

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

PAULO GLEISSON RODRIGUES DE SOUSA

PRODUTIVIDADE E RENTABILIDADE DA FORRAGEM DE SORGO SOB
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E NÍVEIS DE COBERTURA MORTA EM
CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS

FORTALEZA

2017

PAULO GLEISSON RODRIGUES DE SOUSA

PRODUTIVIDADE E RENTABILIDADE DA FORRAGEM DE SORGO SOB
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E NÍVEIS DE COBERTURA MORTA EM CONDIÇÕES
SEMIÁRIDAS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola na área de concentração em Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana

Coorientador: Prof. Dr. Clayton Moura de Carvalho

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S698p Sousa, Paulo Gleisson Rodrigues de.
 Produtividade e rentabilidade da forragem de sorgo sob lâminas de irrigação e níveis de cobertura morta
em condições semiáridas / Paulo Gleisson Rodrigues de Sousa. – 2017.
 91 f. : il. color.

 Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2017.

 Orientação: Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana.

 Coorientação: Prof. Dr. Clayton Moura de Carvalho.

 1. Sorghum bicolor. 2. manejo da irrigação. 3. cobertura do solo. 4. semiárido. I. Título.

CDD 630

PAULO GLEISSON RODRIGUES DE SOUSA

PRODUTIVIDADE E RENTABILIDADE DA FORRAGEM DE SORGO SOB
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E NÍVEIS DE COBERTURA MORTA EM CONDIÇÕES
SEMIÁRIDAS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola na área de concentração em Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Clayton Moura de Carvalho (Coorientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IFBaiano Xique-Xique)

Prof. Dr. Kilmer Coelho Campos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Limeira da Silva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE Umirim)

A DEUS,

Aos meus pais, José Paula Firmiano de Sousa e Marta Maria Rodrigues de Sousa. Aos meus irmãos Daiana Paula Rodrigues de Sousa, Paula Luciana Rodrigues de Sousa, Paula Glauciane Rodrigues de Sousa, Paulo Ricardo Rodrigues de Sousa, João Alfredo Rodrigues de Sousa, Fernanda Rodrigues de Sousa e Fernando Rodrigues de Sousa. A minha esposa Karla Luana Gomes Cunha e a nossa filha Ana Livia Cunha de Sousa.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todas as conquistas ocorridas em minha vida.

À FUNCAP, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio durante a conclusão do mestrado.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, pelo espaço cedido para a realização da pesquisa de campo.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de cursar o Mestrado.

Aos meus orientadores, Prof Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana e Prof Dr. Clayton Moura de Carvalho, pela excelência em orientação recebida, ensinamentos e apoio durante o curso.

Aos amigos Felipe Magalhães, Elino, Robinho, Joterdan, Lúcio Nascimento e Mauro Régis pelo apoio durante toda a realização da pesquisa.

Ao bolsista Francisco Jovenilson Sousa Abreu, pelo excelente trabalho desenvolvido durante a realização da pesquisa.

Aos voluntários do projeto “Aspecto técnico e produção de sorgo” Adriele, Ariane e Maria da Penha.

Aos Professores colegas do IFCE, Anderson Ibise, José Ribeiro, Marieta Laua, Eliziete, Adriano, João Helder, Marcos Neves, Jakilane, Jorge Alberto, Jancer Nobre, Patrícia, Mishele, Ana Paula, Shirliane Aguiar, Enilce, Limeira e Fátima, pelo apoio e pela boa convivência no ambiente de trabalho.

Aos professores pertencentes à banca examinadora, Prof. Dr. Francisco Limeira da Silva e Prof. Dr. Kilmer Coelho Campos, por todas as sugestões valiosas para o enriquecimento deste trabalho.

Aos meus pais, José Paula Firmiano de Sousa e Marta Maria Rodrigues de Sousa, por toda a força e apoio ao longo de toda a caminhada.

Aos meus irmãos, Daiana Paula Rodrigues de Sousa, Paula Luciana Rodrigues de Sousa, Paula Glauciane Rodrigues de Sousa, Paulo Ricardo Rodrigues de Sousa, João Alfredo Rodrigues de Sousa, Fernanda Rodrigues de Sousa e Fernando Rodrigues de Sousa, por todo companheirismo e apoio ao longo da trajetória.

Aos meus avôs Maria, Euzinda, João Rodrigues e Alfredo “IN MEMORIAN”.

Aos meus tios(as) na pessoa de Antonio Alfredo, por todo o apoio nos momentos mais precisos.

Aos meus amigos Ana Claudia, Athila, Wesley Araújo e Alfredo Mendonça.

Aos professores Albanise, Camboim, Daniel Albiero, Eunice, Geocleber, Marcos Bezerra, Raimundo Nonato, Stefano Biffani e Thales Vinícius pelos ensinamentos durante o curso.

Aos meus amigos de Pós-Graduação, Valsergio Barros, Clarissa, Luana Soares, Maria Mayara, Josimar, Humberto Gildo, Antonio Vanklane, Keivia, Patrícia, Chrislene, Aguiar, Rômulo, Vinícius, Leonaria, Marcos Alves, Marconi Seabra, Fábio Josias, Aureliano e Emanuel, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

À minha esposa Karla Luana Gomes Cunha e a nossa filha Ana Lívia Cunha de Sousa, pelo companheirismo e carinho recebidos.

Enfim agradeço a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a obtenção desta conquista.

RESUMO

A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L.) tem larga utilização na produção de forragem, sendo aproveitada na forma de feno e de silagem e em pastejo. É muito cultivada em regiões áridas e semiáridas, entretanto, frequentemente com baixas produtividades em condições de sequeiro, apesar da sua elevada adaptabilidade climática. Por conseguinte, a baixa disponibilidade hídrica regional suscita técnicas de mitigação dos efeitos do estresse hídrico, como a utilização de cobertura morta. Dessa forma, objetivou-se avaliar os indicadores de produção e de rentabilidade do sorgo forrageiro (BRS Ponta Negra) sob diferentes lâminas de irrigação (50; 75; 100; 125 e 150% da evapotranspiração da cultura, ET_C) associadas a níveis de cobertura morta com bagana de carnaúba (0,00; 2,50; 3,75; 5,00 e 6,25cm). O trabalho foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus de Umirim, no período de setembro de 2016 a janeiro de 2017. O delineamento experimental foi disposto em parcelas subdivididas, 5 x 5, com 5 repetições, totalizando 125 unidades experimentais. As variáveis analisadas foram: altura da planta, diâmetros do caule e da panícula e comprimento da panícula; produtividades de forragem e de massa seca e eficiência de uso da água; e indicadores, relação benéfico/custo, valor presente líquido, taxa interna de retorno e período payback. As variáveis morfológicas foram influenciadas significativamente pelas lâminas aplicadas, com aumento linear crescente para às variáveis altura de planta e comprimento da panícula. Já as variáveis diâmetros do caule e da panícula apresentaram valores máximos com lâminas próximas a equivalente a 100% da ET_C ; Os níveis de água e de bagana influenciaram significativamente a produtividade de forragem de sorgo, sendo essa crescente com a elevação desses fatores. A adoção de irrigação deficitária reduziu a produção de forragem, entretanto, aumentou a eficiência do uso da água; A produção de sorgo mostrou-se viável financeiramente para todos os indicadores em análise, em todas as lâminas de irrigação aplicadas e em todos os níveis de cobertura morta, apontando ser essa uma cultura promissora para a região. Entretanto, a utilização da maior lâmina aplicada, equivalente a 150% da ET_C e o não uso de cobertura morta mostraram-se como as condições mais viáveis economicamente quanto as análises de sensibilidade dos custos e das receitas; Como estratégia para o crescimento da exploração dessa cultura faz-se necessário a valorização das políticas de acesso ao créditos, como por exemplo o Pronaf, assim como a associação das técnicas de manejo conservacionista principalmente do solo e água.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*. manejo da irrigação. cobertura do solo. semiárido.

ABSTRACT

The sorghum (*Sorghum bicolor* L.) crop has a wide use in the production of fodder, being harvested in the form of hay and silage and grazing. It is highly cultivated in arid and semi-arid regions, however, often with low yields in rainfed conditions, despite its high climatic adaptability. Therefore, the low regional water availability raises techniques to mitigate the effects of water stress, such as the use of mulch. The objective of this study was to evaluate the production and profitability indicators of forage sorghum (BRS Ponta Negra) under different irrigation levels (50, 75, 100, 125 and 150% of crop evapotranspiration, ETC) and mulch levels (0.00, 2.50, 3.75, 5.00 and 6.25cm). The study was conducted in the Federal Institute of Education, Science and Technology - Umirim Campus, from September 2016 to January 2017. The experimental design was arranged in subdivided plots, 5 x 5, with 5 replications, totaling 125 experimental units. The analyzed variables were: plant height, stem and panicle diameters and panicle length; forage and dry mass production and water use efficiency; and indicators, beneficial relation / cost, net present value, internal rate of return and payback period. The morphological variables were significantly influenced by the applied slides, with increasing linear increase for the variables plant height and panicle length. The stem and panicle diameters showed maximum values with slides close to 100% ETC; Water and mulch levels significantly influenced the forage yield of sorghum, which increased with the increase of these factors. The adoption of deficit irrigation reduced forage production, however, increased the efficiency of water use; Sorghum production proved to be financially viable for all indicators under review, for all applied irrigation slides and for all levels of mulch, indicating that this crop is a promising crop for the region. However, the use of the highest applied blade, equivalent to 150% of the ETC and the non-use of mulching, proved to be the most economically feasible conditions for the sensitivity analysis of costs and revenues; As a strategy for the growth of the exploitation of this crop, it is necessary to valorize the policies of access to credits, such as Pronaf, as well as the association of techniques of conservation management mainly of soil and water.

Key words: *Sorghum bicolor*. irrigation management. Soil cover. Semiarid

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área experimental.....	28
Figura 2 – Plantas de sorgo em crescimento.....	29
Figura 3 – Silagem de sorgo.....	30
Figura 4 – Croqui da área experimental.....	31
Figura 5 – Cobertura do solo.....	35
Figura 6 – Medição de altura da planta.....	36
Figura 7 – Medição de diâmetro do caule.....	36

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –	Evapotranspiração da cultura ETc do sorgo e lâminas aplicadas ao longo do ciclo.....	34
Gráfico 2 –	Comprimento da panícula em função das lâminas de irrigação.....	47
Gráfico 3 –	Diâmetro da panícula do sorgo sob lâminas de irrigação.....	48
Gráfico 4 –	Altura da planta com o efeito das lâminas de irrigação.....	49
Gráfico 5 –	Diâmetro do caule da cultura do sorgo sob diferentes lâminas de irrigação.....	51
Gráfico 6 –	Produtividade em função das lâminas de irrigação.....	53
Gráfico 7 –	Produtividade de massa fresca em função dos níveis de cobertura morta.....	54
Gráfico 8 –	Produtividade de matéria seca do sorgo em função das lâminas de irrigação.....	55
Gráfico 9 –	Produtividade de matéria seca do sorgo em função da altura de bagana aplicada.....	56
Gráfico 10 –	Eficiência do uso da água (kg m^{-3}) em função das lâminas aplicadas.....	60
Gráfico 11 –	Eficiência do uso da água ($\text{R\$ m}^{-3}$) em função das lâminas aplicadas.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Atributos físicos e químicos do solo na camada arável (0-0,2 m).....	29
Tabela 2 –	Análise físico-química da água de irrigação. Umirim-CE, 2015.....	32
Tabela 3 –	Evapotranspiração de referência média mensal para Pentecoste - CE.....	33
Tabela 4 –	Coeficientes de cultivo do sorgo nos diferentes estádios fenológicos.....	30
Tabela 5 –	Resumo da ANOVA para comprimento da panícula (CP), diâmetro da panícula (DP), altura da planta (AP) e diâmetro do caule (DC) em função das lâminas de irrigação e cobertura com bagana de carnaúba. Umirim– CE. 2016.....	46
Tabela 6 –	Resumo da ANOVA para (P MF) e (P MS) em função das lâminas de irrigação e cobertura morta com bagana de carnaúba. Umirim– CE. 2016.....	52
Tabela 7 –	Resumo da ANOVA para (EUA kg m ⁻³) e (EUA R\$ m ⁻³) em função das lâminas de irrigação e cobertura com bagana de carnaúba. Umirim– CE. 2016.....	60
Tabela 8 –	Indicadores financeiros: (B/C), (VPL), (TIR) e (PB) em função das lâminas de irrigação aplicadas na cultura do sorgo com obtenção de financiamento, Umirim, Ceará, 2016.....	63
Tabela 9 –	Avaliação financeira da produção de sorgo em função das lâminas de irrigação aplicadas, Umirim, Ceará, 2016.....	65
Tabela 10 –	Análise de sensibilidade: (B/C), (VPL) e (TIR) em função das lâminas de irrigação aplicada na cultura do sorgo com variação nas receitas e custos, Umirim, Ceará, 2016.....	66
Tabela 11 –	Indicadores financeiros: (B/C), (VPL), (TIR) e (PB) em função dos níveis de cobertura morta aplicados na cultura do sorgo com obtenção de financiamento, Umirim, Ceará, 2016.....	67
Tabela 12 –	Efeito da variação nas taxas aplicadas ao investimento sob a (B/C) e (VPL) em função do níveis de cobertura morta na cultura do sorgo, Umirim, Ceará, 2016.....	68
Tabela 13 –	Análise de sensibilidade: (B/C), (VPL) e (TIR) em função da lâmina de irrigação aplicada na cultura do sorgo com obtenção de financiamento, Umirim, Ceará, 2016.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al	Alumínio
ANOVA	Análise de variância
Ap	Área útil por planta, m^2
AP	Altura da planta
B/C	Relação benefício custo
C/N	Relação carbono nitrogênio
C_1	Nível de bagana de 0,00 cm
C_2	Nível de bagana de 2,50 cm
C_3	Nível de bagana de 3,75 cm
C_4	Nível de bagana de 5,00 cm
C_5	Nível de bagana de 6,25 cm
Ca	Cálcio
CE	Condutividade Elétrica
CE	Custo da energia elétrica durante o ciclo da cultura, em R\$
C_i	Custos no ano
$cmol_c\ kg^{-1}$	Centimol de carga por quilograma
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CP	Comprimento da panícula
CV	Coefficiente de Variação
DAP	Dias após plantio
DC	Diâmetro do caule
DENA	Departamento de Engenharia Agrícola
DP	Diâmetro da panícula
$dS\ m^{-1}$	deciSiemens por metro
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ET_C	Evapotranspiração da Cultura
ET_o	Evapotranspiração de referência
EUA	Eficiência do Uso da Água $kg\ m^{-3}$ e $R\$ m^{-3}$
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
f_i	Fator de ajuste em conformidade com os tratamentos com lâminas

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS (Continuação)

FUNCAP	Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
g cm ⁻³	Gramas por centímetro cúbico
g kg ⁻¹	Grama por quilo
g p ⁻¹	Grama por planta
H	Altura
i	Número de anos para quitar o investimento ou vida útil dos equipamentos
IFCE Umirim	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Umirim
IF Baiano	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano Campus Xique-Xique
IR	Indicadores de rentabilidade
K	Potássio
Kc	Coeficiente da cultura
kg ha ⁻¹	Quilo por hectare
kg m ⁻³	Quilo por metro Cúbico
Kgf	Quilograma força
L	Lâmina de irrigação
L h ⁻¹	Litro por hora
L ₁	Lâmina aplicada equivalente a 50% da evapotranspiração de referência
L ₂	Lâmina aplicada equivalente a 75% da evapotranspiração de referência
L ₃	Lâmina aplicada equivalente a 100% da evapotranspiração de referência
L ₄	Lâmina aplicada equivalente a 125% da evapotranspiração de referência
L ₅	Lâmina aplicada equivalente a 150% da evapotranspiração de referência
m	Metro
M.O	Matéria orgânica
m ³ ha ⁻¹	Metro cúbico por hectare
MAP	Mono - Amônio - Fosfato
Mg	Magnésio
Mg	Magnésio

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS (Continuação)

mg kg ⁻¹	Atributos químicos
Mm	Milímetro
mmol _c L ⁻¹	Milimol de carga por litro
Mpa	Mega Pascal
<i>N</i>	Número de emissores por planta adimensional
N	Nitrogênio
Na	Sódio
P	Fósforo
P MF	Produtividade de massa fresca
P MS	Produtividade de matéria seca
pH	Potencial hidrogeniônico
PST	Porcentagem de sódio trocável
PVC	Policloreto de polivinila
<i>qe</i>	Vazão do emissor, L h ⁻¹
<i>r</i>	Taxa real anual de juros (decimal)
R ²	Coefficiente de Determinação
Ri	Receita obtida no ano
<i>Ti</i>	Tempo de irrigação, em minutos
TIR	Taxa interna de retorno
VPL	Valor presente líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

%AC	Porcentagem de área coberta pela projeção da copa
%	Porcentagem
*	Efeito significativo a 5% de probabilidade
**	Efeito significativo a 1% de probabilidade
'	Minutos
''	Segundos
ns	Não significativo
°	Graus
°C	Graus Celsius

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	19
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1.	A cultura do sorgo.....	21
2.2.	Necessidade hídrica da cultura.....	22
2.3.	Uso de cobertura morta.....	24
2.4.	Indicadores de rentabilidade.....	24
2.4.1.	<i>Avaliação financeira de investimentos.....</i>	25
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1.	Caracterização da área experimental.....	29
3.2.	Condução da cultura.....	31
3.3.	Área e delineamento experimental.....	32
3.4.	Manejo da irrigação.....	33
3.5.	Cobertura morta.....	35
3.6.	Variáveis analisadas.....	36
3.6.1.	<i>Variáveis morfológicas.....</i>	36
3.6.1.1.	Altura da planta (cm).....	36
3.6.1.2.	Diâmetro do caule (mm).....	36
3.6.1.3.	Comprimento da panícula (cm).....	38
3.6.1.4.	Diâmetro da panícula (mm).....	38
3.6.2.	<i>Variáveis de produção.....</i>	38
3.6.2.1.	Produtividade de forragem.....	38
3.6.2.2.	Produtividade de massa seca da parte aérea.....	39
3.6.2.3.	Eficiência do uso da água (EUA).....	39
3.6.3.	<i>Indicadores de rentabilidade.....</i>	40
3.6.3.1.	Quantificação dos benefícios e custos.....	41
3.6.3.2.	Cálculo dos Indicadores Financeiros.....	46
3.6.4.	<i>Análise de sensibilidade.....</i>	46
3.7.	Análises estatísticas.....	47
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4.1.	Variáveis morfológicas.....	48

4.1.1.	<i>Altura da planta.....</i>	48
4.1.2.	<i>Diâmetro do caule.....</i>	50
4.1.3.	<i>Comprimento da panícula.....</i>	51
4.1.4.	<i>Diâmetro da panícula.....</i>	53
4.2.	Variáveis de produção de forragem.....	54
4.2.1.	<i>Produção de forragem e matéria seca.....</i>	54
4.2.2.	<i>Produtividade de forragem.....</i>	54
4.2.3.	<i>Produtividade de matéria seca.....</i>	57
4.3.	Eficiência de uso da água.....	59
4.3.1.	<i>Eficiência do uso da água em kg m⁻³.....</i>	60
4.3.2.	<i>Eficiência do uso da água em R\$ m⁻³.....</i>	61
4.4.	Indicadores financeiros de rentabilidade.....	62
4.4.1.	<i>Lâmina de irrigação.....</i>	63
4.4.1.1.	<i>Cálculo dos indicadores para diferentes taxas de descontos sob o investimento... </i>	64
4.4.1.2.	<i>Análise de sensibilidade sob a variação nas receitas e custos.....</i>	65
4.4.2.	<i>Projeções para cobertura morta.....</i>	67
4.4.2.1.	<i>Cálculo dos indicadores para diferentes taxas de descontos.....</i>	18
4.4.2.2.	<i>Análise de sensibilidade sob as variações decorrentes nas receitas e custos em função dos níveis de bagana.....</i>	69
5.	CONCLUSÃO.....	71
	REFERENCIAS.....	72

1 INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) se destaca pela alta produção de biomassa, pela resistência a doenças e pela grande tolerância ao déficit hídrico, sendo uma das espécies forrageiras mais versáteis e eficientes na produção de alimentos para os ruminantes.

Essa é uma planta do tipo C4, a qual tem uma alta taxa fotossintética, associada ao excelente desenvolvimento do sistema radicular e a redução dos estômatos, se adaptando a variadas condições de fertilidade do solo. É mais tolerante que o milho a temperaturas elevadas e ao déficit hídrico, razão pela qual é cultivada em uma ampla faixa de latitudes, mesmo onde outros cereais têm produção antieconômica, como em regiões muito quentes, muito secas ou ainda, onde ocorrem veranicos.

Além disso, o sorgo é uma cultura bastante versátil, podendo ser utilizada na alimentação animal e humana, servindo de matéria-prima para a produção de álcool anidro de bebidas alcoólicas, de colas, de tintas, de vassouras, para a extração de açúcar na produção de amido e de óleo comestível, tornando essa cultura de contexto econômico e social relevante para a comunidade nas escalas do pequeno produtor ao grande empresário.

Para a utilização na agropecuária, o sorgo é destinado à ração animal, como silagem e em pastejo para os ruminantes, assim também como o grão para os monogástricos. Com o uso de variedades híbridas de elevadas qualidades e produtividades, o sorgo vem se transformando em uma cultura de grande expressão para a produção animal (ração), devido a um conjunto de fatores como: seu alto potencial de produção, a boa adequação à mecanização, a reconhecida qualificação como fonte de energia para arraçãoamento animal, a sua grande versatilidade (feno, silagem e pastejo direto) e facilidades de adaptação às regiões áridas e semiáridas.

Todas essas, são características vantajosas que podem ainda proporcionar o aumento da renda no meio rural, gerar empregos, diminuir a êxodo rural e promover melhorias socioeconômicas em todo o semiárido brasileiro.

Entretanto, seja em regiões áridas ou semiáridas, onde a água é escassa, a otimização da produção depende da utilização racional do recurso hídrico. Por isso, o conhecimento da necessidade hídrica de uma cultura fornece elementos essenciais ao estabelecimento ou ao aprimoramento de práticas de manejo agrícola.

A ocorrência de déficit ou excesso hídrico em plantas cultivadas afeta o crescimento e o desenvolvimento das culturas. A resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico consiste no decréscimo da área foliar, no fechamento dos estômatos, na aceleração da senescência e na abscisão das folhas, o que provoca diminuição na produção.

Por outro lado, excesso de água no solo não é garantia de bom desenvolvimento das plantas. Embora, nesse caso, a água esteja livremente disponível, pode saturar grande parte dos espaços porosos do solo, comprometendo a aeração e afetando negativamente o bom funcionamento das raízes.

A irrigação associada a fatores que a otimizem é uma prática altamente recomendada, por influenciar diretamente na produtividade, possibilitando a redução de uso da água. Além do manejo da irrigação, outras técnicas de cultivo são necessárias para que se induza a cultura a expressar o máximo potencial produtivo, destacando-se o emprego de cobertura morta no solo. Essa prática pode propiciar muitas das condições de favorecimento à cultura, como a diminuição da evaporação da água do solo, a retenção de umidade, a diminuição da incidência dos raios solares, o favorecimento a atividade microbiana, a redução no escoamento superficial e entre outras.

Entretanto, existem poucas informações que quantifiquem o nível ótimo de cobertura morta a ser aplicado, que apresente o máximo desempenho produtivo associado ao máximo retorno econômico. Pequenas espessuras podem não possibilitar adequadamente todos os benefícios do uso da técnica. Por outro lado, espessuras elevadas podem reduzir a lucratividade do produtor, ou mesmo, anulá-la.

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os indicadores de produção e de rentabilidade do sorgo forrageiro (BRS Ponta Negra) sob diferentes lâminas de irrigação associadas a níveis de cobertura morta, nas condições edafoclimáticas de Umirim, CE.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura do sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* L) é uma planta de origem tropical, sendo essa do tipo C4 se destaca pela alta produção de biomassa, resistência a doenças e pela grande tolerância ao déficit hídrico, sendo uma das espécies forrageiras mais versáteis e eficientes na produção de alimentares (MAGALHÃES *et al.*, 2007; NETO *et al.*, 2010). Nas últimas décadas, essa cultura tem sido utilizada no processo de ensilagem de forma crescente, principalmente por sua facilidade de cultivo, pelo alto rendimento de biomassa, tolerância ao déficit hídrico, bom desenvolvimento do sistema radicular, possibilidade de se cultivar a rebrota quando submetido a manejo adequado e, especialmente, pela qualidade da silagem produzida sem a necessidade de aditivo para se estimular a fermentação (RODRIGUES *et al.*, 2008; XIN *et al.*, 2009; ALBUQUERQUE *et al.*, 2010).

É uma extraordinária fonte de energia, de enorme utilidade em regiões muito quentes e muito secas, mesmo onde não se conseguem boas produtividades de forragem ou de grãos cultivando outras espécies, como o milho (RIBAS, 2010). Também deve-se considerar que essa cultura possui variedades adaptadas a diferentes zonas climáticas, tolerando mais ao déficit e excesso de umidade no solo, do que a maioria dos outros cereais, podendo ser cultivada numa ampla faixa de condições, devendo se observar que a demanda hídrica do sorgo varia de 380 a 600 mm durante o ciclo, e assim o uso do mesmo se justifica por suas características agronômicas que, entre outras, incluem elevada produtividade de biomassa e suas forma de consumo (TABOSA *et al.*, 2007; BUSO *et al.*, 2011).

O estresse hídrico tem influência em todas as fases na cultura do sorgo, desde a germinação, até nas fases finais do enchimento de grãos, em condições de déficit de água no solo, a planta de sorgo possui mecanismos de defesa que diminuem o seu metabolismo enrolando suas folhas, finalizado o período de estresse hídrico, a planta volta ao estado normal de desenvolvimento, o que permite a adoção de técnicas de manejo para os diferentes estádios fonológicos, todavia, a fase onde o estresse hídrico proporciona maior perda de produtividade de grãos é na fase reprodutiva (LIMA *et al.*, 2011; MAGALHÃES *et al.*, 2012; TARDIN *et al.*, 2013).

Essa cultura apresenta uma reconhecida versatilidade se estendendo desde o uso de seus grãos como alimento humano e animal, o sorgo ocupa o espaço de entressafra de outras culturas e proporciona um ganho em produção de matéria-prima para silagem e etanol, extração de açúcar do colmo, até as inúmeras aplicações de sua forragem na nutrição de ruminantes. Agronomicamente os sorgos são classificados em 4 grupos: granífero; forrageiro para silagem e/ou sacarino; forrageiro para pastejo/corte verde/fenação/cobertura morta; vassoura (SCHOBER *et al.*, 2007; FERREIRA *et al.*, 2009; BRANDÃO *et al.*, 2009).

Sendo essa uma cultura com bom desempenho nutricional, substitui a silagem de milho, com as seguintes vantagens, fácil cultivo; menor custo com sementes; menor custo de produção; produtividade alta; sistema radicular explorando bem a camada do solo; boa produção na rebrota, com produção de até 60% do primeiro corte; valor nutritivo da forragem produzida de alta qualidade, equivalente em 85 a 90% da silagem de milho, não sendo necessário de aditivo para estimular a fermentação (VON PINHO *et al.*, 2007; NETO *et al.*, 2010).

Atualmente existem diversos híbridos de sorgo no mercado, porém nem todos são adequados para produzir silagem com alto padrão de qualidade. A digestibilidade do colmo, qualidade dos grãos, resistência a doenças, adaptabilidade ao ambiente e produção de matéria seca são os principais fatores que afetam a qualidade da silagem (REZENDE *et al.*, 2011). Desse modo a ensilagem proporciona a preservação da qualidade e o valor nutricional da forragem fresca, sendo importante considerar que são vários os fatores que influenciam na conservação da forragem, resultando numa silagem de boa ou de má qualidade (MORAES *et al.*, 2013).

2.2 Necessidade hídrica da cultura

Devido à escassez de água, a otimização do seu uso nos projetos de irrigação, torna-se crucial como estratégia de manejo da irrigação e preservação dos recursos hídricos, mantendo a produção sustentável das culturas. O manejo da irrigação tem como princípio fundamental decidir como, quanto e quando irrigar. Conhecer a quantidade de água requerida pelas culturas é de grande importância para realização de um adequado programa de manejo, normalmente determinada pela necessidade hídrica da cultura, sendo estimada por meio da evapotranspiração da cultura ou pela tensão de água no solo (KOETZ, 2006).

Com o advento das inovações tecnológicas na agricultura, a otimização do uso da água passou a ser um fator essencial para a produção agrícola, sendo que sua disponibilidade e distribuição podem definir a viabilidade de um projeto agropecuário, estimulando a busca pelas máximas eficiências no uso da água na irrigação e o incremento em produtividade das culturas, como menor consumo de água, principalmente em regiões com limitação física de recursos hídricos (FAGGION *et al.*, 2009; SINGH; PANDA, 2012; ZWIRTES *et al.*, 2015).

A necessidade hídrica das plantas varia com sua fase de desenvolvimento ao longo do ciclo, expressando a evapotranspiração da cultura (ETc), sendo o seu conhecimento importante no dimensionamento e no manejo de projetos de irrigação, para quantificar a água a ser reposta ao solo para atender a demanda da cultura (FREIRE *et al.*, 2011).

Para o manejo da irrigação deficitária devem-se considerar as questões econômicas relativas à eficiência do uso da água, levando-se em consideração que a finalidade do agricultor é alcançar o melhor retorno econômico. Logo assim, faz-se necessário um detalhamento dos custos da produção, tendo em visto os custos com a irrigação influenciarem diretamente nos custos operacionais, o qual pode ser reduzido com a redução do número de irrigações, influenciando no tempo de funcionamento do sistema e volume de água aplicado (RODRIGUES; PEREIRA, 2009; PEREIRA *et al.*, 2009).

No entanto, os impactos da irrigação deficitária sobre a produtividade e suas relações com os resultados econômicos podem ou não ser negativos, dependendo do manejo da irrigação adotado e o desempenho do sistema, pois a baixa disponibilidade de água no solo, afeta negativamente o crescimento dos cultivos agrícolas e representa uma das principais causas da redução da produtividade (LORITE *et al.*, 2007; MACHADO *et al.*, 2009).

Logo assim, Tardin *et al.* (2013), realizando avaliação agrônômica de híbridos de sorgo granífero cultivados sob irrigação e estresse hídrico, concluíram que o estresse hídrico diminuiu a média de todas as características agrônômicas da cultura, e em geral, os híbridos respondem de forma semelhante, diante da variação ambiental para a maioria das características. Conclui ainda que híbridos que se desenvolvem mais rápido tendem a ser mais produtivos sob estresse hídrico.

Não somente o estresse hídrico pode causar danos às culturas, a alta umidade do solo pode afetar o ponto de crescimento de gramíneas, que está abaixo da superfície do solo, podendo causar a morte das plantas, no início da fase reprodutiva, inviabilizando a cultura (CARVALHO *et al.*, 2013).

2.3 Uso de cobertura morta

Atualmente o uso de sistemas de irrigação com altos índices de eficiência promove um adequado fornecimento de água no período mais crítico da cultura, para que esta se adeque as condições de déficit hídrico é necessário a incorporação de outras estratégias, como o uso da cobertura do solo, que reduz a evapotranspiração e aumenta a eficiência de menores lâminas de irrigação no suprimento hídrico da cultura (SOUZA *et al.*, 2008; FERREIRA *et al.*, 2015; SOUZA *et al.*, 2016).

A prática da cobertura morta consiste em cobrir o solo com capim, palha, casca, papel, plástico e outros, sendo essa recomendada para praticamente todos os solos, todos os climas e todas as culturas perenes, em que são inúmeros os benefícios do uso de cobertura morta, dentre os quais se podem citar a proteção do solo contra o impacto das gotas de chuva que obstruem os poros implicando em perda de aeração, aumento de adensamento e escoamento superficial carreando as partículas do solo, resultando em redução de sua fertilidade (OLIVEIRA *et al.*, 2003; SOUSA *et al.*, 2017).

Para Santos *et al.* (2012), a presença de palhada na superfície do solo reduz a taxa de evapotranspiração das culturas, sendo essa uma prática importante principalmente nas regiões semiáridas, onde a demanda evapotranspirativa da planta é aumentada em decorrência da alta incidência de radiação solar associada a baixa umidade do ar, aumentando a demanda hídrica.

Além de todos esses benefícios gerados, a cobertura retém a água no solo mantendo-o mais tempo úmido e, assim, possibilita a aumentar os intervalos entre irrigações, no entanto, para que a utilização da cobertura seja viável faz-se necessário que novas alternativas de cobertura, disponíveis na região de cultivo, sejam avaliadas (SANDRI *et al.*, 2007; BIZARI *et al.*, 2009; FARIAS *et al.*, 2015).

2.4 Indicadores de rentabilidade

Tradicionalmente, as pesquisas na agricultura têm focado na obtenção de máximas produtividades. No entanto, investigações realizadas por esses autores (GEERTS; RAES, 2009; KLOCKE *et al.*, 2010) têm apontado limitações nos recursos terra e água, razão

pela qual, as estratégias de irrigação deficitária têm sido indicada para regiões com baixo índice pluviométrico associado a distribuição irregular de chuvas.

Segundo English (2002), o manejo da irrigação em condições de reduzida disponibilidade hídrica, precisa resultar no melhor retorno econômico por unidade de água aplicada. A irrigação deficitária pode ser utilizada na agricultura irrigada ocasionando um mínimo de perdas de produtividade, e assim atingindo patamares elevados na eficiência de uso da água que pode ser alcançada quando a cultura é submetida ao déficit hídrico, mantendo a viabilidade econômica da produção (GEERTS; RAES, 2009; DU *et al.*, 2010; PEREIRA *et al.*, 2012).

Lima Junior *et al.* (2011) afirmam que em decorrência do sistema de irrigação apresentar elevados custos de implantação e até mesmo de operação, muitas vezes o máximo rendimento da cultura não corresponde à maior receita líquida e a lâmina de irrigação deve ser recomendada a fim de proporcionar o maior rendimento líquido.

Ponciano *et al.* (2003), analisando os indicadores de rentabilidade da produção de maracujá, afirmaram que o dimensionamento e o controle dos custos somados a estrutura de receitas é fundamental para se obter os resultados econômicos. Logo assim, deve-se entender a estrutura dos custos e o demonstrativo das receitas, como instrumentos “ex-ante” para decisões estratégicas e “ex-post” para revisões corretiva-estratégicas dos resultados das atividades produtivas analisadas.

Noronha e Duarte (1995) afirmam que a análise econômico-financeira de um projeto de investimento em qualquer atividade produtiva de vida limitada, que implique na mobilização de alguns recursos na forma de bens de produção, em determinado momento, na expectativa de gerar recursos futuros oriundos da produção, pressupõe a possibilidade de quantificação monetária dos insumos e dos produtos associados ao projeto.

2.4.1 Avaliação financeira de investimentos

A análise de investimentos consiste em uma abordagem sistemática para verificar a viabilidade financeira, econômica e social de um investimento em ativos de longo prazo. Logo assim, pode-se identificar algumas vantagens ao elaborar e avaliar os mais diversos tipos de projetos, tais como: programar os investimentos necessários, minimizar os riscos e

identificar quais os investimentos com maior prioridade, além de verificar a possibilidade de execução do projeto e comparar projetos entre si.

Segundo Mokate e Rodriguez (1987), um projeto compreende cinco fases: identificação (ou definição); elaboração do projeto; avaliação prévia (ou *ex-ante*); execução e supervisão e; avaliação *ex-post*.

No entanto, um projeto pode ser avaliado por diferentes critérios: sob os pontos de vista privado, econômico e social, de modo que todos buscam atingir a máxima eficiência dos recursos aplicados (SALES, 2016).

O fluxo de caixa apresenta de forma sistemática as entradas (receitas ou benefícios) geradas pelo projeto e as saídas, que são gastos (desembolsos) com investimentos (material de irrigação máquinas etc.) e custos operacionais registrados em cada ano ao longo do horizonte de planejamento do projeto. Sendo que esse pode assumir duas formas: com ou sem financiamento. Com financiamento reflete a situação na qual o investidor utiliza recursos próprios e de terceiros para a execução e sem financiamento a fonte é própria.

O fluxo de caixa é construído para todo o horizonte de planejamento ou vida útil do projeto, referindo-se ao período de tempo ao qual é levada a análise de viabilidade.

Os custos inseridos no fluxo de caixa são referentes às inversões, como os custos com investimentos feitos em capital fixo e em ativos nominais. Os custos de aquisição de ativos fixos podem se referir à compra de terrenos, construções, pagamento de obras civis, aquisição de equipamentos hidráulicos e de irrigação, maquinaria e pagamentos de serviços de instalação. Os custos com ativos nominais correspondem às inversões em ativos não tangíveis, ou seja, aqueles necessários ao funcionamento do projeto: tramitação de patentes e licenças; transferências de tecnologia e assistência técnica; gastos de constituição e organização; e, capacitação e treinamento (MOKATE; RODRIGUEZ, 1987).

Para Campos (2015), os custos de um projeto compreendem gastos com investimentos (gastos com a aquisição de ativos ou capital fixo de longo prazo); com reposição desse ativo ou capital fixo (reinvestimentos); e com gastos operacionais (custos com os insumos e serviços necessários para colocar os investimentos em operação). Além desses custos, acrescentam-se os custos com (serviço da dívida) uma vez que o projeto exige financiamento.

A viabilidade de um projeto de iniciativa privada é determinada por meio da análise monetária que comprove que suas receitas esperadas serem superiores aos custos de

investimento e de operação (BRANDÃO *et al.*, 2010), de modo que a mesma deve ser comparada com às alternativas mais atrativas, ou seja, com o custo de oportunidade do capital. Logo assim, para essa análise, a taxa de desconto a ser utilizada deve ser a que expresse a rentabilidade alternativa dos investimentos que podem ser realizados no mercado.

Dessa forma os cálculos financeiros são o ponto inicial a ser considerado para a aceitação ou rejeição de um projeto. Campos (2015) considera que os indicadores de rentabilidade, utilizados na avaliação financeira podem ser enquadrados em duas abordagens:

I. valores não atualizados: não considera o valor do dinheiro no tempo, não sendo considerado que os valores monetários variam ao longo do tempo. Nesta abordagem pode ser indicado: Ponto de Nivelamento, Capacidade de Pagamento e Prazo de Retorno Simples do Investimento. (Payback Clássico ou Simples);

II. valores atualizados: considera o valor monetário no tempo, ou seja, o valor do dinheiro pode ter um retorno e esse valor depende do tempo que leva para ser recebido.

Nesse sentido os indicadores mais utilizados como critérios de decisão são: relação benefício/custo (B/C), taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL) e “payback”.

Hoffman *et al.* (1981) afirmam que a relação benefício/custo (B/C) é definida como o quociente entre o valor presente das receitas a serem obtidas e o valor presente dos custos, inclusive os investimentos.

Takitane (1988) e Brunelli (1990), trabalhando com simulação do custo de produção, utilizam a taxa interna de retorno e a relação benefício/custo como critério de análise econômica em seus trabalhos. Quando a TIR apresentar um valor maior do que a taxa mínima de atratividade, significa que o investimento é economicamente viável, porém quando esse valor é menor o investimento não é economicamente atrativo.

Gitman e Madura (2010) afirmam que o VPL “é uma técnica sofisticada de orçamento de capital, por considerar o valor do dinheiro no tempo”. Sendo que esta se constitui em subtrair o investimento inicial do projeto o valor presente dos fluxos de caixa, sendo descontados a uma taxa igual ao custo de capital. Desse modo o projeto é viável quando o (VPL) é positivo, considerando determinada taxa de juros.

Para Rezende e Oliveira (2008), o VPL refere-se ao valor atual de um fluxo de caixa com investimentos, considerando os custos e receitas futuros, descontando a taxa de

juros determinada pelo mercado calculada a partir do somatório das receitas descontado do somatório dos custos, ambos trazidos para o presente.

O período de payback descontado é definido como o número de anos necessários para recuperar o investimento dos fluxos líquidos de caixa descontado se assim quanto mais alongado o prazo de retorno do investimento, menos interessante ele se torna para o investidor, o que pode servir de referência para julgar a atratividade relativa das opções de investimento (MOTTA; CALÔBA 2002; BRIGHAM *et al.*, 2001)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na fazenda Floresta, pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – Campus de Umirim, localizada no município de Umirim, CE, coordenadas 3°41'7,96"S; 39°20'25,52"O; altitude de 76 m, de setembro de 2016 a janeiro de 2017 (Figura 1 e 2). De acordo com a classificação climatológica de Köppen, o clima local é BSw'h', o que corresponde ao clima semiárido, com chuvas irregulares e temperaturas elevadas. O total anual médio de chuva é de 807,1 mm, média essa obtida no período de (1978 a 2016), extraída da base dados da FUNCEME em janeiro de 2017.

Figura 1 – Área experimental, localizada no município de Umirim – CE.



Fonte: Sousa (2017)

Figura 2 – Plantas de sorgo em crescimento.



Fonte: Sousa (2017)

Os atributos físicos e químicos do solo na camada de 0 - 0,2 m foram determinados no Laboratório de Solo e Água do Departamento de Ciências do Solo, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Tabela 1.

Tabela 1 – Atributos físicos e químicos do solo na camada arável (0-0,20 m).

Atributos químicos	(0 - 0,20 m)	Atributos físicos	(0 - 0,20 m)
P (mg kg ⁻¹)	1,00	Areia (%)	53,80
K ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,36	Silte (%)	22,40
Na ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,09	Argila (%)	23,80
Ca ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	1,80		
Mg ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	1,20		
Al ³⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,20		
M.O. (g kg ⁻¹)	16,96		
C/N	11,00		
pH	5,60		
CE (dS m ⁻¹)	0,09		
PST	1,00		

Fonte: Laboratório de Solo e Água da Universidade Federal do Ceará. Adaptado de Silva (2016).

3.2 Condução da cultura

A cultura utilizada foi o sorgo forrageiro, variedade BRS Ponta Negra, plantado no espaçamento de 0,8 m entre fileiras, com uma densidade média de 12 plantas por metro linear.

Antes do estabelecimento da cultura do sorgo no campo, foi realizada calagem para a correção do pH do solo, conforme o “manual de recomendação de adubação e de calagem para o Estado de Pernambuco, 2º aproximações”. As adubações de cobertura foram realizadas via fertirrigação com os seguintes adubos: ureia; mono - amônio fosfato (MAP) e cloreto de potássio branco.

Os tratos culturais foram realizados manualmente, como controle de ervas daninhas com enxadas, e as irrigações cronometradas com base no tempo correspondente a cada tratamento. Tudo isso foi realizado até o ponto de colheita, que ocorreu no dia 02 de janeiro de 2017.

Após a coleta das amostras para a obtenção dos dados, o material de bordadura e a sobra das coletas foram utilizados para silagem, como demonstra a Figura 3.

Figura 3. Silagem de sorgo

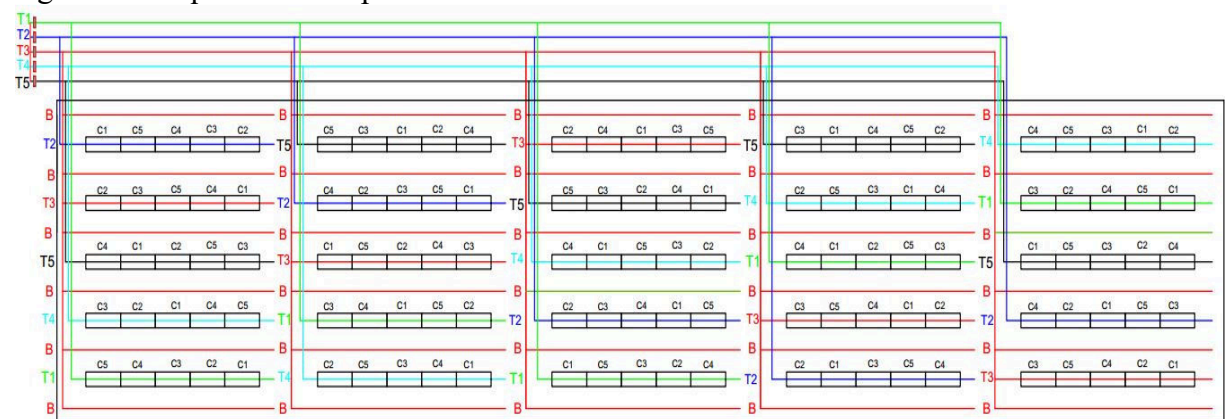


Fonte: Sousa (2017)

3.3 Área e delineamento experimental

A área total do experimento cultivada com o sorgo foi de 1.000 m² (40 m x 25 m). Cada parcela experimental mediu 40 m² (8 m x 5 m), composta de 5 subparcelas de 8 m² (1,6 m x 5 m) que continha duas linhas de plantas, sendo uma de bordadura, conforme croqui apresentado na Figura 4.

Figura 4. Croqui da área experimental.



Legenda: Ti: Tempo de Irrigação (min); C: Cobertura Morta (cm); B: Bordadura

Fonte: Autor (2017)

O delineamento experimental utilizado foi em parcela subdivida, constando de cinco tratamentos primários (lâminas de irrigação), associados a cinco tratamentos secundários (subparcelas, níveis de cobertura morta), com cinco repetições cada, totalizando 125 subparcelas.

Os níveis de irrigação utilizados corresponderam a 50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura (ET_c), denominados de L_1 , L_2 , L_3 , L_4 e L_5 , respectivamente. A ET_c foi calculada pela Equação 1 a seguir:

$$ET_c = K_c \cdot ET_o \quad (1)$$

em que:

ET_c é a evapotranspiração da cultura, em mm dia⁻¹;

K_c é o coeficiente da cultura, adimensional, tabelado;

ET_o é a evapotranspiração de referência, em mm dia⁻¹.

Esses fatores foram avaliados em função resposta ao fator secundário, cobertura do solo com bagana de carnaúba, tendo sido utilizado às alturas de 0,00; 2,50; 3,75; 5,00 e 6,25 cm, denominados C₁, C₂, C₃, C₄ e C₅ respectivamente, correspondentes 0,00; 250,00; 375,00; 500,00 e 625,00 m⁻³ de bagana por hectare.

3.4 Manejo da irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi do tipo gotejamento com emissores espaçados de 0,3 m, operando a uma vazão de 1,6 L h⁻¹, com pressão de 1 kgf cm⁻². O sistema foi constituído de uma linha principal de tubos de PVC (diâmetro de 50 mm), com linhas laterais constituídas por mangueiras de polietileno, diâmetro de 16 mm. Os fatores físico-químicos da água de irrigação estão dispostos na Tabela 2. A mesma foi classificada como C₄S₁, que resulta em altos níveis de sais e em baixo de sódio, o que a torna menos preocupante, tendo em vista que os maiores problemas decorrentes para o solo e a planta estão em função do efeito do sódio.

Tabela 2 – Análise físico-química da água de irrigação. Umirim-CE 2015.

pH	CE dS.m ⁻¹	Cátions (mmol _e L ⁻¹)				Anions (mmol _e L ⁻¹)				RAS	Classificação
		Ca	Mg	Na	K	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻		
6,4	3,81	12,6	17,2	6,4	2,1	35,0	--	3,6	--	1,65	C ₄ S ₁

Fonte: Adaptado de Silva 2016.

O tempo de irrigação necessário para fornecer as lâminas de reposição (a partir da ETc da cultura do sorgo) foram calculados para os diferentes meses e estádios fenológicos conforme Equação 2 a seguir:

$$Ti = 60 \cdot \frac{fi \cdot ETo \cdot Kc \cdot Ap \cdot Kr}{N \cdot qe} \quad (2)$$

sendo:

Ti: tempo de irrigação, em minutos;

fi: fator de ajuste em conformidade com os tratamentos com lâminas, 0,50; 0,75; 1,00; 1,25 e 1,50; adimensional;

ET_0 : evapotranspiração de referência diária, mm;

K_c : coeficiente de cultivo da cultura, adimensional (Tabelado);

A_p : área útil por planta, m²;

K_r : coeficiente de redução, adimensional (Calculado);

N : número de emissores por planta, adimensional;

q_e : vazão do emissor, L h⁻¹.

A evapotranspiração de referência (ET_0) foi calculada através do método de Penman-Monteith/FAO (1991), utilizando-se o software Cropwat. Os dados de entrada para o cálculo de ET_0 foram obtidos de uma série histórica da estação meteorológica de Pentecoste, distante 14,43 km da área experimental, relativa ao período 1970–1998 (CABRAL, 2000), conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Evapotranspiração de referência média diária para Pentecoste - CE.

MÊS	ET_0 média diária (mm)
Janeiro	6,15
Fevereiro	5,33
Março	4,14
Abril	4,14
Maio	4,28
Junho	4,61
Julho	5,21
Agosto	6,85
Setembro	7,83
Outubro	7,97
Novembro	7,77
Dezembro	7,27

Fonte: Cabral (2000).

Na Tabela 4 estão apresentados os valores de coeficientes de cultivo nos diversos estádios fenológicos, obtidos por Allen *et al.* (1998), assim como o fator K_r , sugerido por Keller e Karmelli (1974), calculado pela Equação 3:

$$K_r = \frac{\%AC}{0,85} \quad (3)$$

em que:

K_r - fator de redução de molhamento, devendo-se adotar valor menor ou igual a 1,0 ($K_r \leq 1$);

%AC - porcentagem de área coberta pela projeção da copa.

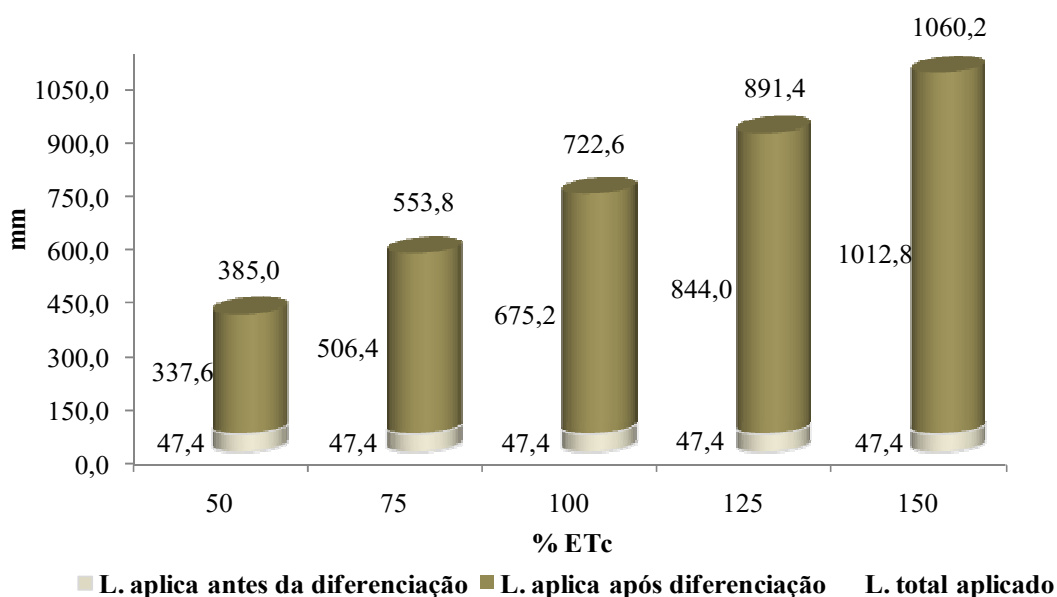
Tabela 4 - Coeficientes de cultivo (Kc) do sorgo e fator (Kr) utilizados nos diferentes estádios fenológicos.

Estádios	Kc	Kr
Fase I	0,40	0,50
Fase II	0,68	0,71
Fase III	1,14	0,75
Fase VI	1,10	0,75

Fonte: Allen *et al.* (1998)

O Gráfico 1 a seguir aponta os valores totais das lâminas aplicadas ao longo do ciclo. A lâmina aplicada antes da diferenciação dos tratamentos (nos quinze dias iniciais) foi de 47,4 mm. Para todo o cultivo, a lâmina equivalente a 100% da ETc foi 722,6 mm, sendo de 47,4 mm na fase sem diferenciação e de 675,2 na fase com diferenciação.

Gráfico 1 – Lâminas aplicadas nas fases iniciais e com diferenciação e total no ciclo por tratamento.



Fonte: Sousa (2017)

3.5 Cobertura morta

A cobertura morta utilizada constituiu-se de bagana de carnaúba (*Copernicia prunifera*). A mesma foi posta sobre o solo, nos níveis de 0,0; 2,5; 3,75; 5,00 e 6,25 cm,

denominados de C₁, C₂, C₃, C₄ e C₅, respectivamente. Na Figura 5 identifica-se o modelo de como se deu a aplicação da bagana.

Figura 5 – Cobertura do solo.



Fonte: Sousa (2017)

3.6 Variáveis analisadas

Foram avaliadas variáveis de morfológicas, de produção, de eficiência do uso da água e indicadores de rentabilidade da cultura do sorgo.

3.6.1 *Variáveis morfológicas*

3.6.1.1 *Altura da planta (cm)*

A altura da planta foi determinada pela média da altura de 10 plantas por subparcela, medidas do nível do solo até a parte superior da panícula, em centímetros (Figura 6). As plantas foram medidas através de uma régua topográfica, sendo calculada a média destas por subparcela.

Figura 6 – Medição de altura da planta.



Fonte: Sousa (2017)

3.6.1.2 *Diâmetro do caule (mm)*

Foi medido em milímetros (mm), por meio de um paquímetro digital, no segundo entrenó de cada planta, em 10 plantas por cada subparcela. Em seguida, calcularam-se as médias das medições, por subparcela, para a realização das análises estatísticas, Figura 7.

Figura 7 – Medição de diâmetro do caule.



Fonte: Sousa (2017)

3.6.1.3 Comprimento da panícula (cm)

O comprimento da panícula foi determinado pela média das medidas de 03 panículas por subparcela, medidas da base até a parte superior da panícula, tendo sido mensurada em centímetros e medida com o auxílio de um diastímetro.

3.6.1.4 Diâmetro da panícula (mm)

Foi determinado pela média do diâmetro da panícula de 03 plantas por subparcela, medidos em milímetros, com o auxílio de um paquímetro digital.

3.6.2 Variáveis de produção

3.6.2.1 Produtividade de forragem ($t\ ha^{-1}$)

A mesma foi obtida a partir do somatório da massa fresca acumulada nos diferentes órgãos da planta (colmo, folha e panícula). Utilizaram-se para isso, dois metros lineares de plantas por subparcela, que foram pesadas. Em seguida, realizaram-se as médias por subparcela e a projeção das produtividades, em toneladas por hectare.

As plantas foram coletadas ao final do ciclo, aos 102 DAP, quando ocorreu a diferenciação de cor da panícula, chegando ao ponto de colheita (Figura 8).

Figura 8. Planta de sorgo no ponto de colheita



Fonte: Sousa (2017)

3.6.2.2 *Produtividade de massa seca da parte aérea ($t\ ha^{-1}$)*

Obtida pela massa seca acumulada nos diferentes órgãos da planta (colmo, folha e panícula), sendo que a média foi originária de 03 plantas por subparcela. As amostras foram previamente identificadas e levadas para estufa de circulação forçada de ar, sob temperatura estável de 70 °C, por 48 h. Após esse período, as amostras foram retiradas e foi aferido a massa seca total das três plantas, em balança digital de precisão 0,05 g. Em seguida, calcularam-se à média dos valores, que foi expressa em grama por planta ($g\ p^{-1}$) e projetada para $t\ ha^{-1}$.

3.6.2.3 *Eficiência do uso da água (EUA)*

A eficiência de uso da água (EUA) foi obtida pela relação entre a produtividade de forragem da cultura e a quantidade de água aplicada (PLAYÁN; MATEOS, 2006), conforme Equações 4 e 5.

$$EUA_1 = \frac{Y}{I}(4)$$

sendo:

EUA₁: Eficiência do uso da água (kg m⁻³);

Y: Produtividade de forragem (kg ha⁻¹);

I: Volume de água aplicado via irrigação por unidade de área (m³ ha⁻¹).

$$EUA_2 = \frac{R}{I}(5)$$

sendo:

EUA₂: Eficiência do uso da água (R\$ m⁻³);

R: Receita obtido na produtividade de forragem (R\$ ha⁻¹);

I: Volume de água aplicado via irrigação por unidade de área (m³ ha⁻¹).

Vale ressaltar que os valores referentes a uma tonelada de forragem foram coletados no período de março a dezembro de 2016 e, assim, obtida a média dos preços para o período.

3.6.3 Indicadores de rentabilidade

Foi realizada uma análise financeira para comparar os tratamentos quanto aos indicadores de rentabilidade do projeto, após a obtenção do fluxo de caixa contendo as receitas e os custos monetários ao longo do horizonte de planejamento a uma taxa de desconto de 2,5% a.a. Para isso, utilizaram-se ferramentas da engenharia econômica para a obtenção dos índices trabalhados.

Foram utilizadas diferentes taxas de atratividade para a avaliação financeira: 4%, 6%, 8%, 10% e 12% ao ano. De modo que a taxa de 6% ao ano tem seu uso incentivado pelo Banco Mundial, quando se refere a financiamentos de programas e projetos que envolvem recursos hídricos na região Nordeste e as demais taxas são para simular diferentes resultados com diferentes alternativas de investimentos.

3.6.3.1 Quantificação de Benefícios e Custos

Para as avaliações de rentabilidade sob a óptica privada foram considerados os fluxos de receita e de custo que se verificaram no horizonte de planejamento do projeto, o qual no presente estudo é de 10 anos, determinado com base no período de pagamento do investimento, tendo em vista os equipamentos utilizados serem de baixo custo e a vida útil relativamente curta.

a) Quantificação dos Benefícios

O fluxo anual de benefícios ou receitas gerados a partir dos fatores (lâminas e cobertura morta) foi estimado pelo produto entre a produtividade comercial e o preço médio da forragem de sorgo no mercado local, Vale do Curu, correspondente à média dos meses de março a dezembro de 2016, conforme se identifica na equação 6 a seguir.

Matematicamente:

$$QB = \sum PF \cdot Q \quad (6)$$

Em que:

QB : valor dos benefícios gerados;

PF : preço médio financeiro ou de mercado da tonelada sorgo;

Q = quantidade de toneladas de forragem de sorgo produzida anualmente.

b) Custo de Produção

A modalidade de custos analisada neste trabalho corresponde aos gastos totais (custo total) por hectare de área cultivada, o qual abrange os custos fixos e variáveis do processo produtivo levando em consideração os valores praticados na região do Vale do Curu no Estado do Ceará.

Foi calculado o custo de produção utilizando-se a estrutura do custo operacional total de produção adotada pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), proposto por Martin *et*

al. (1998). O custo operacional total (COT) foi calculado considerando o custo operacional efetivo (COE), acrescido dos gastos com depreciação dos materiais, encargos sociais diretos, contribuição de seguridade social sobre a receita bruta (CESSR), assistência técnica e encargos financeiros (MATSUNAGA *et al.*, 1976; LARA-CABEZAS; BRANCALIÃO, 2012).

Desse modo, os custos foram obtidos com base nos itens a seguir, de modo que os preços dos insumos e dos equipamentos foram levantados em lojas agropecuárias de Maracanaú – CE e na região de desenvolvimento da pesquisa, em junho de 2016.

- Pode-se destacar como custo inicial à aquisição do material de irrigação, ferramentas (enxada, foice, matraca etc.) e cercamento do terreno.
- Para as operações manuais foi considerada a contratação de um operário, em que o custo com a contratação foi considerado do salário, acrescido dos direitos trabalhistas, somado a diárias para as operações de plantio e de colheita;
- Os gastos com insumos e com materiais foram obtidos pelo produto entre a quantidade dos materiais usados e os seus respectivos preços de mercado;
- O custo com horas máquina foi obtido pelo produto entre o número de horas necessário para todas as operações e o preço da mesma no mercado;
- Para a manutenção dos investimentos, foi considerada uma taxa de 3% ao ano sobre o valor do investimento;
- Foi considerado o arrendamento da terra como R\$ 1.200,00, sendo um custo de oportunidade para esse bem;
- O custo da água foi calculado pelo produto entre o volume em m³ de água usado durante o ano e o valor do mesmo, sendo considerado um custo de oportunidade mínimo de R\$ 0,15;
- Para o custo com assistência técnica, encargo com associação e Funrural foi considerado uma taxa 6% a.a sob 80% da receita bruta obtida no ano;
- O valor da tarifa de energia elétrica foi formado pela soma do custo do consumo efetivo da energia e do custo de demanda da potência elétrica. Pelas normas da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), só existe tarifa de demanda quando a potência instalada é superior a 75 KVA. Logo assim, para as condições da pesquisa o sistema operou com uma potência instalada bem inferior, com um motor elétrico de 4,0cv para irrigar um

hectare, sendo que o custo de demanda foi nulo, e a tarifa de energia composta apenas pelo custo do consumo, conforme mostra na Equação 10 (FRIZZONE *et al.*, 1994).

$$CE = 0,7457 * Pot * Tf * Pkwh \quad (10)$$

sendo:

CE: custo da energia elétrica durante o ciclo da cultura, em R\$;

0,7457: fator de conversão de cv para kw;

Pot: potência do motor, em cv;

Tf: tempo de funcionamento do sistema necessário, em horas, durante um ano e considerando uma área irrigada de 1,0 ha que variou com os tratamentos em função dos percentuais da ETc;

Pkwh: preço do kwh, em R\$.

- O custo de aquisição da bagana para cobertura morta, constituído pelo produto entre o preço praticado R\$ 62,50 por m⁻³ e o volume utilizado nos diferentes tratamentos;

Dessa forma, para fins de análise financeira, cada tratamento foi considerado como uma lavoura comercial com uma área de um ha, onde todos os insumos foram considerados iguais, variando apenas os custos na aplicação das diferentes lâminas aplicadas e nos diferentes níveis de cobertura morta com bagana de carnaúba. Nos custos operacionais, foi considerada uma variação no número de horas de máquinas para colheita, com base na estimativa de biomassa colhida por hora de serviço.

3.6.3.2 Cálculo de Indicadores Financeiros

O estudo dos indicadores financeiros da análise de investimentos compreendeu o valor presente líquido (VPL), a relação benefício/custo (B/C), a taxa interna de retorno (TIR) e o período payback para um horizonte de planejamento de dez anos.

Na análise do investimentos, foi considerado que o agricultor obteve financiamento junto ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB), se enquadrando na linha de crédito “Pronaf Semiárido” para Agricultores(as) familiares enquadrados(as) nos Grupos A, A/C, B e Grupo V (renda variável) que tem como finalidade propiciar crédito para investimento (capital físico) destinado à convivência com o semiárido, priorizando a infraestrutura hídrica. Desse modo, essa linha de crédito apresenta uma forma de

financiamento com prazo de até dez anos para o pagamento e carência de até três anos, a uma taxa de juros de 2,5% ao ano (BNB, 2016).

O critério de decisão para o referido horizonte do projeto é de “dez anos” e se constitui no tempo de pagamento do financiamento. Este critério foi adotado tendo em vista que o investimento se caracteriza como de um valor relativamente baixo e os materiais utilizados não influenciarem nessa decisão.

Os preços de todos os insumos e produtos utilizados na análise financeira foram coletados na região de realização da pesquisa, Vale do Curu, para se identificar o potencial econômico das alternativas testadas.

O valor presente líquido (VPL) é a transferência para o instante atual de todas as variações de caixa esperadas, descontados a uma determinada taxa de juros, e somados algebricamente, sendo representado pelo valor presente dos Benefícios Líquidos (Benefícios/Custos), conforme Equação 6.

$$VPL = \frac{(Ri - Ci)}{(1 + r)^i} = \sum_{i=0}^n \frac{Ri}{(1 + r)^i} - \sum_{i=0}^n \frac{Ci}{(1 + r)^i} \quad (6)$$

em que:

Ri: Receita líquida obtida no ano em (R\$);

r: Taxa anual de juros (decimal);

i: Número 0, 1, 2,..., n (anos).;

Ci: Custos no ano R\$.

A relação benefício custo (B/C) representa o valor presente das receitas obtidas e o valor presente dos custos (inclusive os investimentos). O critério de decisão é que o investimento será considerado viável se a relação benefício/custo (B/C) > 1. Para o experimento, a relação B/C foi calculada pela Equação 7.

$$\frac{B}{C} = \frac{\frac{\sum_{i=0}^n (Ri - Ci)}{(1+r)^i}}{\frac{\sum_{i=0}^n Ci}{(1+r)^i}} \quad (7)$$

em que:

Ri: Receita bruta obtida no ano, em R\$;

Ci: Custos anuais da produção, em R\$;

r: Taxa real anual de juros (decimal);

i: Número de 0, 1, 2,...,n (anos);

Ci: Custos no ano.

A taxa interna de retorno (TIR) é uma variável que expressa à percentagem de rentabilidade anual do capital alocado durante todo o horizonte de análise, sendo, portanto uma taxa que torna nula o VPL do fluxo de caixa de investimento, caracterizando, assim, a taxa de remuneração do capital investido, conforme Equação 8.

$$TIR = r * \quad \text{tal que} \quad \sum_{i=0}^n \frac{(Ri - Ci)}{(1 + r *)^i} = 0 \quad (8)$$

em que:

Ri: Receita bruta obtida no ano, em R\$;

Ci: Custos anuais da produção;

r*: Taxa anual de juros que anula o VPL (decimal);

i: Número 0, 1, 2,...,n (anos);

Ii: Investimento inicial do projeto R\$.

O período “*payback*” ou simplesmente *Payback*, é o tempo necessário para que se tenha o retorno do capital investido em um projeto. Assim sendo, no presente projeto foi utilizado “*payback*” descontado, o que considera o tempo de recuperação do capital investido, remunerado a uma taxa mínima de atratividade, de modo que essa foi considerada para receitas e custos normais a taxa de desconto do projeto de investimento de 2,5% a.a., conforme Equação 9.

$$PB = \sum_{i=0}^n \frac{Ri}{(1 + r)^i} - Ii = 0 \quad (9)$$

em que:

Ri: Receita líquida obtida no ano, em R\$;

r: Taxa real anual de juros (decimal);

i: Número 0, 1, 2,...,n (anos);

Ii: Investimento inicial do projeto.

3.6.4 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade consiste em medir os efeitos produzidos na rentabilidade do investimento, ao se variar, por exemplo, os preços dos insumos e dos produtos, assim como os preços praticados para a produção, com isso pode se ter uma ideia de quais incertezas podem afetar significativamente os resultados e a intensidade que os afetam.

Desse modo, a análise de sensibilidade mostra de maneira clara as folgas que a decisão de aceitar ou rejeitar um projeto tem em relação à utilização de uma dada tecnologia.

Para se analisar a sensibilidade de uma determinada variável de entrada e/ou saída é utilizado recursos computacionais, onde se observa, imediatamente, a variação nos resultados do VPL e B/C para a taxa de desconto praticada no financiamento do projeto.

O procedimento praticado para a análise de sensibilidade consistiu em escolher o indicador a sensibilizar, onde esse foi realizado por uma simulação mediante variações em um ou mais parâmetros e verificando as proporções que essas variáveis afetam os resultados finais do projeto em termos de probabilidade.

Desse modo, as variáveis utilizadas para a análise seguiram os seguintes critérios: Receitas e Custos normais; Receitas - 5% e Custos normais; Receitas normais e Custos + 5%; Receitas -10% e Custos normais; Receitas normais e Custos +10%; Receitas normais e Custos +20% e Receitas -10% e Custos +10%.

Os indicadores foram calculados por meio do programa TirART_v.2012.

3.7 Análises estatísticas

As variáveis foram submetidas à análise de variância (Anova). Posteriormente, quando significativas pelo teste F, os efeitos das lâminas de irrigação e dos níveis de cobertura morta foram submetidos à análise de regressão buscando-se ajustar equações com significados biológicos.

Na análise de regressão, as equações que melhor se ajustaram aos dados foram selecionadas com base na significância dos coeficientes de regressão a 1% (**) e 5% (*) de probabilidade pelo teste F e no maior coeficiente de determinação (R^2).

Os estudos da análise de variância e análise de regressão foram realizados com o auxílio de planilhas eletrônicas do Excel e utilizando o software “ASSISTAT 7.7 BETA” (SILVA; AZEVEDO, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis morfológicas

Os dados da altura da planta, do diâmetro do caule, do comprimento e do diâmetro da panícula, aos 102 DAP, foram coletados e analisados estatisticamente (Tabela 5).

Tabela 5 – Resumo da ANOVA para a altura da planta (AP), o diâmetro do caule (DC) e o comprimento (CP) e o diâmetro da panícula (DP), em função das lâminas de irrigação e dos níveis de cobertura com bagana de carnaúba. Umirim– CE. 2016.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio							
		AP (cm)		DC (mm)		CP (cm)		DP (cm)	
Lâmina de irrigação (L)	4	24858,0120	**	22,38338	**	78,18577	**	5,46700	*
R. linear	1	19204,0802	**	0,39783	ns	54,51768	**	2,96705	**
R. quadrática	1	29,3155	ns	12,44901	**	5,53852	ns	2,21077	*
R. cúbica	1	185,4738	ns	2,79898	ns	1,75969	ns	0,10035	ns
Resíduo (L)	6	1397,65700		4,08164		15,20189		1,40718	
Cobertura morta (CM)	4	543,53200	ns	4,16073	ns	15,46340	ns	1,65563	ns
L x CM	16	125,25700	ns	2,83902	ns	6,61741	ns	2,01660	ns
Resíduo (CM)	80	189,99700		1,98443		4,92217		1,15746	
CV (L)	(%)	15,17		11,66		15,51		20,43	
CV (CM)	(%)	5,59		8,13		8,83		18,53	

(**) Efeito significativo a 1% e (*) a 5% de probabilidade; (ns) não significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

4.1.1 Altura da planta

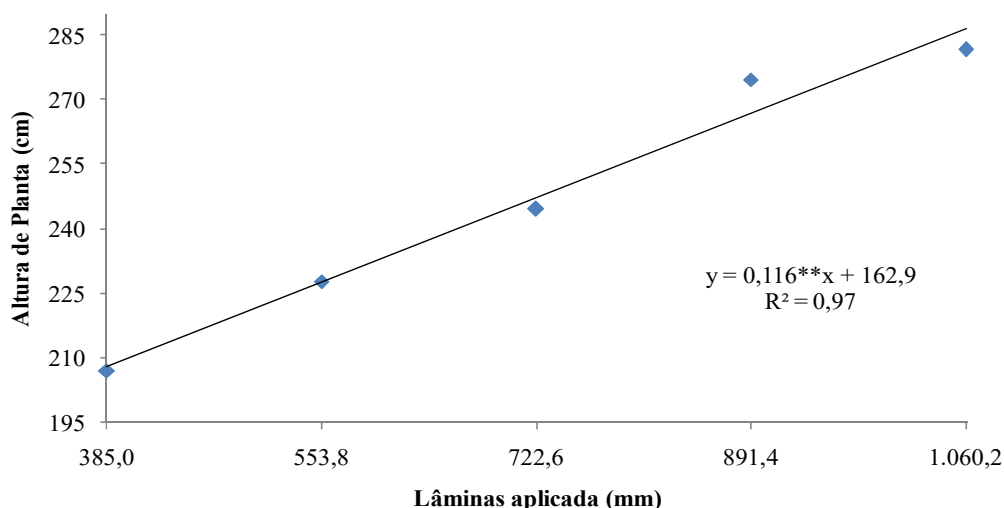
O resultado da análise de variância contido na Tabela 5 demonstra significância estatística em níveis de 1% de probabilidade para a variável altura da planta em relação à lâmina de irrigação (L). Entretanto, a cobertura morta (C) e a interação dos fatores (L x C) não apresentaram influência significativa sobre a altura da planta.

Quanto à análise de regressão da variável altura da planta em relação às lâminas aplicadas, verificou-se que o modelo linear crescente foi o que melhor se ajustou, apresentando coeficiente de determinação de 0,97, Gráfico 2.

Ou seja, os menores valores de altura de planta ocorreram nas que foram submetidas às menores lâminas de irrigação. Isso pode ser explicado, pois a baixa

disponibilidade de água no solo acarreta uma diminuição do teor hídrico foliar levando a um déficit hídrico. Sendo o fechamento dos estômatos, uma rápida resposta a este déficit o que limita a condutância dos gases nas folhas e, conseqüentemente, limita a fotossíntese e a produção de fotoassimilados (MUTAVA et al., 2011; MAGALHÃES et al., 2012a).

Gráfico 2 – Altura da planta com o efeito das lâminas de irrigação.



Fonte: Sousa (2017)

Houve um aumento na altura da planta de 206,82 cm, observada no tratamento de menor lâmina aplicada ($L_1 = 385,0$ mm, equivalente a 50% da ET_c), até 281,96 cm, observado na maior lâmina aplicada ($L_5 = 1.060,2$ mm, equivalente a 150% da ET_c), representando um acréscimo de 36,33%. Resultados semelhantes foram constatados por Zwirtes *et al.* (2015), avaliando o desempenho produtivo e o retorno econômico da cultura do sorgo submetida à irrigação deficitária. Os autores verificaram que a altura das plantas de sorgo, mensurada aos 80 dias após a emergência (DAE), apresentou um aumento linear com o aumento da lâmina (de 25% para 100% de reposição da ET_c).

Resultados inferiores aos obtidos neste trabalho foram mensurados por Santos *et al.* (2007), em pesquisa realizada no município de São Gonçalo do Amarante, comparando o BRS Ponta Negra com outras cultivares. Os autores encontraram altura final do mesmo de 195 cm.

Bonfim-Silva *et al.* (2011), avaliando o desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas a três disponibilidades hídricas (30% e 60% da capacidade de campo e solo

alagado), constataram que as plantas de milho tiveram sua altura diferenciada sob as condições avaliadas, sendo a maior altura observada na disponibilidade de 60% da capacidade de campo. Nas demais disponibilidades, as plantas apresentaram a mesma altura. Comportamento semelhante foi observado na cultura do sorgo, onde esse apresentou o maior desenvolvimento na disponibilidade hídrica também com 60% da capacidade de campo.

Ávila *et al.* (2011) também constataram que a altura da planta respondeu de maneira linear à irrigação, para o híbrido de milho IAC 125. A menor altura, sem irrigação, foi de 141,6 cm. A irrigação promoveu a partir daí um acréscimo de 0,094 cm por mm de água aplicado, sendo que a altura final das plantas chegou próximo aos 217 cm.

4.1.2 Diâmetro do caule

Com base nos resultados da análise de variância apresentados na Tabela 5, constatou-se significância estatística em níveis de 1% de probabilidade para a variável diâmetro do caule, em relação à lâmina de irrigação (L). Mas, a cobertura morta (C) e a interação (L x C) também não apresentaram efeito significativo sobre o diâmetro do caule.

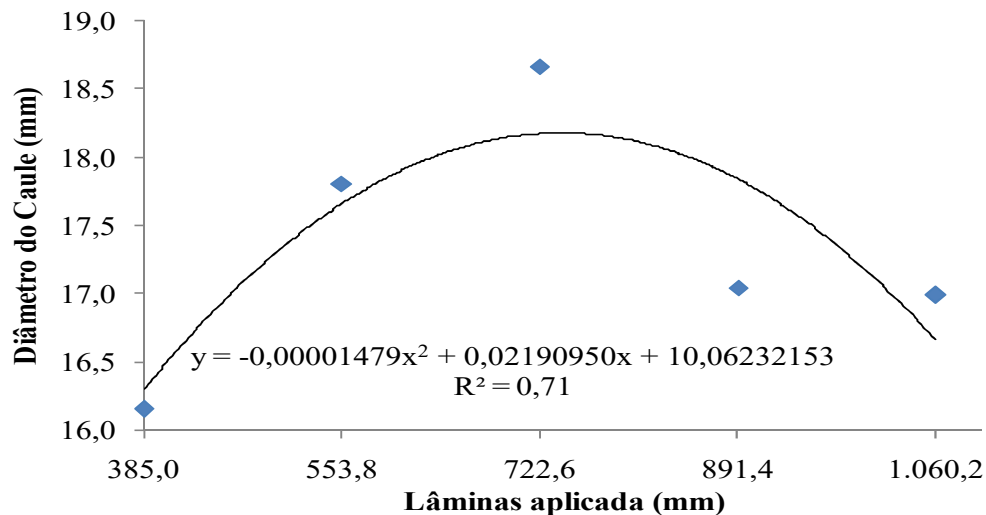
Pela análise de regressão da variável em função das lâminas aplicadas, verificou-se que o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou, apresentando coeficiente de determinação de 0,71, Gráfico 3. O maior diâmetro do caule foi estimado em 18,17 mm, para uma lâmina estimada de 740,6 mm equivalente a 102,5% da ETc.

Houve redução no diâmetro do caule, tanto nas menores como nas maiores lâminas. Provavelmente, a redução do diâmetro sob condições de excesso hídrico ocorreu em função da redução da oxigenação no solo, tendo em vista a deficiência de oxigênio e o baixo potencial redox do solo, induzidos pelo fato do excesso de água afetar desfavoravelmente vários aspectos da fisiologia vegetal, como mudanças na assimilação de carbono, na absorção de macronutrientes e na supressão do metabolismo respiratório das raízes (KOZLOWSKI, 1997; KREUZWIESER *et al.*, 2004; MEDRI *et al.*, 2013).

Já o estresse hídrico tem influência em todas as fases na cultura do sorgo, desde a germinação, até as fases finais do enchimento de grãos; em condições de déficit de água no solo, a planta de sorgo enrola a folha como mecanismo de defesa que diminui o seu metabolismo. Finalizado o período de estresse hídrico, a planta volta ao estado normal de

desenvolvimento, todavia, a fase onde o estresse hídrico proporciona maior perda de produtividade de grãos é na fase reprodutiva (LIMA *et al.*, 2011; TARDIN *et al.*, 2013).

Gráfico 3 – Diâmetro do caule da cultura do sorgo sob diferentes lâminas de irrigação.



Fonte: Sousa (2017)

Nascimento (2008) observou que o diâmetro médio do caule do sorgo foi reduzido de 1,70 mm (maior disponibilidade de água no solo) para 1,29 mm (menor disponibilidade de água no solo), o que corresponde a um decréscimo de 24%.

Brito *et al.* (2013), avaliando o crescimento, a fisiologia e a produção do milho doce sob estresse hídrico, constataram um incremento no diâmetro de colmo com aumento da lâmina de irrigação aplicada, sendo esse de 0,9 mm a cada adição de 20% na lâmina de irrigação em função da evapotranspiração da cultura, a partir do menor nível de irrigação que foi equivalente a 40% da ETc.

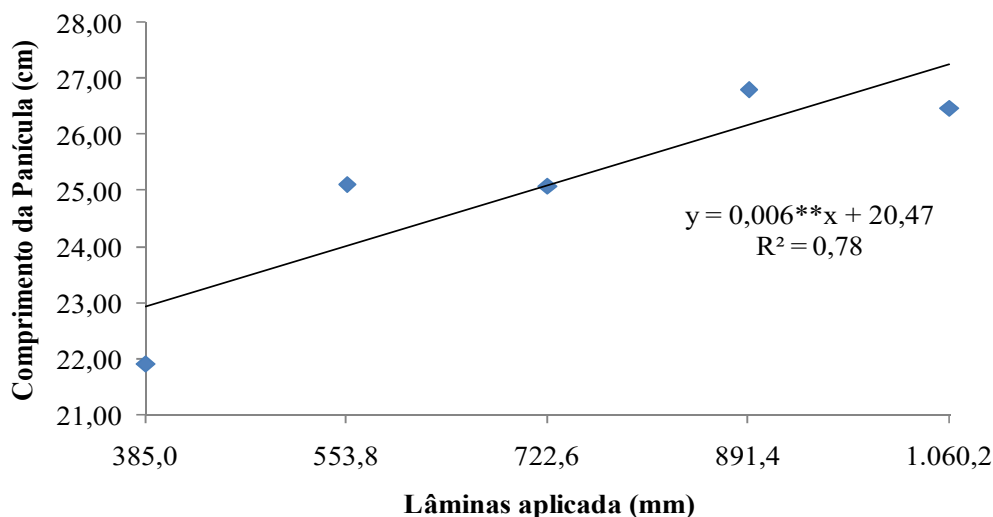
Tanaka *et al.* (2014), avaliando o desenvolvimento de plantas de sorgo submetidas a diferentes níveis de lençol freático em casa de vegetação, contataram que para o diâmetro do colmo não houve significância estatística entre os níveis 0,45 m; 0,59 m; e 0,73 m de profundidades do lençol freático. Os autores afirmaram ainda que plantas cultivadas em níveis freáticos mais próximos da superfície induziram a produção de colmos mais grossos.

4.1.3 Comprimento da panícula

Com base nos resultados obtidos na análise de variância apresentados na Tabela 5, observa-se que houve efeito significativo das lâminas aplicadas (L) para o comprimento da panícula. Entretanto, não houve efeito significativo para os níveis de cobertura morta (C) e para a interação dos dois fatores (L x C), ao nível de 1% e 5% de probabilidade.

Observa-se no Gráfico 4, um aumento no comprimento da panícula de 21,93 cm no tratamento de menor lâmina aplicada ($L_1 = 385,0$ mm) até 26,48 cm na maior lâmina aplicada ($L_5 = 1060,2$ mm), representando um incremento de 20,74%. Assemelhando-se a tendência obtida por Klocke *et al.* (2012), onde os mesmos afirmaram haver uma resposta linear positiva do rendimento de grãos e a lâmina aplicada.

Gráfico 4 – Comprimento da panícula em função das lâminas de irrigação.



Fonte: Sousa (2017)

Segundo Tolk *et al.* (2013), uma redução no comprimento da panícula afeta diretamente a massa de grãos por panícula, pois a redução no comprimento reduz o volume de grãos por panícula, acarretando menor massa de grãos.

Em resultados próximos, Zwirtes *et al.* (2015) constataram que o comprimento da panícula apresentou resposta linear negativa com o incremento da irrigação deficitária, em que a reposição de 100% da ETc respondeu em um comprimento de 40 cm, e para a reposição de 25% de ETc resultou em panículas de comprimento médio de 25 cm, e assim, para cada redução de 25% na ETc, observou-se decréscimo de 5 cm no comprimento médio das panículas. E, Abdel-Motagally (2010), avaliando diferentes lâminas de irrigação deficitária na

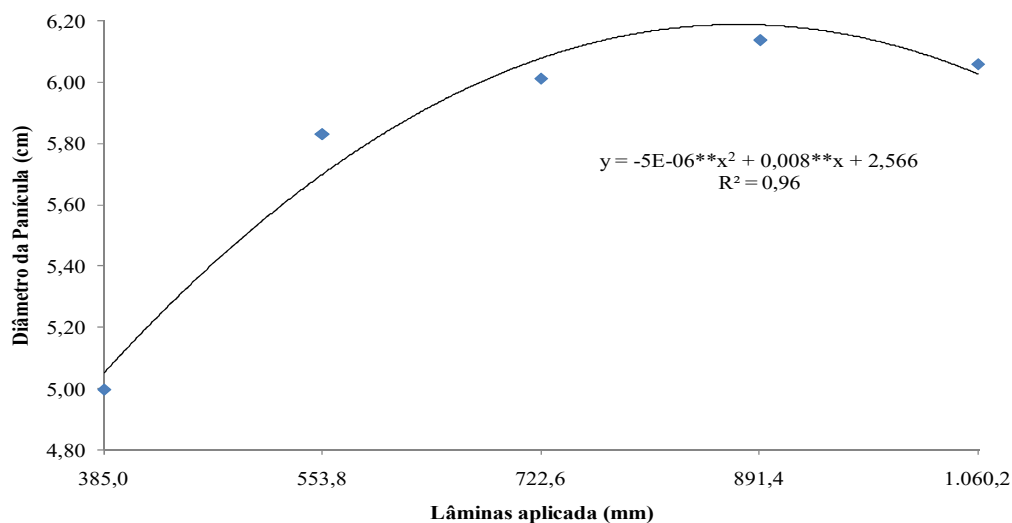
cultura do sorgo no Egito, constatou uma redução de 0,04 m no comprimento de panícula com a redução na reposição de 100 para 50% da ETc.

4.1.4 Diâmetro da panícula

Conforme o resumo da análise de variância, apresentado na Tabela 5, ocorreu efeito, ao nível de 1% de probabilidade, no diâmetro da panícula apenas para o fator lâmina de irrigação (L), de modo que a cobertura morta (C) e a interação (L x C) não influenciaram significativamente o diâmetro do caule na cultura do sorgo.

O modelo que melhor se ajustou para a variável foi o de regressão quadrática, conforme a equação contida no Gráfico 3, apresentando tendência crescente com o incremento das lâminas até o ponto de máxima, estimado em uma lâmina de 800,0 mm, equivalente a 110,71% da ETc.

Gráfico 5 – Diâmetro da panícula do sorgo sob lâmina de irrigação.



Fonte: Sousa (2017)

Os dados obtidos se assemelham aos de Costa *et al.* (2015), onde os mesmos constataram que o diâmetro de espiga de milho despalhada também se ajustaram ao modelo de regressão quadrática, com menor valor verificado na lâmina de irrigação de 85,62% da ETc, com diâmetro correspondente a 3,73 cm, e o maior (4,0 cm) para a lâmina de 125% da ETc. Ávila *et al.* (2011), trabalhando com híbridos de milho pipoca, também observaram um comportamento quadrático do diâmetro de espiga em resposta à lâminas de irrigação.

4.2 Variáveis de produção de forragem

4.2.1 Produtividades de forragem e de matéria seca da parte aérea

Os valores de produtividade de forragem (PF) e de matéria seca da parte aérea (PMS), aos 102 DAP, foram coletados e analisados estatisticamente conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Resumo da ANOVA para (PF) e (PMS) em função das lâminas de irrigação e cobertura morta com bagana de carnaúba. Umirim– CE. 2016.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		PF (t ha ⁻¹)	PMS (t ha ⁻¹)	
Lâmina de irrigação (L)	4	950,51897	299,27815	**
Regressão linear	1	756,52720	22493544	**
Regressão quadrática	1	8,04447	0,05852	ns
Regressão cúbica	1	1,66349	7,54044	ns
Resíduo (L)	16	80,50789	48,98911	
Cobertura Morta (CM)	4	441,67829	93,16335	*
Regressão linear	1	343.95399	66.33186	*
Regressão quadrática	1	5.77157	0.55109	ns
Regressão cúbica	1	35.48189	3.89518	ns
L x CM	16	54,89036	14,03177	ns
Resíduo (CM)	80	82,89631	31,11490	
CV (L)	(%)	17,17	30,54	
CV (CM)	(%)	17,42	24,34	

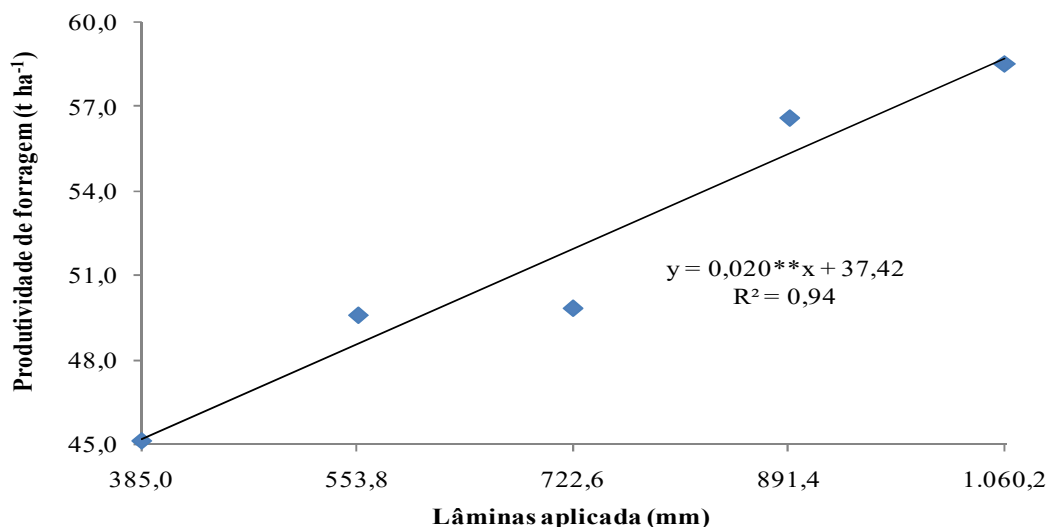
(**) Efeito significativo a 1% e (*) a 5% de probabilidade; (ns) não significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

4.2.2 Produtividade de forragem

Com base na análise de variância apresentada na Tabela 6, observa-se que houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade sobre a produtividade de forragem pelo teste F para os fatores lâminas de irrigação e de cobertura morta. Entretanto, não houve interação entre os dois fatores.

A equação de regressão, para a variação em função das lâminas, que mais se adequou ao modelo foi a do tipo linear, apresentando tendência crescente com o incremento das lâminas. Sendo que a produtividade variou de 45,13 t ha⁻¹ para 58,55 t ha⁻¹, com o fator lâmina induzindo um aumento equivalente a 22,92%, Gráfico 6.

Gráfico 6 – Produtividade em função das lâminas de irrigação.



Fonte: Sousa (2017)

Nesta pesquisa, obtiveram-se altas produtividades de forragem mesmo utilizando-se água de poço tubular de classificação C₄S₁, com alto teor de sais e baixo teor de sódio, e com condutividade elétrica (CE) de 3,81 dS.m⁻¹. Os valores obtidos foram superiores aos dados da produtividade de massa verde obtidos por Vale e Azevedo (2013), avaliando a produtividade e a qualidade do capim elefante e do sorgo irrigados com água do lençol freático, com (CE) de 2,9 dS.m⁻¹ e de rejeito de dessalinizador, com (CE) igual a 3,7 dS.m⁻¹. Esses autores obtiveram 47,5 t e 37,81 t ha⁻¹ de massa verde de sorgo, respectivamente.

Entretanto, os resultados obtidos se assemelham aos de Santos *et al.* (2007), em experimento desenvolvido em São Gonçalo do Amarante - CE, que obtiveram produtividades de forragem de 55,26 t ha⁻¹ e 55,20 t ha⁻¹ para as variedades BRS Ponta Negra e IP A 467-4-2, respectivamente.

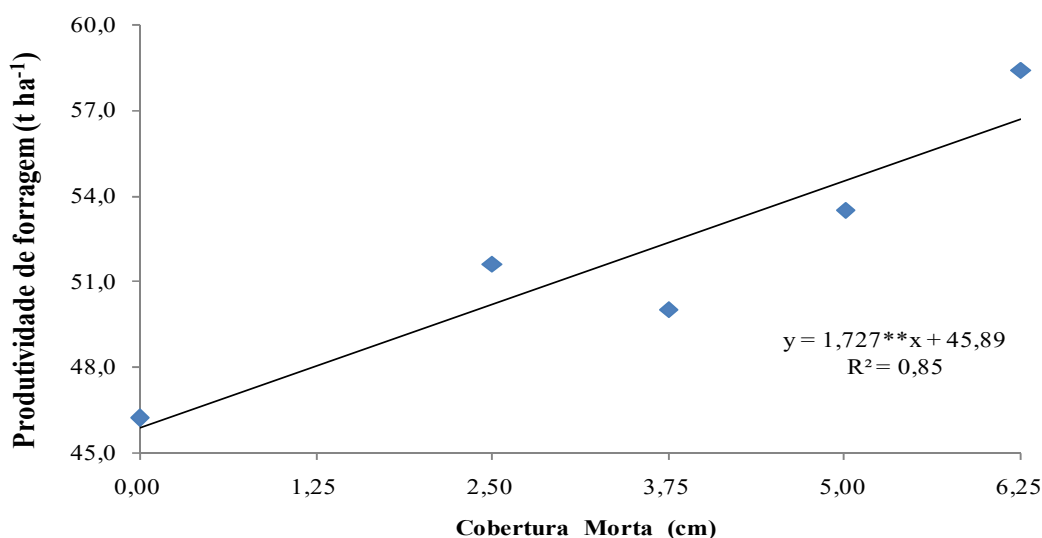
Já Tanaka *et al.* (2014), avaliando o desenvolvimento de plantas de sorgo submetidas a cinco profundidades de lençol freático em casa de vegetação (0,17; 0,31; 0,45; 0,59 e 0,73 m), constataram que os tratamentos com 0,45 m e 0,59 m possibilitaram 137,3 g e 131,5 g planta⁻¹, respectivamente. Esses foram os que apresentaram os maiores valores para massa fresca.

Para Taiz & Zeiger (2013), o excesso ou a falta de água acarreta injúrias e diminuição da produtividade das plantas. Porém, nesta pesquisa a cultura do sorgo foi resistente ao excesso de água no solo, confirmado a informação de Emygdio *et al.* (2013). E,

mesmo com menores produtividades, na lâmina equivalente a 50% da ETc, a cultura respondeu em níveis aceitáveis de produtividade, constituindo-se assim em uma cultura de grande valor para a região, que é caracterizada por longos períodos de seca e estação chuvosa com veranicos frequentes.

O modelo linear crescente foi que melhor se ajustou, para a produtividade de forragem em função das alturas de bagana, Gráfico 7.

Gráfico 7 – Produtividade de massa fresca em função dos níveis de cobertura morta.



Fonte: Sousa (2017)

Observa-se que houve um aumento na produtividade de massa fresca de 46,20 t ha⁻¹, no tratamento sem cobertura, até 58,38 t ha⁻¹, no maior nível de cobertura morta aplicado (6,25 cm), representando um aumento de 21,42%.

Logo, pode-se constatar que os níveis de bagana propiciaram melhor condição de desenvolvimento da cultura quando comparado ao tratamento sem aplicação de cobertura morta, sendo a principal razão para tal, possivelmente, a conservação da água no solo, tornando essa disponível a plantar por maior período.

Entretanto, esses resultados foram contrários aos obtidos por Costa *et al.* (2015), avaliando o comportamento do cultivo de sorgo em sistema de vazante com e sem cobertura do solo, que constataram que não houve efeito significativo na produção de massa verde. Os autores trabalharam com quatro variedades (IPA 2502; IPA 4202; IPA 467-42; IPA SF-25) e essas expressaram respectivamente valores de (26,98; 24,31; 44,02; 42,52) t ha⁻¹ com o uso de

cobertura e (24,54; 20,69; 39,41; 32,17) t ha⁻¹, sem cobertura. Todos os resultados encontrados pelos autores foram inferiores aos encontrados na presente pesquisa nos diferentes níveis de cobertura morta com a cultivar BRS ponta negra.

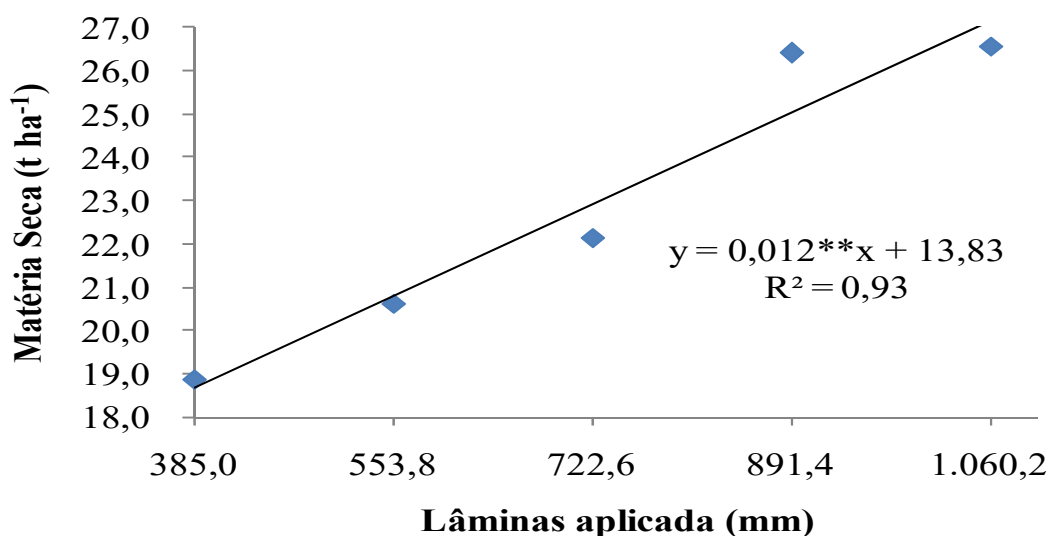
4.2.3 Produtividade de matéria seca

De acordo com os resultados obtidos na análise de variância, apresentados na Tabela 6, observa-se que houve efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F para a lâmina de irrigação. Para a cobertura morta houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade. Não houve efeito significativo quanto à interação lâmina x cobertura.

A equação de regressão produtividade de massa seca em função das lâminas de irrigação que melhor se ajustou foi a do tipo linear, apresentando tendência crescente com o incremento das lâminas. A produtividade de massa seca se elevou de 18,70 t ha⁻¹, com a menor lâmina aplicada, para 26,46 t ha⁻¹, com a maior lâmina, gerando um aumento equivalente a 29,32%, conforme se verifica no Gráfico 8.

Os resultados obtidos foram inferiores ao de Santos *et al.* (2007), em São Gonçalo do Amarante. Esses autores encontraram rendimentos de massa seca de 39,73 t ha⁻¹ e de 37,10 t ha⁻¹, para as variedades BR 506 e BRS Ponta Negra, respectivamente, em condição de estresse hídrico durante o seu desenvolvimento vegetativo.

Gráfico 8 – Produtividade de matéria seca do sorgo em função das lâminas de irrigação.



Fonte: Sousa (2017)

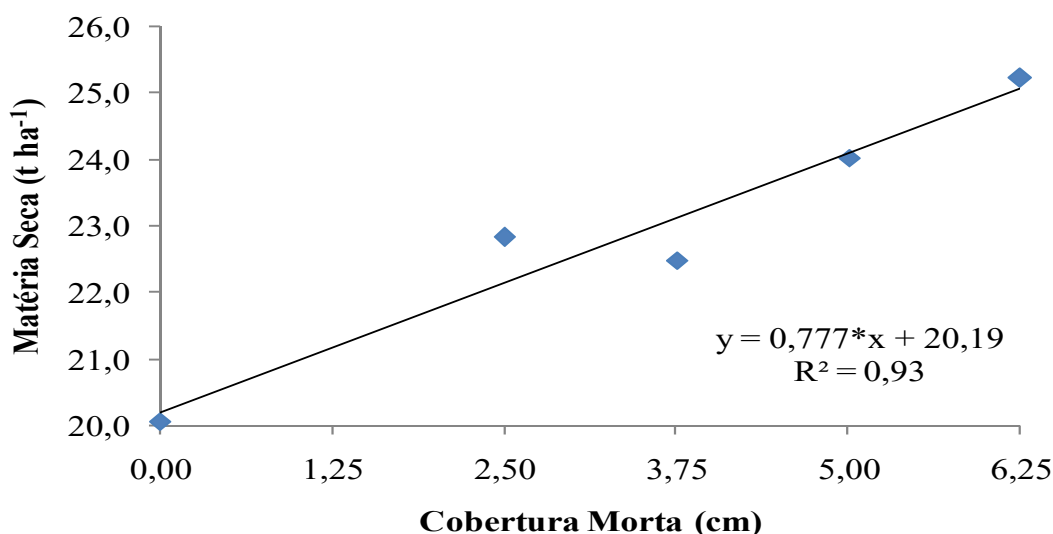
Albuquerque e Mendes (2011), avaliando a época de semeadura do sorgo forrageiro em duas localidades do estado de Minas Gerais, constataram produtividades de matéria seca de 11,33 t ha⁻¹ em Francisco Sá e de 6,57 t ha⁻¹ em Jaíba. Esses resultados são inferiores aos encontrados com a menor lamina aplicada na presente pesquisa.

Albuquerque *et al.* (2013), avaliando as características agronômicas e bromatológicas dos componentes vegetativos de genótipos de sorgo forrageiro em Minas Gerais, constataram que nos dois locais (Leme do Prado e Nova Porteirinha) a produtividade de matéria seca oscilou em 18,96 t ha⁻¹, para a cultivar SHS 500, e em 13,37 t ha⁻¹ para a Silotec 20. Esses valores também foram inferiores aos obtidos no presente trabalho.

O estresse hídrico reduziu a produtividade de matéria seca nesta pesquisa. Do mesmo modo, Costa *et al.* (2008), avaliando a produção de matéria seca de cultivares de milho sob diferentes níveis de estresse hídrico, observaram que tanto no estágio vegetativo como no reprodutivo o estresse hídrico induziu uma redução na matéria seca para as duas cultivares trabalhadas.

Houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F para os valores da produtividade de matéria seca em função do nível de cobertura do solo (Tabela 6). O modelo que mais se ajustou foi do tipo linear crescente, conforme se pode verificar no Gráfico 9.

Gráfico 9 – Produtividade de matéria seca do sorgo em função da altura de bagana aplicada.



Fonte: Sousa (2017)

Logo assim, o aumento gerado na produtividade de matéria seca em função dos níveis de cobertura morta foi da ordem de 12,09%, do tratamento sem cobertura do solo para o primeiro nível (2,5 cm de espessura), e de 21,42%, em relação ao maior nível de cobertura aplicado (6,25 cm).

Entretanto, Costa *et al.* (2015), avaliando o comportamento do cultivo de sorgo em sistema de vazante com e sem cobertura do solo, constataram que não houve efeito significativo na produção de massa seca. Os autores cultivaram quatro variedades (IPA 2502; IPA 4202; IPA 467-42; IPA SF-25), e essas produziram, respectivamente, 10,29; 10,63; 17,56; 19,97 t ha⁻¹ com o uso de cobertura. Sem a cobertura produziram 9,84; 7,85; 14,33; 12,34 t ha⁻¹. Esses valores estão abaixo dos obtidos na presente pesquisa, com a cultivar BRS ponta negra em Umirim, Ceará.

Viana *et al.* (2012), trabalhando com lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas, concluíram que a cobertura morta não apresentou resultado significativo nem tampouco a interação entre lâminas e coberturas para todas as variáveis analisadas. Porém, os autores consideram que foi possível perceber que o uso da casca de arroz proporcionou maior retenção da umidade no solo. Ratificando assim a importância deste tipo de manejo, associando irrigação e cobertura morta de forma eficiente e objetiva.

Corroborando com esses autores, Pereira *et al.* (2002) afirmam que o uso de cobertura morta é considerado o fator de maior importância para explicar a tendência de solos sob plantio direto apresentarem maior conteúdo de água quando comparado aos sistema convencional de plantio. Os autores constataram que no momento em que a superfície do solo apresentou uma cobertura de pelo menos 50% de material vegetal, tornou-se plenamente possível obter economia de água e por consequência diminuir os custos com a irrigação.

4.3 Eficiência de uso da água

As médias de eficiência do uso da água foram mensuradas em kg de massa fresca de sorgo por m³ de água aplicada e em R\$ por m³ de água aplicada ao longo do ciclo, de 102 dias. Os dados foram submetidos à análise estatística, pelo teste Tukey a 5% e 1% de probabilidade, conforme Tabela 7.

Tabela 7 – Resumo da ANOVA para (EUA kg m⁻³) e (EUA R\$ m⁻³) em função das lâminas de irrigação e cobertura com bagana de carnaúba. Umirim– CE. 2016.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio	
		EUA kg m ⁻³	EUA R\$ m ⁻³
Lâmina de irrigação (L)	4	52,76401 **	5,53998 **
Regressão linear	1	253,48513 **	26,17985 **
Regressão quadrática	1	26,93281 **	2,69697 **
Regressão cúbica	1	1,54528 ns	0,16131 ns
Resíduo (L)	16	9,67344	1,01210
CV (L)	(%)	29,35	29,62

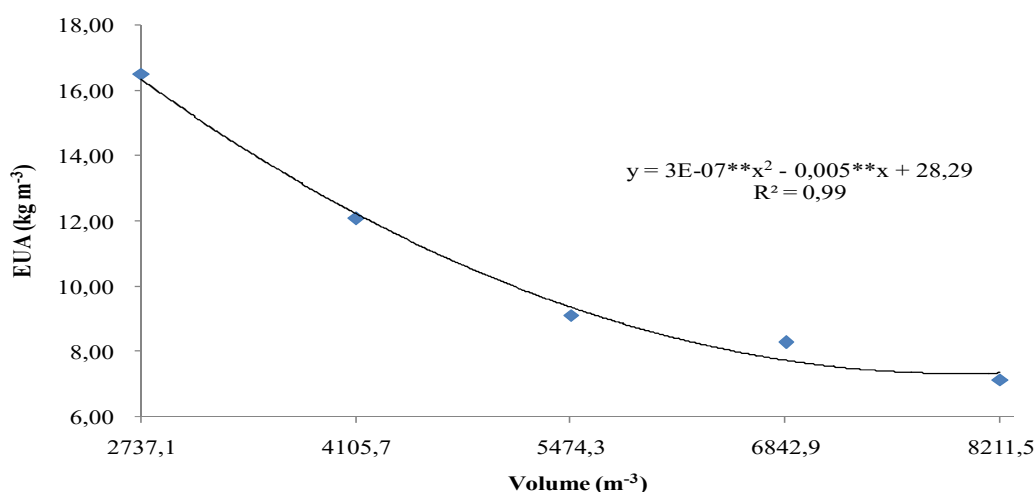
(**) Efeito significativo a 1% e (*) a 5% de probabilidade; (ns) não significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

4.3.1 Eficiência do uso da água em kg m⁻³

A máxima produtividade da água foi observada com o menor volume de água aplicado de 2737,1 m³, sendo essa de 16,49 quilogramas de massa fresca por metro cúbico de água aplicado. Observa-se ainda a menor produtividade da água no maior volume 8211,5 m³, sendo essa de 7,13 kg m⁻³. O aumento no volume de água aplicado gerou um decréscimo nas produtividades da água, correspondendo a uma redução de 56,76% da menor para a maior lâmina aplicada, evidenciando a importância do aprimoramento e domínio nas técnicas de manejo, pois a perda de eficiência no uso da água pode gerar resultados antieconômicos.

A equação de regressão que mais se adequou aos modelos foi a do tipo polinomial quadrática conforme pode-se verificar nos Gráfico 10.

Gráfico 10. Eficiência do uso da água (kg m⁻³) em função das lâminas aplicadas.



Fonte: Sousa (2017)

Pelos resultados observados neste trabalho, observa-se que as irrigações deficitárias, em função da ETc, podem ser utilizadas para melhorar a eficiência do uso da água na produção de massa fresca na cultura do sorgo. A diferença entre as eficiências do uso da água, no maior e no menor volume aplicado, foi de 9,36 kg de massa fresca de sorgo por m³ de água aplicada.

Já Tabosa *et al.* (2002), avaliando o comportamento de cultivares de sorgo forrageiro em diferentes ambientes agroecológicos dos estados de Pernambuco e Alagoas, obtiveram resultados de alta eficiência para os ambientes Caruaru e Serra Talhada, sendo as médias dos ensaios respectivamente de 3,2 e 6,4 kg m⁻³ de água.

E, Moreira *et al.* (2013), avaliando a caracterização fisiológica de sorgo sacarino em diferentes intensidades de irrigação, constataram que não houve efeito ($P > 0,05$) para a eficiência intrínseca do uso da água (EIUA), nas disponibilidades hídricas (80%, 60% e 40% da capacidade de campo). Os autores afirmam que a média para este variável foi de $73,88 \pm 27,75$.

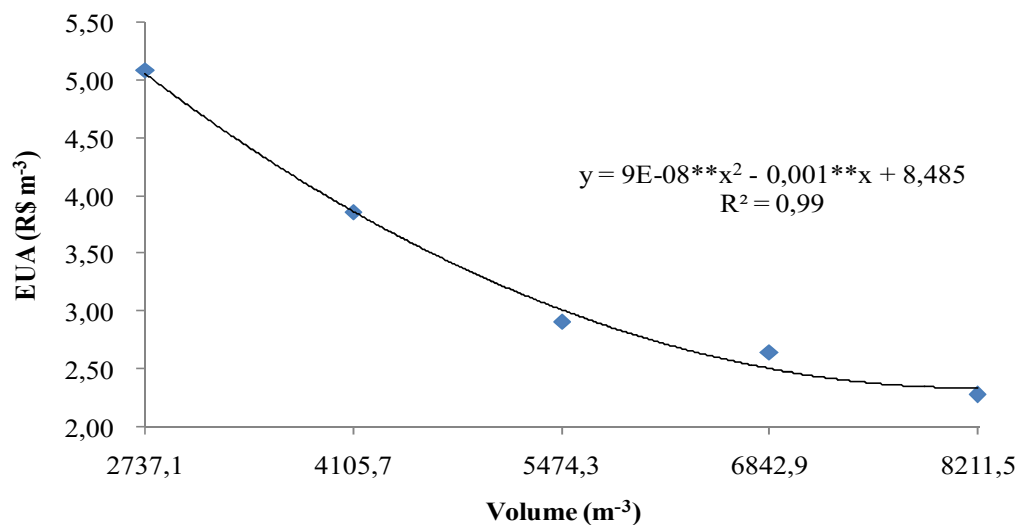
Em tendência semelhante a obtida desta pesquisa, Martin *et al.* (2012), comparando a produtividade da água para a produção de milho para silagem em três níveis de reposição da ETc (50%, 75% e 100%), constataram que com o tratamento com 50% de reposição da ETc obtiveram-se o maior valor, sendo esse de 14,9 kg m⁻³ para a produção de massa verde (PMV). Este valor diferiu do tratamento com 100% de reposição da ETc, sendo esse de 13,9 kg m⁻³ para PMV, ao nível de 5% de probabilidade.

4.3.2 Eficiência do uso da água em R\$ m⁻³

A máxima produtividade da água para essa variável foi observada com o volume de 2737,1 m⁻³, sendo essa de 5,09 R\$ m⁻³. Observa-se ainda que a menor eficiência de uso da água é observada no maior volume aplicado 8211,5 m⁻³, sendo essa de 2,28 R\$ m⁻³.

A equação de regressão que mais se adequou ao modelo foi do tipo polinomial quadrática conforme pode-se verificar nos Gráfico 11.

Gráfico 11. Eficiência do uso da água (R\$ m⁻³) em função das lâminas aplicadas.



Fonte: Sousa (2017)

Pelos resultados observados neste trabalho observa-se que as irrigações deficitárias, com redução da lâmina irrigada, podem ser utilizadas para se melhorar a eficiência do uso da água na produção de massa fresca na cultura do sorgo. Porém, apesar do aumento da produtividade da água de irrigação com a redução da lâmina aplicada, observou-se que o rendimento de massa fresca da cultura do sorgo foi muito reduzido. Quando se reduziu a aplicação de água de 150% para 50% na reposição da ETc ocorreu um decréscimo de R\$ 2,81 por m³ de água aplicado, correspondendo a 56,76% de aumento, evidenciando assim a importância do aprimoramento e domínio nas técnicas de manejo.

Avaliando o desempenho produtivo e o retorno econômico da cultura do sorgo submetida à irrigação deficitária, Zwirter *et al.* (2015) afirmaram que o retorno econômico sobre o custo na aplicação da água aumentou linearmente com a redução na reposição da ETc de 100 para 25%. Os autores afirmaram ainda que a redução de 25% na ETc resultou em incremento de R\$ 0,56 (20%) no retorno econômico sobre o custo com a aplicação de água.

4.4 Indicadores financeiros de rentabilidade

Os indicadores financeiros de rentabilidade estão armazenados em função dos fatores lâminas de irrigação e níveis de cobertura morta separadamente.

4.4.1 Lâminas de irrigação

Na Tabela 8 são apresentados os resultados dos indicadores financeiros de rentabilidade do projeto: relação benefício/custo (B/C), valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e o período “payback” (PB) calculados para um período de fluxo de caixa de dez anos, em função das lâminas de irrigação aplicadas na cultura do sorgo. Os dados de entrada para os respectivos índices estão apresentados no ANEXO A.

Tabela 8 – Indicadores financeiros: (B/C), (VPL), (TIR) e (PB) em função das lâminas de irrigação aplicadas na cultura do sorgo com obtenção de financiamento, Umirim, Ceará, 2016

	Indicadores			
	VPL (R\$)	B/C	TIR %	PB anos
L ₁	13.921,05	1,04	29,28	9,59
L ₂	42.340,49	1,11	124,59	4,14
L ₃	36.796,41	1,09	97,45	4,51
L ₄	90.045,94	1,23	30,78	2,19
L ₅	99.031,33	1,24	31,12	2,03

Fonte: Sousa (2017)

Pelos valores expressos na Tabela 8, verifica-se que todos os tratamentos mostraram-se economicamente viáveis em termos financeiros, com valores de VPL positivo, altas taxas de retorno (TIR), sendo essas sempre maior que um, e períodos PB relativamente curtos, exceto para a lâmina L₁ que possibilitaria um tempo de retorno do capital investido de 9,59 anos. Os melhores indicadores econômicos foram obtidos para o tratamento em que a irrigação foi equivalente a 150% da ETc, com VPL de R\$ 99.031,33; TIR de 31,12%; B/C de 1,24 e PB de 2,03 anos.

Porém, analisando-se os resultados para a menor lâmina aplicada, L₁, constata-se que a mesma apresentou a menor viabilidade diante das demais, com VPL de R\$ 13.921,05 e RB/C de 1,04. O que implicaria em uma baixa viabilidade, confirmando-se quando se verifica o PB, que foi de 9,59 anos.

Desse modo, pode-se perceber pelos resultados que o incremento nas lâminas aplicadas gerou um aumento na viabilidade do projeto, principalmente verificando as

principais variáveis de tomada de decisão que são o VPL e RB/C. Tais resultados estão diretamente influenciados com as produtividades obtidas nas diferentes lâminas, principal constituinte dos valores de receita bruta.

Entretanto, mesmo em escalas menores, todos os tratamentos foram altamente viáveis, o que pode se levar em consideração no momento da tomada de decisão, pois o volume de água utilizado na lâmina com 50% da ETc é três vezes menor que o tratamento com 150% da ETc.

As simulações de receita líquida obtida com os diferentes níveis de irrigação deficitária na cultura do sorgo realizada por Zwirter *et al.* (2015) apresentaram um comportamento quadrático com as lâminas aplicadas de 25 a 100% da ETc. Em que, a máxima eficiência econômica observada foi de R\$ 1.375,00, com a aplicação de uma lâmina equivalente a 75% da ETc.

Avaliando a silagem de plantas de milho submetidas aos manejos de irrigação plena (100% ETc), com déficit hídrico leve (lâmina equivalente a 75% da ETc) e moderado (50% da ETc), Martin *et al.* (2012) verificaram que o retorno econômico alcançado com as irrigações deficitárias foi maior do que o observado com a irrigação plena.

Arêdes *et al.* (2009), analisando a viabilidade econômica da irrigação na cultura do maracujá, em relação à produção não-irrigada, em regiões com índices pluviométricos favoráveis à produção, constataram que os sistemas de produção são economicamente viáveis, embora a produção irrigada tenha apresentado os melhores resultados econômicos em relação ao custo médio de produção, ao valor presente líquido, a taxa interna de retorno, a taxa interna de retorno modificada e ao benefício-custo.

4.4.1.1 Cálculo dos indicadores para diferentes taxas de descontos sob o investimento

Foi realizada uma análise considerando uma variação nas taxas de desconto sob o capital de investimento, no sentido de se investigar mais um indicador para a tomada de decisão do projeto, pois o capital investido pode ser mais atrativo para outras fontes de investimento, como por exemplo, aplicação em uma poupança.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 9, pode-se verificar que o capital aplicado na atividade de produção de sorgo em um hectare, nas diferentes condições

de cultivo, apresentou viabilidade financeira, quando os fluxos foram atualizados às taxas de desconto de 4% a 12% a.a.

Tabela 9 – Avaliação financeira da produção de sorgo em função da lâmina de irrigação aplicada, Umirim, Ceará, 2016

		4% a.a	6% a.a	8% a.a	10% a.a	12% a.a
L ₁	VPL	12.131,38	10.080,64	8.349,66	6.882,03	5.632,36
	RB/C	1,03	1,03	1,03	1,03	1,02
L ₂	VPL	38.468,84	33.980,09	30.138,44	26.834,49	23.979,60
	RB/C	1,11	1,10	1,10	1,10	1,09
L ₃	VPL	33.330,91	29.317,77	25.887,87	22.942,15	20.400,41
	RB/C	1,09	1,09	1,08	1,08	1,08
L ₄	VPL	82.326,48	73.379,55	65.723,74	59.139,17	53.447,94
	RB/C	1,22	1,22	1,21	1,21	1,20
L ₅	VPL	90.653,61	80.935,86	72.612,72	65.447,55	59.248,80
	RB/C	1,24	1,23	1,23	1,22	1,22

Fonte: Sousa (2017)

O melhor indicador para essa análise foi observado com a taxa de desconto de 4% a.a. A relação benefício-custo mostrou-se maior que um para todos os tratamentos, em todas as taxas aplicadas, com destaque para a lâmina L₅, com 1,24, indicando que os benefícios gerados a partir das receitas obtidas superam os custos e para cada R\$ 1,00 gasto no projeto tem-se um retorno bruto de R\$ 1,24 e um retorno líquido de R\$ 0,24.

O VPL para todos os tratamentos também mostraram viabilidade, segundo a tendência da RB/C, com o melhor indicador para a lâmina L₅, sendo esse correspondente a R\$ 90.653,61. Esse resultado aponta alta viabilidade financeira para o investidor privado, tendo em vista este valor indicar que o capital investido está sendo recuperando, pagando os custos operacionais e remunerando o capital a custo de oportunidade de 4% a.a.

4.4.1.2 *Análise de sensibilidade sob a variação nas receitas e nos custos*

No sentido de se verificar o comportamento dos indicadores de rentabilidade para possíveis variações nas receitas e nos custos operacionais em decorrência dos preços existentes no mercado e possíveis variações em biomassa produzida, realizou-se uma análise de sensibilidade, Tabela 10.

Tabela 10 – Análise de sensibilidade: (B/C), (VPL) e (TIR) em função da lâmina de irrigação aplicada na cultura do sorgo com variação nas receitas e nos custos, Umirim, Ceará, 2016

		R -5% CN	RN e C+5%	R-10% e CN	RN e C+10%	RN e C+20%	R-10% e C+10%
L ₁	VPL	- 5.677,16	-4.981,11	-25.275,38	-23.883,27	-61.687,60	-63.079,71
	RB/C	0,98	0,99	0,93	0,94	0,86	0,85
L ₂	VPL	20.872,84	22.989,86	-594,82	3.639,23	- 35.062,04	- 39.296,09
	RB/C	1,05	1,06	1,00	1,01	0,92	0,91
L ₃	VPL	15.275,54	17.115,36	- 6.245,33	- 2.565,69	- 41.927,79	- 45.607,43
	RB/C	1,04	1,04	0,98	0,99	0,91	0,89
L ₄	VPL	65.633,39	70.135,68	41.220,83	50.225,43	10.404,92	1.400,32
	RB/C	1,16	1,17	1,10	1,11	1,02	1,00
L ₅	VPL	73.792,59	78.744,15	48.553,84	58.456,97	17.882,61	7.979,48
	RB/C	1,18	1,18	1,12	1,13	1,04	1,02

* Receitas e Custos normais (R e CN); Receitas - 5% e Custos normais (R-5% e CN); Receitas normais e Custos + 5% (RN e C+5%); Receitas -10% e Custos normais (R-10% e CN); Receitas normais e Custos +10% (RN e C+10%); Receitas normais e Custos +20% (RN e C+20%) e Receitas -10% e Custos +10% (R-10% e C+10%).

Os resultados discriminados na Tabela 10 demonstram viabilidade financeira do cultivo de sorgo irrigado, a qual se apresenta como alternativa para agricultura nas escalas de pequenos produtores a grandes empresários do agronegócio. O tratamento associado à maior lâmina de irrigação L₅ apresentou os maiores índices de viabilidade. Ao critério de receitas normais e aumento em 20% nos custos, o projeto apresentou uma B/C de 1,04 e uma VPL positiva de (R\$ 10.404,92) apontando um projeto com alta estabilidade e baixo risco do ponto de vista financeiro de investimento.

Apesar dos bons indicadores de viabilidade, as possibilidades de variações nos preços de insumos e nos custos operacionais, assim como os valores dos custos dos produtos gerados no projeto e o volume de produção, podem alterar as receitas e tornar o projeto inviável financeiramente.

Desse modo, percebe-se na Tabela 10, que com uma variação de -5% na obtenção das receitas e os custos operacionais em condições normais o projeto torna-se inviável com a utilização da lâmina L₁, equivalente a 50% da ETc. Neste caso, a relação RB/C é 0,98, ou seja, menor do que um, e o VPL é negativo (- R\$ 5.677,16).

Logo, percebe-se que o incremento nas lâminas de irrigação gera um aumento significativo nos indicadores VPL e RB/C, tornando-os menos sensível as possíveis variações

decorrentes aos custos e as receitas obtidas, garantindo uma maior confiabilidade para o investidor privado em decorrência do aumento nas produtividades.

A viabilidade do presente projeto apresenta maior segurança ao investidor quando comparado a projetos com outras culturas, como por exemplo, Almeida *et al.* (2017), que analisaram a viabilidade econômica da produção de caju e constatarem resultados de VPL, TIR e B/C favoráveis ao produtor. Afirmam também que a viabilidade já é provada no sexto ano de produção, quando o fluxo de caixa apresenta saldo positivo. Os autores, analisando a sensibilidade do projeto com variações no âmbito de 30% para mais e para menos, constaram também que a rentabilidade mostrou-se positiva, o que dá uma certeza ao produtor quanto ao retorno do seu investimento.

O que foi confirmado também por Lyra *et al.* (2010), em que os autores analisaram a viabilidade econômica e o risco do cultivo de mamão em função da lâmina de irrigação e de doses de sulfato de amônio, e constatarem que a análise de sensibilidade realizada mostrou que a redução nos preços de comercialização do mamão elimina gradativamente a viabilidade de implementação dos diferentes sistemas de cultivo.

4.4.2 Projeções para cobertura morta

Os resultados apresentados na Tabela 11 são referentes aos indicadores: valor presente líquido (VPL), relação benefício/custo (B/C), taxa interna de retorno (TIR) e o período “payback” (PB) calculados para um período de fluxo de caixa de dez anos, em função dos níveis de cobertura morta aplicada na cultura do sorgo. Os dados de entrada para os respectivos índices estão apresentados no ANEXO F.

Tabela 11 – Indicadores financeiros: (B/C), (VPL), (TIR) e (PB) em função dos níveis de cobertura morta aplicados na cultura do sorgo com obtenção de financiamento, Umirim, Ceará, 2016.

	Indicadores			
	VPL (R\$)	B/C	TIR %	PB anos
C ₁	88.767,05	1,28	35,54	0,88
C ₂	79.462,11	1,22	31,70	2,10
C ₃	41.040,27	1,10	78,87	4,71
C ₄	42.639,23	1,10	50,25	5,67
C ₅	55.017,29	1,12	50,38	4,73

Fonte: Sousa (2017)

Pelos valores expressos na Tabela 11, todos os tratamentos apresentaram alta viabilidade econômica financeira, sendo que o tratamento mais promissor foi o que não se utilizou cobertura morta, apresentando um VPL positivo de R\$ 88.767,05. O VPL obtido indicou alta viabilidade, por apresentar uma condição de pagamento de todo o capital investido mais os custos operacionais e uma taxa de custo de oportunidade sob investimento considerada no projeto, sendo essa de 2,5% aa ao longo do horizonte do projeto, de 10 anos. A RB/C foi de 1,28, implicando que para cada R\$ 1 gasto no projeto, retorna R\$ 1,28 bruto e R\$ 0,28 líquido. Há de se destacar nessa análise que o PB apresentado de 0,88 anos, sinaliza um alto retorno do capital, pois é considerado muito curto para o horizonte do projeto.

Analisando os demais tratamentos, em que se inseriu diferentes níveis de cobertura morta, a viabilidade do projeto foi considerada menor, porém aceitável para todos, com indicadores de viabilidade financeira bem favorável para todos os indicadores. Porém, vale ressaltar que, o aumento na quantidade de bagana aplicada traz uma redução na viabilidade do projeto.

4.4.2.1 Cálculo dos indicadores para diferentes taxas de descontos

Com a finalidade de se verificar a resistência do projeto em suportar maiores taxas existentes no mercado e assim analisar o custo de oportunidade para o capital investido foi realizado uma simulação conforme os resultados apresentados na Tabela 12. Nesta, se pode verificar que o capital aplicado na atividade de produção de sorgo em um hectare, para os diferentes níveis de cobertura morta aplicados, apresentou viabilidade financeira, quando os fluxos foram atualizados às taxas de desconto de 4% a 12% a.a.

Tabela 12– Efeito da variação nas taxas aplicadas ao investimento sobre a (B/C) e o (VPL) em função dos níveis de cobertura morta na cultura do sorgo, Umirim, Ceará, 2016

		4% a.a	6% a.a	8% a.a	10% a.a	12% a.a
C ₁	VPL	82.331,33	74.815,78	68.327,97	62.697,98	57.787,65
	RB/C	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28
C ₂	VPL	72.870,29	65.221,64	58.667,87	53.023,18	48.137,16
	RB/C	1,21	1,21	1,20	1,20	1,20
C ₃	VPL	36.825,92	31.988,61	27.895,75	24.415,40	21.441,54
	RB/C	1,10	1,10	1,09	1,09	1,08
C ₄	VPL	37.882,72	32.436,22	27.841,39	23.946,31	20.629,04

	RB/C	1,10	1,09	1,08	1,08	1,07
C ₅	VPL	48.928,96	41.948,57	36.051,21	31.044,91	26.775,40
	RB/C	1,12	1,11	1,10	1,10	1,09

Fonte: Sousa (2017)

Pelos resultados aqui apresentados, pode-se verificar que o projeto apresentou uma boa margem de segurança para o investidor privado. O tratamento com menor viabilidade foi o C₅, o qual corresponde a uma aplicação inicial de 625 m³ ha⁻¹ de cobertura morta, que apresentou um VPL positivo de R\$ 26.775,40, a uma taxa de 12% aa e uma B/C de 1,09. Entretanto, o VPL foi superior ao rendimento de uma poupança a 7% a.a.

Os resultados para os tratamentos com níveis de cobertura morta inferiores ao C₅ apresentaram maior viabilidade, destacando-se o sem uso de cobertura morta. Quanto as taxas, a melhor condição foi observada para todos os tratamentos com a taxa de 4% aa, mediante os indicadores VPL e B/C. Em resultado semelhante, Moreira (2010), avaliando os indicadores técnicos e econômicos da cenoura quanto aos fatores de produção água e composto orgânico, obtiveram resultados que demonstraram viabilidade econômica do cultivo orgânico da cenoura. E, quando analisaram a sensibilidade do investimento a diferentes taxas de desconto, constataram que o tratamento associado à maior dose de composto orgânico (80 t ha⁻¹) se apresentou não viável economicamente para uma taxa de desconto de 15%, em um horizonte de planejamento de oito anos.

4.4.2.2 *Análise de sensibilidade sob as variações decorrentes nas receitas e custos em função dos níveis de bagana*

Os indicadores de rentabilidade obtidos a partir dos diferentes níveis de cobertura morta foram também analisados considerando-se variações das receitas e dos custos existentes no mercado mediante verificação na sensibilidade dos indicadores, conforme Tabela 13.

Tabela 13 – Análise de sensibilidade: (B/C), (VPL) e (TIR) em função da lâmina de irrigação aplicada na cultura do sorgo com obtenção de financiamento, Umirim, Ceará, 2016

		R -5% CN	RN e C+5%	R-10% e CN	RN e C+10%	RN e C+20%	R-10% e C+10%
C ₁	VPL	68.717,93	73.156,28	48.668,81	57.545,51	26.323,97	17.447,27
	RB/C	1,22	1,22	1,16	1,17	1,07	1,05
C ₂	VPL	57.131,85	61.104,96	34.801,59	42.747,80	6.033,49	-1.912,72
	RB/C	1,16	1,16	1,09	1,11	1,01	1,00
C ₃	VPL	19.394,77	21.446,79	-2.250,73	1.853,30	-37.333,67	-41.437,70

	RB/C	1,05	1,05	0,99	1,00	0,92	0,90
C ₄	VPL	19.523,38	21.655,34	- 3.592,46	671,46	- 41.296,31	- 45.560,23
	RB/C	1,05	1,05	0,99	1,00	0,92	0,90
C ₅	VPL	29.853,46	32.604,33	4.689,63	10.191,36	- 34.634,57	- 40.136,30
	RB/C	1,07	1,07	1,01	1,02	0,94	0,92

Fonte: Sousa (2017)

Os resultados demonstraram viabilidade financeira do cultivo de sorgo sem a cobertura morta, nível de C₁. Ao passo que, o projeto apresentou maior sensibilidade com o incremento nos níveis de cobertura morta, apresentando já em C₃ com redução de 10% nas receitas, VPL negativo (-R\$ 2.250,73) e um RB/C de 0,99. Quando se elevou os custos em 10% e reduziu-se as receitas em 10%, somente C₁ não apresentou VPL negativo.

Comportamentos esses, que se justificam pelo alto preço do insumo bagana de carnaúba, R\$ 62,50 por m⁻³, e como cada mm de bagana inserida em um hectare representou dez metros cúbicos desse insumo, elevou-se consideravelmente o custo operacional. Porém, verifica-se que o aumento obtido na produtividade em decorrência da sua aplicação foi aceitável para a proposta de financiamento do projeto em todos os níveis.

5 CONCLUSÕES

As variáveis morfológicas foram influenciadas significativamente pelas lâminas aplicadas, com aumento linear crescente para às variáveis altura de planta e comprimento da panícula. Já as variáveis diâmetros do caule e da panícula apresentaram valores máximos com lâminas próximas a equivalente a 100% da ETc.

Os níveis de água e de bagana influenciaram significativamente a produtividade de forragem de sorgo, sendo essa crescente com a elevação desses fatores. A adoção de irrigação deficitária reduziu a produção de forragem, entretanto, aumentou a eficiência do uso da água.

A produção de sorgo mostrou-se viável financeiramente para todos os indicadores em análise, em todas as lâminas de irrigação aplicadas e em todos os níveis de cobertura morta, apontando ser essa uma cultura promissora para a região. Entretanto, a utilização da maior lâmina aplicada, equivalente a 150% da ETc e o não uso de cobertura morta mostraram-se como as condições mais viáveis economicamente quanto as análises de sensibilidade dos custos e das receitas.

Como estratégia para o crescimento da exploração dessa cultura faz-se necessário a valorização das políticas de acesso ao crédito, como por exemplo o Pronaf, assim como a associação das técnicas de manejo conservacionista principalmente do solo e da água.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-MOTAGALLY, F. M. F. Evaluation of water use efficient under different water regimes in grain sorghum (*Sorghum bicolor*, L. monech), **World Journal of Agricultural Sciences**, v.6, n.5, p.499-505, 2010.
- ARÊDES, A. F. de.; PEREIRA, M. W. G.; GOMES, M. F. M.; RUFINO, J. L. dos S. Análise econômica da irrigação na cultura do maracujá. **Revista de Economia da UEG**, v. 05, n. 1, p. 66-86, 2009.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; CAMARGO, R. de.; SOUZA, M. F. de. Extração de macronutrientes no sorgo granífero em diferentes arranjos de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.1, p.10-20, 2013.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; MENDES, M. C. Época de semeadura do sorgo forrageiro em duas localidades do estado de Minas Gerais. **Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, n.1 p.116-134, 2011.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; ROCHA, G. R; BRANT, R. S.; MENDES, M. C. Espaçamento reduzido para o cultivo do sorgo granífero no sistema irrigado e em sequeiro, **Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.3, n. 2, p.7-16, 2010.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: (Guidelines for computing crop water requirements)**. Rome: FAO, 1998. 174 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALMEIDA, L. H. F. de.; CORDEIRO, S. A.; PEREIRA, R. S.; COUTO, L. C.; LACERDA, K. W. de S. Viabilidade econômica da produção de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Nativa**, v.5, n.1, p.9-15, 2017.

ARAÚJO, A. C; FILHO, A. C. V.; SILVA, L. M. R.; ARAÚJO, L. V.; Análise da viabilidade financeira da cultura da acerola no Agropolo do Vale do Rio das Contas no Estado da Bahia. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47, 2009, Porto Alegre. In: **Anais** do Congresso da 47ª SOBER. Porto Alegre: SOBER, 2009. 1 CD.

ÁVILA, M. R.; GOMES, E. P.; FEDRI, G.; SCAPIM, C. A.; BARIZÃO, D. A. O.; ALBRECHT, L. P.; RODOVALHO, M. A. Híbridos de milho pipoca cultivados sob diferentes lâminas de irrigação. **Scientia Agraria**, v. 12, n. 4, p. 199-209, 2011.

BIZARI, D. R.; MATSURA, E. E.; ROQUE, M. W.; SOUZA, A. L. Consumo de água e produção de grãos do feijoeiro irrigado em sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2073-2079, 2009.

BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A da.; CABRAL, C. E. A.; KROTH, B. E.; REZENDE, D. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 180-186, 2011.

BRANDÃO, E. S.; COSTA, J. R. P. F.; ZARONI, M. J.; LAFORET, M. R. C. Avaliação da Tecnologia Zoneamento de Risco Climático da Cultura do Sorgo no Estado de Pernambuco. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 139, Embrapa**. P.32, (21.ed.) 2009.

BRANDÃO, L. *et al.* Avaliação econômica de projetos de transporte: melhores práticas e recomendações para o Brasil. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 1, p. 87-117, 2010.

BRIGHAM, E. F.; GAPENSKI, L. C.; EHRHARDT, M. C. **Administração Financeira: Teoria e Prática**. São Paulo: Atlas, 2001.

BRITO, M. E. B.; ARAÚJO FILHO, G. D. de.; WANDERLEY, J. A. C.; MELO, A. S. de.; COSTA, F. B.; FERREIRA, M. G. P. Crescimento, fisiologia e produção do milho doce sob estresse hídrico. **Bioscience Journal**, v.29, n.5, p.1244-1254, 2013.

BRUNELLI, G.M. **Simulação do custo de produção de laranja no Estado de São Paulo**. Piracicaba, 1990. 99p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

BUSO, W. H. D; MORGADO, H. S; SILVA, L, B; FRANÇA, A. F. S. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. **PUBVET**, v. 5, n. 23, p. 1143-1149, 2011.

CABRAL, R. C. **Evapotranspiração de referência de Hargreaves (1974) corrigida pelo método Penman-Monteith/FAO (1991) para o estado do Ceará**. 2000. 83f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE.

CAMPOS, R. T; CAMPOS, K. C. **Elaboração e avaliação de projetos agropecuários**. Notas de aula. Fortaleza, Ceará, 2015.

CARVALHO, I. R.; KORCELSKI, C.; PELISSARI, G.; HANUS, A. D.; ROSA, G. M da. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônômico. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v. 9, n. 17; p. 969. 2013.

COSTA, E. J. B. da; SOUZA, E. S. de; BARROS JUNIOR, G; NUNES FILHO, J; SOUZA, J. R. de; TABOSA, J. N; LEITE, M. L. de M. V. Cultivo de sorgo em sistema de vazante com e sem cobertura do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 2, p. 182-195, 2015.

COSTA, J. R. da; PINHO, J. L. N. de; PARRY, M. M. Produção de matéria seca de cultivares de milho sob diferentes níveis de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 5, p. 443–450, 2008.

DU, T.; KANG, S.; SUN, J.; ZHANG, X.; ZHANG, J. An improved water use efficiency of cereals under temporal and spatial deficit irrigation in north China, **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 1, p. 66-74, 2010.

ENGLISH, M. J.; SOLOMON, K. H.; HOFFMAN, G. J. A paradigm shift in irrigation management. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 128, n. 5, p. 267-277, 2002.

EMYGDIO, B. M.; ROSA, A. P. S. A. da.; TEIXEIRA, M. C. C. Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no rio grande do sul – safras 2013/2014 e 2014/2015. **Embrapa** 2013.

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

FARIAS, D. B. dos S; LUCAS, A. A. T.; MOREIRA, M. A; NASCIMENTO, L. F. de A; SÁ FILHO, J. C. F de. Avaliação da umidade do solo em função da presença de matéria orgânica e cobertura do solo no cultivo da alface crespa (*Lactuca sativa L.*). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 5, p. 287-291, 2015.

FERREIRA, N. M.; MESQUITA, E. F de.; SÁ, F. V. da S.; BERTINO, A. M. P.; PAIVA, E. P. de.; FARIAS, S. A. R. Crescimento e produção da mamoneira BRS Paraguaçu sob irrigação, cobertura do solo e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 9, p. 857-864, 2015.

FERREIRA, S. M. R.; LUPARELLI, P. C.; SCHIEFERDECKER, M. E. M.; VILELA, R. M.; Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo. **Archivos Latino Americanos de Nutricion**. v. 59, n. 4, p. 433-440, 2009.

FREIRE, J. L. de O.; CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M.; 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.; BOTREL, T. A.; FREITAS, H. A. C. Análise comparativa dos custos de irrigação por pivô-central, em cultura de feijão, utilizando energia elétrica e óleo diesel. **Engenharia Rural**, v. 5, n. 1, p. 34-53, 1994.

GEERTS, S.; RAES, D. Deficit irrigation as a non-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. **Agricultural Water Management**, v. 96, n. 9, p. 1275-1284, 2009.

GITMAN, L. J.; MADURA, J.; **Administração Financeira: Uma abordagem gerencial**. Tradução [de] Maria Lúcia G. L. Rosa. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010.

HOFFMANN, R.; ENGLER, J. J. de C.; SERRANO, O.; THAME, A.C. de M.; NEVES, E. M. **Administração da empresa agrícola**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1981. 325p.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.17, n.4, p.678-684, 1974.

KLOCKE, N. L.; CURRIE, R. S.; STONE, L. R.; BOLTON, D. A. Planning for deficit irrigation, **Applied Engineering in Agriculture**, v. 26, n. 3. p. 405-412, 2010.

KLOCKE, N. L.; CURRIE, R. S.; TOMSICEK, D. J.; KOEHN, J. W. Sorghum yield response to deficit irrigation. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v.55, n.3, p.947-955, 2012.

KOETZ, M. **Maracujazeiro-amarelo: cultivo protegido e natural, irrigação e adubação potássica**. 2006. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia agrícola) - Centro de Ciências e Tecnologias da Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2006.

KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree physiology monograph no. 1*. Victoria: Heron Publishing, 1997. p. 1–29.

KREUZWIESER, J.; PAPADOPOULOU, E.; RENNENBERG, H. Interaction of flooding with carbon metabolism of forest trees. *Plant Biology*, Freiburg, v. 6, n. 3, p. 299–306, 2004.

LARA-CABEZAS, W. A. R.; BRANCALÃO, S. R. Avaliação técnico - econômica de milho, sorgo granífero e milheto em manejo exclusivo e consorciado com *Urochloa ruziziensis*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 1, p. 1-24, 2012.

LIMA JUNIOR, J. A.; PEREIRA, G. M.; GEISENHOF, L. O.; COSTA, G. G.; REIS R. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Avaliação econômica da produção de alface americana em função de lâminas de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.2, p.392-398, 2011.

LIMA, N. R. C. B.; SANTOS, P. M.; MENDONÇA, F. C.; ARAÚJO, L. C. Períodos críticos de sorgo e palisadegrass no cultivo intercalado para zoneamento de risco climático. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1452-1457, 2011.

LORITE, I. J.; MATEOS, L.; ORGAZ, F.; FERERES, E. Assessing deficit irrigation strategies at the level of an irrigation district. **Agricultural Water Management**, v. 91, p. 51-60, 2007.

LYRA, G. B.; PONCIANO, N. J.; SOUZA, P. M. de.; SOUSA, E. F. de.; LYRA, G. B. Viabilidade econômica e risco do cultivo de mamão em função da lâmina de irrigação e doses de sulfato de amônio. **Acta Scientiarum. Agronomy Maringá**, v. 32, n. 3, p. 547-554, 2010.

MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V.; MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; LANDELL, M. G. de A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1575-1582, 2009.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C. de.; ALBUQUERQUE, P. E. P. de. **Efeitos do Estresse Hídrico na Produção de Grãos e na Fisiologia da Planta de Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012a. 39 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 51).

MAGALHÃES, P. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; VIANA, J. H. M. **Resposta fisiológica do sorgo ao estresse hídrico em casa de vegetação**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 21 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46).

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Ecofisiologia. In: Cultivo do Sorgo. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**. Sistemas de Produção 2. Versão Eletrônica, 2007.

MARTIN, J. D.; CARLESSO, R.; AIRES, N. P.; GATTO, J. C.; DUBOU, V.; FRIES, H. M.; SCHEIBLER, R. B. Irrigação deficitária para aumentar a produtividade da água na produção de silagem de milho, **Irriga**, p.192 - 205, 2012. Edição especial.

MARTIN, N. B; SERRA, R; OLIVEIRA, M. D. M.; ÂNGELO, J. A.; OKAWA, H. Sistema “CUSTAGRI”: Sistema integrado de custo agropecuário. **Informações Econômicas**, v.28, n.1, p.7-28, 1998.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, v.23, n.1, p.123-139, 1976.

MEDRI, C.; PIMENTA, J. A.; RUAS, E. A.; SOUZA, L. A. de.; MEDRI, P. S.; SAYHUN, S.; BIANCHINI, E.; MEDRI, M. E. O alagamento do solo afeta a sobrevivência, o crescimento e o metabolismo de *Aegiphila sellowiana* Cham. (Lamiaceae)?. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 33, n. 1, p. 123-134, 2012.

MORAES, S. D.; JOBIM, C. C.; SILVA, M. S.; MARQUARDT, F. I. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**. v. 14, n. 4, p. 624-634 2013.

MOREIRA, L. R.; ERVILHA, J. D. C.; COUTINHO, P. H.; VIDIGAL, J. G.; OGLIARI, J.; MIRANDA, G. V.; PEREIRA, L. F. Caracterização fisiológica de sorgo sacarino em diferentes intensidades de irrigação. **VÉRTICES**, v.15, n. 2, p. 39-48, 2013.

MOKATE, K. M., RODRIGUEZ, R. C. **A avaliação financeira de projetos de inversão**. Bogotá: Universidade de Los Andes, 1987. 112 p.

MOTTA, R. R.; CALÔBA, G. M. **Análise de Investimentos**. São Paulo: Atlas, 2002.

NASCIMENTO, R. do. Crescimento de plantas de sorgo sob diferentes disponibilidades de água no solo. **Educação Agrícola Superior**, v.23, n.1, p.53-54, 2008.

MUTAVA, R. N.; PRASAD, P. V. V.; TUINSTRA, M. R.; KOFOID, K. D.; YU, J. Characterization of sorghum genotypes for traits related to drought tolerance. **Field Crops Research**, v. 123, p. 10-18, 2011.

NETO, R. C. A; MIRANDA, O. N; DUDA; P. G; GÓES, B. G; LIMA S. A. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 14, n. 2, p. n124-130, 2010.

NORONHA, J. F. e DUARTE, L. Avaliação de projetos de investimentos na empresa agropecuária. In: AIDAR, A. C. K. **Administração Rural**. São Paulo: Paulicéia, 1995.

OLIVEIRA, A. B. de.; GOMES FILHO, E. Germinação e vigor de sementes de sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.3, p.48-56, 2009.

OLIVEIRA, C. A. P. de.; SOUZA, C. M. de. Influência da cobertura morta na umidade, incidência de plantas daninhas e de broca-do-rizoma (*cosmopolites sordidus*) em um pomar de bananeiras (*musa* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 345-347, 2003.

PEREIRA, A. L.; MOREIRA, J. A.; KLAR, A. E. Efeito de níveis de cobertura do solo sobre o manejo da irrigação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Irriga**, v.7, n.1, p.42-52, 2002.

PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. Coping with Water Scarcity. Addressing the Challenges. **Springer**, Dordrecht, 382 p. 2009.

PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. **Agricultural Water Management**, v.108, p.39-51, 2012.

PLAYAN, E.; MATEOS, L. Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. **Agricultural Water Management**, v. 80, p. 100–116, 2006.

PONCIANO, N. J. SOUZA, P. M.; MATA, H. T. DA C.; DETMANN, E.; SARMET, J. P. **Análise dos indicadores de rentabilidade da produção de maracujá na região norte do estado do rio de janeiro, 2003**. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/12/02P150.pdf>>. Acesso em: mai. 2017.

REZENDE, G. M.; PIRES, D. A. de A.; FRAGA, P. R. B.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; 2, SALES, E. C. J. de.; JAYME, D. G.; REIS, S. T. dos.; PIMENTEL, L. R.; LIMA, L. O. B.; KANEMOTO, E. R.; MOREIRA, P. R. Características agronômicas de cinco genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH], cultivados no inverno, para a produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.2, p.171-179, 2011.

REZENDE, J. L. P; OLIVEIRA, A. D. **Análise Econômica e Social de Projetos Florestais**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2008.

RIBAS, M. N. Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim sudão, normais e mutantes bmr - portadores de nervura marrom. 2010. 140 f. **Tese** (Doutorado em zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

RODRIGUES, G. C.; PEREIRA, L. S. Assessing economic impacts of deficit irrigation as related to water productivity and water cost. **Biosystems Engineering**, v.103, n.4, p.536-551, 2009.

RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. G.; SHAFFERT, R. E.; FERREIRA, A. da S.; CASELA, C. R. BRS 655 - Híbrido de sorgo forrageiro para produção de silagem de alta qualidade. **Circular Técnica 107**. p.65 - 1ª edição, (2008).

SALES, M. L. de S. Avaliação financeira e econômica das ações de captação, acumulação e suprimento de água no estado do Ceará. 2016. 107 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural), Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.17-29, 2007.

SANTOS F. G. dos.; RODRIGUES, J. A. S.; SCHAFFERT, R. E.; LIMA, J. M. P. de.; PITTA, G. V. E.; CASELA, C. R.; FERREIRA, A. da S. **BRS Ponta Negra Variedade de Sorgo Forrageiro**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. (Comunicado Técnico, 145).

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. **Irriga**, v. 19, n. 2, p. 196-206, 2014.

SANTOS, S. da S.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; LEAL, M. A. de A.; RIBEIRO, R. de L. D.; Produção de cebola orgânica em função do uso de cobertura morta e torta de mamona. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.3, p.549-552, 2012.

SCHOBER, T. J.; BEAN, S. R.; BOYLE, D. L. Gluten-Free Sorghum Bread Improved by Sourdough Fermentation: Biochemical, Rheological, and Microstructural Background. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.55, p.5137-5146, 2007.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SILVA, W. C. **Respostas do feijão-caupià diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses de biofertilizante**. 2016. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia), Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.

SINGH, A.; PANDA, S. N. Development and application of an optimization model for the maximization of net agricultural return, **Agricultural Water Management**, v.115, p.267-275, 2012.

SOUSA, P. G. R.; SOUSA, J. DE P. F.; SOUSA, A. M.; COSTA, R. N. T. Produtividade do mamoeiro cultivado sob aplicação de cinzas vegetais e bagana de carnaúba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v. 11, n.1, p.1201-1212, 2017.

SOUZA, E. R. de.; MONTENEGRO, A. A. de A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Variabilidade espacial da umidade do solo em Neossolo Flúvico. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.13, n.2, p.177-187, 2008.

SOUZA, T. M. A. de.; SOUZA, T. A.; SOUTO, L. S.; SÁ, F. V. da S.; PAIVA, E. P. de.; MESQUITA, E. F. de. Água disponível e cobertura do solo sob o crescimento inicial do feijão-caupi cv. Brs pujante. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, n.3, p.598-604, 2016.

TABOSA, J. N.; COLAÇO, W.; REIS, O. V.; SIMPLÍCIO, J. B.; CARVALHO, H. W. L. de.; DIAS, F. M. Sorghum genotype *evaluation under salinity levels gamma ray doses*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.3, p.339-350, 2007.

TABOSA, J. N.; REIS, O. V. dos.; BRITO, A. R. de M. B.; MONTEIRO, M. C. D.; SIMPLÍCIO, J. B.; OLIVEIRA, J. A. C.; SILVA, F. G.; AZEVEDO NETO, A. D. de.; DIAS, F. M.; LIRA, M. de A.; TAVARES FILHO, J. J.; NASCIMENTO, M. M. A. do.; LIMA, L. E. de.; CARVALHO, H. W. L. de.; OLIVEIRA, L. R. de. Comportamento de cultivares de sorgo forrageiro em diferentes ambientes agroecológicos dos estados de Pernambuco e alagoas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.2, p.47-58, 2002.

TAKITANE, I. C. **Custo de produção da borracha e análise de rentabilidade em condições de risco no Planalto Paulista, SP e no Triângulo Mineiro, MG**. Piracicaba, 1988. 119p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

TANAKA, A. A.; JADOSKI, C. J.; KLAR, A. E.; SILVA JUNIOR, J. F. Development of sorghum plants submitted under different water table levels in glasshouse. **Nativa**, v.2, n.1, p.18-22, 2014.

TARDIN, F. D.; ALMEIDA FILHO, J. E. de.; OLIVEIRA, C. M. de.; LEITE, C. E. do P; MENEZES, C. B. de; MAGALHÃES, P. C; RODRIGUES, J. A. S; SCHAFFERT, R. E. Avaliação agrônômica de híbridos de sorgo granífero cultivados sob irrigação e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 102-117, 2013.

TOLK, J. A.; HOWELL, T. A.; MILLER, F. R. Yield component analysis of grain sorghum grown under water stress, **Field Crops Research**, v. 145, p. 44-51, 2013.

VALE, M. B.; AZEVEDO, P. V. Avaliação da produtividade e qualidade do capim elefante e do sorgo irrigados com água do lençol freático e do rejeito do dessalinizador. **HOLOS**, v. 3, p. 181-195, 2013.

VASCONCELOS, L. C.; MAYORGA, F. D. de O.; TABOSA, F. J. S.; OLIVEIRA, S. C. de; PARENTE, T. D. Análise de viabilidade econômica dos pequenos produtores de banana da Associação Acaraú Terra Sol no Agropolo do Baixo Acaraú, estado do Ceará. In: Carvalho,

E. B. S.; Oliveira, J. L.; Trompieri Neto, N.; Medeiros, C. N.; Sousa, F. J. Org.). **Economia do Ceará em Debate 2010**. Fortaleza: IPECE, 2010. v. 1, p. 109-132.

VIANA, T. V. de A.; LIMA, A. D.; MARINHO, A. B.; DUARTE, J. M. de L.; AZEVEDO, B. de M.; COSTA, S. C. Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. **Irriga**, v. 17, n. 2, p. 127-136, 2012.

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

XIN, Z.; AIKEN, R.; BURKE, J. Genetic diversity of transpiration efficiency in sorghum. **Field Crops Research**, v. 111, p. 74-80, 2009.

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

ANEXO A - FLUXO DE CAIXA (COM FINANCIAMENTO) DE UM PROJETO DE INVESTIMENTO PARA O CULTIVO DE UM HECTARE DE SORGO COM A LÂMINA (L1) PARA UM HORIZONTE DEZ ANOS DE PLANEJAMENTO.

ESPECIFICAÇÃO	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
I - TOTAL DAS ENTRADAS	11.821,40	43.321,60	43.321,60	43.321,60	43.321,60	43.321,60	43.321,60	43.321,60	43.321,60	43.321,60	44.588,27
1. Receitas Operacionais	0,00	43.321,60	43.321,60	43.321,60	43.321,60	43.321,60	43.321,60	43.321,60	43.321,60	43.321,60	43.321,60
2. Crédito	11.821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1 Investimento	11.821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.2 Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Desinvestimentos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.266,67
II - TOTAL DAS SAÍDAS	11.821,40	51.110,57	41.642,24	38.427,24	43.331,01	38.213,79	45.146,57	38.089,35	43.162,13	39.904,91	37.962,69
4. Inversões e Reinversões	0,00	0,00	5.115,00	1.900,00	5.115,00	40,00	7.015,00	0,00	5.115,00	1.900,00	0,00
5. Custos Operacionais	0,00	50.815,03	36.231,70	36.231,70	36.231,70	36.231,70	36.231,70	36.231,70	36.231,70	36.231,70	36.231,70
6. Serviço da Dívida	11.821,40	295,54	295,54	295,54	1.984,31	1.942,09	1.899,87	1.857,65	1.815,43	1.773,21	1.730,99
6.1. Investimento	11.821,40	295,54	295,54	295,54	1.984,31	1.942,09	1.899,87	1.857,65	1.815,43	1.773,21	1.730,99
a) Amortização	0,00	0,00	0,00	0,00	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77
b) Juros	0,00	295,54	295,54	295,54	295,54	253,32	211,10	168,88	126,66	84,44	42,22
6.2. Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a) Principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
III - BENEFÍCIO LÍQUIDO	0,00	-7.788,97	1.679,36	4.894,36	-9,41	5.107,81	-1.824,97	5.232,25	159,47	3.416,69	6.625,58

ANEXO B - FLUXO DE CAIXA (COM FINANCIAMENTO) DE UM PROJETO DE INVESTIMENTO PARA O CULTIVO DE UM HECTARE DE SORGO COM A LÂMINA (L2) PARA UM HORIZONTE DEZ ANOS DE PLANEJAMENTO.

ESPECIFICAÇÃO	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
I - TOTAL DAS ENTRADAS	11821,40	47593,60	47593,60	47593,60	47593,60	47593,60	47593,60	47593,60	47593,60	47593,60	48860,27
1. Receitas Operacionais	0,00	47593,60	47593,60	47593,60	47593,60	47593,60	47593,60	47593,60	47593,60	47593,60	47593,60
2. Crédito	11821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1 Investimento	11.821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.2 Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Desinvestimentos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.266,67
II - TOTAL DAS SAÍDAS	11821,40	52135,40	42667,07	39452,07	44355,84	39238,62	46171,40	39114,18	44186,96	40929,74	38987,52
4. Inversões e Reinversões	0,00	0,00	5115,00	1900,00	5115,00	40,00	7015,00	0,00	5115,00	1900,00	0,00
5. Custos Operacionais	0,00	51839,86	37256,53	37256,53	37256,53	37256,53	37256,53	37256,53	37256,53	37256,53	37256,53
6. Serviço da Dívida	11821,40	295,54	295,54	295,54	1984,31	1942,09	1899,87	1857,65	1815,43	1773,21	1730,99
6.1. Investimento	11821,40	295,54	295,54	295,54	1984,31	1942,09	1899,87	1857,65	1815,43	1773,21	1730,99
a) Amortização	0,00				1688,77	1688,77	1688,77	1688,77	1688,77	1688,77	1688,77
b) Juros	0,00	295,54	295,54	295,54	295,54	253,32	211,10	168,88	126,66	84,44	42,22
6.2. Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a) Principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
III - BENEFÍCIO LÍQUIDO	0,00	-4541,80	4926,53	8141,53	3237,76	8354,98	1422,20	8479,42	3406,64	6663,86	9872,75

ANEXO C - FLUXO DE CAIXA (COM FINANCIAMENTO) DE UM PROJETO DE INVESTIMENTO PARA O CULTIVO DE UM HECTARE DE SORGO COM A LÂMINA (L3) PARA UM HORIZONTE DEZ ANOS DE PLANEJAMENTO.

ESPECIFICAÇÃO	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
I - TOTAL DAS ENTRADAS	11.821,40	47.715,20	47.715,20	47.715,20	47.715,20	47.715,20	47.715,20	47.715,20	47.715,20	47.715,20	48.981,87
1. Receitas Operacionais	0,00	47.715,20	47.715,20	47.715,20	47.715,20	47.715,20	47.715,20	47.715,20	47.715,20	47.715,20	47.715,20
2. Crédito	11.821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1 Investimento	11.821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.2 Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Desinvestimentos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.266,67
II - TOTAL DAS SAÍDAS	11.821,40	52.890,46	43.422,13	40.207,13	45.110,90	39.993,68	46.926,46	39.869,24	44.942,02	41.684,80	39.742,58
4. Inversões e Reinversões	0,00	0,00	5.115,00	1.900,00	5.115,00	40,00	7.015,00	0,00	5.115,00	1.900,00	0,00
5. Custos Operacionais	0,00	52.594,92	38.011,59	38.011,59	38.011,59	38.011,59	38.011,59	38.011,59	38.011,59	38.011,59	38.011,59
6. Serviço da Dívida	11.821,40	295,54	295,54	295,54	1.984,31	1.942,09	1.899,87	1.857,65	1.815,43	1.773,21	1.730,99
6.1. Investimento	11.821,40	295,54	295,54	295,54	1.984,31	1.942,09	1.899,87	1.857,65	1.815,43	1.773,21	1.730,99
a) Amortização	0,00	0,00	0,00	0,00	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77
b) Juros	0,00	295,54	295,54	295,54	295,54	253,32	211,10	168,88	126,66	84,44	42,22
6.2. Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a) Principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
III - BENEFÍCIO LÍQUIDO	0,00	-5.175,26	4.293,07	7.508,07	2.604,30	7.721,52	788,74	7.845,96	2.773,18	6.030,40	9.239,29

ANEXO D - FLUXO DE CAIXA (COM FINANCIAMENTO) DE UM PROJETO DE INVESTIMENTO PARA O CULTIVO DE UM HECTARE DE SORGO COM A LÂMINA (L4) PARA UM HORIZONTE DEZ ANOS DE PLANEJAMENTO.

ESPECIFICAÇÃO	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
I - TOTAL DAS ENTRADAS	11.821,40	54.323,20	54.323,20	54.323,20	54.323,20	54.323,20	54.323,20	54.323,20	54.323,20	54.323,20	55.589,87
1. Receitas Operacionais	0,00	54.323,20	54.323,20	54.323,20	54.323,20	54.323,20	54.323,20	54.323,20	54.323,20	54.323,20	54.323,20
2. Crédito	11.821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1 Investimento	11.821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.2 Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Desinvestimentos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.266,67
II - TOTAL DAS SAÍDAS	11.821,40	54.065,08	44.596,75	41.381,75	46.285,52	41.168,30	48.101,08	41.043,86	46.116,64	42.859,42	33.625,53
4. Inversões e Reinversões	0,00	0,00	5.115,00	1.900,00	5.115,00	40,00	7.015,00	0,00	5.115,00	1.900,00	0,00
5. Custos Operacionais	0,00	53.769,54	39.186,21	39.186,21	39.186,21	39.186,21	39.186,21	39.186,21	39.186,21	39.186,21	31.894,54
6. Serviço da Dívida	11.821,40	295,54	295,54	295,54	1.984,31	1.942,09	1.899,87	1.857,65	1.815,43	1.773,21	1.730,99
6.1. Investimento	11.821,40	295,54	295,54	295,54	1.984,31	1.942,09	1.899,87	1.857,65	1.815,43	1.773,21	1.730,99
a) Amortização	0,00	0,00	0,00	0,00	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77
b) Juros	0,00	295,54	295,54	295,54	295,54	253,32	211,10	168,88	126,66	84,44	42,22
6.2. Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a) Principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
III - BENEFÍCIO LÍQUIDO	0,00	258,12	9.726,45	12.941,45	8.037,68	13.154,90	6.222,12	13.279,34	8.206,56	11.463,78	21.964,33

ANEXO E - FLUXO DE CAIXA (COM FINANCIAMENTO) DE UM PROJETO DE INVESTIMENTO PARA O CULTIVO DE UM HECTARE DE SORGO COM A LÂMINA (L5) PARA UM HORIZONTE DEZ ANOS DE PLANEJAMENTO.

ESPECIFICAÇÃO	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
I - TOTAL DAS ENTRADAS	11.821,40	56.211,20	56.211,20	56.211,20	56.211,20	56.211,20	56.211,20	56.211,20	56.211,20	56.211,20	57.477,87
1. Receitas Operacionais	0,00	56.211,20	56.211,20	56.211,20	56.211,20	56.211,20	56.211,20	56.211,20	56.211,20	56.211,20	56.211,20
2. Crédito	11.821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1 Investimento	11.821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.2 Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Desinvestimentos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.266,67
II - TOTAL DAS SAÍDAS	11.821,40	54.926,42	45.458,09	42.243,09	47.146,86	42.029,64	48.962,42	41.905,20	46.977,98	43.720,76	34.486,87
4. Inversões e Reinversões	0,00	0,00	5.115,00	1.900,00	5.115,00	40,00	7.015,00	0,00	5.115,00	1.900,00	0,00
5. Custos Operacionais	0,00	54.630,88	40.047,55	40.047,55	40.047,55	40.047,55	40.047,55	40.047,55	40.047,55	40.047,55	32.755,88
6. Serviço da Dívida	11.821,40	295,54	295,54	295,54	1.984,31	1.942,09	1.899,87	1.857,65	1.815,43	1.773,21	1.730,99
6.1. Investimento	11.821,40	295,54	295,54	295,54	1.984,31	1.942,09	1.899,87	1.857,65	1.815,43	1.773,21	1.730,99
a) Amortização	0,00	0,00	0,00	0,00	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77
b) Juros	0,00	295,54	295,54	295,54	295,54	253,32	211,10	168,88	126,66	84,44	42,22
6.2. Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a) Principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
III - BENEFÍCIO LÍQUIDO	0,00	1.284,78	10.753,11	13.968,11	9.064,34	14.181,56	7.248,78	14.306,00	9.233,22	12.490,44	22.990,99

ANEXO F - FLUXO DE CAIXA (COM FINANCIAMENTO) DE UM PROJETO DE INVESTIMENTO PARA O CULTIVO DE UM HECTARE DE SORGO COM O NÍVEL DE COBERTURA MORTA (C1) PARA UM HORIZONTE DEZ ANOS DE PLANEJAMENTO.

ESPECIFICAÇÃO	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
I - TOTAL DAS ENTRADAS	11.821,40	44.352,00	44.352,00	44.352,00	44.352,00	44.352,00	44.352,00	44.352,00	44.352,00	44.352,00	45.618,67
1. Receitas Operacionais	0,00	44.352,00	44.352,00	44.352,00	44.352,00	44.352,00	44.352,00	44.352,00	44.352,00	44.352,00	44.352,00
2. Crédito	11.821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1 Investimento	11.821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.2 Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Desinvestimentos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.266,67
II - TOTAL DAS SAÍDAS	11.821,40	30.631,46	35.746,46	32.531,46	37.435,23	32.318,01	39.250,79	32.193,57	37.266,35	34.009,13	32.066,91
4. Inversões e Reinversões	0,00	0,00	5.115,00	1.900,00	5.115,00	40,00	7.015,00	0,00	5.115,00	1.900,00	0,00
5. Custos Operacionais	0,00	30.335,92	30.335,92	30.335,92	30.335,92	30.335,92	30.335,92	30.335,92	30.335,92	30.335,92	30.335,92
6. Serviço da Dívida	11.821,40	295,54	295,54	295,54	1.984,31	1.942,09	1.899,87	1.857,65	1.815,43	1.773,21	1.730,99
6.1. Investimento	11.821,40	295,54	295,54	295,54	1.984,31	1.942,09	1.899,87	1.857,65	1.815,43	1.773,21	1.730,99
a) Amortização	0,00	0,00	0,00	0,00	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77
b) Juros	0,00	295,54	295,54	295,54	295,54	253,32	211,10	168,88	126,66	84,44	42,22
6.2. Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a) Principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
III - BENEFÍCIO LÍQUIDO	0,00	13.720,54	8.605,54	11.820,54	6.916,77	12.033,99	5.101,21	12.158,43	7.085,65	10.342,87	13.551,75

ANEXO G - FLUXO DE CAIXA (COM FINANCIAMENTO) DE UM PROJETO DE INVESTIMENTO PARA O CULTIVO DE UM HECTARE DE SORGO COM O NÍVEL DE COBERTURA MORTA (C2) PARA UM HORIZONTE DEZ ANOS DE PLANEJAMENTO.

ESPECIFICAÇÃO	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
I - TOTAL DAS ENTRADAS	11821,40	49564,80	49564,80	49564,80	49564,80	49564,80	49564,80	49564,80	49564,80	49564,80	50831,47
1. Receitas Operacionais	0,00	49564,80	49564,80	49564,80	49564,80	49564,80	49564,80	49564,80	49564,80	49564,80	49564,80
2. Crédito	11821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1 Investimento	11.821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.2 Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Desinvestimentos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.266,67
II - TOTAL DAS SAÍDAS	11821,40	46605,21	41303,54	38088,54	42992,31	37875,09	44807,87	37750,65	42823,43	39566,22	32668,98
4. Inversões e Reinversões	0,00	0,00	5115,00	1900,00	5115,00	40,00	7015,00	0,00	5115,00	1900,00	0,00
5. Custos Operacionais	0,00	46309,67	35893,01	35893,01	35893,01	35893,01	35893,01	35893,01	35893,01	35893,01	30684,67
6. Serviço da Dívida	11821,40	295,54	295,54	295,54	1984,31	1942,09	1899,87	1857,65	1815,43	1773,21	1984,31
6.1. Investimento	11821,40	295,54	295,54	295,54	1984,31	1942,09	1899,87	1857,65	1815,43	1773,21	1984,31
a) Amortização	0,00	0,00	0,00	0,00	1688,77	1688,77	1688,77	1688,77	1688,77	1688,77	1688,77
b) Juros	0,00	295,54	295,54	295,54	295,54	253,32	211,10	168,88	126,66	84,44	295,54
6.2. Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a) Principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
III - BENEFÍCIO LÍQUIDO	0,00	2959,59	8261,26	11476,26	6572,49	11689,71	4756,93	11814,15	6741,37	9998,58	18162,49

ANEXO H - FLUXO DE CAIXA (COM FINANCIAMENTO) DE UM PROJETO DE INVESTIMENTO PARA O CULTIVO DE UM HECTARE DE SORGO COM O NÍVEL DE COBERTURA MORTA (C3) PARA UM HORIZONTE DEZ ANOS DE PLANEJAMENTO.

ESPECIFICAÇÃO	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
I - TOTAL DAS ENTRADAS		48.000,00	48.000,00	48.000,00	48.000,00	48.000,00	48.000,00	48.000,00	48.000,00	48.000,00	49.266,67
1. Receitas Operacionais	0,00	48.000,00	48.000,00	48.000,00	48.000,00	48.000,00	48.000,00	48.000,00	48.000,00	48.000,00	48.000,00
2. Crédito	11.821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1 Investimento	11.821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.2 Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Desinvestimentos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.266,67
II - TOTAL DAS SAÍDAS	11.821,40	54.313,24	43.803,24	40.588,24	45.492,02	40.374,80	47.307,58	40.250,36	45.323,14	42.065,92	32.311,20
4. Inversões e Reinversões	0,00	0,00	5.115,00	1.900,00	5.115,00	40,00	7.015,00	0,00	5.115,00	1.900,00	0,00
5. Custos Operacionais	0,00	54.017,71	38.392,71	38.392,71	38.392,71	38.392,71	38.392,71	38.392,71	38.392,71	38.392,71	30.580,21
6. Serviço da Dívida	11.821,40	295,54	295,54	295,54	1.984,31	1.942,09	1.899,87	1.857,65	1.815,43	1.773,21	1.730,99
6.1. Investimento	11.821,40	295,54	295,54	295,54	1.984,31	1.942,09	1.899,87	1.857,65	1.815,43	1.773,21	1.730,99
a) Amortização	0,00	0,00	0,00	0,00	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77
b) Juros	0,00	295,54	295,54	295,54	295,54	253,32	211,10	168,88	126,66	84,44	42,22
6.2. Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a) Principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
III - BENEFÍCIO LÍQUIDO	0,00	-6.313,24	4.196,76	7.411,76	2.507,98	7.625,20	692,42	7.749,64	2.676,86	5.934,08	16.955,47

ANEXO I - FLUXO DE CAIXA (COM FINANCIAMENTO) DE UM PROJETO DE INVESTIMENTO PARA O CULTIVO DE UM HECTARE DE SORGO COM O NÍVEL DE COBERTURA MORTA (C4) PARA UM HORIZONTE DEZ ANOS DE PLANEJAMENTO.

ESPECIFICAÇÃO	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
I - TOTAL DAS ENTRADAS	11.821,40	51.360,00	51.360,00	51.360,00	51.360,00	51.360,00	51.360,00	51.360,00	51.360,00	51.360,00	52.626,67
1. Receitas Operacionais	0,00	51.360,00	51.360,00	51.360,00	51.360,00	51.360,00	51.360,00	51.360,00	51.360,00	51.360,00	51.360,00
2. Crédito	11.821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1 Investimento	11.821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.2 Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Desinvestimentos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.266,67
II - TOTAL DAS SAÍDAS	11.821,40	62.350,74	46.632,41	43.417,41	48.321,18	43.203,96	50.136,74	43.079,52	48.152,31	44.895,09	32.536,20
4. Inversões e Reinversões	0,00	0,00	5.115,00	1.900,00	5.115,00	40,00	7.015,00	0,00	5.115,00	1.900,00	0,00
5. Custos Operacionais	0,00	62.055,21	41.221,88	41.221,88	41.221,88	41.221,88	41.221,88	41.221,88	41.221,88	41.221,88	30.805,21
6. Serviço da Dívida	11.821,40	295,54	295,54	295,54	1.984,31	1.942,09	1.899,87	1.857,65	1.815,43	1.773,21	1.730,99
6.1. Investimento	11.821,40	295,54	295,54	295,54	1.984,31	1.942,09	1.899,87	1.857,65	1.815,43	1.773,21	1.730,99
a) Amortização	0,00	0,00	0,00	0,00	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77
b) Juros	0,00	295,54	295,54	295,54	295,54	253,32	211,10	168,88	126,66	84,44	42,22
6.2. Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a) Principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
III - BENEFÍCIO LÍQUIDO	0,00	-10.990,74	4.727,59	7.942,59	3.038,82	8.156,04	1.223,26	8.280,48	3.207,69	6.464,91	20.090,47

ANEXO J - FLUXO DE CAIXA (COM FINANCIAMENTO) DE UM PROJETO DE INVESTIMENTO PARA O CULTIVO DE UM HECTARE DE SORGO COM O NÍVEL DE COBERTURA MORTA (C5) PARA UM HORIZONTE DEZ ANOS DE PLANEJAMENTO.

ESPECIFICAÇÃO	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
I - TOTAL DAS ENTRADAS	11.821,40	56.040,00	56.040,00	56.040,00	56.040,00	56.040,00	56.040,00	56.040,00	56.040,00	56.040,00	57.306,67
1. Receitas Operacionais	0,00	56.040,00	56.040,00	56.040,00	56.040,00	56.040,00	56.040,00	56.040,00	56.040,00	56.040,00	56.040,00
2. Crédito	11.821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1 Investimento	11.821,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.2 Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Desinvestimentos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.266,67
II - TOTAL DAS SAÍDAS	11.821,40	70.476,64	49.549,97	46.334,97	51.238,74	46.121,52	53.054,30	45.997,08	51.069,86	47.812,65	32.849,59
4. Inversões e Reinversões	0,00	0,00	5.115,00	1.900,00	5.115,00	40,00	7.015,00	0,00	5.115,00	1.900,00	0,00
5. Custos Operacionais	0,00	70.181,10	44.139,44	44.139,44	44.139,44	44.139,44	44.139,44	44.139,44	44.139,44	44.139,44	31.118,60
6. Serviço da Dívida	11.821,40	295,54	295,54	295,54	1.984,31	1.942,09	1.899,87	1.857,65	1.815,43	1.773,21	1.730,99
6.1. Investimento	11.821,40	295,54	295,54	295,54	1.984,31	1.942,09	1.899,87	1.857,65	1.815,43	1.773,21	1.730,99
a) Amortização	0,00	0,00	0,00	0,00	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77	1.688,77
b) Juros	0,00	295,54	295,54	295,54	295,54	253,32	211,10	168,88	126,66	84,44	42,22
6.2. Custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a) Principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
III - BENEFÍCIO LÍQUIDO	0,00	-14.436,64	6.490,03	9.705,03	4.801,26	9.918,48	2.985,70	10.042,92	4.970,14	8.227,35	24.457,07