da época 5 ter sido semeada em janeiro, bem no fim da janela de semeadura. As plantas já estavam com sua taxa de crescimento desacelerando, e por isso foi a época com menor número de cortes em relação as outras e conseqüentemente, menor produção de matéria verde e seca nas diferentes partições. Nas matérias verde total (MVF) e seca total (MST), verificou-se que a época 3 teve a maior produção, seguida das épocas 1, 2, 4 e 5 respectivamente decrescendo a produção (Tabela 4).

Com a proximidade do Solstício de verão no Hemisfério Sul (21/dezembro), há uma maior radiação solar disponível. Assim, o saldo de radiação é maior, resultando em maior energia disponível para o crescimento da cultura. Adicionalmente, com o aumento da disponibilidade de radiação solar a temperatura do ar se eleva contribuindo para aceleração dos processos fisiológicos promovendo um maior crescimento das plantas. Por outro lado, a partir da data do Solstício de verão em

direção a data do Solstício de inverno (21/junho) a radiação disponível diminui, por consequência, o crescimento tende a diminuir. Isso explica a maior produção nas épocas de semeadura realizadas em novembro (épocas 1 e 3) em detrimento das épocas posteriores realizadas em dezembro (época 4) e janeiro (épocas 2 e 5). As épocas mais precoces neste estudo foram submetidas às condições mais adequadas ao crescimento da forrageira por um maior tempo.

Tabela 4. Produção de matéria verde de colmo (MVC), Produção de matéria verde total (MVT) e Produção de matéria seca total (MST) em função de cinco diferentes épocas de semeadura nos anos agrícolas 2016-17 e 2017-18, Pelotas, RS.

Época de semeadura	MVC (Kg ha ⁻¹)	MVT (Kg ha ⁻¹)	MST (Kg ha ⁻¹)
1	28624 b	60221 b	10201 b
2	29487 b	53065 c	8631 c
3	40068 a	72315 a	12389 a
4	25932 b	50359 c	8566 c
5	19636 c	38656 d	6047 d

* Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade do erro.

Fernandes et al. (2014) obtiveram resultados de maior rendimento de matéria verde de biomassa total na cultura do sorgo sacarino semeado na época de safra em comparação com o semeado na safrinha, indicando que a maior produção foi na semeadura antecipada, o que corrobora com o encontrado neste trabalho, onde as épocas de maior produção foram as em que o capim-sudão foi semeado em novembro, época mais recomendada para a semeadura em relação as outras épocas avaliadas neste trabalho.

Em trabalho com a cultura do capim-sudão BRS Estribo em Santa Maria-RS semeadas em novembro dos anos agrícolas 2015-16 (ano 1) e 2016-17 (ano 2), a 0,36 m de espaçamento entrelinha e avaliando diferentes lâminas de irrigação, Mezzomo et al. (2020b) obtiveram valores de 10.605,8 Kg ha⁻¹ de MST no ano 1 e 8.439,5 Kg ha⁻¹ de MST no ano 2 nos tratamentos sem irrigação. E esses valores são semelhantes aos de MST encontrados nas épocas de semeadura 1 e 3, semeadas em novembro, datas próximas as do referido trabalho.

Com relação a produção de matéria verde e seca de folha, colmo e total, o tratamento com o espaçamento de 0,17 m obteve os maiores valores de produção em

Kg ha⁻¹, esse resultado corrobora com os resultados encontrados por Fernandes et al. (2014) que trabalhando com sorgo sacarino em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos entrelinhas verificaram maior produção de matéria verde total para o menor espaçamento entrelinha. No tratamento com espaçamento entrelinhas de 0,17 m, a superfície semeada com a forrageira é maior, e por isso fecha o dossel vegetativo antes, aumentando assim a competitividade com plantas concorrentes, além de possibilitar um melhor arranjo de plantas para que a radiação solar seja interceptada de maneira mais uniforme pela cultura, o que corrobora com Modolo et al. (2010). Para os tratamentos com espaçamento 0,34 m e 0,51 m os resultados foram considerados estatisticamente iguais, divergindo apenas na produção de matéria verde total e na produção de matéria seca de folhas, onde o tratamento 0,34 m foi igual ao tratamento 0,17 m (Tabela 5). Isso pode ser explicado por que os tratamentos com maior espaçamento fecham o dossel quando estão mais próximos de atingirem a altura de corte, o que os deixa em desvantagem competitiva na linha e na entrelinha.

Tabela 5. Produção de matéria verde de colmo (MVC), Produção de matéria verde total (MVT), e Produção de matéria seca total (MST) em função de três espaçamentos entrelinhas de semeadura nos anos agrícolas 2016-17 e 2017-18, Pelotas, RS.

Espaçamento (m)	MVC (Kg ha ⁻¹)	MVT (Kg ha ⁻¹)	MST (Kg ha ⁻¹)
0,17	34276 a	65099 a	10886 a
0,34	27313 b	51887 a	8494 b
0,51	24659 b	47784 b	8120 b

* Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade do erro.

Na interação entre época de semeadura e espaçamento entrelinhas para a variável produção de matéria verde, só houve significância nos dados de produção de matéria verde de folha. Verificou-se que as épocas de semeadura 1 e 3 obtiveram as maiores produções de matéria verde em relação as outras épocas estudadas em todos os tratamentos, o que pode ser explicado pela semeadura mais antecipada em relação às épocas 2, 4 e 5, o que possibilitou fazer um maior número de cortes nas épocas que obtiveram maior produção. O tratamento (espaçamento entrelinha) que obteve a maior produção de matéria verde em Kg ha⁻¹ foi o de 0,17 m (Tabela 6), e esse aumento na produtividade pode ser explicado pela melhor distribuição das plantas, reduzindo a competição por água, luz e nutrientes entre elas (ARGENTA et al., 2001; PENARIOL et al., 2003; MODOLO et al., 2010).

Tabela 6. Produção de matéria verde de folha (MVF) em função da interação dos fatores época de semeadura e dos espaçamentos entrelinhas de semeadura (0,17; 0,34 e 0,51 m) nos anos agrícolas 2016-17 e 2017-18, Pelotas, RS.

Época de Semeadura	MVF (kg ha ⁻¹)		
	0,17 m	0,34 m	0,51 m
1	33030 aA*	26144 aB	25384 aB
2	22374 bA	20358 bA	18738 bA
3	31233 aA	25044 aB	26464 aB
4	22313 bA	20176 bA	19642 bA
5	23513 bA	16354 bB	12152 cC

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A interação dos fatores época de semeadura e espaçamento entrelinhas foi estatisticamente significativo para produção de matéria seca de folha e colmo. As produções de matéria seca foram estatisticamente iguais nos diferentes espaçamentos nas épocas de semeadura 1 e 3, o que pode ser explicado por terem sido semeadas em época mais precoce neste estudo, e por isso tiveram um ciclo de produção maior. A produção de matéria seca foi superior no espaçamento 0,17 m em todas as épocas de semeadura quando comparados com os demais espaçamentos entrelinhas avaliados, tanto para produção de folha e de colmo (Tabela 7). A produção de matéria seca de colmo, na época 3, foi estatisticamente superior aos distintos espaçamentos entrelinhas de semeadura avaliados.

Tabela 7. Produção de matéria seca de folha (MSF) e Produção de matéria seca de colmo (MSC) em função da interação dos fatores época de semeadura e dos espaçamentos entrelinhas de semeadura (0,17; 0,34 e 0,51 m) nos anos agrícolas 2016-17 e 2017-18, Pelotas, RS.

Época de Semeadura	MSF (Kg ha ⁻¹)			MSC (Kg ha ⁻¹)		
	0,17 m	0,34 m	0,51 m	0,17 m	0,34 m	0,51 m
1	6516 aA*	5311 aB	5267 aB	4224 bA	3367 bB	3379 bB
2	4634 bA	4211 bAB	3911 bB	4162 bA	3604 bAB	3036 bB
3	6833 aA	5392 aB	5776 aB	6368 aA	4460 aB	4674 aB
4	4786 bA	4035 bAB	4118 bB	3913 bA	2767 bcB	2851 bB
5	4399 bA	3142 cB	2475 cB	2802 cA	2297 cAB	1653 cB

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A Tabela 8 apresenta os valores obtidos para a relação folha/colmo, das amostras de massa seca, em Kg ha⁻¹ para as cinco épocas de semeadura. A variável relação folha/colmo não apresentou efeitos significativos pela análise de variância entre os distintos tratamentos, também não houve efeito de blocos nem a interação época de semeadura e tratamentos (Apêndice D). Exceto para as épocas de semeadura que se observa significância estatística. A produção de folhas foi maior em relação a produção de colmos em todas as datas de semeadura.

Observa-se que a maior quantidade de folhas em relação a colmo foi na época 1, semeada em novembro de 2016, com 1,57. Seguida pela época 5, que foi semeada em janeiro de 2018, com relação folha/colmo de 1,48. Vindo na sequência as épocas 4 com 1,39 (semeada em dezembro), época 2 com 1,19 (semeada em janeiro) e época 3 com 1,18 (semeada em novembro) (Tabela 8). Valores semelhantes de relação folha/colmo foram encontrados por Mezzomo et al. (2021) nos tratamentos sem irrigação em trabalho com capim-sudão semeado em novembro de 2015 e novembro de 2016, comparando diferentes lâminas de irrigação.

Tabela 8. Relação folha/colmo em cinco diferentes épocas de semeadura nos anos agrícolas 2016-17 e 2017-18, Pelotas, RS.

Época de semeadura	Relação Folha/Colmo
1	1,57 a
2	1,19 c
3	1,18 c
4	1,39 b
5	1,48 ab

* Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade do erro.

5.4 Conclusões

As épocas em que a semeadura ocorreu em novembro, foram as que obtiveram maior produção de matérias verde e seca em relação às semeadas em dezembro e janeiro, nos dois anos agrícolas avaliados.

O menor espaçamento entrelinhas foi o que obteve maior produção de matéria verde e seca, comparado com os demais espaçamentos, independentemente da época de semeadura.

6 Considerações Finais

Para as condições climatológicas de Pelotas-RS, quando a semeadura acontece no início do período recomendado pela literatura (setembro a fevereiro), a duração total do ciclo de desenvolvimento é maior, possibilita um maior número de cortes e conseqüentemente, há maior produção de pastagem em Kg ha⁻¹.

Sabendo que a alimentação é a componente mais onerosa dos sistemas de produção de carne e leite, os resultados desta pesquisa auxiliarão no melhor entendimento e por conseqüência eficácia do uso desta forrageira. Os resultados deste trabalho são importantes ferramentas de manejo e planejamento da produção, a serem transmitidas aos produtores para auxiliá-los na tomada de decisão a respeito desta cultura, no que tange a escolha da época de semeadura e no espaçamento entrelinhas mais adequados a sua realidade.

Tendo em vista que alimentação animal é um dos principais componentes do custo de produção da pecuária e resultados como esses auxiliam na potencialização do uso desta forrageira.

Referências

- ALBUQUERQUE, C.J.B.; ROCHA, G.R.; BRANT, R.S.; MENDES, M.C. Espaçamento reduzido para o cultivo do sorgo granífero no sistema irrigado e em sequeiro. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 3, n. 2, p. 7-16, 2010.
- ALBUQUERQUE, C.J.B.; PINHO, R.G.V.; RODRIGUES, J.A.S.; BRANT, R.S. Espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura do sorgo forrageiro para a região norte de Minas Gerais. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 494-501, 2011.
- ANDRÉ, R.G.B.; MENDONÇA, J.C.; MARQUES, V.S.; PINHEIRO, F.M.A.; MARQUES, J. Aspectos energéticos do desenvolvimento da cana-de-açúcar. Parte 1: balanço de radiação e parâmetros derivados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 375-382, 2010.
- ARAUJO, A.A. Forragens de verão e outono. In: **Forrageiras para ceifa, capineiras, pastagens, fenação e ensilagem**. v. 2. Ed. Porto Alegre: Sulina. 1972. v. 2. Cap.6, p.79-136.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L.; MANJABOSCO, E.A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001.
- ASSIS, F.N.; MENDEZ, M.E.G. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 7, p. 797-800, 1989.
- AZEVEDO, P.V.; TEIXEIRA, A.H.; SILVA, B.B.; SOARES, J.M.; SARAIVA, F.A.M. Avaliação da reflectância e do saldo de radiação sobre um cultivo de videira europeia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 1-7, 1997.
- BALBINOT JUNIOR, A.A.; FLECK, N.G. Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Rev. Ciência Rural**, v. 34, n. 06, p. 245-252, 2004.
- BANDEIRA, A.H.; MEDEIROS, S.L.P.; EMYGDIO, B.M.; BIONDO, J.C.; LEAL, L.T. Morfologia foliar de sorgo sacarino cultivado em diferentes espaçamentos entrelinhas e épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.17, n. 1, p. 63-75, 2018.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.
- BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J.I. **As plantas e o clima: princípios e aplicações**. Guaíba: Agrolivros, 2017. 352 p.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2003. 110p.

BIBI, A.; SADAQAT, H.A.; AKRAM, H.M.; KHAN, T.M.; USMAN, B.F. Physiological and agronomic responses of sudangrass to water stress. **Journal of Agricultural Research**, v. 48, n. 3, p. 369-379, 2010.

BLAD, B.L.; BACKER, D.G. Reflected radiation from a soybean crop. **Agronomy Journal**, Madison, v.64, p.277-280, 1972.

BORGES, V.P.; OLIVEIRA, A.S.; COELHO FILHO, M.A.; SILVA, T.S.M.; PAMPONET, B.M. Avaliação de modelos de estimativa da radiação solar incidente em Cruz das Almas, Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 74-80, 2010.

CASAROLI, D.; FAGAN, E.B.; SIMON, J.; MEDEIROS, S.P.; MANFRON, P.A.; NETO, D.D.; LIER, Q.J.V. MÜLLER, L.; MARTIN, T.M. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de Soja - uma revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 14, n. 2, p.102-120, 2007.

CORREIA, F.W.S.; ALVALÁ, R.C.S.; GIELOW, R.; MANZI, A.O.; SOUZA, A. Albedo do Pantanal Sul Matogrossense durante o período de transição seco – úmido de 2001 – 2002. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 12, 2002, Foz do Iguaçu – PR.

CÓSER, A. C.; PEREIRA, A. V. **Forrageiras para corte e pastejo (Circular Técnica, 66)**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. p. 37.

COSTA, L.C.; MORISON, J.I.L.; DENNETT, M.D. Carbon balance of growing faba bean and its effect on crop growth: experimental and modeling approaches. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, p. 11-17, 1996.

COSTA, A.C.T.; ERIG, M.C.; REGINATTO, J.R.; DOMUKOSKI, J.F.; ECCO, M.; DUARTE JÚNIOR, J.B.; VASCONCELOS, E.S. Comportamento do milho na safra de verão em função do espaçamento entrelinhas e densidade de semeadura. **Scientia Agrária Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.12, p.347-353, 2013.

DABUL, J. G.; VEIGA, J. P.; DE CÓRDOVA GOBETTI, S. T. Características e formas de manejo do capim Sudão (*Sorghum sudanense*). **Ciência Veterinária UniFil**, v. 1, n. 2, 2018.

EMBRAPA. Lançamento da cultivar BRS Estribo traz nova opção de forrageira anual de verão para o produtor. **Rev. do produtor**, Rev. Tecnologias, Serviços e Produtos da Embrapa Pecuária Sul, a. 5, n. 6. 2013. 24p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/pecuaria-sul/busca-de-publicacoes/-/publicacao/988344/nova-cultivar-de-capim-sudao-e-lancada>. Acesso em: 17 mar. 2021.

EMBRAPA. Saiba manejar o novo capim-sudão, BRS Estribo. 2014. **Revista do Produtor**. Bagé, ano 6, n. 7, p. 18-19.

EMBRAPA - Cultivar de capim-sudão –BRS-Estribo. 2018.

FERNANDES, P.G.; MAY, A.; COELHO, F.C.; ABREU, M.C.; BERTOLINO, K.M. Influência do espaçamento e da população de plantas de sorgo sacarino em diferentes épocas semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 6, p. 975-981, 2014.

FIETZ, C.R.; FISCH, G.F. Avaliação de modelos de estimativa do saldo de radiação e do método de Priestley-Taylor para a região de Dourados, MS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n. 4, p.449-453, 2009.

FLÉNET, F.; KINIRY, J.R.; BOARD, J.E.; WESTGATE, M.E.; REICOSKY, D.C. Row spacing effects on light extinction coefficients of corn, sorghum, soybean, and sunflower. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 2, p. 185-190, 1996.

FONSECA, D.M.; SANTOS, M.E.R.; MARTUSCELLO, J.A. Importância das forrageiras no sistema de produção. In: FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. **Plantas Forrageiras**. Viçosa: UFV, 2010. p. 13-39.

FREITAS, A.W.P. **Dinâmica do perfilhamento em pastagens sob pastejo**. Viçosa - Mg: Viçosa, 2000. 21 p. Disponível em: <<http://forragicultura.com.br/arquivos/DinamicaPerfilhamento.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

HOFFMANN, A.; MORAES, E.H.B.K.; MOUSQUER, C.J.; SIMIONI, T.A.; GOMES JUNIOR, F.; FERREIRA, V.B.; SILVA, H.M. Produção de Bovinos de Corte no Sistema de Pasto-Suplemento no Período Seco. **Revista Nativa**, v. 2, n. 2, p.119-130, 2014.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Banco de Dados Agregados. Tabela 6911: número de estabelecimentos agropecuários com bovinos, efetivos e venda, por tipologia, grupos de área de pastagem e grupos de área total. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6911>. Acesso em: 16 mar. 2021.

JOCHIMS, F.; SILVA, P.A.P.; PORTES, V.M. Utilizando a altura do pasto como ferramenta de manejo de pastagens. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.31, n.2, p.42-44, 2018.

KLUGE, R.A.; TEZOTTO-ULIANA, J.V.; DA SILVA, P.P.M. Aspectos Fisiológicos e Ambientais da Fotossíntese. **Rev. Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 56-73. 2015.

KRIEGER, J.M.; VIEIRA, I.S.; SILVA, W.O.A.; SOUZA, J.L.; LYRA, G.B.; LYRA, G.B. Balanço de radiação utilizando métodos de estimativa da radiação solar em cultivo de cana-de-açúcar. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 27, n. 1, p. 123-133, 2019.

KUSHARI, B.; KANITPONG, K. Surface albedo of bangkok roads. **Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies**, Tóquio, v. 8, p. 181-186, 2011.

LAMPERT, V.N.; MONTARDO, D.P. Impacto bioeconômico da cultivar BRS Estribo de capim-sudão na produção de bovinos de corte. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2020. 5 p. (Embrapa Pecuária Sul. Folhetos) Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/220993/1/Lampert-e-Montardo-FLInf.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2021.

LEIVAS, J.; FONTANA, D.; BERLATO, M.; CARDOSO, L. Variação diária do albedo sobre uma superfície vegetada e sobre um lago na estação experimental da UFRGS-RS. In: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2007, Aracaju. **Anais...** Aracaju, 2007.

LEMOS, B.J.M.; SOUZA, F.M.; OLIVEIRA, A.P.; MENEZES, R.G.; SILVA, R.M. Terminação de bovinos a pasto. **Pubvet**, Londrina, v. 6, n. 32, 21p. 2012.

MALCORRA, Michele P. **Desenvolvimento do capim-sudão, por meio de análise numérica, semeados em diferentes épocas**. 2021. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas. 2021.

MATTOS, J. L. S. Gramíneas forrageiras anuais alternativas para a região do Brasil central. **Revista do Programa de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v. 2, n. 1, p.52-70, 2003.

McCREE, K.J. Test of current definitions of photosynthetically active radiation Against leaf photosynthesis data. **Agricultural Meteorology**, v. 10 p. 443-453, 1972.

MEZZOMO, W.; PEITER, M.X.; ROBAINA, A.D.; TORRES, R.R.; KIRCHNER, J.H.; PEREIRA, A.C. Características biométricas do capim sudão (BRS Estribo) sob diferentes lâminas suplementares de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 26, n. 1, p. 165-185, 2021.

MEZZOMO, W.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; PEREIRA, A. C.; BRUNING, J.; NETO, M. C.; BOSCAINI, R.; BEM, L. H. B.; KIRCHNER, J. K.; PIMENTA, B. D.; TORRES, R. R.; ROSSO, R. B. Economic Viability of Conventional Sprinkler Irrigation in Sudan Grass Production for Beef Cattle. **Journal of Agricultural Studies**, Las Vegas, v.8, n.2, p. 622-642, 2020a.

MEZZOMO, W.; PEITER, M.X.; ROBAINA, A.D.; KIRCHNER, J.H.; TORRES, R.R.; PIMENTA, B.D. Produção forrageira e eficiência de utilização da água do capim-sudão submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 25, n. 1, p. 143-159, 2020b.

MEZZOMO, W. **Influência de diferentes manejos de água sob o crescimento do capim-sudão (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf)**. 2017. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Água e Solo). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, 2017.

MICHELS, A.; SOTT, V.R.; PIGOSSO, L.M.; LUNKES, S.F. Custo na produção leiteira: um comparativo entre o sistema tradicional e o sistema compost barn em uma propriedade do oeste de Santa Catarina. In: XXVI Congresso Brasileiro de Custos. **Anais...** Curitiba: ABC, 2019. 16p.

MODOLO, A.J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E.M.; TROGELLO, E.; SGARBOSSA. Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Rev. Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 435-441, 2010.

MONTEITH, J.L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. **Journal Applied Ecology**, London, v. 9, p. 747-766, 1972.

MONTEITH, J. L. Climate and the efficiency of crop production in Britain. **Proceedings of the Royal Society of London**, London, v. 281, p. 277-294, 1977.

NABINGER, Carlos. **Fundamentos básicos do manejo de plantas forrageiras**: Porto Alegre, 2000.

NASCIMENTO JÚNIOR, D.; GARCEZ NETO, A.F.; BARBOSA, R.A.; ANDRADE, C.M.S. Fundamentos para o manejo de pastagens: evolução e atualidade. In: Simpósio Sobre Manejo Estratégico da Pastagem. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. p. 149-194.

NASCIMENTO JÚNIOR, D.; ADESE, B. Acúmulo de biomassa na pastagem. In: II Simpósio Sobre Manejo Estratégico da Pastagem. **Anais...** Viçosa: UFV, 2004. p. 289-345.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; NÖRNBERG, J.L.; OLIBONI, R.; PELLEGRINI, L.G.; FARIA, M.V.; MARAFON, F. Influence of inter row spacing and plant densities in cultivate of sorghum on cutting management. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 3, n. 3, p. 75-82, 2010.

NOAA. **ENSO: Cold & Warm Episodes by Season**. On-line. Disponível em: <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php>. Acesso em: 15 junho. 2021.

PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.2, p.52-60, 2003.

PENNA, A.G.; BORGES, A.L.C.C.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; GOMES, S.P.; PENNA, C.F.A.M.; BORGES, I.; RODRIGUES, N.M.; SILVA, R.R. Produção de seis híbridos de sorgo com capim-sudão avaliados em três cortes e em duas épocas de semeadura. **Rev. Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, p.93-105, 2010.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PEREIRA, L.E.T.; HERLING, V.R.; ALMEIDA, O.J.I. **Gramíneas forrageiras de clima temperado e tropical**. Pirassununga, 2016. 95p.

QUERINO, C.A.S.; MOURA, M.A.L.; QUERINO, J.K.A.S. Impacto do desmatamento de uma área de mangue no albedo superficial. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Santa Maria, v. 28, n. 4, p. 401-408, 2013.

RADÜNZ, A.L.; HALLAL, M.O.C.; SCHÖFFEL, E.R.; RADÜNZ, A.F.O.; SILVA, P.R.G. Jr. Variação do albedo em um vinhedo cultivado na região de Pelotas/RS. In XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. **Anais...** Guarapari: SESC, 2011. p. 1-5.

RADÜNZ, A.L.; SCHÖFFEL, E.R.; HALLAL, M.O.C.; BRIXNER, G.F. Efeito da época de poda e da desfolha na interceptação de radiação solar na videira Bordô. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 4, p. 403-407, 2013.

RODRIGUES, J.A.S. Utilização de forragem fresca de sorgo (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) sob condições de corte e pastejo. In: **Simpósio de Forragicultura e Pastagens**, 1., 2000, Lavras. Temas em evidência. Lavras:UFLA, 2000, p. 179-201.

ROMAGNELI, M.J.; FREITAS, R.S.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; BORGES, W.L.B.; PEREIRA, A.J.; ZOZ, A. Épocas de semeadura sobre cultivares de sorgo sacarino. **Braz. J. of Development**, Curitiba, v. 6, n. 9, p.72484-72497, 2020.

SANQUETTA, C.R.; BEHLING, A.; CORTE, A.P.D.; CADORI, G.C.; JUNIOR, S.C.; MACEDO, J.H.P. Eficiência de conversão da radiação fotossintética interceptada em Fitomassa de mudas de *Eucalyptus dunii* Maiden em função da densidade de plantas e o ambiente de cultivo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 104, p.573-580, dez. 2014.

SCHÖFFEL, E.R.; VOLPE, C.A. Albedo e balanço de radiação da superfície de uma cultura de soja durante o período reprodutivo. **Científica**, São Paulo, v. 28, n. 1/2., p. 103-114, 2000.

SCHÖFFEL, E.R.; SANTOS, P.M.; MACIEL, L.R.; HERTER, F.G.; TRENTIN, R. Fluxos de energia radiante em cultivos de amora-preta 'Tupy'. **Revista Caminhos de Geografia**, v.22, n. 80, p. 169-181, 2021.

SILVA, M.A.V.; COSTA, J.M.N.; ANDRADE, V.M.S.; FERREIRA, W.P.M.; SANS, L.M.A.; OLIVEIRA, E.C. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa para a produção de fitomassa no milho BR 106. **Embrapa Milho e Sorgo**, 5p. 2008.

SILVEIRA, M.C.T.; SANT'ANNA, D.M.; MONTARDO, D.P.; TRENTIN, G. Aspectos relativos à implantação e manejo de capim-sudão BRS Estribo. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2015. 11 p. (Embrapa Pecuária Sul. Comunicado técnico, 89). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/135361/1/COT89online.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2021.

SILVEIRA, M.C.T.; MONTARDO, D.P.; SANT'ANNA, D.M. Pasto Sobre Pasto: Estratégias de manejo para uso de mesclas forrageiras de inverno e verão visando melhor distribuição de forragem. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2019. 32 p. (Embrapa Pecuária Sul. Circular Técnica, 52). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202425/1/CIT-52-online.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2021.

SIVAKUMAR, M. V. K.; VIRMANI, S. M. Crop productivity in relation to interception of photosynthetically active radiation. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 31, p. 131-141, 1984.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Porto Alegre – RS, 10 ed., 2004, p. 400.

STEWART, D.W.; COSTA, C.; DWYER, L.M.; SMITH, D.L.; HAMILTON, R.I.; MA, B.L. Canopy structure, light interception and photosynthesis in maize. **Agronomy Journal**, v.95, p.1465-1474, 2003.

STRIEDER, M.L. **Resposta do milho à redução do espaçamento entre linhas em diferentes sistemas de manejo**. 2006. 94 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, 2006.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E. R. et al., 3º ed., Porto Alegre: Artemed, 2004. 719p.

THARP, B.E.; KELLS, J.J. Effect of glufosinate-resistant corn (*Zea mays*) population and row spacing on light interception, corn yield, and common lambsquarters (*Chenopodium album*) growth. **Weed Technology**, Lawrence, v. 15, n. 3, p. 413 – 418, 2001.

TOLLENAAR, M.; BRUULSEMA, T.W. Efficiency of maize dry matter production during periods of complete leaf area expansion. **Agronomy Journal**, v.80, n. 4, p.580-585, 1988.

TOLLENAAR, M.; DIBO, A.A.; AGUILERA, A.; WEISE, S.F.; SWANTON, C.J. Effect of crop density on weed interference in maize. **Agronomy Journal**, v. 86, n. 4, p. 591-595, 1994.

Apêndices

Apêndice A. Análise de variância da eficiência de conversão da radiação solar em massa seca (ϵ_b) em função da época de semeadura, do tratamento, bloco e interação época de semeadura e tratamento, para o capim-sudão BRS Estribo, em Pelotas-RS.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F
----- ϵ_b (g MJ ⁻¹) -----				
ES	4	0,784780	0,196195	24,71*
Tratamento	2	0,720556	0,360278	45,37*
Bloco	3	0,041676	0,013892	1,75 ^{ns}
ES x Tratamento	8	0,227704	0,028463	3,59*
Erro	42	0,333504	0,007941	
Total	59	2,108220		

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; ^{ns} Não significativo.

Apêndice B. Análise de variância da produção de matéria verde total, de folha e de colmo em função da época de semeadura, do tratamento, bloco e interação época de semeadura e tratamento, para o capim-sudão BRS Estribo, em Pelotas-RS.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F
-----Matéria Verde Total-----				
ES	4	7433436907	1858359227	63,58*
Tratamento	2	3274424233	1637212117	56,01*
Bloco	3	44350221	14783407	0,51 ^{ns}
ES x Tratamento	8	452700709	56587588	1,94 ^{ns}
Erro	42	1227702408	29231009	
Total	59	12432614478		
-----Matéria Verde de Folha-----				
ES	4	1096293100	274073275	60,71*
Tratamento	2	408573466	204286733	45,25*
Bloco	3	6167373	2055791	0,46 ^{ns}
ES x Tratamento	8	123976023	15497002	3,43*
Erro	42	189601828	4514329	
Total	59	1824611790		
-----Matéria Verde de Colmo-----				
ES	4	2635932251	658983063	52,70*
Tratamento	2	986785939	493392970	39,45*
Bloco	3	48312590	16104197	1,29 ^{ns}
ES x Tratamento	8	175654737	21956842	1,76 ^{ns}
Erro	42	525221210	12505267	
Total	59	4371906727		

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; ^{ns} Não significativo.

Apêndice C. Análise de variância da produção de matéria seca total, de folha e de colmo em função da época de semeadura, do tratamento, bloco e interação época de semeadura e tratamento, para o capim-sudão BRS Estribo, em Pelotas-RS.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F
-----Matéria Seca Total-----				
ES	4	261939755	65484939	104,04*
Tratamento	2	90110141	45055071	71,58*
Bloco	3	2300546	766849	1,22 ^{ns}
ES x Tratamento	8	10732106	1341513	2,13 ^{ns}
Erro	42	26434708	629398	
Total	59	391517256		
-----Matéria Seca de Folha-----				
ES	4	58655810	14663953	94,70*
Tratamento	2	15373591	7686796	49,64*
Bloco	3	519214	173071	1,12 ^{ns}
ES x Tratamento	8	3142221	392778	2,54*
Erro	42	6503633	154848	
Total	59	84194469		
-----Matéria Seca de Colmo-----				
ES	4	53447947	13361987	77,31*
Tratamento	2	16018164	8009082	46,34*
Bloco	3	370399	123466	0,71 ^{ns}
ES x Tratamento	8	3106059	388257	2,25*
Erro	42	7259121	172836	
Total	59	80201690		

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; ^{ns} Não significativo.

Apêndice D. Análise de variância da relação folha/colmo em função da época de semeadura, do tratamento, bloco e interação época de semeadura e tratamento, para o capim-sudão BRS Estribo, em Pelotas-RS.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F
----- Relação Folha/Colmo -----				
ES	4	1,451774	0,362943	15,99*
Tratamento	2	0,115545	0,057772	2,55 ^{ns}
Bloco	3	0,046833	0,015611	0,69 ^{ns}
ES x Tratamento	8	0,255527	0,031941	1,41 ^{ns}
Erro	42	0,953474	0,022702	
Total	59	2,823153		

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; ^{ns} Não significativo.