

VIABILIDADE FINANCEIRA DA IRRIGAÇÃO EM SORGO FORRAGEIRO EM SISTEMA DE ASPERSÃO PARA BOVINOCULTURA DE CORTE

JARDEL HENRIQUE KIRCHNER¹; ADROALDO DIAS ROBAINA²; MARCIA XAVIER PEITER³; ROGÉRIO RICALDE TORRES⁴; WELLINGTON MEZZOMO⁵ E BRUNA DALCIN PIMENTA

¹ Eng. Agrônomo, Doutor, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Rua Nelsi Ribas Fritsch, nº 1111, bairro Esperança, Ibirubá, RS, Brasil, CEP: 98200-000, jardel.kirchner@ibiruba.ifrs.edu.br

² Eng. Agrônomo, Doutor, Professor Titular do Departamento de Engenharia Rural, UFSM, Avenida Roraima, nº 1000, bairro Camobi, Santa Maria, RS, Brasil, CEP: 97195-000, diasrobaina@gmail.com

³ Eng. Agrônoma, Doutora, Professora Associada do Departamento de Engenharia Rural, UFSM, Avenida Roraima, nº 1000, bairro Camobi, Santa Maria, RS, Brasil, CEP: 97195-000, mpeiter@gmail.com

⁴ Eng. Agrônomo, Doutor, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Rua Eng. João Viterbo de Oliveira, nº 3061, Zona Rural, Vacaria, RS, Brasil, CEP: 95219-899, rogerio.torres@vacaria.ifrs.edu.br

⁵ Eng. Agrônomo, Mestre, Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM, Avenida Roraima, nº 1000, bairro Camobi, Santa Maria, RS, Brasil, CEP: 97195-000, wmezzomo@hotmail.com

⁶ Eng. Agrônoma, Mestra, Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM, Avenida Roraima, nº 1000, bairro Camobi, Santa Maria, RS, Brasil, CEP: 97195-000, brunadpimenta@gmail.com

1 RESUMO

A bovinocultura de corte mantida em pasto de sorgo forrageiro caracteriza-se como um dos principais meios de produção bovina no Rio Grande do Sul. Contudo, há irregularidade das precipitações e os produtores utilizam a irrigação como alternativa para o problema. Porém, há uma necessidade de determinação dos custos de produção e da viabilidade financeira da atividade. O trabalho objetivou avaliar a viabilidade financeira da irrigação em sorgo forrageiro para a bovinocultura de corte para diferentes expectativas de ganho de peso médio diário dos animais. Conduziu-se dois experimentos em 2015/2016 e 2016/2017 em Santa Maria/RS, e avaliou-se as produtividades de seis lâminas de irrigação por aspersão convencional (0, 25, 50, 75, 100 e 125 % da ETo), em quatro repetições, delineamento blocos ao acaso. Com as produtividades, gerou-se funções de produção e determinou-se a carga animal possível de ser alimentada para cada tratamento. Simulou-se três cenários de ganho de peso diário por animal (0,5, 1 e 1,5 kg⁻¹ animal⁻¹ dia⁻¹), e os custos de produção para cada condição hídrica estabelecida, além do retorno financeiro para cada cenário testado. Verificou-se viabilidade financeira para a maioria das situações simuladas avaliadas e que os custos dependem do regime das precipitações.

Palavras chave: *Sorghum bicolor* L. (Moench), irrigação de pastagem, viabilidade financeira, custos de produção.

KIRCHNER, J. H.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; TORRES, R. R.; MEZZOMO, W.; PIMENTA, B. D.

FINANCIAL FEASIBILITY OF IRRIGATION IN FORAGE SORGHUM IN ASPERSION SYSTEM FOR MEAT CATTLE BREEDING

2 ABSTRACT

Beef cattle kept in pasture of forage sorghum is characterized as one of the main means of bovine production in Rio Grande do Sul. However, rains are irregular and producers use irrigation as alternative to the problem. However, there is a need to determine production costs and financial viability of the activity. The objective of this work was to evaluate the financial feasibility of irrigation in forage sorghum for beef cattle for different expectations of average daily weight gain of the animals. Two experiments were conducted in 2015/2016 and 2016/2017 in Santa Maria / RS, and the yields of six conventional irrigation depths (0, 25, 50, 75, 100 and 125% of the ETo) were evaluated, in four replications, and randomized block design. With the productivities, production functions were generated and the possible animal load to be fed for each treatment was determined. Three scenarios were simulated of daily weight gain per animal (0.5, 1 and 1.5 kg-1animal-1day-1), and the production costs for each established water condition, in addition to the financial return for each scenario tested. Financial feasibility has been verified for most of the simulated situations evaluated and costs depend on the precipitation regime.

Keywords: *Sorghum bicolor* L. (Moench), forage irrigation, financial viability, production costs.

3 INTRODUÇÃO

O Brasil caracteriza-se no mercado internacional como um grande produtor de carne bovina, sendo o seu rebanho comercial o maior do mundo. É considerado um dos poucos países com reais possibilidades de expansão da produção devido ao vasto território (CRUZ et al., 2014).

Contudo, há uma heterogeneidade produtiva da bovinocultura de corte a nível nacional devido a fatores ambientais e geográficos, tais como, períodos de insuficiência hídrica, acidez do solo, fertilidade, tipo de solos e temperaturas que influenciam na disponibilidade de alimento aos animais (POLAQUINI; SOUZA; GEBARA, 2006).

O fornecimento de alimentos aos animais através de pastagens sejam elas nativas ou cultivadas, é a maneira preferencial de alimentação de bovinos por grande parte dos produtores pecuários no Brasil e no mundo, tornando o sistema de engorda em pastejo, a principal fonte de

alimento dos animais (BARBERO et al., 2015; CASTRO et al., 2010).

A função das pastagens cultivadas é caracterizar um sistema de produção ambientalmente adequado, agronomicamente eficiente, economicamente viável e socialmente justo, isto é, buscar a sustentabilidade para atender às demandas de um mercado globalizado (DIAS FILHO, 2011).

Dentre as pastagens cultivadas, o sorgo forrageiro, pertencente à família *Poaceae*, é uma das principais culturas utilizadas para a alimentação animal nos maiores centros produtores de bovinos, ou seja, Estados Unidos, Austrália e América do Sul (ANDRADE et al., 2011). A escolha da cultura se dá em função da sua adaptabilidade ao clima, resistência a elevadas temperaturas e elevada produção de biomassa (AVELINO et al., 2011).

As gramíneas tropicais pertencentes ao grupo C4, dentre elas o sorgo forrageiro, necessitam de cerca de 250 a 350 mL de água para cada grama de matéria seca produzida (PEDREIRA; NUSSIO; SILVA, 1998). Dessa maneira, a distribuição da

água ao longo do ciclo é essencial para que a produção seja viável financeiramente, fato este, que normalmente não ocorre de maneira natural com as precipitações. Assim, torna-se necessário o complemento hídrico através da irrigação, eliminando o fator água das limitações de produção de forragem (KIRCHNER et al., 2018).

O crescimento da pecuária brasileira nos últimos anos tem aumentado a participação da irrigação dentro do agronegócio, tornando a irrigação uma estratégia cada vez mais significativa para a elevação da produção, produtividade e rentabilidade da propriedade rural (BERTOSSI et al., 2013). Nesse contexto, a irrigação de pastagem tem se caracterizado como alternativa para suprir o déficit hídrico, possibilitando que o potencial produtivo das forragens possa ser atingido e, conseqüentemente, intensificando a produção animal (ALENCAR et al., 2009; ANTONIEL et al., 2016; KIRCHNER et al., 2017).

De acordo com Silva et al. (2007), os investimentos necessários para a aquisição de um sistema de irrigação, atrelados ao intenso uso de insumos agrícolas, tornam a avaliação financeira item essencial de estudo antes de qualquer implantação de projeto de agricultura irrigada. Apesar da irrigação angariar inúmeros benefícios e vantagens aos agricultores, os riscos da sua utilização devem ser amplamente estudados e avaliados, tendo sempre o intuito de que o incremento de produção supere os investimentos financeiros de aquisição e produção (VILAS BOAS et al., 2011). A análise financeira, indispensável para a execução de projetos de irrigação deve ser determinada pela obtenção dos custos de produção, da receita bruta e da receita líquida para a correta tomada de decisão e investimento (ALMEIDA et al., 2018). Sendo assim, objetiva-se com este trabalho avaliar a viabilidade financeira da irrigação em sorgo forrageiro para a bovinocultura de

corde para diferentes expectativas de ganho de peso diário médio dos animais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção serão descritas as metodologias e o referencial utilizados para a realização do trabalho, explicando o processo de obtenção das equações de produção realizadas em experimentos de campo, as equações e processos utilizados para a determinação dos custos, e a metodologia de transformação da produção de sorgo forrageiro em quilogramas de carne bovina.

4.1 Experimento de campo

Para análise da viabilidade da produção de forragem de sorgo forrageiro irrigada foram comparados os lucros líquidos da produção não irrigada e irrigada em duas safras agrícolas (2015/2016 e 2016/2017), em Santa Maria, Rio Grande do Sul. Foram realizadas as conversões simuladas da produção de forragem de sorgo em quilogramas de peso vivo animal e as estimativas de custos com base nas demandas hídricas de cada safra.

Os experimentos foram realizados em duas safras agrícolas, sendo elas: 2015/2016 (Experimento 1) e 2016/2017 (Experimento 2). Foi utilizada uma área experimental do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, município de Santa Maria, no estado do Rio Grande do Sul, onde a cultivar de sorgo forrageiro utilizada foi a Agrocere 2501.

O tratamento consistiu de aplicação de seis lâminas de irrigação, sendo elas: 0, 25, 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração de referência (ET_o). O delineamento experimental utilizado o de blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais.

Para a determinação da ET_o utilizou-se como equação a de Penman-

Monteith/FAO (ALLEN et al., 2006). O manejo da irrigação foi estabelecido com turno de rega fixo de sete dias, sendo que as irrigações eram realizadas sempre que a precipitação efetiva ocorrida durante o intervalo do turno de rega não satisfazia a necessidade evapotranspirativa da cultura.

Para a quantificação da precipitação efetiva foi adotada metodologia proposta por Millar (1978), onde a parcela da precipitação total que é perdida por escoamento superficial, variável de acordo com o tipo a textura do solo, declividade do terreno e com o uso, para o local de realização dos experimentos é considerada como 30% do total precipitado.

O sistema de irrigação utilizado foi de aspersão convencional, constituído por uma linha principal e vinte e quatro linhas laterais fixas, com tubulações de Policloreto de Vinila (PVC) e espaçamentos das linhas laterais de 4 m. Os aspersores da marca AgroJet, modelo P5^{1/2} foram inseridos nas linhas laterais, com espaçamento de 4 m, tanto para aspersores quanto para linhas laterais.

Para a definição e calibração da lâmina de irrigação aplicada por hora pelo sistema, foi realizada com o teste de uniformidade de Christiansen (CUC), sendo determinada uma taxa de aplicação de água de 12,2 milímetros por hora. A diferenciação das lâminas de irrigação foi realizada mediante variação do tempo de aplicação de água das diferentes parcelas, onde eram ligados cada tratamento de forma individual até atingir a necessidade hídrica necessária.

De acordo com a escala de Koopen, o clima predominante na região é considerado subtropical úmido (Cfa), com temperaturas médias de 19,3 °C durante o ano. No que tange a precipitação, é média ao longo dos anos é de 1688 mm. Contudo, apesar de o volume ser considerado elevado, normalmente ocorrem irregularidades quânticas e temporais das precipitações durante o período de verão,

causando períodos de estresse hídrico para as culturas, pois a demanda evaporativa da atmosfera é elevada no período, e, as precipitações, são extremamente variáveis e irregulares (NIED et al., 2005).

O solo na área dos experimentos é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Típico (STRECK et al., 2008). A adubação de base da cultura foi realizada tendo por referência a interpretação dos resultados de análise química do solo para um sistema de plantio direto já consolidado. Foram aplicados 250 kg ha⁻¹ de fertilizantes com formulação comercial de 5-20-20 de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), respectivamente (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2016).

Foram realizadas três avaliações de produtividade de massa seca (MS) através de cortes aos 50, 80 e 110 dias após a semeadura (DAS). Salienta-se que os cortes foram determinados de acordo com as recomendações do fabricante das sementes. O sorgo forrageiro apresenta na sua composição níveis elevados de tanino e de ácido cianídrico em momentos iniciais de crescimento, não sendo recomendado nem corte para oferta aos animais e nem o pastejo neste intervalo. Assim, o primeiro corte teve um intervalo maior de dias devido ao fato de a cultura do sorgo forrageiro poder desencadear toxidez aos animais.

Foram avaliadas três amostras de 0,5 metros lineares por parcela, ou seja, 72 amostras por corte. Os cortes foram realizados 15 cm de altura em relação ao solo através de foíce. Foram separadas manualmente e avaliadas individualmente em duas frações da amostra: folha (lâmina foliar) e colmo (bainha da folha + colmo). Para a determinação da massa seca as amostras foram secadas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, durante 72 horas e verificadas sua massa em balança de precisão.

As funções de produção de forragem de sorgo forrageiro obtidas

experimentalmente resultaram em equações quadráticas para ambos os experimentos, sendo: $Y = -0,1137 X^2 + 34,93 X + 11026$ para a safra 2015/2016 e $Y = -0,3594 X^2 + 82,47 x + 8646,5$ para a safra 2016/2017, com coeficientes de determinação (R^2) de 0,97 para ambos. A variável Y é a produção de massa seca de forragem de sorgo forrageiro por hectare (kg de MS ha⁻¹), no somatório dos três cortes (50, 80 e 110 DAS), e X é a reposição da evapotranspiração, via irrigação (% ETo).

$$CA = \frac{\text{ProdF}}{\text{Pd} \cdot \text{OF}} \quad (1)$$

Onde: CA é a carga animal (kg de PV ha⁻¹); ProdF é a produção de forragem de sorgo forrageiro (kg de MS ha⁻¹); Pd é a duração do período de pastejo (dias); OF é a oferta de forragem (kg de MS dia⁻¹ kg de PV⁻¹).

A ProdF utilizada foi a obtida nos experimentos de campo em dois anos agrícolas (2015/2016 e 2016/2017). O Pd utilizado foi de 60 dias, ou seja, intervalo compreendido entre o início do período recomendado para pastejo e o último corte realizado. A OF utilizada foi de 4 (4 kg de MS, para cada 100 kg de PV), conforme sugerido por Heringer e Carvalho (2002).

Com a carga animal (CA) determinada, foi estipulado três cenários de

4.2 Estimativa de ganho de peso vivo animal

A carga animal possível de ser alimentada por hectare foi calculada através da produtividade de massa seca de sorgo forrageiro para cada um dos anos de experimento através da seguinte equação (TRINDADE JÚNIOR et al., 2015):

ganhos de peso médio diário (GMD), sendo eles, 0,5, 1,0 e 1,5 kg de PV animal⁻¹dia⁻¹ devido ao fato de ser a faixa de ganho de peso diário normal de ocorrência (GLIENKE, 2012). O peso vivo dos animais (PV) utilizados para a simulação foi de 300 kg animal.

Assim, foi determinado o ganho de peso vivo do animal (GPV) através da seguinte equação:

$$GPV = \frac{CA}{PV} \cdot GMD \cdot Pd \quad (2)$$

Onde: GPV é o ganho de peso vivo no período (kg de PV ha⁻¹); PV é o peso dos animais (kg de PV⁻¹); GMD é o ganho médio diário (kg de PV ha⁻¹ dia⁻¹).

4.3 Obtenção da receita bruta

As receitas brutas estimadas para as diferentes lâminas de irrigação foram obtidas através das funções de produção determinadas em dois anos de experimentos

e sua transformação para ganho de peso animal. Com o ganho de peso vivo (GPV) conhecido, foi obtida a receita bruta através da multiplicação do GPV pelo preço médio de comercialização do quilograma animal de peso vivo na região do trabalho.

$$RB = GPV \cdot Pp \quad (3)$$

Onde: RB é a receita bruta (R\$ ha⁻¹); Pp é o preço de venda do produto (R\$ kg⁻¹ de PV).

Considerou-se, neste trabalho, o valor médio de R\$ 6,00 kg⁻¹ conforme valores médios observados na região durante o ano de 2017.

4.4 Custos de produção e retorno econômico

Foram determinados os custos de produção de forragem de sorgo forrageiro através da separação dos mesmos em quatro categorias: custos fixos e variáveis, relacionados e não relacionados à irrigação, conforme funções de benefício líquido ao irrigante utilizadas por Martin, Gilley e Supalla (1989), Broner e Lambert (1989), Mannocchi e Mecarelli (1994), Frizzone e Andrade Junior (2005) e Santos Junior, Frizzone e Paz (2014).

Os custos relacionados à irrigação foram divididos em custos fixos (CFRI) e custos variáveis da irrigação (CVRI) e, para determiná-los, foi considerado um projeto de um sistema de irrigação por aspersão convencional, conforme metodologia proposta por (BISCARO, 2009).

Para o projeto do sistema de irrigação por aspersão convencional fixou-se os valores: altura geométrica de sucção 5m; altura geométrica de recalque 15 metros; desnível da linha principal e das linhas laterais 2 metros; altura das elevações dos aspersores de 2 metros, comprimento da tubulação de recalque de 100 metros, comprimento da tubulação de sucção de 10 metros. Para um mesmo setor foi selecionado apenas um diâmetro comercial.

O controle das laterais em operação foi por meio de registros de esfera.

Considerou-se como área total irrigada a distância entre os aspersores que se encontram na extremidade da área, mais duas vezes 60 % do alcance dos aspersores, resultando em uma área de 1,28 ha⁻¹, sendo os valores obtidos no projeto, corrigidos para uma unidade de área (1 ha⁻¹).

Os preços dos componentes foram obtidos de equipamentos existentes na região, sendo as tubulações de PVC Azul (para irrigação), com os diâmetros comerciais encontrados e pressão nominal de serviço menor possível para cada setor (linhas laterais, principal, recalque e sucção).

Para a determinação dos custos fixos não relacionados à irrigação (CFNRI) foram consideradas todas as operações e insumos necessários (diárias de trator, número de horas homem, número de horas-máquina, preparo do solo, aquisição de sementes, herbicidas, fungicidas, inseticidas e solo), seguindo a metodologia proposta pela CONAB (BRASIL, 2010). Salienta-se que o CFNRI foi constituído de operações que acontecem todos os anos e que não são relacionadas a irrigação (número de horas-máquina, diárias de trator, número de horas homens, preparo de solo, sementes, semeadura, herbicidas, pesticidas e terra), porém, podem apresentar variações de valores de um ano para outro na produção de sorgo forrageiro.

Para a determinação do custo fixo relacionado a irrigação (CFRI) foi utilizada a equação da CONAB (2010):

$$CFRI = CD + CJ + CSe \quad (4)$$

Onde: CFRI é o custo fixo relacionado à irrigação (R\$ ha⁻¹); CD é a depreciação dos componentes do sistema (R\$ ha⁻¹); CJ é o custo com juro sobre o capital investido (R\$ ha⁻¹); CS é o custo com seguro dos componentes do sistema de irrigação (R\$ ha⁻¹).

Os valores de CD foram calculados através da equação (CONAB, 2010):

$$CD = [(VN - VR) / VUh] \cdot HsTr \quad (5)$$

Onde: VN é o valor de aquisição do componente, novo (R\$ ha⁻¹); VR é o valor residual do componente (R\$ ha⁻¹); Vuh é a vida útil do componente (h); HsTr é o total de horas trabalhadas pelo componente (h).

Para a determinação de CJ foi utilizado uma taxa de remuneração de 6,0 % ao ano, pelo fato de ser o indicado na metodologia da Conab (2010) como sendo entre 6 e 10 %, aplicáveis sobre o valor

médio dos equipamentos. Além disso, esta porcentagem caracteriza-se como a mais comum para a agricultura familiar. As demais variáveis seguiram a mesma metodologia, sendo a equação:

$$CJ = \{[(VN \cdot QM) / 2] / CAT\} \cdot HsTr \cdot J \quad (6)$$

Onde: QM é a quantidade do bem; CAT é a capacidade de trabalho do bem (h); J é a taxa de remuneração.

O VR (valor residual ou de sucata) foi calculado como 20 % do valor de compra de cada componente do sistema, sendo considerada uma vida útil de 20 anos.

Os valores de CSe foram determinado como sendo 0,35 % do valor médio do bem novo (CONAB, 2010), através da seguinte equação:

$$CSe = (VN / 2) \cdot 0,35 \cdot (HsTr / Vuh) \quad (7)$$

Onde: VN é o valor de aquisição do componente novo (R\$ ha⁻¹); HsTr é o total de horas trabalhadas pelo componente (h); Vuh é a vida útil do componente (h).

Os valores de CRVI foram determinados através do somatório do custo variável de energia para a aplicação da

lâmina de água, da mão-de-obra empregada e da manutenção do sistema:

$$CVRI = CvE + CvMo + CvMan \quad (8)$$

Onde: CVRI é o Custo variável relacionado à irrigação (R\$); CvE é o custo variável com energia elétrica (R\$); CvMo é o custo com mão-de-obra empregada na irrigação (R\$); CvMan é o custo com manutenção dos equipamentos (R\$).

O custo variável da energia elétrica para o funcionamento do sistema de irrigação foi calculado considerando a

potência do conjunto motobomba e o tempo para aplicação da lâmina de irrigação, sendo:

$$CvE = Pw \cdot Ee \cdot T \cdot L \quad (9)$$

Onde: Pw é a potência do conjunto motobomba (Kw h⁻¹); Ee é o preço da energia elétrica (R\$ Kw⁻¹); T é o tempo para aplicação de um milímetro de água (h mm⁻¹); L é a lâmina de irrigação (mm ha⁻¹).

Para a obtenção da potência da bomba, necessária para a aplicação de um milímetro de água via irrigação, foram realizados os cálculos de dimensionamento de um sistema de irrigação de aspersão convencional para um hectare. Para o valor da energia elétrica, foi considerada a taxa verde da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, pelo fato de ser o valor médio intermediário, sendo de 0,40 R\$ kW h⁻¹ (RIO GRANDE ENERGIA, 2017).

$$CvMo = Ni \cdot Ns \cdot 0,5 \cdot VSMin / 220 \quad (10)$$

Onde: Ni é o número de irrigações; Ns é o número de setores do sistema de irrigação; VSMin é o valor do salário mínimo (R\$).

Foi considerado seis setores do sistema de irrigação, de acordo com o projeto realizado para um hectare. O valor do salário mínimo rural utilizado foi o de R\$ 1.175,15 (BRASIL, 2017).

Para a determinação do custo da mão-de-obra empregada, foi utilizado o tempo proposto de 0,5 horas por hectare, em cada setor do sistema, para cada uma das irrigações realizadas (MARQUELLI; SILVA, 2011). Para a determinação do valor da hora trabalhada foi utilizada a metodologia da CONAB (2010), com o valor horário equivalente ao salário mínimo rural, conforme a equação:

Para a determinação dos custos com manutenção foram considerados os valores relativos sobre 1 % do valor do sistema de irrigação, somados a 10 % do valor gasto com energia, seguindo metodologia da (CONAB, 2010) conforme a equação:

$$CvMan = VN \cdot 0,01 \quad (CvE / 10) \quad (11)$$

Onde: VN é o valor de aquisição do componente novo (R\$ ha⁻¹); CvE é o custo variável da energia elétrica.

O retorno líquido (RL), nos diferentes cenários testados (sem irrigação e irrigado com 25, 50, 75, 100 e 125% da ETo)

para ganhos de peso de 0,5, 1,0 e 1,5 kg animal⁻¹ dia⁻¹ foi obtido através da seguinte equação:

$$RL = RB - CNRI - CFRI - CVRI \quad (12)$$

Onde: RL é o retorno líquido ao produtor irrigante (R\$ ha⁻¹); RB é a receita bruta (R\$ ha⁻¹); CNRI é o custo não relacionado à irrigação (R\$ ha⁻¹); CFRI é o custo fixo relacionado à irrigação (R\$ ha⁻¹); CVRI é o custo variável relacionado à irrigação (R\$ ha⁻¹).

Nas avaliações de cenários irrigados, testou-se o retorno líquido para as lâminas de reposição utilizadas nos experimentos de campo.

É fato corriqueiro e recorrente a ocorrência de períodos de veranico durante o intervalo do ano compreendido entre primavera-verão no estado do Rio Grande do Sul, com distribuição irregular das precipitações, com períodos de elevado volume de chuvas e outros, de insuficiência de precipitações, acarretando em

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

insegurança na produção das pastagens cultivadas.

Neste período do ano, a demanda evapotranspirativa é alta e as precipitações em determinados momentos não são insuficientes ou são mal distribuídas ao longo do tempo para atender as

necessidades das culturas (NIED et al., 2005). Na Tabela 1, estão representadas as precipitações (total e efetiva) ocorridas nos dois anos de experimentos e a complementação hídrica aplicada nas lâminas de irrigação.

Tabela 1. Lâminas de irrigação (individuais e acumuladas), precipitação total e efetiva (mm) de acordo com os diferentes tratamentos nos anos agrícolas de 2015/2016 e 2016/2017.

2015/2016				
Tratamento (% Eto)	Precipitação Total	Precipitação Efetiva	Lâmina de Irrigação	Lâmina Total
mm				
125	655,20	458,04	146,82	604,86
100			117,46	575,50
75			88,09	546,13
50			58,73	516,77
25			29,36	487,40
0			0,00	458,04
2016/2017				
Tratamento (% Eto)	Precipitação Total	Precipitação Efetiva	Lâmina de Irrigação	Lâmina Total
mm				
125	847,40	593,18	161,87	755,05
100			92,50	685,68
75			69,37	662,55
50			46,25	639,43
25			23,12	616,30
0			0,00	593,18

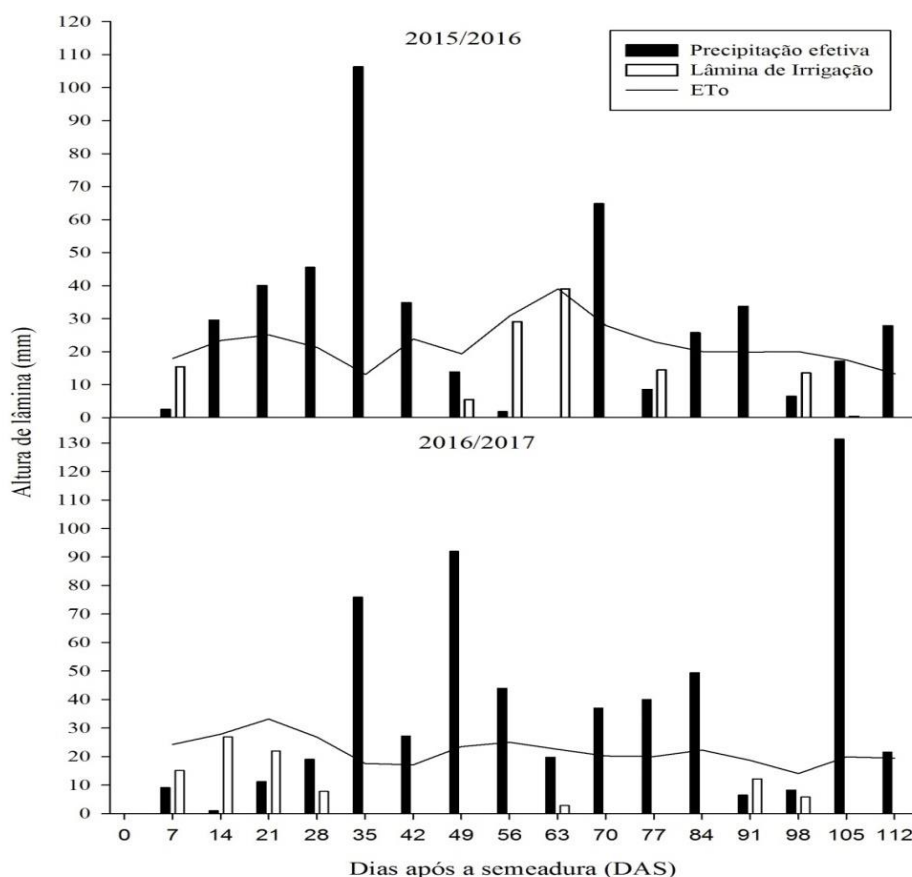
De acordo com Von Pinho et al. (2007), são necessários para a obtenção de boas produtividades na cultura do sorgo precipitações entre 380 a 600 mm durante o período de produção. Portanto, conforme pode ser observado na Tabela 1, as precipitações efetivas de 458 e 593 mm ocorridas nos dois anos avaliados seriam suficientes para atender as necessidades hídricas da cultura, caso a distribuição ao longo do tempo não fosse irregular como aconteceu.

O comportamento pluviométrico seguiu a mesma tendência nos dois anos avaliados, e, conseqüentemente, a produtividade de massa seca também apresentou variação para as distintas lâminas de irrigação. De acordo com Santos e Carlesso (1998), a ocorrência de ano bastante chuvoso promove o crescimento de raízes pouco profundas e que, mesmo em pequenos intervalos de tempo com ausência ou insuficiência de precipitações, determinam queda de produtividade.

Conforme se pode observar na Tabela 1, houve necessidades de irrigações consideráveis durante o ciclo da cultura para os dois anos avaliados. Apesar do elevado volume total precipitado, a distribuição foi muito irregular, tornando

essencial a realização da reposição da demanda evapotranspirativa através da irrigação. O regime pluviométrico, as necessidades de irrigação e a demanda evapotranspirativa estão representados na Figura 1.

Figura 1. Precipitação efetiva, lâmina de irrigação e evapotranspiração de referência (mm), ocorridas durante o transcorrer dos experimentos.



Conforme pode ser observado da Figura 1, no experimento 2015/2016 (Experimento 1) foram necessárias irrigações em seis semanas durante o transcorrer do período para complementação das perdas por evapotranspiração, totalizando um volume de irrigação de 117,4 mm na lâmina de 100 % da Eto. Já no experimento 2016/2017 (Experimento 2) foram realizadas seis irrigações ao longo da condução da cultura,

totalizando um volume de irrigação de 92,5 mm na lâmina de 100 % da Eto.

Através das funções de produção geradas em cada um dos experimentos e da oferta de 4 % do peso vivo, foi determinada a carga animal por hectare possível para os tratamentos. Assim, foi determinada as expectativas de ganho de peso para os três cenários de ganho de 0,5, 1,0 e 1,5 kg animal⁻¹dia⁻¹, durante os 110 dias de cultivo da cultura, para as duas safras, estando os resultados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Lâmina de irrigação, Produção (Prod), / (divisão), x (multiplicação) Período de pastejo (PP), oferta de massa seca (MS), unidade animal (UA), oferta de massa seca ao dia (MS/d), carga animal (CA), número de animais por hectare (AH), expectativa de ganho de peso bruto por hectare para ganhos de 0,5, 1 e 1,5 kg⁻¹ animal⁻¹ dia⁻¹.

2015/2016										
Lâmina	Prod	PP	oferta MS	UA	MS/dia	CA	AH	ganho de peso (kg)		
% ETo	kg ha ⁻¹	dias	%		Kg		u	0,5	1	1,5
125	13481				224	5617	19	562	1123	1685
100	13661				227	5692	19	569	1138	1708
75	12935	/	X	4	300	215	18	539	1078	1617
50	12360	60				206	17	515	1030	1545
25	11846					197	16	493	987	1480
0	11061					184	15	460	921	1382
2016/2017										
Lâmina	Prod	PP	oferta MS	UA	MS/dia	CA	AH	ganho de peso (kg)		
% ETo	kg ha ⁻¹	dias	%		Kg		u	0,5	1	1,5
125	13134				219	5472	18	547	1094	1641
100	13589				226	5662	19	566	1132	1699
75	12910	/	X	4	300	215	18	538	1076	1614
50	11886	60				198	16	495	990	1486
25	10021					167	14	417	835	1253
0	8909					148	12	371	742	1114

Conforme pode ser observado na Tabela 2, comparando os sistemas produtivos não irrigado e os que receberam irrigação com o tratamento de 125 % da ETo, para o Experimento 1, as produções de forragem variaram de 11061 kg ha⁻¹ a 13481 kg ha⁻¹, enquanto que a carga animal variou de 4608 kg de PV ha⁻¹ a 5692 kg de PV ha⁻¹ na lâmina de 100 %. Já para o Experimento 2, as produções de forragem variaram de 8909 kg ha⁻¹ a 13134 kg ha⁻¹, e, a carga animal, variou de 3712 kg de PV ha⁻¹ a 5662 kg de PV ha⁻¹ na lâmina de 100 %. Sendo assim, o ganho de peso vivo, seguiu a mesma tendência, com maiores valores nas lâminas que obtiveram as maiores produções, e, aumentando conforme o cenário de ganho médio diário de peso por animal, além de ficar evidente as respostas

da irrigação para os dois anos, com significativos aumentos de carga animal, devido a maior produção da cultura nos tratamentos irrigados.

Os resultados encontrados estão de acordo com os de Olivo et al. (2010), que trabalhando com diversas espécies utilizadas como pastagem, obtiveram carga animal no somatório de intervalos de 60 dias, mesmo intervalo do presente trabalho, de 3441 kg de PV ha⁻¹ para o consórcio azevém + coasteross, 3155 kg de PV ha⁻¹ para azevém + coasteross + trevo branco, 2578 kg de PV ha⁻¹ azevém + trevo branco e 2688 kg de PV ha⁻¹ para azevém. Também avaliaram a carga animal Montagner et al. (2008), que avaliando o desempenho de novilhas de corte em pastagens de milheto, obteve valores entre 3119,9 e 2541,8 kg de

PV ha⁻¹, ficando ambos os trabalhos, próximos aos encontrados no presente trabalho, onde a carga animal nos tratamentos não irrigados foi de 4608 kg de PV ha⁻¹ para o Experimento 1 e de 3712 kg de PV ha⁻¹ para o Experimento 2.

Na Tabela 3 pode ser observada a composição dos custos de produção para os distintos sistemas de produção, ou seja, irrigado e não irrigado para a cultura do sorgo forrageiro.

Tabela 3. Composição dos custos relacionados aos sistemas produtivos, com e sem a introdução do sistema de irrigação, para as safras agrícolas (2015/2016 e 2016/2017) e para as lâminas de irrigação (25, 50, 75, 100 e 125 % ETo).

Custos de produção			
COMPONENTE	LÂMINA DE IRRIGAÇÃO (% ETO)	2015/2016	2016/2017
Custo Fixo não relacionado à Irrigação – CFNRI			
CFNRI	Com e sem irrigação	1651,10	1743,70
Custo Fixo relacionado ao sistema de irrigação – CFRI			
CD	Todas*	226,85	226,85
CJ	Todas*	170,14	170,14
CSe	Todas*	49,62	49,62
CFRI	Todas*	446,61	446,61
Custo Variável relacionado à irrigação – CVRI			
	25	27,04	21,29
	50	54,07	42,58
CvE	75	81,10	63,87
	100	108,15	85,17
	125	135,19	106,45
CvMo	Todas*	96,15	112,17
	25	20,90	20,32
	50	41,80	40,65
CvMan	75	62,70	60,97
	100	83,60	81,30
	125	104,50	101,62
	25	71,97	69,66
	50	143,95	139,32
	75	215,92	208,98
CVRI	100	287,90	278,64
	125	359,87	348,30

Onde: CFNRI: custo fixo não relacionado ao sistema de irrigação (R\$ ha⁻¹); CFRI: custo fixo relacionado ao sistema de irrigação (R\$ ha⁻¹); CD: custo fixo da depreciação do sistema de irrigação (R\$ ha⁻¹); CJ: custo fixo do juro sobre o capital investido (R\$ ha⁻¹); CSe: custo fixo do seguro do investimento (R\$ ha⁻¹); CVRI: custo variável relacionado ao sistema de irrigação (R\$ ha⁻¹); CvE: custo variável da energia elétrica (variável conforme a lâmina de irrigação) (R\$ ha⁻¹); CvMo: custo variável da mão-de-obra (variável conforme o número de irrigações) (R\$ ha⁻¹); CvMan: custo variável da manutenção (variável conforme o custo com a energia) (R\$ ha⁻¹); *: custo variável igual para todas as lâminas de irrigação, na safra agrícola.

Observa-se que o CFRI é igual para ambos os anos sendo de R\$ 446,61. Este custo abrange à depreciação do sistema de irrigação, os juros sobre o capital investido e o seguro do equipamento de irrigação para um horizonte de projeto de 20 anos. O valor deste custo está abaixo ao apresentado por Vieira et al. (2011), para o mesmo tipo de sistema de irrigação, com área de 3 ha verificou o valor de R\$ 511,61 ha⁻¹, porém, diferente desta pesquisa, este autor considerou o custo com estrutura, e, com isso elevou seu custo anual.

Os componentes do CVNRI variaram de R\$ 1651,10 em 2015/2016 à R\$ 1743,70 em 2016/2017. Já o CVRI apresentou variação conforme o número de irrigações e o volume de água aplicado nas diferentes lâminas de irrigações. Observa-se ainda que o menor CVRI foi encontrado na safra agrícola de 2016/2017 (Experimento 2) sendo de R\$ 278,64 por hectare, o que é justificado pelo menor volume de água aplicado 92,50 mm em relação aos 117,46 mm em 2015/2016 (Experimento 1) ambos para a lâmina de 100 % da ETo, sendo o CVRI de R\$ 287,90 por hectare, como pode ser visualizado na Tabela 3.

A introdução do sistema de irrigação por aspersão aumentou o custo total do sistema produtivo em 44 % para o Experimento 1 e em 43 % para o experimento 2 para área de um hectare no tratamento de reposição de 100 % da ETo. Em relação ao CFRI verificou-se um valor de R\$ 446,61 ha⁻¹. Este custo é referente à depreciação, juros sobre o capital investido e seguro do equipamento de irrigação para um horizonte de projeto de 20 anos.

Alguns autores contribuem para os resultados encontrados, sendo possível encontrar custos oriundos de sistemas de produção de forragem bastante altos. Dantas, Lima e Mota et al. (2017),

encontraram custo anual de produção da palma forrageira irrigada de 7447,80 R\$ ha⁻¹, sendo este resultado relacionado a distribuição pluviométrica muito mais irregular, sendo necessárias maiores reposições de lâminas de irrigação, aumentando conseqüentemente o custo variável relacionado à irrigação e assim, o custo total em relação ao presente trabalho. Já Pompeu et al. (2014) observaram custos de produção de silagem de milho de 6409,90 R\$ ha⁻¹, sendo estes valores superiores ao presente trabalho devido ao fato dos custos relacionados a produção de silagem.

Pinheiro (2002) em trabalho analisando a viabilidade econômica da irrigação em sistema de irrigação pivô central em pastagem de capim Tanzânia para diversas regiões do país, encontrou retornos econômicos consideráveis, variando entre (400,00 a 600,00 R\$ ha⁻¹ ano) para locais de análise (Cuiabá-MT, Petrolina-PE, Porto Nacional-TO). Em outros casos, os retornos financeiros foram baixos, variando entre R\$ -100,00 a 300,00 ha⁻¹ ano para regiões como Campo Grande-MS, Uberaba-MG, Rio Verde-GO, Piracicaba-SP. Esses resultados são similares aos encontrados neste trabalho, onde para o ano de 2015/2016, o retorno líquido, na lâmina de 100 % da ETo, foi de R\$ 1063,48 e para 2016/2017 de R\$ 952,81.

Manetti Filho et al. (2012) ao avaliar o retorno econômico da engorda de novilhas em pastagem irrigada obtiveram retorno bruto de 1960,00 R\$ ha⁻¹ e renda líquida de 584,11 R\$ ha⁻¹, ou seja, inferiores aos encontrados no presente trabalho. Na Tabela 4 estão representados Receita bruta (RB), Custo total (CT) e Retorno líquido (RL) para as diferentes lâminas de irrigação (LI), nos três cenários de ganho de peso diário (GPD), para as duas safras (2015/2016 e 2016/2017).

Tabela 4. Receita bruta (RB), Custo total (CT) e Retorno líquido (RL) para as diferentes lâminas de irrigação (LI), nos três cenários de ganho de peso diário (GPD), para as duas safras (2015/2016 e 2016/2017).

LI (%ETo)	GPD	2015/2016			2016/2017		
		RB	CT	RL	RB	CT	RL
R\$ ha ⁻¹							
0	0,5	2765,30	1651,10	1114,16	2227,4	1743,70	483,70
25		2961,60	2203,92	757,65	2505,4	2296,52	208,85
50		3090,00	2253,28	836,74	2971,6	2345,88	625,70
75		3234,00	2302,63	931,35	3227,6	2395,23	832,36
100		3415,50	2351,99	1063,48	3397,4	2444,59	952,81
125		3370,30	2401,34	968,96	3283,5	2493,94	789,56
0	1,0	5530,5	1651,10	3879,41	4454,7	1743,70	2711,01
25		5923,1	2203,92	3719,22	5010,7	2296,52	2714,22
50		6180,0	2253,28	3926,76	5943,2	2345,88	3597,28
75		6468,0	2302,63	4165,34	6455,2	2395,23	4059,95
100		6830,9	2351,99	4478,96	6794,8	2444,59	4350,20
125		6740,6	2401,34	4339,26	6567,0	2493,94	4073,06
0	1,5	8295,8	1651,10	6644,67	6682,1	1743,70	4938,36
25		8884,7	2203,92	6680,79	7516,1	2296,52	5219,60
50		9270,1	2253,28	7016,79	8914,7	2345,88	6568,85
75		9702,0	2302,63	7399,33	9682,8	2395,23	7287,55
100		10246,4	2351,99	7894,43	10192,2	2444,59	7747,60
125		10110,9	2401,34	7709,56	9850,5	2493,94	7449,15

*GPD em kg⁻¹ animal⁻¹ dia⁻¹

Conforme pode ser observado na Tabela 4, um dos principais aspectos que influenciam no sucesso econômico na criação de bovinos é o ganho de peso animal por dia. Para o ano 2015/2016 caso o animal ganhe 0,5 kg animal⁻¹ dia⁻¹, a introdução do sistema de irrigação de sorgo forrageiro se mostrou prejudicial, onde a retorno líquido foi maior no tratamento não irrigado com 1114,16 R\$ ha⁻¹ em relação aos 1063,48 R\$ ha⁻¹ encontrados para o tratamento de 100 % da ETo.

Contudo, caso o animal ganhe 1 kg animal⁻¹ dia⁻¹, a irrigação se mostrou vantajosa, com retorno líquido de 4478,96 R\$ ha⁻¹ no tratamento de 100 % da ETo, enquanto que no tratamento não irrigado, ficaria em 3879,41 R\$ ha⁻¹, caracterizando assim, um lucro de 15 % a mais com a irrigação. A mesma tendência de resultado foi encontrada para o cenário de ganho de peso de 1,5 kg animal⁻¹ dia⁻¹, com maiores

retornos líquidos sendo encontradas nos tratamentos irrigados. Desta maneira, fica claro que além da distribuição hídrica, um excelente índice produtivo do rebanho exerce influência de maneira crucial nos lucros da atividade.

Também pode ser observado na Tabela 4 que para o experimento 2016/2017 o cenário do incremento da irrigação suplementar em pastagem de sorgo forrageiro foi ainda mais favorável em relação ao experimento 2015/2016. O retorno líquido para o ganho de 0,5 kg animal⁻¹ dia⁻¹ foi de 952,81 R\$ ha⁻¹ para o tratamento de 100% da ETo, enquanto que no tratamento testemunha não irrigado foi de 483,70 R\$ ha⁻¹. Através deste resultado encontrado, é possível afirmar que o regime hídrico exerce influência de maneira direta na renda do produtor, uma vez que, no experimento 2 houve período de maior irregularidade das precipitações e assim, os

resultados do incremento da irrigação foram mais significativos em relação ao experimento 1.

Para os ganhos de 1,0 e 1,5 kg animal⁻¹ dia⁻¹, os resultados foram ainda melhores para o a utilização da irrigação, caracterizando que a atividade pecuária é uma excelente fonte de lucro para o produtor quando irrigada com retorno líquido de 4350,20 e 7747,60 respectivamente para a lâmina de 100 % da ETo com 60 % e 56 % a mais de lucro em relação a testemunha não irrigada.

Pode-se observar ainda que para o experimento 2 o lucro obtido no tratamento não irrigado foi muito inferior ao mesmo tratamento no experimento 1, sendo este fato devido ao maior intervalo com insuficiência de precipitações no experimento 2.

Os resultados obtidos vão ao encontro de Torres et al. (2018), que avaliando o retorno líquido da irrigação para a cultura do milho através de simulação de ganhos de peso animal, encontraram lucro variando entre 2731 R\$ ha⁻¹ para o tratamento não irrigado a 3272 R\$ ha⁻¹ para o tratamento 100 % da ETo para ganho de 1,0 kg animal⁻¹ dia⁻¹ para a mesma época e local de avaliação, enquanto que no presente trabalho esses valores variaram de 2711 R\$ ha⁻¹ no tratamento não irrigado à 4350 R\$ ha⁻¹ no tratamento 100% da ETo.

6 CONCLUSÕES

O lucro da atividade pecuária está diretamente relacionado com a variação do

regime hídrico ocorrido, onde o mesmo caracteriza a viabilidade ou inviabilidade econômica da atividade, uma vez que, acarreta em variabilidade da produção de sorgo forrageiro.

A introdução da irrigação no sistema produtivo acarreta em aumento do custo total da pecuária de corte, estando os lucros relacionados com a distribuição das precipitações e com os índices produtivos do rebanho em ganho médio de peso animal dia.

A irrigação por aspersão convencional na cultura do sorgo forrageiro se mostrou vantajosa e viável economicamente para a grande maioria dos cenários testados, caracterizando-se como uma excelente alternativa de aumento da lucratividade para o produtor pecuário.

Com ganhos de 1,0 e de 1,5 kg animal⁻¹ dia⁻¹ a irrigação se mostrou viável para ambos os anos e regimes hídricos na lâmina de 100 % da ETo, caracterizando índices produtivos ideais para o sucesso da atividade, onde os ganhos foram de 15 % (1,0 kg animal⁻¹ dia⁻¹) e de 23,5 % (1,5 kg animal⁻¹ dia⁻¹) no ano 1 e de 60 % (1,0 kg animal⁻¹ dia⁻¹) e 52,5 % (1,5 kg animal⁻¹ dia⁻¹) no ano 2.

7 AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudo concedida.

8 REFERÊNCIAS

ALENCAR, C. A. B.; DA CUNHA, F. F.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; DA ROCHA, W. S. D.; ARAÚJO, R. A. S. Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 98-108, 2009.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, J. **Evapotranspiration del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estudio Riego e Drenaje Paper, 56).

ALMEIDA, V.; ALVES JÚNIOR, J.; MESQUITA, M.; EVANGELISTA, A. W. P.; CASAROLI, D.; BATTISTI, R. Comparação da viabilidade econômica da agricultura irrigada por pivô central em sistemas de plantios convencional e direto com soja, milho e tomate industrial. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 11, n. 2, p. 256-273, 2018.

ANDRADE, A. R. S.; MACHADO, C. B.; VILELA, E. L.; CAMÊLO, D. L.; SILVA, L. C. C. Desenvolvimento da cultura do sorgo em um latossolo amarelo submetido à adubação orgânica. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, n. 4, v. 2, p. 137-151, 2011.

ANTONIEL, L. S.; PRADO, G.; TINOS, A. C.; BELTRAME, G. A.; DE ALMEIDA, J. V.; CUCO, G. P. Pasture production under diferente irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 6, p. 539-544, 2016.

AVELINO, P. M.; NEIVA, J. N. M.; ARAUJO, V. L.; ALEXANDRINO, E.; BOMFIM, M. A. D.; RESTLE, J. Composição bromatológica de silagens de híbridos de sorgo cultivados em diferentes densidades de plantas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 208-215, 2011.

BARBERO, R. P.; MALHEIROS, E. B.; ARAÚJO, T. L. R.; NAVE, R. L. G.; MULLINIKS, J. T.; BERCHIELLI, T. T.; RUGGIERI, A. C.; REIS, R. A. Combining Marandu grass grazing height and supplementation level to optimize growth and productivity of yearling bulls. **Animal Feed Science and Technology**, Madrid, v. 209, p. 110-118, 2015.

BERTOSSI, A. P.; MILEN, L. C.; DE OLIVEIRA H. M.; RODRIGUES, R. R.; DOS REIS, E. F. Avaliação de um sistema de irrigação por aspersão em malha em pastagem. **Revista Científica da Fundação Educacional de Ituverava- Nucleas**, Ituverava, v. 10, n. 1, p. 125-134, 2013.

BISCARO, G. A. **Sistemas de irrigação por aspersão**. Dourados: Editora da UFGD, 2009.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento. **Custos de produção agrícola: a metodologia da CONAB**. Brasília, DF: CONAB, 2010.

BRASIL. Lei nº 14.987, de 3 de maio de 2017. Dispõe sobre o reajuste dos pisos salariais no âmbito do Estado do Rio Grande do Sul para as categorias profissionais que menciona, com fundamento na Lei Complementar Federal nº 103, de 14 de julho de 2000, que autoriza os Estados e o Distrito Federal a instituir o piso salarial a que se refere o inciso V do art. 7.º da Constituição Federal, por aplicação do disposto no parágrafo único do seu art. 22. Porto Alegre: Palácio Piratini, 3 de maio de 2017. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Rio Grande do Sul, n. 83, p. 1-3, 4 maio 2017. Disponível em: <http://www.normaslegais.com.br/legislacao/Leirs-14987-2017.htm>. Acesso em: 3 out. 2017.

BRONER, B. I.; LAMBERT, J. Optimal scheduling of irrigation machines. I: Model development. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 115, n. 5, p. 862-879, 1989.

CASTRO, G. H. F.; RODRIGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C.; MAURÍCIO, R. M. Características produtivas, agronômicas e nutricionais do capim-tanzânia em cinco diferentes idades ao corte. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 3, p. 654-666, 2010.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Santa Maria: Editora Pallotti, 2016.

CRUZ, R. S.; ALEXANDRINO, E.; MISSIO, R. L.; RESTLE, J.; MELO, J. C.; PAULA NETO, J. J.; NEIVA, J. N. M.; MENDES FILHO, G. O.; SOUZA JÚNIOR, A.; DUARTE, T. D.; REZENDE, J. M.; SILVA, A. A. M. Desempenho bioeconômico de tourinhos alimentados com níveis de concentrado e farelo do mesocarpo de babaçu. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 2159-2174, 2014.

DANTAS, G. F.; LIMA, G. F. C.; MOTA, E. P. Viabilidade econômica da produção de palma forrageira irrigada e adensada no semiárido Potiguar. **Revista iPecege**, Piracicaba, v. 3 n. 1, p. 59-74, 2017.

DIAS FILHO, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, p. 243-252, 2011.

FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. (ed.). **Planejamento da irrigação: análise de decisão de investimento**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

GLIENKE, C. L. **Estudo da recria de novilhas em corte em pastagens cultivadas de verão**. 2012. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

HERINGER, I.; CARVALHO, P. C. F. Ajuste da carga animal em experimentos de pastejo uma nova proposta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 4, p. 675-679, 2002.

KIRCHNER, J. H.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; TORRES, R. R.; MEZZOMO, W.; BEN, L. H. B.; GIRARDI, L. B.; PIMENTA, B. D. Productivity and efficiency in the use of water in different irrigation depths in forage sorghum in dynamic of cuts. **Irriga**, Botucatu, v. 23, n. 2, p. 359-379, 2018.

KIRCHNER, J. H.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; MEZZOMO, W.; TORRES, R. R.; GIRARDI, L. B.; PIMENTA, B. D.; ROSSO, R. B.; PEREIRA, A. C.; LOREGIAN, M. V. Variation of leaf area index of the forage sorghum under different irrigation depths in dynamic of cuts. **African Journal of Agricultural Research**, Nairóbi, v. 12, n. 2, p. 111-124, 2017.

- MANETTI FILHO, J.; OLIVEIRA, C. M. G.; CARAMORI, P. H.; NAGASHIMA, G. T.; HERNANDEZ, F. B. T. Cold tolerance of forage plant species, **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, n. 4, p. 1469-1476, 2018.
- MANNOCCHI, B. F.; MECARELLI, P. Optimization Analysis of Deficit Irrigation Systems. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 120, n. 3, p. 484-503, 1994.
- MARTIN, D. L.; GILLEY, J. R.; SUPALLA, R. J. Evaluation of Irrigation Planning Decisions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 115, n. 1, p. 58-77, 1989.
- MILLAR, A. A. **Drenagem de terras agrícolas: bases agrônômicas**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978.
- MONTAGNER, D. B.; ROCHA, M. G.; SANTOS, D. T.; GENRO, T. C. M.; QUADROS, F. L. F.; ROMAN, J.; POTTER, L.; BREMM, C. Manejo da pastagem de milho para recria novilhas de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2293-2299, nov. 2008.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretária da Agricultura, 1961.
- NIED, A. H.; HELDWEIN, A. B.; ESTEFANEL, V.; SILVA, J. C.; ALBERTO, C. M. Épocas de semeadura do milho com menor risco de ocorrência de deficiência hídrica no município de Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 995-1002, 2005.
- OLIVO, C. J.; MEINERZ, G. R.; AGNOLIN, C. A.; STEINWANDTER, E.; ZIECH, M. F.; SKONIESKI, F. R. Produção de forragem e carga animal de pastagens de Coastercross sobressemeadas com forrageiras de inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 68-73, 2010.
- PEDREIRA, C. G. S.; NUSSIO, L. G.; SILVA, S. C. Condições edafoclimáticas para produção de *Cynodon* spp. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15., 1998, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 85-114.
- PINHEIRO, V. D. **Viabilidade econômica da irrigação de pastagem de capim Tanzânia em diferentes regiões do Brasil**. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- POMPEU, R. C. F. F.; ANDRADE, I. R. A.; SOUZA, H. A.; GUEDES, F. L.; OLIVEIRA, L. S.; TONUCCI, R. G.; MARTINS E. C. **Produtividade e custos de produção de silagem para alimentação de ovinos a partir de sorgo, milho e girassol - safra 2013**. Sobral: Embrapa, 2014. (Circular Técnica, 44).
- POLAQUINI, L. E. M.; SOUZA, J. G.; GEBARA, J. G. Transformações técnico-produtivas e comerciais na pecuária de corte brasileira a partir da década de 90. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 321-327, 2006.

SANTOS JÚNIOR, J. L. C.; FRIZZONE, J. A.; PAZ, V. P. S. Otimização do uso da água no perímetro irrigado formoso aplicando lâminas máximas de água. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 2, p. 196-206, 2014.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SILVA, M. L. O.; DE FARIA, M. A.; REIS, R. P.; DE SANTANA, M. J.; MATTIOLI, W. Viabilidade técnica e econômica do cultivo de safrinha do girassol irrigado na região de Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 200-205, 2007.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008.

TRINDADE JUNIOR, G.; SILVA, R. R.; CARVALHO, G. G. P.; DA SILVA, F. F.; NEGRÃO, J. A.; BARROSO, D. S.; DIAS, D. L. S.; COSTA, P. B. Ganho compensatório de novilhas mestiças suplementadas em pastagens sob avaliação do perfil hormonal e parâmetros sanguíneos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, p. 1481-1494, 2015.

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; MONTES, D. R. P.; CUNHA, F. F. Custo da irrigação do cafeeiro em diferentes tipos de equipamento e tamanhos de área. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 19, n. 1, p. 53-61, 2011.

VILAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G. M.; REIS, R. P.; LIMA JÚNIOR, J. A.; CONSONI, R. Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 781-788, 2011.

VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C.; BORGES, I. D.; RESENDE, A. V. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 235-245, 2007.