

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**MARIANA BATISTA CAMPELO**

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FIXO DE IRRIGAÇÃO POR  
ASPERSÃO EM PASTAGEM**

**VIÇOSA – MINAS GERAIS**

**2017**

**MARIANA BATISTA CAMPELO**

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FIXO DE IRRIGAÇÃO POR  
ASPERSÃO EM PASTAGEM**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado  
à Universidade Federal de Viçosa como parte  
das exigências para a obtenção do título de  
Engenheiro Agrônomo. Modalidade: Projeto.  
Orientador: Prof. Dr. Fernando França da  
Cunha**

**Co-orientadores:**

**Msc. Vinicius Mendes Rodrigues de Oliveira**

**Flávio Bastos Campos**

**VIÇOSA – MINAS GERAIS**

**2017**

**MARIANA BATISTA CAMPELO**

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO  
SETORIAL PARA PASTAGEM**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado  
à Universidade Federal de Viçosa como parte  
das exigências para a obtenção do título de  
Engenheiro Agrônomo. Modalidade: Projeto.**

APROVADO: 03 de julho de 2017.

---

Prof. Dr. Fernando França da Cunha  
(UFV)

## RESUMO

A criação de bovinos em pastagem bem implantada e manejada é a garantia para que o produtor consiga reduzir os custos de produção e melhorar a qualidade do alimento fornecido aos animais. A técnica de irrigação, introduzida no manejo de pastagens resulta em equilíbrio e aumento da produção da mesma, nas estações seca e chuvosa. Assim sendo, a motivação deste projeto é dimensionar um sistema de irrigação por aspersão em uma área de pastagem, que será implementada em uma propriedade rural localizada no município de Porto Firme, na região da Zona da Mata, no estado de Minas Gerais, Brasil. O sistema de irrigação dimensionado neste projeto será implantado na área de 4,5 ha, com o auxílio de estudos sobre água (quantidade e qualidade), solo (características físico-hídricas), cultura, atmosfera, topografia e hidráulica. O manejo adotado para a pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, será pastejo rotacionado, sendo a área dividida em trinta piquetes de aproximadamente  $1.450 \text{ m}^2$  piquete<sup>-1</sup>. O prazo para a execução do projeto, desde abertura das valas até o seu fechamento já com o sistema implantado será de 30 dias, com o investimento de aproximadamente nove mil e oitocentos reais por hectare para implantação do sistema.

Palavras-chave: Agricultura irrigada. Aspersão convencional. Capim-xaraés. Projeto hidroagrícola.

## ABSTRACT

The cattle breeding in a well implemented and well managed pasture is the guaranteed option for the producer that aims to reduce production costs and to improve the quality of food provided to animals. The irrigation technique, introduced in pasture management, results in equilibrium and increased production of the crop, in dry and rainy seasons. Therefore, the motivation of this project is to design a sprinkler irrigation system in a pasture area, which will be developed for a rural property located in Porto Firme municipality, in the Zona da Mata region, in Minas Gerais state, Brazil. It will be the irrigation system dimensioned in this project that will be implemented in the area of 4.5 ha, with the aid of studies on water (quantity and quality), soil (physical and hydraulic characteristics), crop, atmosphere, topography and hydraulics area, with the use of GPS, soil samplings and even the use of AutoCAD software and calculation sheets. The adopted management for the pasture of *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, will be rotated grazing, dividing the area in thirty pickets of approximately 1,450 m<sup>2</sup> per picket. The deadline for the project execution from opening the ditches to closing them within the installed system, will be of 30 days; with the investment of approximately nine thousand and eight hundred reais per hectare for the system implementation.

Keywords: Irrigated agriculture. Conventional sprinkling. Xaraés grass. Hydro-agricultural project.

## SUMÁRIO

1 IDENTIFICAÇÃO DA PROPOSTA .....	7
2 INTRODUÇÃO .....	8
3 OBJETIVOS E METAS.....	11
3.1 Objetivos .....	11
3.2 Metas.....	11
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
5 METODOLOGIA.....	15
5.1 Levantamento de dados da área.....	15
5.2 Escolha do aspersor.....	17
5.3 Planta da área.....	18
5.4 Dimensionamento da rede de tubulações.....	18
5.5 Sistema de Irrigação por Aspersão.....	21
5.6 Escolha da Bomba.....	21
5.7 Curvas da Bomba.....	21
5.8 Cavitação .....	22
5.9 Curva da NPSHR.....	22
6 CRONOGRAMA .....	23
7 ORÇAMENTO .....	24
8 REFERÊNCIAS.....	25

## 1 IDENTIFICAÇÃO DA PROPOSTA

<b>A) Identificação da Proposta</b>		
<b>Título:</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FIXO DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EMPASTAGEM</b>	
<b>Proponente:</b>	Mariana Batista Campelo	
	CPF 115.346.336-93	
	Tel: (31) 984909063	
	Email: <a href="mailto:campelo.ufv@gmail.com">campelo.ufv@gmail.com</a>	
<b>Formação:</b>	Engenheira Agrônoma	
<b>Cargo/Função:</b>	Estudante	
<b>Instituição executora do projeto (Brasil)</b>	Universidade Federal de Viçosa	
<b>Interveniente:</b>	Departamento de Engenharia Agrícola (DEA)	

## 2 INTRODUÇÃO

Segundo dados do Grupo de Inteligência Territorial Estratégia (GITE, 2016), por meio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2017), o país possui 19,7% de seus 850 milhões de hectares ocupados com pastagem, correspondendo a uma considerável parcela de seu território total. Entretanto, grande parte dessas áreas de pastagem encontram-se degradadas. Ainda assim, o Brasil está entre os maiores produtores e exportadores de carne do mundo, mesmo possuindo nível tecnológico inferior (MAPA, 2014). Conseqüentemente o produtor rural necessita potencializar seu processo de produção, uma vez que, o preço da terra e dos insumos é crescente e instável. Dessa maneira a produção a pasto é uma alternativa viável para reduzir os custos de produção (Alencar et al., 2010; Dias-filho, 2014), aumentando a capacidade de suporte da área, a eficiência do uso da forragem produzida, a estabilidade produtiva e o desempenho animal que é determinado principalmente pela oferta de forragem ao animal e estrutura do relvado (Teixeira et al., 2010).

No Brasil a produção de forragem é afetada pela sazonalidade, que é definida pela oscilação da radiação solar, da temperatura e da precipitação, ocorrendo assim a diferenciação de produção e oferta de forragem ao longo do ano, com uma menor produtividade no período seco e uma maior produtividade no período chuvoso (Drumond & Aguiar, 2005).

A irrigação é uma alternativa de manejo para equilibrar a produtividade da forragem nas estações seca e de chuva, atenuando os efeitos da sazonalidade. Com a técnica de irrigação o déficit hídrico da pastagem no período seco deixa de ser um dos fatores limitantes para o estabelecimento da forragem e se torna uma aliada no aumento de produção de forragem. Desta forma, a sazonalidade de produção passa a depender da radiação solar, da temperatura, do fotoperíodo e do fator genético da planta forrageira escolhida (Alencar et al., 2009).

Além de equilibrar a produção nas estações de seca e chuva, a irrigação pode potencializar a produção de forragem na primavera e verão, onde as condições edafoclimáticas



como a temperatura, radiação solar, fotoperíodo são favoráveis ao crescimento vegetativo da planta, ocasionando possivelmente acréscimo de matéria seca produzida pela planta. Isso se deve a implementação de água nos veranicos, anulando a má distribuição das chuvas na área (Cardoso, 2001).

A decisão de quando, como e o quanto irrigar deve ser adotada com conhecimento da interação do solo, planta, clima e o equipamento de irrigação. Isso é importante para realizar um adequado manejo de irrigação, fornecendo à planta a quantidade certa de água no momento correto (Drumond & Aguiar, 2005). Com o manejo incorreto, problemas com o meio ambiente e redução da massa seca da forragem podem acometer a área ao longo do tempo. Além disso, há consumo desnecessário de energia elétrica, lixiviação de nutrientes e compactação do solo, que podem diminuir a vida útil da forrageira. Para que isso seja evitado, deve-se manejar a irrigação, com aplicações de água necessárias para complementar as precipitações pluviais, com determinação de frequências de irrigações de acordo com a necessidade da cultura (Rassini, 2001).

Outro ponto de importância dentro de um bom manejo de irrigação é a qualidade da mão de obra utilizada, devendo ser um profissional habilitado que possua conhecimentos na área de irrigação. Isso é necessário, pois há a necessidade de escolha de melhores métodos de manejo da irrigação para cada situação, exigindo conhecimentos para estimar a demanda de água por meio de balanços hídricos, equações de evapotranspiração, além do acompanhamento da demanda diária de água de acordo com o estágio fenológico da planta.

Entretanto, para realizar um bom manejo da irrigação, é necessário um sistema de irrigação bem projetado, o qual deve apresentar capacidade de aplicar água de irrigação com uniformidade e intensidade de forma a suprir a demanda hídrica da cultura. Assim a principal motivação da realização deste trabalho é dimensionar um sistema de irrigação fixo por aspersão

em uma área de pastagem, que possa atender a demanda de água da planta e trazer benefício econômico ao produtor.

Sobre este benefício econômico tem-se algumas inferências a serem apontadas: Apesar de autores como Drumond (2013) evidenciarem que este tipo de sistema possui um elevado custo para implantação, acredita-se que trata de um sistema que atende as necessidades da propriedade rural que o projeto está sendo desenvolvido.

Além do mais, adota-se a percepção de Freire (1996) que acredita que deve existir entre o extencionista (Engenheiro Agrônomo) e o produtor rural uma relação respeitosa e dialética, ou seja, o Engenheiro Agrônomo deve possuir a capacidade de dar ouvido ao produtor, para então atender suas necessidades sem deixar de contribuir para o desenvolvimento de sua propriedade. Trabalhando com a extensão rural no Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira de Viçosa (PDPL) pude vivenciar essa relação em que mais importante que levar a tecnologia a propriedade é ter a percepção de compreender a realidade do produtor. Desta forma considero que é possível contribuir economicamente com novas tecnologias sem deixar de interferir na realidade do mesmo.

### **3 OBJETIVOS E METAS**

#### **3.1 Objetivos**

O objetivo deste projeto é dimensionar um sistema fixo de irrigação por aspersão para produção de pastagem.

#### **3.2 Metas**

- Realizar levantamento de informações da área na qual será implementado o projeto;
- Dividir a área em piquetes;
- Selecionar emissores e dimensionar as tubulações do projeto;
- Escolher uma Bomba que atenda às necessidades do projeto;
- Propor cronograma do projeto;
- Estimar os custos advindos da execução do projeto.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

Por se tratar de um País tropical, a potencialidade produtiva de pastagens no Brasil é alta, o que garante baixos custos e maior eficiência de produção, já que, as condições climáticas favorecem a cultura (Dias Filho, 2011). Além de ser econômica, as pastagens atribuem praticidade no manejo da alimentação de bovinos (Alencar et al., 2010; Dias-Filho, 2014; Moraes et al., 2006), uma vez que, reduzem a quantidade de concentrado demandada na alimentação dos animais, com conseqüente redução do custo de produção, já que os concentrados possuem maior custo, comparados às pastagens (Fernandes et al., 2003).

Nesta acepção, Silva et al. (2009) ressaltam que a pecuária brasileira exige sistemas de produção eficientes, de baixo custo e que resultem em produtos de qualidade. Nesta linha, pesquisas da Embrapa de Gado de Leite apontam que o potencial de produção de leite a pasto tende a ser alto, quando o manejo é utilizado de maneira intensiva e racional. Imprime-se, produções de leite diárias que chegam a 104 kg ha<sup>-1</sup> com taxas de lotação de cinco a sete vacas ha<sup>-1</sup> (Alvim et al., 1997; Vilela et al., 1996, 2002, 2006, 2007). Já, em pastagens de *coast-cross* adubadas e irrigadas, a produção anual de leite pode ser superior a 37.000 kg de leite hectare<sup>-1</sup>, com produção individual por lactação de 6.000 a 7.000 kg de leite, com taxa de lotação de 5,1 vacas ha<sup>-1</sup> (Alvim et al., 1997).

Comumente relacionado, Teixeira et al. (1999) descrevem que a matéria seca da pastagem é relacionada a fatores ambientais, a saber: temperatura, radiação, nutrientes e água, sendo os dois últimos passíveis de alteração pelo homem. No caso da temperatura, para um bom crescimento da forragem subtropicais, estabelece-se, a faixa de temperatura entre 25 a 35 °C. Em contrapartida, temperaturas de 10 a 15 °C afetam a produtividade da forragem (Tonato, 2003; Rodrigues, 2004).

Quanto à disponibilidade de água, a irregularidade de chuva provoca a oscilação de produção da forragem que pode estar relacionado ou não a outros fatores climáticos (Scalea,

1997). A falta de água para a pastagem, torna-se um limitante para seu crescimento, especialmente, em regiões com má distribuição de água e elevadas temperaturas do ar (Mingardo, 2005). Por sua vez, a baixa produção de matéria seca das gramíneas limita a produção animal (Euclides, 1995).

Para amenizar a sazonalidade de produção, a irrigação pode garantir estabilidade e aumento de produtividade da forragem, já que esta supre a quantidade de água necessária para a mesma durante a época seca além de, complementar na época das águas (Alencar et al., 2009; Lopes et al., 2014). Dessa forma, a produção do pasto é perenizada ao longo do ano, necessitando somente da interação de outros fatores climáticos importantes para seu crescimento (Álvares et al., 2001). Para Teixeira et al. (2010) a irrigação de pastagens promove melhoria na qualidade da forragem e acréscimo na produção de matéria seca por área, com decorrente aumento na taxa de lotação (UA ha<sup>-1</sup>), melhorando índices zootécnicos e lucratividade.

Na região Centro-Sul do Brasil, a sazonalidade é reduzida, obtendo com o uso de irrigação a produtividade de 50%, paralelamente sem irrigação, há redução de 10% a 30% (Alvin et al., 1986; Rassini, 2004). Já em, em Uberlândia-MG, o capim-tanzânia irrigado apresentou acréscimo de forragem na entressafra de 57% em relação à safra (Benedetti et al., 2000).

A adoção de sistemas de irrigação em pastagens, tem grande capacidade de expandir e melhorar a produção pecuária brasileira, contudo é necessário observar variáveis climáticas para o uso dessa tecnologia (Cardoso, 2001).

Cardoso et al. (1998) argumentam que na cadeia da produção agrícola, o manejo da água usada na agricultura deve ser correlacionado a um sistema integrado de informações. Faz-se necessário, o conhecimento de indicadores do sistema de irrigação que estão sendo utilizados, dentre eles: características físicas do solo; necessidade hídrica da cultura; qualidade da mão de

obra; quantificação da eficiência de aplicação e, interação solo-água-clima-planta (Drumond, 2003).

A carência de parâmetros técnicos com aplicações de água em excesso, podem provocar danos ao meio ambiente, elevar o custo de energia elétrica, compactar e lixiviar nutrientes do solo, e, causar perdas de produtividade da pastagem (Alencar et al., 2009). Cunha (2005) descreve em um experimento realizado no município de Viçosa-MG sob condições de ambiente protegido, que o manejo de irrigação pode aumentar o teor de matéria seca do capim-tanzânia de 14,9 para 17%, com o manejo da lâmina de irrigação de 100% para 50% da disponibilidade de água no solo.

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Levantamento de dados da área

A área onde será implementado o projeto de irrigação possui topografia suavemente ondulada, apresentando área de 4,5 ha que será cultivada com pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés. O manejo adotado para a pastagem será o pastejo de lotação rotacionado. Para isso a área será dividida em 30 piquetes com aproximadamente 1.450 m<sup>2</sup> piquete<sup>-1</sup>. O período de descanso de cada piquete será de 29 dias, com período de ocupação de 1 dia. Para melhorar o trânsito dos animais será feito um corredor central de 3m de largura. O manejo de irrigação adotado na área seguirá exigências do proprietário para que a mão de obra da fazenda seja aproveitada sem sobrecarregar a rotina dos funcionários. A área será dividida em 6 setores de irrigação, e cada setor será irrigado por 4 horas e 30 minutos. Em um dia, serão irrigados dois setores, ou seja, em três dias toda a área será irrigada, tendo uma folga de dois dias para retomar a irrigação no primeiro e segundo setor que foram iniciados. Isso foi feito, para seguir os dias de folga dos funcionários.

Foram feitas amostragens de solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm para determinação da capacidade de campo e ponto de murcha permanente (Tabela 1). A capacidade de campo (CC) é descrita como a máxima quantidade de água que o solo pode reter sem ocasionar danos ao sistema, esse é necessário para quantificar o armazenamento máximo de água no solo (Mantovani et al., 2009). O ponto de murcha permanente (PMP) é o limite inferior de armazenamento de água no solo, que representa o ponto onde a água não está disponível às plantas (Mantovani et al., 2009). Após a retirada das amostras, estas foram levadas ao laboratório onde através da Metodologia da Câmara de Richards, foi determinada a umidade de

cada amostra e no final obteve-se os valores de CC (tensão de 0,3 atm) e PMP (tensão de 15,0 atm).

A partir dos valores obtidos de CC e PMP da área, foram feitos os cálculos da Capacidade real de água no solo (CRA) que é dada pela Equação 1. Na equação de CRA o fator de disponibilidade de água no solo ( $f$ ) para pastagem foi considerado 0,5, considerando a faixa de recomendação para pastagens de 0,3 a 0,5 (Mantovani et al., 2009). Alencar (2007) avaliou a profundidade efetiva do sistema radicular ( $z$ ) da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés igual a 40 cm, sendo este o valor adotado neste projeto. O valor de CRA é igual ou menor a Irrigação real necessária (IRN), que consiste na quantidade de água disponível para a planta, desconsiderando as perdas (Mantovani et al., 2009).

Para compensar as perdas de água decorrentes da evaporação, arraste, desuniformidade, percolação, entre outras perdas, é necessário calcular a Irrigação total necessária (ITN), Equação 2, que considera a eficiência de irrigação do sistema ( $Ei$ ). A eficiência média de aplicação de água em sistemas de aspersão é de 80% a 90% (Mantovani et al., 2009). Portanto, para este projeto foi adotada uma eficiência de 85%.

Na determinação do Turno de Rega (TR), Equação 3, que é o intervalo em dias entre as irrigações em um determinado local, é relacionando a CRA com a Evapotranspiração diária (ETc) que é definida como a evapotranspiração da cultura, em condições normais de cultivo, onde para o seu cálculo, levou-se em consideração o coeficiente da cultura ( $Kc$ ) que varia com o estágio de desenvolvimento, mudanças climáticas locais e o seu ciclo vegetativo. Além do  $Kc$ , leva-se em conta a Evapotranspiração de referência (ET0), Equação 4 (Mantovani et al., 2009), obtido através de dados do INMET adquiridos para estudo de ET0 da região de Porto Firme, dos últimos cinco anos. Neste projeto adotou-se o valor para ETc de  $5,80 \text{ mm.dia}^{-1}$ .



$$CRA = \frac{(U_{cc} - U_{pm}) \times da \times f \times z}{10}$$

Equação 1 – Capacidade Real de água no solo em mm (CRA); U<sub>cc</sub> (% da CC); U<sub>pm</sub> (% PMP); Densidade aparente do solo, em g/cm<sup>3</sup> (da); fator de disponibilidade água no solo (f) e Profundidade efetiva do sistema radicular em cm (z).

$$ITN = \frac{IRN}{Ei}$$

Equação 2 – Irrigação Total Necessária em mm (ITN); Irrigação Real Necessária em mm (IRN) e Eficiência de Irrigação do sistema (Ei).

$$TR = \frac{CRA}{Etc}$$

Equação 3 – Turno de Rega em dias (TR); Capacidade real de água no solo em mm (CRA) e Evapotranspiração diária em mm dia<sup>-1</sup> (ETc)

$$ETc = Kc \times ET0$$

Equação 4 – Evapotranspiração diária em mm dia<sup>-1</sup> (ETc); Coeficiente da cultura (Kc) e Evapotranspiração potencial de referência em mm dia<sup>-1</sup> (ET0).

Tabela 1- Resultados e Dados usados para cálculo.

CAMADA	CC (%)	PMP (%)	f	z (cm)	da (g.cm <sup>3</sup> )	CRA (mm)	IRN (mm)
0-20 cm	38,58	25,21	0,50	20	1,25	16,71	-
20-40 cm	21,12	9,66	0,50	20	1,25	14,33	-
TOTAL	-	-	-	-	-	31,04	31,04
Ei	Etc(mm.dia <sup>-1</sup> )	ITN (mm)	TR (dias)	FOLGA (dias)	PI (dias)	Ia (mm/h)	TNP (horas)
0,85	5,80	36,51	5	2	3	8,3	4,40

Capacidade de Campo (CC); Ponto de Murcha Permanente (PMP); Fator de disponibilidade de água no solo (f); Profundidade efetiva do sistema radicular (z); Densidade aparente do solo, em g/cm<sup>3</sup> (da); Capacidade real de água no solo (CRA); Irrigação real necessária (IRN); Eficiência de Irrigação do sistema (Ei); Evapotranspiração diária (ETc); Irrigação total necessária (ITN); Turno de rega (TR); Período de irrigação (PI) Intensidade de aplicação do aspersor (Ia); Tempo necessário por posição (TNP).

## 5.2 Escolha do aspersor.

Tabela 2- Especificações do Aspersor NAADAJAIN 5035 SD.

Modelo	Diâmetro do Bocal	Pressão de Serviço	Vazão	Diâmetro de Alcace	Espaçamento	Intensidade de Aplicação
Red	6,0 x 2,5 (mm)	3 bar	2,7 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	34,2 m	18 x 18 m	8,3 mm h <sup>-1</sup>

No cálculo do tempo necessário por posição (TNP) Equação 5, leva-se em conta além de alguns dados calculados anteriormente, a intensidade de aplicação (Ia) do aspersor escolhido de acordo com a Tabela 2. Dessa forma, para a área do projeto o tempo necessário de irrigação por cada posição será de 4 horas e 30 minutos.

$$TNP = \frac{ITN}{Ia}$$

Equação 5 – Tempo necessário por posição em horas (TNP); Irrigação total necessária em mm (ITN) e Intensidade de aplicação em mm.hora<sup>-1</sup> (Ia).

### 5.3 Planta da área.

## ANEXO I

### 5.4 Dimensionamento da rede de tubulações.

Para dimensionar a rede de tubulações e as perdas de carga da Linha Lateral e das Linhas de Derivação, foram usadas as Equações seguintes:

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 \times N} + \frac{\sqrt{m}-1}{6 \times N^2}$$

Equação 6 – Fator de redução de perda de carga (F); Expoente da vazão (m) e Número de Aspersores (N).

$$hf' \text{ (fictícia)} = \frac{hf}{F}$$

Equação 7 – Perda de carga fictícia (hf'); Perda de carga permissível (hf) e Fator de redução de perda de carga (F).

$$D = \left[ 10,646 \times \left( \frac{Q}{C} \right)^{1,85} \times \frac{L}{hf'} \right]^{0,205}$$

Equação 8 – Equação de Hazen-Williams, em que: Diâmetro (D); Vazão (Q); coeficiente de rugosidade do PVC (C); Comprimento (L) e Perda de carga fictícia (hf').

$$Di = D - (2 \times e)$$

Equação 9 – Diâmetro Interno (Di); Diâmetro Comercial (D) e Espessura (e).

$$hf' = 10,646 \times \left( \frac{Q}{C} \right)^{1,85} \times \frac{L}{Di^{4,87}}$$

Equação 10 – Equação de Hazen-Williams para cálculo da perda de carga na tubulação com diâmetro comercial, em que: Diâmetro Recalculado (Di); Vazão (Q); Coeficiente de Rugosidade do PVC (C); Comprimento (L) e Perda de carga fictícia (hf').

$$hf = hf' \times F$$

Equação 11 – Perda de Carga reajustada (hf); Perda de Carga fictícia (hf') e Fator de Redução da perda de carga (F).

$$PinLL = PS + Aa + hf \mp \Delta Z$$

Equação 12 – Pressão no início da linha lateral em mca (Pin); Pressão de Serviço dos Aspersores em mca (PS); Altura de elevação dos aspersores em metros (Aa); Perda de carga na linha lateral em mca (hf) e Desnível ao longo da linha lateral em metros (ΔZ).

$$PinLD = PinLL + hfLD \pm \Delta Z$$

Equação 13 – Pressão no início da Linha de Derivação (PinLD); Pressão no início das Linha Lateral (PinLL); Perda de carga na Linha de Derivação (hfLD) e Desnível ao longo da linha lateral em metros (ΔZ).

Tabela 3- Resultados do Dimensionamento do Projeto.

	LINHA LATERAL	LINHA DE DERIVAÇÃO ESQUERDA DE CIMA	LINHA DE DERIVAÇÃO ESQUERDA DE BAIXO	LINHA DE DERIVAÇÃO CENTRAL DE CIMA	LINHA DE DERIVAÇÃO CENTRAL DE BAIXO	LINHA DE DERIVAÇÃO DIREITA DE CIMA	LINHA DE DERIVAÇÃO DIREITA DE BAIXO
<b>L (m)</b>	63	69	30	57	52	46	46
<b>C (PVC)</b>	150	150	150	150	150	150	150
<b>N (aspersores)</b>	4	26	16	31	24	23	20
<b>Q (m³s⁻¹)</b>	0,0030	0,0195	0,0120	0,0233	0,0180	0,0173	0,0150
<b>hf (mca)*</b>	3	3	3	3	3	3	3
<b>F</b>	0,4854	0,3703	0,3827	0,3671	0,3719	0,3729	0,3762
<b>hf' (mca)**</b>	6,17	8,10	7,84	8,17	8,07	8,05	7,97
<b>D (mm)</b>	43,17	84,62	59,74	86,83	77,54	74,44	70,73
<b>D' (mm)</b>	50	100	75	100	75	75	75
<b>Di (mm)</b>	47,60	96,00	72,00	96,00	72,00	72,00	72,00
<b>hf (mca)***</b>	3,74	4,29	3,09	4,91	11,33	9,27	7,16
<b>hf (mca)****</b>	1,82	1,59	1,18	1,80	4,22	3,46	2,69
<b>Pin (mca)</b>	27,82	22,41	34,00	31,62	37,03	29,27	31,51

L (metros); C (Coeficiente de Rugosidade do PVC); (\*) Perda de Carga Permissível, 10% PS; (\*\*) Perda de Carga Fictícia; F (Fator de redução da perda de carga); (\*\*\*) Perda de Carga na tubulação com diâmetro comercial; (\*\*\*\*) Perda de Carga fictícia recalculada; Diâmetro Calculado (D); Diâmetro comercial (D'); Diâmetro interno (Di) e Pressão no início da linha (Pin).

De acordo com as Equações apresentadas a seguir, foram feitos os cálculos para dimensionando da Linha Principal e da Linha Adutora do projeto, além das perdas de cargas.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

Equação 14 – Diâmetro (D); Vazão (Q) e Velocidade (V).

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi \times Di^2}{4}}$$

Equação 15 – Verificação da Velocidade máxima (2 ms⁻¹); Diâmetro interno (Di).

$$P_{inLP} = P_{inLD} + hf_{LP} \pm \Delta Z$$

Equação 16 – Pressão no início da Linha Principal ( $P_{inLP}$ ); Pressão no início da Linha de Derivação ( $P_{inLD}$ ); Perda de carga na Linha Principal ( $hf_{LP}$ ) e Desnível ao longo da linha lateral em metros ( $\Delta Z$ ).

$$P_{inAd} = P_{inLPm\acute{a}x}$$

Equação 17- Pressão no início da Linha Adutora ( $P_{inAd}$ ) e Pressão no início da Linha Principal máxima.

$$HM = P_{inAd} + hf_{suc\c{c}\tilde{a}o} \pm \Delta Z$$

Equação 18 – Altura Manométrica ( $HM$ ); Pressão no início da Linha Adutora ( $P_{inAd}$ ); Perda de carga na sucção ( $hf_{suc\c{c}\tilde{a}o}$ ) e Desnível ao longo da linha lateral em metros ( $\Delta Z$ ).

$$hf' = 10,646 \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,85} \times \frac{L}{D_i^{4,87}}$$

Equação 19 – Equação de Hazen-Williams para cálculo da perda de carga na sucção, em que: Diâmetro Recalculado ( $D_i$ ); Vazão ( $Q$ ); Coeficiente de Rugosidade do PVC ( $C$ ) e Comprimento ( $L$ ).

Tabela 4 - Resultados do Dimensionamento do Projeto.

	<b>LINHA PRINCIPAL LADO ESQUERDO</b>	<b>LINHA PRINCIPAL LADO DIREITO</b>	<b>LINHA ADUTORA</b>	<b>LINHA DE SUCÇÃO</b>
<b>L (m)</b>	146	146	136	3
<b>Q (m³s⁻¹)</b>	0,0195	0,02325	0,02325	0,02325
<b>D (mm)</b>	128,65	140,48	140,48	140,48
<b>D' (mm)</b>	150	150	150	150
<b>Di (mm)</b>	144	144	144	144
<b>V (m s⁻¹)</b>	1,20	1,42	1,42	-
<b>hf' (mca)</b>	1,26	1,75	1,63	0,036
<b>Pin (mca)</b>	37,26	39,78	37,41	-
<b>HM (mca)</b>	34,45			

$L$  (metros); Diâmetro Calculado ( $D$ ); Diâmetro comercial ( $D'$ ); Diâmetro interno ( $D_i$ ); Velocidade do escoamento, adotada entre 1,0 a 2,0  $ms^{-1}$  ( $V$ ); Perda de Carga Fictícia ( $hf'$ ); Pressão no início da linha ( $Pin$ ) e Altura manométrica ( $HM$ ).

## 5.5 Sistema de Irrigação por Aspersão.

Será utilizado o sistema de irrigação por aspersão, uma vez que este se adapta melhor às condições da área a ser implantada a pastagem. Neste sistema, toda a tubulação ficará fixa e enterrada. A altura dos aspersores será de 1 metro em relação ao solo. As estacas que erguem a tubulação de aspersão deverão ser enterradas em uma profundidade de 1m e as valetas devem ter 30 cm de largura. Após a montagem, deve-se testar o sistema a fim de verificar vazamentos. Não havendo vazamentos, as valetas com os canos podem ser enterradas.

## 5.6 Escolha da Bomba.

Para escolha da bomba, foi levada em consideração a Vazão da Linha Adutora, sendo de  $83,7 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$  e a Altura manométrica total calculada para este projeto, de 34,45 mca.

Tabela 5 – Especificações da Bomba.

<b>LINHA/TIPO</b>	<b>MODELO / TAMANHO</b>	<b>NPSHR</b>	<b>POTÊNCIA</b>	<b>RENDIMENTO</b>	<b>ROTAÇÃO DA BOMBA</b>
INI B	5012	4,36mca	13,77 cv	77,55%	3500
<b>FREQUÊNCIA</b>	<b>TEM.MÁX</b>	<b>VAZÃO MIN</b>	<b>VAZÃO MÁX</b>	<b>PRESSÃO MIN</b>	<b>PRESSÃO MÁX</b>
60 Hz	90 °C	49,29 $\text{m}^3\text{h}^{-1}$	120,5 $\text{m}^3\text{h}^{-1}$	27,47mca	37,33 mca

Altura positiva líquida de sucção, requerida pela bomba (  $NPSH_R$ ); Temperatura Máxima (TEM MÁX); Vazão mínima (VAZÃO MIN); Vazão Máxima (VAZÃO MÁX); Pressão mínima (PRESSÃO MIN) e Pressão máxima (PRESSÃO MÁX).

## 5.7 Curvas da Bomba

## ANEXO 2

## 5.8 Cavitação

A água pode entrar em ebulição dentro da tubulação de sucção no momento em que a pressão atmosférica atinge a pressão de vapor podendo interromper o escoamento de água na tubulação. Este fenômeno é chamado de Cavitação, e pode ser evitado quando a altura positiva líquida de sucção disponível (NPSH<sub>D</sub>) na instalação for maior que a altura positiva líquida de sucção requerida (NPSH<sub>R</sub>) pela bomba, Equação 20. Impedindo a implosão de bolhas de vapor, corrosão química e golpes físicos na parede do rotor. Para impedir que o fenômeno da Cavitação atue sobre o sistema implantado, foram usadas as seguintes Equações:

$$NPSH_D > NPSH_R$$

Equação 20 – Altura positiva líquida de sucção, disponível na instalação ( NPSH<sub>D</sub>) e Altura positiva líquida de sucção, requerido pela bomba ( NPSH<sub>R</sub>).

$$P_{atm} = 10,3287 \left( 1 - \frac{0,0065}{288} \times Z \right)^{5,2568}$$

Equação 21 – Pressão atmosférica em função da altitude (P<sub>atm</sub>) e Altitude do local, em metros (Z).

$$NPSH_D = P_{atm} - (H_{Smáx} + Pv + hf_s)$$

Equação 22 - Altura positiva líquida de sucção, disponível na instalação ( NPSH<sub>D</sub>); Pressão atmosférica (P<sub>atm</sub>); Altura Geométrica de sucção máxima (H<sub>S máx</sub>); Pressão de vapor da água (P<sub>v</sub>) e Perda de carga na sucção (hf<sub>s</sub>).

Tabela 6 - Resultados para os Cálculos de Cavitação da Bomba.

Z	Temperatura da Água	P <sub>v</sub>	hf <sub>s</sub>	H <sub>S máx</sub>	P <sub>atm</sub>	NPSH <sub>D</sub>	NPSH <sub>R</sub>
640m	25°C	0,32 mca	0,036mca	3 m	9,5681 mca	6,21 mca	4,36 mca

Altitude Local (Z); Pressão de vapor da água (P<sub>v</sub>); Perda de Carga da sucção (hf<sub>s</sub>); Altura Geométrica de sucção máxima (H<sub>S máx</sub>); Pressão atmosférica (P<sub>atm</sub>); Altura positiva líquida de sucção, disponível na instalação ( NPSH<sub>D</sub>) e Altura positiva líquida de sucção, requerido pela bomba ( NPSH<sub>R</sub>).

## 5.9 Curva da NPSH<sub>R</sub>

### ANEXO 3

## 6 CRONOGRAMA

Tabela 5 – Cronograma para execução do Projeto.

Etapas	Período (30 dias)			
	1º semana	2º semana	3º semana	4º semana
Marcação e abertura das valas	X			
Preparação dos Canos para soldagem (lixar)		X		
Colocação dos canos de PVC nas valas		X		
Colocação das estacas de madeira		X		
Colagem do cano do aspersor nas estacas		X		
Soldagem dos canos de PVC dentro das valas			X	
Ligação com o conjunto Motobomba			X	
Funcionamento do sistema para limpeza e verificação de vazamentos			X	
Fechamento das valas				X

## 7 ORÇAMENTO

Tabela 6 – Orçamento referente a área total para realização do Projeto.

Orçamento				
Item	Unidade	Quantidade	Preço R\$	
			Unitário	Total
Aspersor NaanDanJain modelo 5035 bocais (6,0 x 2,5 mm)	peça	125	26,54	3317,50
Aspersor NaanDanJain modelo 5035 bocais (6,0 x 2,5 mm) Setorial	peça	26	34,54	898,04
Adaptador sold. curto c/ bolsa (35mm) e rosca de 3/4" macho	peça	151	0,99	149,49
Registro 100 mm	peça	6	7,00	42,00
Tubo PVC soldável 50 mm PN 60	6m/tubo	11	35,79	393,69
Tubo PVC soldável 75 mm PN 60	6m/tubo	29	48,90	1418,10
Tubo PVC soldável 100 mm PN 60	6m/tubo	21	49,90	1047,90
Tubo PVC soldável 150 mm PN 60	6m/tubo	72	145,00	10440,00
Tê soldável 50 mm	peça	151	1,80	271,80
Joelho 100 mm soldável	peça	8	27,00	216,00
Tê redução 100 x 50 mm soldável	peça	32	69,00	2208,00
Tê redução 150 x 100 mm soldável	peça	6	120,00	720,00
Curva 90° 150 mm soldável (Cavalete)	peça	9	62,00	558,00
Tê 150 mm com 1 engate roscável (Cavaletes)	peça	3	166,00	498,00
Válvula ventosa 25 mm (cavaletes)	peça	3	22,00	66,00
Redução roscável 150 x 25 mm (cavaletes)	peça	3	45,00	135,00
BOMBA IMBILINI B 5012 60 hz 3500 rpm 15 cv	peça	1	12000,00	12000,00
Registro de gaveta 75 mm	peça	1	130,00	130,00
Curva de 90° (sucção) 200 mm	peça	1	92,00	92,00
Válvula de pé com crivo 200 mm	peça	1	912,00	912,00
Válvula de Retenção 150 mm	peça	1	1098,00	1098,00
Chave de Partida Estrela triângulo WEG Principal 15 cv	peça	1	2169,00	2169,00
Trator - Furar valetas	por metro	780	3,00	2340,00
Estaca de madeira para aspersores	peça de 2 m	151	20,00	3020,00
<b>TOTAL</b>	-	-	-	44140,52
<b>TOTAL POR HECTARE</b>	-	-	-	9809,00



## 8 REFERÊNCIAS

Alencar CAB (1991) DBO Rural: Seca Atenuada, 17:44-52.

Alencar CAB (2007) Produção de seis gramíneas forrageiras tropicais submetidas a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio, na região Leste de Minas Gerais. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 121p.

Alencar CAB, Cunha FF, Martins CE (2009) Revista Brasileira de Zootecnia: Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo, 38:98-108.

Alencar CAB, Cóser AC, Oliveira RA, Martins CE, Cunha FF, Figueiredo JLA (2009) Ciência Agrotetecnológica: Produção de seis gramíneas manejadas por corte sob efeito de diferentes lâminas de irrigação e estações anuais, 33:1307-1313.

Alencar CAB, Cóser AC, Martins CE, Oliveira RA (2010) Acta Scientiarum, Agronomy: Altura de capins e cobertura do solo sob adubação nitrogenada, irrigação e pastejo nas estações do ano irrigação e pastejo nas estações do ano, 32:21-27.

Álvares JAS, Holanda JrEV, Melo MVM, Madalena FE (2001) Produção de leite em pastagens irrigadas. In: 3º Encontro de produtores de F1-Jornada técnica sobre utilização de F1 para produção de leite, Juiz de Fora. Anais, p 23-32.

Alvim MJ, Botrel MA, Novelly PE (1986) Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia: Produção de gramíneas tropicais e temperadas, irrigadas na época da seca, 15:384-392.

Alvim MJ, Vilela D, Lopes RS (1997) Revista Brasileira de Zootecnia: Efeito de dois níveis de concentrado sobre a produção de leite de vacas da raça Holandesa em pastagem de coastcross, 26:967-975.

Benedetti E, Demetrio RA, Colmanetti AL (2000) Avaliação da resposta da cultivar Tanzânia (*Panicum maximum*) irrigado em solos de cerrado brasileiro. In: Congresso Panamericano de Leche, La Havana-Cuba. Anais, La Havana: FEPALE. p. 29.

Cardoso GC (2001) Alguns fatores práticos da irrigação de pastagens. In: II Simpósio de Produção de Gado de Corte, Viçosa. Anais, UFV. p.243-260.

Cardoso HEA, Mantovani EC, Costa LC (1998) Agroanalysis: As águas da agricultura, 27-28.

Cunha FF (2005) Irrigação de *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia em ambiente protegido. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 87p.

Dias Filho MB (2011) Revista Brasileira de Zootecnia: Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira, 40:243-252.

Dias-Filho MB (2014) Embrapa Amazônia: Diagnóstico das pastagens no Brasil.

Drumond LCD (2003) Irrigação de Pastagens. In: Congresso Internacional de Zootecnia, Uberaba. Anais, Uberaba: ABCZ/FAZU. p 119-130.

Drumond LCD, Fernandes ALT (2004). Irrigação por aspersão em malha para cafeicultura familiar. Uberaba: UNIUBE, 88p.

Drumond LCD, Aguiar APL (2005) Irrigação de pastagem. Uberaba-MG. 209p.

Drumond LCD, Fernandes ALT (2001) Irrigação por Aspersão em Malha. Ed. Universidade de Uberaba. 83p.

Drumond LCD (2013) Irrigação de Pastagem. Ed. Universidade Federal de Viçosa. 14p.

Euclides VPB (1995) Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero *Panicum*. In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem, Piracicaba. Anais, Piracicaba: FEALQ. p. 245-273.

Fernandes AM, Queiroz AC, Pereira JC, Lana RP, Barbosa MHP, Fonseca DM, Detmann E, Cabral LS, Pereira ES, Vittori A (2003) Revista Brasileira de Zootecnia: Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte, 32:977-985.

Fernandes LO, Reis RA, Paes JMD (2010) Ciência e Agrotecnologia: Efeito da suplementação no desempenho de bovinos de corte em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, 34:240-248.

Freire P & Shor I (1996) Medo e ousadia: cotidiano do professor. 5ª ed. São Paulo: Paz e Terra.

GITE – Grupo de Inteligência Territorial Estratégica (2016) Embrapa: vegetação nativa preservada ocupa 61% do território nacional. Disponível em: <http://msiainforma.org/embrapa-vegetacao-nativa-preservada-ocupa-61-do-territorio-nacional/>. Acesso em: 24 de junho de 2017.

Lopes MN, Pompeu RCFF, Silva RG, Regadas Filho JGL, Lacerda CF, Bezerra MA (2014) Bioscience Journal: Fluxo de biomassa e estrutura do dossel em capim braquiária manejado, sob lâminas de irrigação e idades de crescimento, 30:490-500.

Mantovani EC (1989) Sistemas de irrigação e seus componentes. Viçosa, ABEAS curso de Engenharia da irrigação, 129p.

Mantovani EC, Bernardo S, Palaretti (2009) Irrigação: princípios e métodos. 3ª ed. Universidade Federal de Viçosa, Editora UFV. 322p.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2014). Plano mais pecuária. Brasília: MAPA/ACS.

Mingardo M (2005) Irrigação: Água para garantir bom pasto! Disponível em: [revistarural.com.br/Edicoes/2005/artigos/rev90\\_pastagem.htm](http://revistarural.com.br/Edicoes/2005/artigos/rev90_pastagem.htm). Acessado em: 15 de março de 2017.

Moraes EHBK, Paulino MF, Zervoudakis JT, Valadares Filho SC, Cabral LS, Detmann E, Valadares RFD, Moraes KAK (2006) Revista Brasileira de Zootecnia: Associação de diferentes

fontes energéticas e proteicas em suplementos múltiplos na recria de novilhos mestiços sob pastejo no período da seca, 35:914-920.

Rassini JB (2004) Pesquisa Agropecuária Brasileira: Período de estacionalidade de produção de pastagens irrigadas, 39:821-825.

Rassini JR (2001) Revista Brasileira de Zootecnia: Manejo de água de irrigação para alfafa (*Medicago sativa* L.), 30:1681-1688.

Rodrigues DC (2004) Produção de forragem de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf. e modelagem de respostas produtivas em função de variáveis climáticas. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 94p.

Scalea M (1997) Monsanto: Programa de renovação de pastagens no Cerrado 14p.

Silva FF, Sá JF, Schio AR, Ítavo LCV, Silva RR, Mateus RG (2009) Revista Brasileira de Zootecnia: Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho, 38:371-389.

Soares Filho CV, Rodrigues LR, Perri SHV (2002) Acta Scientiarum: Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região Noroeste do Estado de São Paulo, 24:1377-1384.

Teixeira AL, Aguiar APA, Silva FH (2010) Instruções técnicas sobre a irrigação de pastagens. Disponível em: [http://rehagro.com.br/\\_plus/modulos/noticias/ler.php?cdnoticia=2100](http://rehagro.com.br/_plus/modulos/noticias/ler.php?cdnoticia=2100). Acessado em: 07 de abril de 2017.

Teixeira EI, Mattos WRS, Camargo AC, Rosseto FAA, Teixeira CSP (1999) Scientia Agricola: Avaliação de produção e utilização de uma pastagem de capim-tobiatã (*Panicum maximum* cv. Tobiatã) sob pastejo rotacionado, 56:349-355.

Tonato F (2003) Determinação de parâmetros produtivos de *Cynodon* spp. Em função de variáveis climáticas. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 85p.

Vilela D, Alvim MJ, Matos LL, Matioli JB (2002) Pesquisa Agropecuária Brasileira: Utilização de gordura protegida durante o terço inicial da lactação de vacas leiteiras, em pastagem de coast-cross, 37:1503-1509.

Vitor CMT, Fonseca DM, Cóser AC, Martins CE, Nascimento Junior D, Ribeiro Junior JI (2009) Revista Brasileira de Zootecnia: Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada, 38:435-442.