

INDICADORES DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE PRODUÇÃO IRRIGADA DE SORGO FORRAGEIRO PARA BOVINOCULTURA DE CORTE¹

JARDEL HENRIQUE KIRCHNER²; ADROALDO DIAS ROBAINA³; MARCIA XAVIER PEITER⁴; ROGÉRIO RICALDE TORRES⁵; WELLINGTON MEZZOMO⁶; LUIS HUMBERTO BAHÚ BEN⁷

¹ Trabalho retirado da tese intitulada: “Aspectos produtivos e viabilidade econômico-financeira da irrigação em sorgo forrageiro”, do autor Jardel Henrique Kirchner

² 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

³ 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

⁴ 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

⁵ 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

⁶ 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

⁷ Eng. Agrônomo, Doutor, Madruga Consultoria Agrônômica, Rua Silveira Martins, nº 967, bairro Centro, Santiago, RS, CEP: 97700-000, luishumbertoben@gmail.com

1 RESUMO

A bovinocultura de corte é uma das principais atividades agropecuárias no Rio Grande do Sul. Contudo, os produtores preocupam-se com a alimentação dos animais, pois irregularidades das chuvas causam falta de alimento. As pastagens cultivadas são amplamente utilizadas, principalmente o sorgo forrageiro, usando a irrigação para suprir as necessidades hídricas. Porém, necessita-se determinar a viabilidade econômica da irrigação da pastagem através de indicadores econômicos. O trabalho objetivou avaliar a viabilidade econômica da irrigação em sorgo forrageiro através de indicadores (Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e relação Benefício/Custo (B/C)) para a bovinocultura de corte. Conduziram-se dois experimentos em 2015/2016 e 2016/2017 em Santa Maria (RS) e avaliaram-se as produtividades com lâmina de 100 % da ETo. Determinou-se a carga animal possível de ser alimentada com a produção, simularam-se três cenários de ganho de peso diário por animal (0,5, 1 e 1,5 kg x animal x dia⁻¹) e determinaram-se os custos e a viabilidade econômica. Verificou-se que há viabilidade econômica da irrigação em todos os indicadores avaliados: VPL entre 2.421,00 e 82.105,00 R\$ ha⁻¹, TIR entre 9 e 82% e relação B/C entre 1,21 e 4,74 atrelando os resultados à rentabilidade dos diferentes cenários de ganho de peso diário animal.

Palavras chave: *Sorghum bicolor* L. (Moench), irrigação de pastagem, indicadores econômicos.

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

ECONOMIC FEASIBILITY INDICATORS OF IRRIGATED PRODUCTION OF FORAGE SORGHUM

2 ABSTRACT

Beef cattle raising is one of the main agricultural activities in Rio Grande do Sul. However, producers are concerned with feeding the animals, as rainfall irregularities cause lack of food. Cultivated pastures are widely used, especially forage sorghum, using irrigation to meet water needs. However, it is necessary to determine the economic viability of pasture irrigation through economic indicators. The objective of this study was to evaluate the economic viability of forage sorghum irrigation through indicators (Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Benefit / Cost ratio (B / C)) for beef cattle. Two experiments were conducted in 2015/2016 and 2016/2017 in Santa Maria/RS and the 100% productivity of ETo was evaluated. The animal feedable feedstock was determined, three scenarios of daily weight gain per animal (0.5, 1 and 1.5 kg x animal x day⁻¹) were simulated and costs and economic viability were determined. It was verified that there is economic viability of irrigation in all indicators evaluated: NPV between 2,421.00 and 82,105.00 R\$ ha⁻¹, IRR between 9 and 82% and B/C ratio between 1.21 and 4.74 the profitability results from the different scenarios of daily animal weight gain.

Keywords: Sorghum bicolor L. (Moench), pasture irrigation, economic viability.

3 INTRODUÇÃO

A água é um fator essencial para a produção agrícola, e sua disponibilidade e distribuição podem definir a viabilidade de qualquer atividade agropecuária (FAGGION et al., 2009).

Nos últimos anos, a pecuária brasileira tem apresentado aumento na participação do agronegócio variando de 6,6% em 2016 a 10,2% em 2018 no produto interno bruto do Rio Grande do Sul (FEIX & LEUSIN JUNIOR, 2019). Esses resultados estão atrelados ao aumento da área irrigada no estado, a qual apresentou um aumento de 27,1% (997.108 a 1.368.327 ha⁻¹) no período compreendido entre 2006 e 2015 (ANA, 2017). Através desta representatividade, a irrigação se torne uma estratégia importante para o aumento da produção, produtividade e rentabilidade da propriedade rural (PEREIRA et al., 2016).

Dentre as pastagens cultivadas, o sorgo forrageiro *in natura*, 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; ANTONIEL et al., 2016; KIRCHNER et al., 2018). No estado do Rio Grande do Sul, diversas culturas podem ser utilizadas como pastagem de verão, dentre elas, o sorgo forrageiro, pela capacidade produtiva e adaptabilidade às condições climáticas (MITTELMAN, 2006). 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 gramas de água para cada grama de matéria seca produzida (PEDREIRA et al., 1998). Dessa maneira, a distribuição da água ao longo do ciclo é essencial para que a produção seja viável economicamente, fato este que

normalmente não ocorre de maneira natural através das precipitações (TORRES et al., 2019b). De Souza et al. (2017) afirmam a importância da otimização do uso da água na cultura do sorgo. É extremamente importante compatibilizar o balanço hídrico com a demanda, de modo que a necessidade hídrica das plantas seja atendida, possibilitando o correto manejo e dimensionamento do sistema de irrigação para atender à demanda da cultura (FREIRE et al., 2011; SANTOS JÚNIOR et al., 2014).

A análise de viabilidade econômico-financeira de um negócio é o primeiro passo para que o empreendedor possa tomar a decisão correta sobre o investimento (SEIBERT et al., 2013). Através da análise, o produtor passa a conhecer com detalhes e utilizar de maneira inteligente e econômica os fatores de produção (terra, trabalho e capital). Dessa forma, localizam-se os pontos cruciais para depois concentrar esforços gerenciais e tecnológicos, a fim de obter sucesso na sua atividade e atingir os seus objetivos de maximização de lucros ou minimização de custos (LOPES et al., 2004).

A utilização da irrigação na agricultura vem ganhando espaço significativo nos últimos anos, com aumento de 1,3 milhões de hectares na área irrigada do país nos últimos 10 anos. A irrigação por aspersão representa 1.572.960 hectares, caracterizando 35% da área irrigada total do Brasil (PAULINO et al., 2011).

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 econômica item essencial de estudo antes de qualquer implantação de projeto de agricultura irrigada. Apesar de a 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).

Diversos indicadores administrativos são utilizados para avaliar a viabilidade econômica de um investimento, tais como, a Receita Bruta, a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Valor Presente Líquido (VPL) e a relação Benefício/Custo (FRIZZONE, 2005). Sendo assim, o objetivo do trabalho foi analisar a viabilidade econômica da produção irrigada de sorgo forrageiro para a bovinocultura de corte através de indicadores econômicos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Experimento de campo

Para análise da viabilidade econômica da produção irrigada de sorgo forrageiro foram comparados os indicadores econômicos da produção em três cenários de ganho médio de peso diário dos animais, sendo os trabalhos de campo realizados em duas safras agrícolas (2015/2016 e 2016/2017), na região de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Foram realizadas as conversões 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.

O clima predominante na região, segundo a escala de Köppen (MORENO, 1961), é caracterizado como subtropical úmido (Cfa), apresenta temperaturas médias de 19,3 °C durante o ano. A média de precipitações ocorridas, durante os anos, é de 1688 mm. Contudo, a distribuição das precipitações durante o período de verão normalmente é irregular, causando períodos de estresse hídrico para as culturas, pois a demanda evaporativa da atmosfera é elevada no período, e as precipitações, normalmente não são suficientes para suprir

as necessidades das culturas (NIED et al., 2005).

Para a determinação da ETo foi utilizada a equação de Penman-Monteith/FAO (ALLEN, et al., 2006). Foi realizada a reposição de 100% da ETo visando repor a necessidade da cultura. 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 demanda evapotranspirativa da cultura.

Para a determinação da precipitação efetiva foi adotada metodologia proposta por Millar (1978), onde a fração da precipitação perdida por escoamento superficial utilizada foi 30% do total precipitado.

O sistema de irrigação utilizado foi o de aspersão convencional, constituído por uma linha principal e vinte e quatro linhas laterais fixas, com canos do sistema de policloreto de vinila (PVC) e espaçamentos das linhas laterais de 4 m. Os aspersores foram conectados nas linhas laterais, com espaçamento de 4 m. Os aspersores utilizados foram da marca AgroJet, modelo P5^{1/2}.

Para a definição e calibração da lâmina de irrigação aplicada por hora pelo sistema, foi realizada a quantificação da lâmina de irrigação máxima aplicada por hora pelo sistema e infiltrada no solo, através do teste de uniformidade de Christiansen (CUC), sendo determinada uma taxa de aplicação de água de 12,2 milímetros por hora.

O solo utilizado para a realização do experimento é classificado como argissolo vermelho distrífico típico (STRECK et al., 2008). A adubação de base da cultura foi

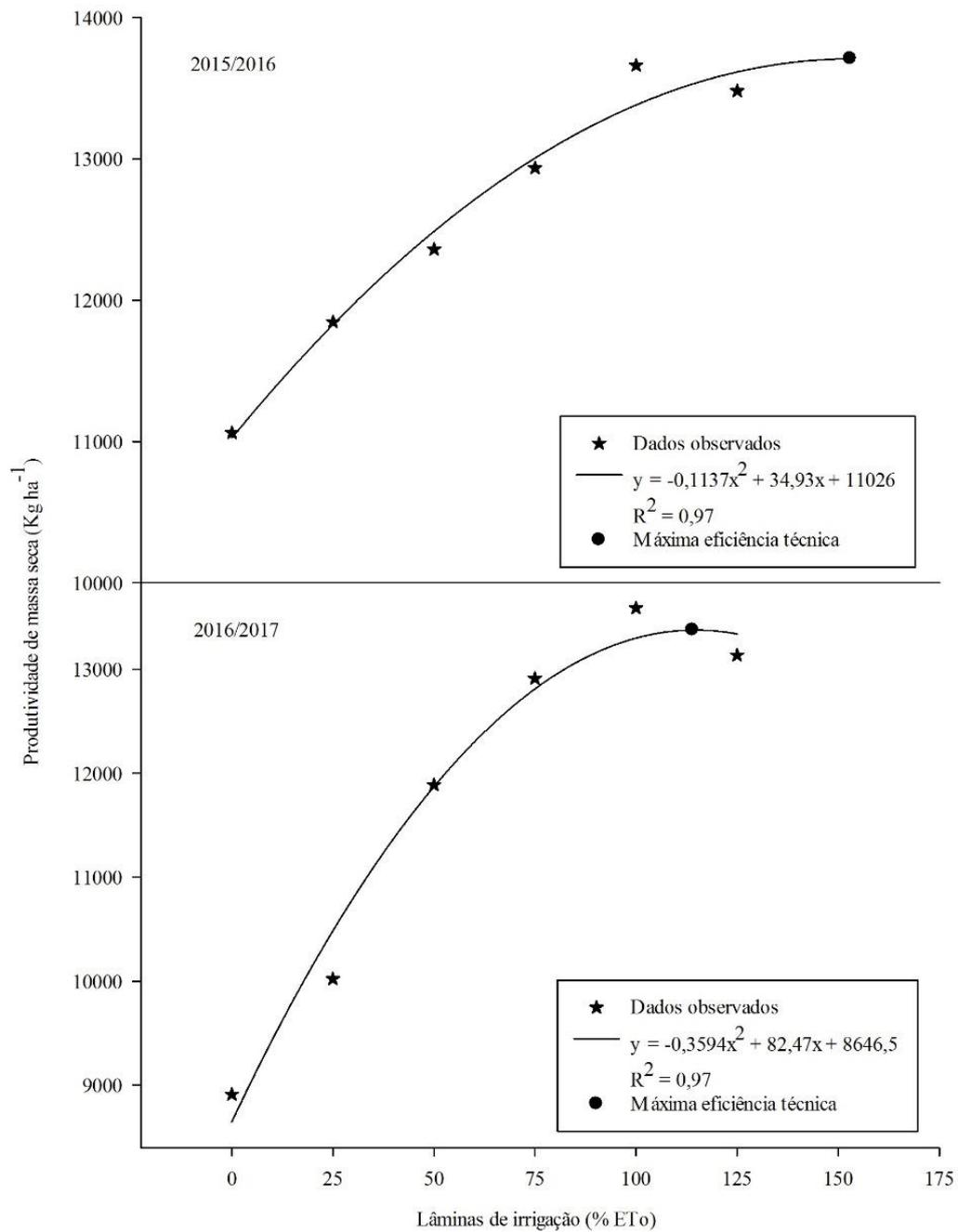
realizada tendo por referência a interpretação dos resultados de análise química do solo para um sistema de plantio direto já consolidado. Foram aplicados 250 kg ha⁻¹ de adubo com formulação comercial de 5-20-20 de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), respectivamente (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DOS SOLOS, 2016).

Realizaram-se 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 estágios iniciais de desenvolvimento, não sendo recomendado nesse intervalo, nem corte para oferta aos animais e nem o pastejo. 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 coletadas três amostras de 0,5 metros lineares por parcela, totalizando 72 amostras por corte. Os cortes foram realizados a 15 cm de altura em relação ao solo, com auxílio de foice. Foram separadas manualmente e avaliadas individualmente em duas frações da amostra: folha (lâmina foliar) e colmo (bainha da folha + colmo). Todas as amostras foram secadas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, por 72 horas e suas massas foram verificadas em balança de precisão.

As funções de produção de forragem de sorgo forrageiro obtidas experimentalmente resultaram em equações quadráticas para ambos os experimentos, conforme figura 1.

Figura 1. Produção de sorgo forrageiro nos experimentos 2015/2016 e 2016/2017 em Santa Maria, RS.



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):

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

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 90 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, foram estipulados três cenários de ganhos de peso médio diário (GMD), sendo eles: 0,5, 1,0 e 1,5 kg de PV animal dia 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:

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

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.

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

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 de peso vivo.

4.4 Custos de produção e retorno econômico

Foram determinados os custos de produção 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 et al, (1989), Broner e Lambert (1989), Mannocchi e Mecarelli (1994), Frizzone & Andrade Junior (2005) e Santos Junior et al, (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 fixaram-se os valores: Altura geométrica de sucção – 5 metros; Altura geométrica de recalque – 15 metros; Desnível da linha principal e das linhas laterais – 2 metros; Altura das elevações dos aspersores – 2 metros; Comprimento da tubulação de recalque – 100 metros; comprimento da tubulação de sucção – 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 terra), seguindo a metodologia proposta pela CONAB (2010).

4.5 Indicadores econômicos de viabilidade

A análise da viabilidade econômica foi realizada através de indicadores econômicos, sendo eles: a relação benefício-custo (B/C), o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR).

Foi realizada a determinação dos indicadores para os três cenários de ganho médio de peso diário dos animais, sendo eles: 0,5, 1,0 e 1,5 kg animal dia⁻¹. Para a análise, foi considerada a lâmina de 100% da ETo pelo fato de ser a lâmina teoricamente adequada para a necessidade hídrica da cultura.

Para a análise do investimento, construiu-se um fluxo de caixa com taxa de desconto de 6,0% ao ano (CONAB, 2010).

O valor presente líquido (VPL) de um projeto de investimento é definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado. Em outras palavras, é a diferença do valor presente das receitas menos o valor presente dos custos para um determinado horizonte de tempo (da SILVA & FONTES, 2005).

O VPL foi calculado por meio da Equação 4.

$$VPL = \sum_{t=0}^N \frac{F_t}{(1+j)^t} \quad (4)$$

Onde:

VPL - valor presente líquido, em R\$ ha⁻¹;

j - taxas de desconto ou taxa mínima de atratividade, em decimal;

N - horizonte do projeto, em anos;

t - tempo (período) do projeto, em anos;

F_t - fluxo de caixa líquido em cada ano, em R\$ ha⁻¹.

A taxa interna de retorno é um dos métodos de se avaliar propostas de investimentos. É uma medida relativa, expressa em percentual, que demonstra o quanto rende um projeto de investimento, considerando a mesma periodicidade dos fluxos de caixa do projeto. Representa a taxa que iguala, num único momento, os fluxos de entradas com os de saídas de caixa. Em outras palavras, é a taxa que produz um VPL igual a zero (PEREIRA & ALMEIDA, 2008).

A taxa interna de retorno de um projeto foi obtida através da Equação 5.

$$\sum_{i=0}^N \frac{F_t}{(1+p)^t} = 0 \quad (5)$$

Onde:

p - taxa interna de retorno, em decimal;

j - taxas de desconto ou taxa mínima de atratividade, em decimal;

N - horizonte do projeto, em anos;

t - tempo (período) do projeto, em anos;

F_t - fluxo de caixa líquido em cada ano, em R\$.ha⁻¹.

A relação benefício/custo é a razão existente entre os lucros obtidos e os custos para a sua obtenção em determinado tempo.

A razão benefício/custo foi calculada por meio da Equação 6.

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^n B/(1+j)^t}{\sum_{t=0}^n C/(1+j)^t} \quad (6)$$

Onde:

B/C - razão benefício/custo;

B: - receitas, em R\$ ha⁻¹;

C - despesas, em R\$ ha⁻¹.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão representadas as precipitações (total e efetiva) ocorridas nos dois anos de experimentos e a complementação hídrica aplicada através da reposição de 100 % Eto através da irrigação.

Tabela 1. Precipitação total e efetiva e lâmina de irrigação total nos anos agrícolas de 2015/2016 e 2016/2017.

Altura de lâmina (mm)	Ano agrícola	
	2015/2016	2016/2017
Precipitação total	655,20	847,40
Precipitação efetiva	458,04	593,18
Lâmina de irrigação	117,46	92,50
Lâmina total	575,50	685,68

Na Tabela 1, pode ser observado que, para ambos os experimentos, houve necessidade de reposições elevadas de água através da irrigação, totalizando 117 e 92 mm para os dois anos avaliados experimentalmente. As precipitações efetivas ficaram abaixo do máximo volume no intervalo encontrado na literatura, sendo que para obtenção de elevadas produtividades a irrigação se fez necessária (VON PINHO et al., 2007).

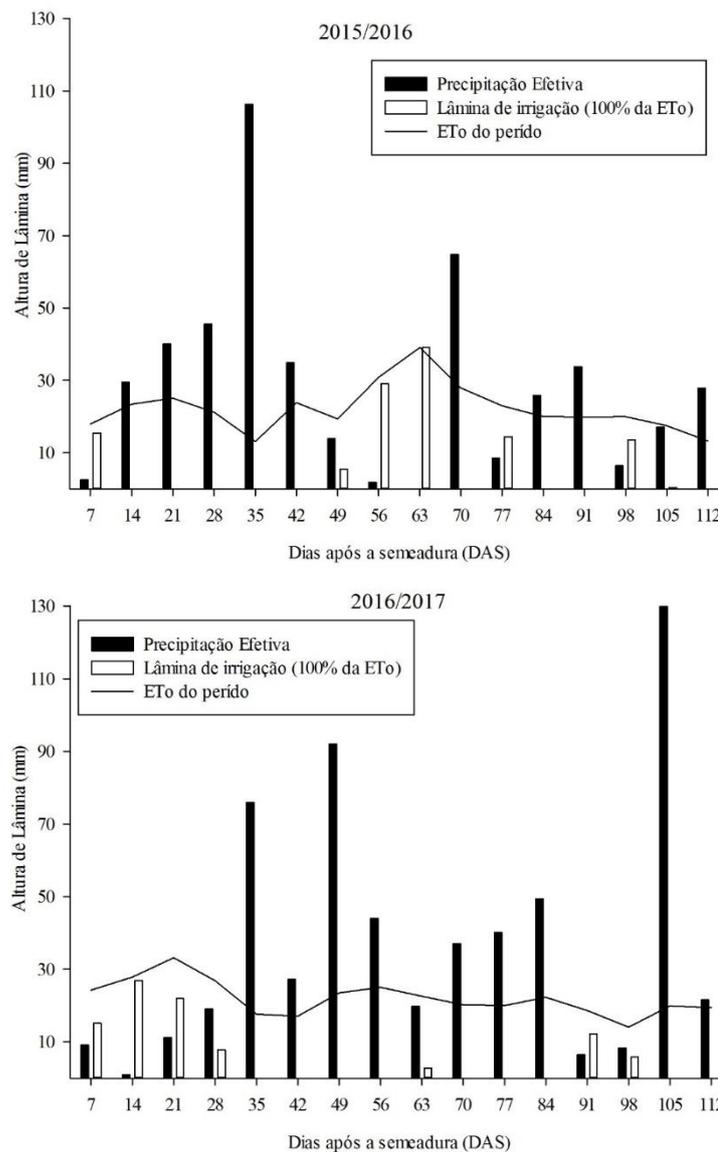
Os resultados pluviométricos seguiram a mesma tendência nos dois anos avaliados, ou seja, apesar de serem volumetricamente elevados, apresentaram períodos de insuficiência hídrica e, assim,

houve necessidade de complemento através da irrigação. Por consequência disso, a produtividade de massa seca também apresentou variação entre os anos avaliados. Santos & Carlesso (1998) caracterizam que 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.

O regime pluviométrico, as necessidades de irrigação e a demanda evapotranspirativa estão representados na Figura 2.

Figura 2. Precipitação efetiva, lâmina de irrigação e evapotranspiração de referência ocorridas

durante o transcorrer dos 2 experimentos.



Através das produtividades obtidas em cada um dos experimentos com a irrigação, e com a oferta de alimento de 4% do peso vivo do animal por dia, foi determinada a carga animal possível de ser alimentada com a produção durante o período de pastejo. Assim, foram

determinadas as expectativas de ganho de peso por hectare para os três cenários de ganho diário por animal de 0,5, 1,0 e 1,5 kg animal dia⁻¹, durante os 60 dias de alimentação, para as duas safras, estando os resultados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Produção de sorgo forrageiro em 2015/2016 e 2016/2017 e receita bruta simulada.

Transformação da produção forragem em receita bruta		2015/2016	2016/2017
Produção (kg ha ⁻¹)		13661	13590
Período de pastejo		60 dias	
Oferta de forragem		4 %	
Unidade animal		300 kg animal	
Carga animal (kg ha ⁻¹)		5692	5662
Massa seca disponível diária		227	226
Número de animais		19	19
Ganho médio de peso vivo	0,5	569	566
	1,0	1138	1133
	1,5	1707	1699
Preço comercialização kg carne PV		6,00 R\$ kg ⁻¹	
Receita Bruta (R\$ ha ⁻¹)	0,5	3415,00	3397,00
	1,0	6830,00	6795,00
	1,5	10246,00	10192,00

Conforme pode ser observado na Tabela 2, as produtividades de sorgo forrageiro por hectare no somatório dos cortes foram próximas para os dois anos avaliados. No experimento 2015/2016 chegou a 13661 kg ha⁻¹ e no experimento 2016/2017 13560 kg ha⁻¹. Por meio desses resultados é possível concluir que, com o adequado suprimento hídrico, o potencial produtivo da cultura pode ser obtido, desde que os demais fatores climáticos e produtivos sejam favoráveis. Pelo fato das duas produtividades dos anos serem próximas, também é possível caracterizar a adequação da cultura à região, sendo uma das principais fontes de alimentação da pecuária gaúcha, onde os resultados produtivos e obtenção de viabilidade econômica da irrigação vão ao encontro dos obtidos por Zwirter et al. (2015).

Por meio dos resultados obtidos é possível verificar a importância da irrigação para a cultura, com produções elevadas em ambos os experimentos com produção de 11061 kg ha⁻¹ em sequeiro e 13481 kg ha⁻¹ irrigado em 2015/2016 e 8909 kg ha⁻¹ em sequeiro e 13134 kg ha⁻¹ irrigado em 2016/2017 (podendo alimentar uma carga animal elevada de animais através dos incrementos de produção quando

comparados à agricultura não irrigada) assim como já abordaram Kirchner et al. (2018) e Torres et al. (2019a) em trabalhos com pastagens irrigadas e de sequeiro, com produções maiores na utilização da agricultura irrigada em comparação com a de sequeiro.

É possível observar ainda, que o ganho de peso vivo por hectare seguiu a mesma tendência para ambos os anos avaliados e que a obtenção de índices zootécnicos de qualidade, com elevação do ganho de peso diário dos animais, caracteriza-se como uma das principais variáveis para o sucesso econômico da pecuária em pastagens cultivadas irrigadas. Com o aumento do ganho de peso vivo por hectare, ocorre o aumento da receita líquida obtida, fato verificado para ambos os experimentos variando de 1063 R\$ ha⁻¹ com ganho de 0,5 kg animal dia⁻¹ a 7894 R\$ ha⁻¹ com 1,5 kg animal dia⁻¹ em 2015/2016 e de 952 R\$ ha⁻¹ com ganho de 0,5 kg animal dia⁻¹ a 7747 R\$ ha⁻¹ com ganho de 1,5 kg animal dia⁻¹.

Contudo, apesar dos resultados produtivos serem elevados na comparação da produção e da receita líquida de sequeiro e irrigado, é necessário o balanço econômico da produção para que seja

possível afirmar a viabilidade da irrigação de sorgo forrageiro. Assim, os custos de

produção da cultura estão representados na Tabela 3.

Tabela 1. Composição dos custos relacionados a irrigação do sorgo forrageiro para as safras agrícolas (2015/2016 e 2016/2017) para a lâmina de 100 % ETo.

COMPONENTE	2015/2016	2016/2017
Custo fixo não relacionado à irrigação - CFNRI		
CFNRI	1651,10	1743,70
Custo Fixo relacionado ao sistema de irrigação – CFRI		
Custo Depreciação	226,85	226,85
Custo Juro sobre capital	170,14	170,14
Custo Seguro investimento	49,62	49,62
CFRI	446,61	446,61
Custo Variável relacionado à irrigação – CVRI		
Custo variável Energia	108,15	85,17
Custo variável Mão de obra	96,15	112,17
Custo variável Manutenção	83,60	81,30
CVRI	287,90	278,64

Onde:

CFNRI – custo fixo não relacionado ao sistema de irrigação (R\$ ha⁻¹);

CFRI – custo fixo relacionado ao sistema de irrigação (R\$ ha⁻¹);

CVRI – custo variável relacionado ao sistema de irrigação (R\$ ha⁻¹);

Observa-se na Tabela 3 que o CFRI é igual para ambos os anos sendo de R\$ 446,61, ou seja, as despesas oriundas dos gastos com o sistema de irrigação (tubos, conexões, motobomba, etc). Além disso, abrange a depreciação do sistema de irrigação, os juros sobre o capital investido e o seguro do equipamento de irrigação para um tempo de execução do projeto de 20 anos. O valor do custo do presente trabalho está abaixo do apresentado por Vieira et al. (2011), para o mesmo sistema de irrigação, ou seja, aspersão. Vieira et al. (2011) verificaram o valor de R\$ 511,61 ha⁻¹, porém, considerando o custo com estrutura, elevando assim, o custo anual, fato este, que não foi analisado neste trabalho.

Os componentes do CVNRI variaram de R\$ 1651,10, em 2015/2016, a R\$ 1743,70, em 2016/2017, sendo essa diferença atribuída à variação do valor de

sementes e de insumos de um ano para outro. Já o CVRI apresentou variação conforme o número de irrigações e o volume de água aplicado para cada um dos experimentos, sendo de 287,90 R\$ ha⁻¹ para 2015/2016 e de 278,64 R\$ ha⁻¹ para 2016/2017. Essa diferença de valores é justificada pelo menor volume de água aplicado no experimento 2 com 92,50 mm em relação ao experimento 1 com 117,46 mm, ambos com reposição de 100 % da ETo.

Com a determinação dos custos relacionados à irrigação, foi possível verificar que 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.

Alguns trabalhos obtidos na literatura contribuem para os resultados encontrados, sendo possível caracterizar custos oriundos de sistemas de produção de forragem bastante altos. Dantas et al. (2017) relataram custo anual de produção da palma forrageira irrigada de 7447,80 R\$ ha⁻¹ para o semiárido potiguar, sendo esse resultado relacionado aos maiores volumes de

lâminas de irrigação aplicados, aumentando o custo variável relacionado à irrigação e, assim, o custo total em relação ao presente trabalho.

Pinheiro (2002), em trabalho analisando a viabilidade econômica em sistema de irrigação por 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 diversas regiões analisadas (Cuiabá-MT, Petrolina-

PE, Porto Nacional-TO). Em outros casos, os retornos econômicos foram pouco atraentes, variando entre R\$ -100,00 a 300,00 ha⁻¹ ano para regiões como Campo Grande-MS, Uberaba-MG, Rio Verde-GO e Piracicaba-SP.

Na Tabela 4 estão representados: receita bruta (RB), custo total (CT) e receita líquida (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 2. Receita líquida (RL) encontrada nos três cenários de ganho de peso diário (GPD), para as duas safras (2015/2016 e 2016/2017).

GPD	2015/2016			2016/2017		
	RB	CT	RL	RB	CT	RL
0,5	3415,5	2351,9	1063,4	3397,4	2444,5	952,8
1,0	6830,9	2351,9	4478,9	6794,8	2444,5	4350,2
1,5	10246,4	2351,9	7894,4	10192,2	2444,5	7747,6

GPD em kg animal dia⁻¹; RB, RL e CT em R\$ ha⁻¹

Os resultados obtidos vão ao encontro de Torres et al. (2019) que, avaliando a receita líquida da irrigação para a cultura do milho através de simulação de ganhos de peso animal, encontraram lucro de 3272 R\$ ha⁻¹ para o tratamento 100% da ETo para ganho de 1,0 kg animal dia⁻¹, para a mesma época e local de estudo, enquanto que, no presente trabalho, a receita líquida foi de 4350 R\$ ha⁻¹ no tratamento 100% da ETo para o mesmo ganho de peso animal diário. Contudo, apesar dos resultados apresentados na Tabela 4 serem de receita líquida positiva, para a determinação da viabilidade econômica da irrigação em sorgo forrageiro voltada para a bovinocultura de corte, é necessária a determinação dos indicadores econômicos. Através deles, é possível que os resultados sejam adequadamente confiáveis e

determinantes na tomada de decisão acerca do investimento no sistema de irrigação.

Para a análise do VPL, foram consideradas as entradas e saídas baseadas nos ganhos de peso diário simulados e o valor de comercialização de 6,0 reais kg⁻¹, para um balanço baseado em um universo de 20 anos, sendo descontadas as taxas de juros de 6% ao ano, onde o valor total do investimento irrigado foi de 35 mil reais ha⁻¹ para o sistema irrigado e de 21 mil reais ha⁻¹ no sistema de sequeiro na soma dos 20 anos simulados.

Desta maneira, estão representados na Tabela 5, o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR) e a relação benefício/custo para os três cenários de ganho de peso diário animal, para os dois anos de avaliação.

Tabela 3. Valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e relação benefício/custo (B/C) para três cenários de ganho de peso diário em sorgo forrageiro irrigado.

Experimento	GPD	VPL	TIR	B/C
2015/2016	0,5	3755,38	10	1,58
	1,0	42929,75	46	3,16
	1,5	82105,26	82	4,74
2016/2017	0,5	2421,93	9	1,21
	1,0	41389,84	45	2,41
	1,5	80357,75	80	3,62

GPD em kg animal dia⁻¹; VPL em R\$ ha⁻¹; TIR em %.

Conforme pode ser observado na Tabela 5, houve viabilidade econômica para a irrigação de sorgo forrageiro para os dois anos avaliados, onde todos os indicadores apresentaram resultados positivos. Além disso, a irrigação de sorgo forrageiro apresenta-se como uma boa opção de investimento para o produtor de bovinocultura de corte, eliminando o fator precipitação da cadeia de produção de alimentos e servindo como segurança através do retorno econômico proporcionado.

Também é possível observar na Tabela 5, a importância da obtenção de um bom índice de ganho de peso diário dos animais, uma vez que, quanto maior for o ganho diário dos animais, maior será o retorno econômico ao produtor, fato este demonstrado através dos dois anos avaliados e dos três indicadores econômicos.

O valor presente líquido apresentou variações elevadas entre os três cenários de ganho peso diário animal, porém, os valores ficaram próximos na variação de um ano para o outro. Essa variação para os cenários se deve ao grande aumento de quilogramas de carne com o acréscimo do ganho diário, pois o período de alimentação dos animais com a produção obtida é de 60 dias e o número de animais possível de se alimentar por hectare é de 19, caracterizando assim, um grande avanço nas receitas. Além disso, observa-se uma variação entre os anos avaliados para todos os cenários, onde o menor VPL foi sempre obtido no

experimento 2016/2017 na relação com o 2015/2016, sendo este fato justificado pelo maior custo.

Os resultados obtidos vão ao encontro de Almeida et al. (2018) que, avaliando a viabilidade econômica da irrigação via pivô central em sistemas de plantio convencional e direto de soja, milho e tomate industrial, obtiveram VPL de 2129,82 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ para o sistema convencional e de 2294,95 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ para sistema direto, ficando próximos dos valores obtidos para o ganho médio de peso de 0,5 kg animal dia⁻¹ para os dois experimentos do presente trabalho.

Na avaliação da taxa interna de retorno (TIR), os resultados apontaram a mesma tendência observada no VPL, ou seja, valores próximos entre os dois anos avaliados e com aumento conforme o ganho de peso diário dos animais. Almeida et al. (2018) encontraram TIR de 131% para sistema de plantio convencional e de 162% para sistema de plantio direto, ambos irrigados, para um universo de 30 anos. Já Peres et al. (2009) encontraram TIR para aveia preta em sequeiro de 11,9%, próximos aos valores encontrados no presente trabalho em sequeiro para ambos os anos, onde os resultados foram de 9% em 2015/2016 e 10% em 2016/2017.

Esses resultados estão acima dos obtidos no presente trabalho, que no ano 2015/2016 variaram de 10% com ganho de peso diário animal de 0,5 kg animal dia⁻¹ a 82% com ganho de 1,5 kg animal dia⁻¹ e de 9% à 80% para o experimento 2016/2017,

com o mesmo comportamento de incremento conforme o ganho de peso diário animal, sendo utilizado um universo de 20 anos. Dessa maneira, a TIR também caracterizou viabilidade econômica da irrigação de sorgo forrageiro, além de demonstrar a variação econômica entre os distintos cenários de resultados zootécnicos de ganho de peso diário animal.

Já a relação benefício/custo (B/C), apontou resultados positivos para todos os cenários, com valores maiores que 1, fato este, que torna o investimento na irrigação viável economicamente, com diferença de magnitude entre os anos variando de acordo com a precipitação e, conseqüentemente, com o número de irrigações realizadas e que alteram o custo. A tendência foi a mesma dos demais indicadores, com aumento da viabilidade conforme a melhora na receita, ou seja, aumento do ganho de peso diário animal.

Os resultados referentes à relação B/C vão ao encontro dos obtidos por Torres et al. (2019a) que, avaliando a viabilidade econômica da irrigação para a cultura do milho, no mesmo município de realização do presente trabalho, encontraram relação de 2,17 para a lâmina de 100% de ETo de reposição, ficando próximo dos 2,41 encontrados para o experimento 2016/2017.

6 CONCLUSÕES

A irrigação da cultura do sorgo forrageiro é viável economicamente para o local de realização do trabalho, fato este demonstrado através de todos os indicadores econômicos avaliados, ou seja, valor presente líquido, taxa interna de retorno e relação benefício/custo.

O aumento da viabilidade econômica da pecuária de corte está intrinsecamente relacionado à obtenção de elevados ganhos diários de peso pelo animal, aumentando a receita e, conseqüentemente, o retorno financeiro.

Os indicadores econômicos se mostraram eficientes na determinação da viabilidade econômica da irrigação, sendo ferramentas de extrema importância na tomada de decisão do investimento na agropecuária de corte irrigada.

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

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, J. **Evapotranspiration del cultivo: guias 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. 02, 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.

Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada /Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2017.86 p.

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.

BISCARO, G. A. **Sistemas de irrigação por aspersão**. Dourados. Editora da UFGD, 2009. 134p.

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

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**. 376 p., 2016.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. **Custos de produção agrícola: a metodologia da CONAB**. Brasília: CONAB, 2010. 60 p.

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

de SOUZA, P. G. R.; VIANA, T. V. de A; de CARVALHO, C. M.; de SOUSA, A. M.; COSTA, C. P. de M; de AZEVEDO, B. M. Efeito de diferentes lâminas de irrigação e cobertura do solo no crescimento da cultura do sorgo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, n.4, p. 1528 - 1537, 2017.

FAGGION, F.; OLIVEIRA, C. A. S.; DEMÉTRIOS, C. Uso eficiente da água: uma contribuição para o desenvolvimento sustentável da agropecuária. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 2, n .1, p. 187-190, 2009.

FEIX, R. D.; LEUSIN JÚNIOR, S. **Painel do agronegócio no Rio Grande do Sul — 2019**. Porto Alegre: SEPLAG, DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA, 2019.

FREIRE, J. L. de O.; CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. T.; DIAS, T. J.; SOUTO, A. G. de L. Necessidade hídrica do maracujazeiro amarelo cultivado sob estresse salino, biofertilização e cobertura do solo. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 1, p.82- 91, 2011.

FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de (Eds). **Planejamento da irrigação: Análise de decisão de investimento**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 626 p.

GLIENKE, C. L. **Estudo da recria de novilhas em corte em pastagens cultivadas de verão**. 2012, 131 p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

HERINGER, I.; CARVALHO, P. C. de 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. 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. :

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. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 23, n. 2, p. 359-379, 2018.

LOPES, M. A.; LIMA, A. L. R.; CARVALHO, F. M. Controle gerencial e estudo da rentabilidade de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n.4, p. 234-247, 2004.

MANNOCCHI B. F.; MECARELLI P. Optimization Analysis of Deficit Irrigation Systems. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston-VA, 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 – VA, v. 115, n. 1, p. 58-77, 1989.

MILLAR, A. A. **Drenagem de terras agrícolas: bases agronômicas**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, LTDA, 1978, 276 p.

MITTELMANN, A. Principais espécies forrageiras. In: PEGORARO, L. M. C. (Ed.). **Noções sobre produção de leite**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 153 p.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul. Secretária da Agricultura**, Porto Alegre, Brasil, 1961. 42p.

NIED, A.H. et al. Épocas de semeadura do milho com menor risco de ocorrência de deficiência hídrica no município de Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.35, n.5, p.995-1002, 2005.

PAULINO, J.; FOLEGATTI, M. V.; ZOLIN, C. A.; ROMÁN, R. M. S.; JOSÉ, J.V.; Situação da agricultura irrigada no brasil de acordo com o censo agropecuário 2006. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p.163-176, 2011.

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.

PEREIRA, L. R., DE SOUZA, J. M., DA MATTA RAFAEL, A., DA CRUZ, E. A., DAS GRAÇAS TEIXEIRA, A., & DOS REIS, E. F.. Uniformidade e eficiência de aplicação de água em um sistema de irrigação por aspersão em pastagem. **Revista Agrarian**, v. 9, n. 32, p. 156-161, 2016.

PEREIRA, W. A. ALMEIDA, L.S. Método Manual para Cálculo da Taxa Interna de Retorno. **Revista Objetiva**, Rio Verde, p. 38 - 50. 2008.

PERES, A. A. C.; VÁSCHEZ, H. M.; de SOUZA, P. M.; da SILVA, J. F. C.; VILLELA, O. V.; dos SANTOS, F. C. Análise financeira e de sensibilidade de sistemas de produção de leite em pastagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 10, p. 2072-2078, 2009.

PINHEIRO, V. D. **Viabilidade econômica da irrigação de pastagem de capim Tanzânia em diferentes regiões do Brasil**. 2002, 131 p. 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. de; SOUZA H. A. de; 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, Milheto e Girassol - Safra 2013**. Circular Técnica 44. EMBRAPA. Sobral. 2014.

SANTOS JÚNIOR, J. L. C. dos; FRIZZONE, J. A.; PAZ, V. P. da S. Otimização do uso da água no perímetro irrigado formoso aplicando lâminas máximas de água. **Revista 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.

SEIBERT, R. M.; SALLA, N.; RUSCH, T. F. M. C.; RUSCH, J. **Estudo de viabilidade econômico-financeira para implantação de uma estufa hidropônica em uma propriedade rural no interior de santo ângelo – rs**. IESA, Santo Ângelo-RS. 2013.

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. 222 p.

TORRES, R. R.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; BEN, L. H. B.; MEZZOMO, W.; KIRCHNER, J. H.; PEREIRA, T. S.; BUSKE, T. C.; VIVAN, G. A.; GIRARDI, L. B. Economic of the irrigated production of forage millet. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 2, p. 623-638, 2019.

TORRES, R. R.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; BEN, L. H. B.; MEZZOMO, W.; KIRCHNER, J. H.; ROSSO, R. B.; PIMENTA, B. D.; PEREIRA, A. C.; LOREGIAN, M. V. Water productivity and production function in irrigated millet crop. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 6, suplemento 2, p. 2837-2850, 2019.

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.; da 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.

ZWIRTES, A. L.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; KUNZ, J.; REIMANN, G. K. Desempenho produtivo e retorno econômico da cultura do sorgo submetida à irrigação deficitária. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.4, p. 676-688, 2015.