



CURSO DE IRRIGAÇÃO DE PASTAGEM

Prof. Dr. Luís César Dias Drumond

Equipe GAPPI: André Andrade, Carina Gonçalves,
Danilo Rabelo, Julio Lima e
Maicon Appelt

MARÇO
2013

APRESENTAÇÃO

A água é um dos principais fatores do desenvolvimento das culturas e a irregularidade do regime pluviométrico de algumas regiões pode tornar-se uma restrição ao desenvolvimento agrícola. A irrigação tem sido uma das técnicas mais utilizadas na agricultura, visando acréscimos nas produtividades. Um bom sistema de irrigação deve aplicar água no solo uniformemente, até determinada profundidade, propiciando umidade necessária ao desenvolvimento normal das espécies vegetais (DRUMOND, 2003).

A irrigação por aspersão é bastante utilizada, devido à possibilidade de elevada uniformidade de distribuição, adaptabilidade a diversas culturas e solos, fácil controle do volume de água aplicado e a possibilidade de aplicação de fertilizantes e outros produtos através da água irrigação.

A Organização para a Alimentação e Agricultura das Nações Unidas (FAO) estima que um manejo mais adequado dos recursos hídricos, incluindo práticas de irrigação e drenagem, pode representar um incremento importante na produção de alimentos (FAO, 1985).

Segundo Christofidis, 2001, citado por Mantovani (2002), afirma que o Brasil possui cerca de 3.150.000 hectares (ha) irrigados, sendo 39% no sul, 28,9% no sudeste, 21% no nordeste, 8,2% no centro-oeste e 2,9% no norte. O autor cita ainda que da área irrigada no Brasil, 50% é irrigação por inundação, 21% por Pivô Central, 9% por carretel enrolador (autopropelido), 14% por aspersão convencional e 6% com irrigação localizada.

Dentre os métodos de irrigação mais utilizados em pastagens, destaca-se a aspersão. Pivô central e aspersão em malha são os sistemas mais indicados. Outra possibilidade bastante viável é a aplicação de dejetos líquidos de suínos e bovinos via sistema de irrigação por aspersão (DRUMOND, 2003).

No Brasil, até a década de 70, os dejetos de suínos não constituíam fator de preocupação, pois a concentração de animais por unidade de área era pequena. O sistema confinado de produção, a partir dos anos 80, aumentou consideravelmente a produção de dejetos, que lançados nos mananciais de água, passaram a gerar desequilíbrios ecológicos, por causa da alta demanda bioquímica de oxigênio, que é cerca de 260 vezes superior à do esgoto doméstico (OLIVEIRA, 1993).

O esterco de suínos, de bovinos e de aves, quando adicionados ao solo, tem potencial para promover grande melhoria nas suas propriedades físicas, biológicas e químicas, devido

ao seu alto teor de matéria orgânica (GALBIATTI et al., 1992). A sua utilização favorece tanto ao produtor, quanto ao meio ambiente.

De acordo com os estudos realizados pelas Centrais Elétricas de Minas Gerais_CEMIG, citados por Oliveira (1996), a água aplicada na irrigação representa 80% da água consumida pela população de Minas Gerais. A utilização de águas residuais na irrigação, já representa uma parcela considerável e deverá ser maior à medida que aumentar a crise em relação à disponibilidade de recursos hídricos.

A aplicação dos dejetos em pastagens seria uma alternativa, já que normalmente são estabelecidas em solos exauridos e/ou de baixa fertilidade natural, como os solos de cerrado.

Autor:

Luís César Dias Drumond – Eng. Agrº e M.Sc._UFV, Doutor UNESP_Jaboticabal.

Tese de doutorado: Aplicação de água residuária de suinocultura por aspersão em malha: desempenho hidráulico e produção de matéria seca de Tifton 85.

Pesquisador e Professor da Universidade Federal de Viçosa – Campus de Rio Paranaíba.

Consultor GAPPI – Gestão e Assessoria em Pastagem e Pecuária Intensiva

E-mail: irriga@gappi.com.br

www.gappi.com.br

SUMÁRIO

	Página
1 - INTRODUÇÃO	5
2. PRINCIPAIS COMPONENTES DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO.....	9
2.1 IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO	9
2.2 COMPONENTES DO SISTEMA DE ASPERSÃO.....	12
3. FATORES IMPORTANTES EM UM PROJETO DE IRRIGAÇÃO	15
3.1 SELEÇÃO DO ASPERSOR.....	15
3.2 RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO	18
3.3 LÂMINA DE ÁGUA	19
3.4 TURNO DE REGA E PERÍODO DE IRRIGAÇÃO.....	20
3.5 JORNADA DIÁRIA DE SERVIÇO.....	21
3.6 ELABORAÇÃO PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO.....	22
4. PRINCIPAIS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO DE PASTAGEM.....	26
4.1 SISTEMA DE ASPERSÃO EM MALHA	26
4.2 DIMENSIONAMENTO DE UM PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM MALHA	31
4.3 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL.....	43
4.4 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR AUTOPROPELIDO	50
5 – FERTIRRIGAÇÃO EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO	53
5.1 FERTILIZANTES UTILIZADOS NO PROCESSO DE FERTIRRIGAÇÃO	53
5.2 PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS EM FERTIRRIGAÇÃO	54
5.3 APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNO NOS SOLOS.....	59
6 – MANEJO RACIONAL DA IRRIGAÇÃO	63
6.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA MANEJO DA IRRIGAÇÃO	64
6.2 AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA	68
7. REFERÊNCIAS	70

1 - INTRODUÇÃO

Os bovinos são animais poligástricos, dotados de estômago dividido em quatro compartimentos, contendo em sua porção inicial o Rumem e Reticulo que são responsáveis pela digestão de alimentos fibrosos, transformando-os em nutrientes prontamente disponíveis para o desempenho produtivo. Os outros dois compartimentos chamam-se Omaso e Abomaso.

Por isso a pastagem constitui-se na principal fonte de alimentos dos bovinos, mas nem sempre ela é manejada de forma adequada, muitas vezes devido à falta de conhecimento das condições fisiológicas de crescimento e composição nutricional da planta forrageira.

Manejar uma pastagem de forma adequada significa produzir alimentos em grandes quantidades, além de procurar o máximo valor nutritivo possível do material. A produção de massa afeta de forma significativa à capacidade de suporte da pastagem (maior número de animais por área) e está influenciada pela fertilidade do solo, manejo e condições climáticas enquanto que o valor nutritivo afeta o ganho de peso do animal e a produção de leite e dependem principalmente da idade da planta forrageira.

Associando esses dois requisitos, objetivando um maior ganho de peso por área ou produção de leite, é que viabiliza de forma técnica e econômica a atividade, conforme mostra o esquema a seguir.

Para um bom desempenho produtivo, os ruminantes necessitam de água, proteína, energia, vitaminas e minerais. Todos esses nutrientes são de grande importância para alimentação dos animais, variando apenas quantitativamente, no que diz respeito à categoria dos animais (COUTINHO, 2000).

Segundo Coutinho (2000), durante o período chuvoso, as pastagens chegam a apresentar níveis satisfatórios de proteína, energia e vitaminas, enquanto que os minerais estão deficientes, impedindo o pecuarista de obter índices máximos de produtividade, enquanto que no período de estiagem, todos os nutrientes estão deficientes na pastagem, portanto nessa época a suplementação de apenas um nutriente não resulta em melhores rendimentos de rebanho, conforme mostra a Figura 1.

Como consequência da redução da produtividade das pastagens, a pecuária vem apresentando a cada dia, níveis mais críticos de produção. Pode-se ressaltar como uma das causas, o manejo inadequado das pastagens, principalmente no que diz respeito à prática generalizada do excesso de lotação. Atualmente, a degradação das pastagens é o maior problema dos sistemas de produção, estimando-se que 80% da área de pastagens do Brasil Central, apresenta algum estágio de degradação. Muitos pecuaristas têm investido na tecnologia de irrigação de pastagem. O projeto do equipamento normalmente é realizado sem

nenhuma assessoria e de uma maneira geral não possuem nenhum tipo de manejo de água e energia elétrica.



Fonte: Coutinho, 2000.

NÍVEIS DE NUTRIENTES NAS PASTAGENS E EXIGÊNCIAS DOS BOVINOS

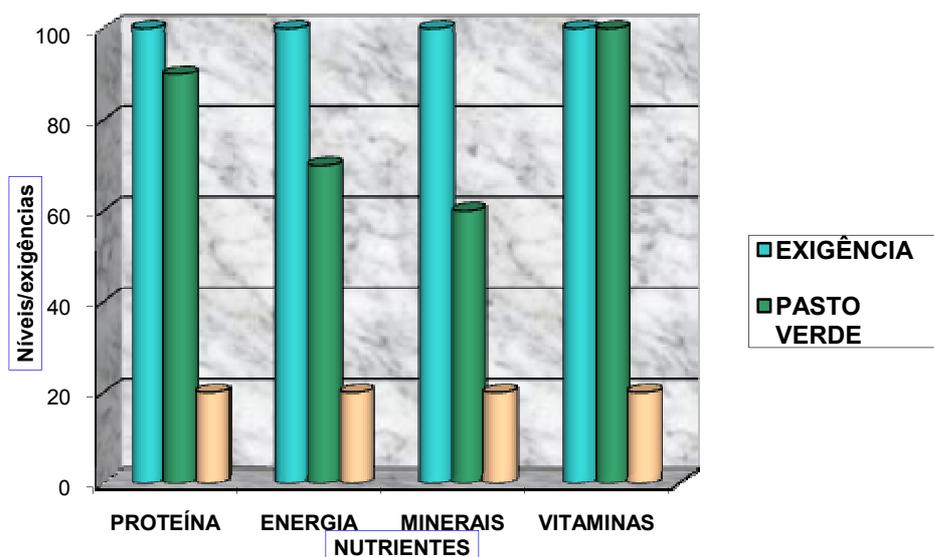


FIGURA 1 - Níveis de exigências dos animais e ofertas das pastagens.

Fonte: Coutinho, 2000.

Um bom sistema de irrigação deve aplicar água no solo uniformemente, até determinada profundidade, propiciando umidade necessária ao desenvolvimento normal das espécies vegetais. O conhecimento da eficiência e da uniformidade de aplicação da água em sistemas de irrigação é de suma importância.

Segundo Drumond (2003), dentre os métodos mais utilizados em pastagens, destacam-se os sistemas pressurizados, principalmente os sistemas de irrigação por aspersão. Pivô Central e Aspersão em Malha são os sistemas mais usados.

Outra possibilidade dos sistemas de aspersão é a aplicação de águas residuais de currais e pocilgas, por meio da irrigação. Até a década de 70, por exemplo, os dejetos de suínos não constituíam fator de preocupação, pois a concentração de animais por unidade de área era pequena. O sistema confinado de produção, a partir dos anos 80, aumentou consideravelmente a concentração de animais e conseqüentemente à produção de dejetos, que lançados nos mananciais de água, geram desequilíbrios ecológicos, por causa da alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5) a 20 °C, que é cerca de 260 vezes superior à do esgoto doméstico.

Os projetos de irrigação, implantados com sistema de Pivô Central, têm um custo de implantação variando de R\$ 4.500,00 a R\$ 7.000,00 por hectare. Para instalação de um pivô, o produtor necessita de uma área mais regular do ponto de vista da topografia e para otimizar o custo por hectare, temos recomendado para uma área mínima de 60 hectares (no caso de gado de leite) e de 75 hectares (no caso de gado de corte).

Outro método que está sendo muito usado é a irrigação por aspersão em malha. Destaca-se pela possibilidade do seu emprego às diversas situações, em diferentes tipos de solo e topografia. Possui custo de R\$ 3.500,00 a R\$ 8.000,00 por hectare. O sistema de irrigação por aspersão em malha está sendo bastante utilizado em irrigação de pastagem, cana forrageira e capineiras, por se tratar de um sistema que pode ser instalado em pequenas áreas ou áreas irregulares (DRUMOND e AGUIAR, 2005).

Os sistemas de aspersão convencional, aspersão fixa e autopropelido (ou carretel enrolador) não têm sido muito usados, devido ao problema de que a aspersão convencional possui alta dependência de mão-de-obra, a aspersão fixa possuir um alto custo e os projetos com autopropelido exigir normalmente alta potência instalada para bombeamento e pressurização do sistema, elevando em muito o custo da energia elétrica dentro do processo produtivo.

Independentemente do sistema de irrigação a ser utilizado, o produtor deverá consultar um especialista, que deverá ir ao local a ser irrigado, para determinar e dimensionar o sistema

que melhor atende a situação da propriedade e do sistema de produção. O projeto deverá ser concebido de forma que haja sustentabilidade e respeito ao meio ambiente.

A seguir discutiremos os pontos mais importantes de cada sistema utilizado em irrigação de pastagem, favorecendo a tomada de decisão e escolha do equipamento de irrigação.

2 - PRINCIPAIS COMPONENTES DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

2.1 IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Este sistema utiliza dispositivos denominados aspersores, que distribuem a água sob a forma de chuva artificial sobre as plantas. A formação de gotas é conseguida pela passagem do fluxo de água sob pressão por meio dos aspersores que possuem modelos e características variáveis (Figuras 2 e 3). A pressão necessária para o fracionamento da água, é obtida com a utilização de conjuntos motobombas ou com diferença de nível considerável, entre a captação e a área a ser irrigada (BERNARDO, 1995).

Houve grande desenvolvimento deste método de irrigação no início do século XX, com o avanço das indústrias de fabricação de tubulações, que passaram a ser fabricado com materiais plásticos, ferro, alumínio. O surgimento dos primeiros aspersores rotativos aconteceu entre 1914 e 1922, nos Estados Unidos e na Europa, passou então, a ser o grande incentivador da irrigação por aspersão.

2.1.2 Vantagens e limitações da irrigação por aspersão

É importante salientar que não existe um método de irrigação melhor que o outro, quanto à produção de uma determinada cultura. O que existe, é um método que se adapta melhor as condições locais de solo, topografia, manejo da cultura a ser irrigada.

A irrigação por aspersão é a mais indicada para solos de alta permeabilidade e baixa capacidade de retenção de água no solo. Na atualidade existem aspersores de diferentes tipos, o que possibilita grande variação de vazão, pressão de trabalho, alcance do jato, possibilitando uso nas mais diversas condições de cultivo e solo.

O conhecimento das vantagens e limitações da aspersão é importante na escolha e implantação do sistema. Para irrigação de pastagem, os sistemas mais utilizados atualmente são o Pivô Central e a Aspersão em Malha. Os detalhes desses sistemas serão abordados com detalhes mais adiante.



FIGURA 2 - Vista geral de Pivô irrigando pastagem.



FIGURA 3 - Aspersão em Malha irrigando pastagem.

a) Principais vantagens do sistema de aspersão:

Não necessita de sistematização do terreno, proporcionando economia nos custos de instalações e a utilização em diferentes topografias;

Possibilita flexibilidade na taxa de aplicação de água, adaptando-a a capacidade de infiltração de cada solo e a fase de desenvolvimento da cultura;

Possui boa uniformidade de distribuição de água na área irrigada, o que aumenta a eficiência de aplicação;

Apresenta menores perdas por evaporação e por infiltração, quando comparados aos sistemas de irrigação por superfície, pois a água é transportada através de tubulações;

Reduz os riscos de erosão causada pela aplicação excessiva de água, como ocorre nos casos de irrigação por superfície;

Permite um melhor aproveitamento do terreno, dispensando a utilização de canais, sulcos ou o plantio em linhas;

Possibilita uma importante economia de mão de obra quando comparado aos métodos de irrigação por superfície. Essa economia é maior ainda nos sistemas fixos e mecanizados;

Permite automação e quimigação, que a aplicação de produtos químicos via água de irrigação.

b) Principais limitações:

- Possui um alto custo de investimento inicial e operacional;
- Muito influenciada por fatores climáticos, tais como, vento, umidade relativa e temperatura. Ventos fortes, alta temperatura e baixa umidade relativa contribuem para aumentar a irregularidade na distribuição da água pelos aspersores.
- Pode favorecer o aparecimento de algumas doenças nas plantas, principalmente fúngicas. Isso pode ocorrer principalmente quando a aspersão é feita sobre a folhagem das plantas.
- O uso de aspersores de grande alcance em solos argilosos, quando trabalhando com insuficiente pulverização (pressão inadequada), pode causar escoamento superficial, com conseqüente erosão e compactação das camadas superficiais do solo.

2.2 COMPONENTES DO SISTEMA DE ASPERSÃO

2.2.1 Aspersores

Os aspersores são considerados o principal componente do sistema de irrigação, pois são eles os responsáveis pela distribuição da água na superfície do terreno, através de um ou mais bocais, sob forma de precipitação. As partes constituintes são mostradas na Figura 4.



1 - Mola em aço inox pré-ajustável.

2 - Deflector

3 - Bocal de saída do jato.

4 - Mancal com proteção
contra elementos abrasivos.

5 - Conector macho.

FIGURA 4 - Partes constituintes de um aspersor.

Vários fatores influenciam na decisão da escolha de um aspersor, dentre as quais podemos destacar: pressão de serviço, a vazão, alcance do jato, tamanho de gotas, ângulo de lançamento do jato de água, área a ser irrigada, etc.

Poderá existir uma variação na vazão dos aspersores, do alcance do jato e conseqüentemente a área irrigada. Dentre os fatores que influenciam essa variação, os principais são o diâmetro do bocal de saída e da pressão de serviço de funcionamento do aspersor. Trataremos da escolha do aspersor no próximo capítulo. Segundo Bernardo (1995), com relação à pressão de serviço de funcionamento dos aspersores, podemos classificá-la em:

a) Aspersores de “pressão de serviço muito baixa”: trabalham com pressão de serviço entre 4 e 10 mca, e possuem pequeno alcance. São geralmente estacionários e compreendem todos os tipos especiais de aspersores como microaspersores e aspersores de jardim. São mais comumente utilizados em pomares e jardins.

b) Aspersores de baixa pressão de serviço: trabalham com pressão de serviço entre 10 e 20mca, com raio de ação entre 6 e 15 metros. São geralmente do tipo rotativo, movido pelo impacto do braço oscilante (percussão) e usados, principalmente, para irrigação sob copas de pomares ou para pequenas áreas de cultivo.

c) Aspersores de média pressão de serviço: trabalham com pressão de serviço entre 20 e 40 mca, com raio de alcance de até 36 m. Constituem os tipos mais usados nos projetos de

irrigação por aspersão e se adaptam às características de quase todos os tipos de solo e cultura. Às vezes são chamados de mini-canhões.

d) Aspersores de alta pressão ou canhão hidráulico: existem modelos do tipo canhão de médio e de longo alcance. Os aspersores de médio alcance possuem um raio 30 e 60 m, trabalhando a uma pressão entre 40 até 80mca. São usualmente utilizados para a irrigação de capineiras, pastagens, cercais, cana-de-açúcar e pomares. Os aspersores gigantes de longo alcance possuem um raio de alcance entre 40 e 80 m, trabalhando a uma pressão de serviço entre 50 e 100 mca. São mais utilizados em sistemas de autopropelido.

2.2.2 Acessórios e Tubulações

Para a montagem do sistema no campo são necessárias peças e acessórios, responsáveis pela acomodação da tubulação que conduz a água e sua elevação até os aspersores, em função das irregularidades do terreno. Estes acessórios podem ser de PVC, aço, ferro fundido ou alumínio. Os mais comuns são de PVC e aço zincado, por serem os materiais mais comumente usados (Figura 5).

As tubulações são responsáveis pela condução da água desde o sistema de bombeamento até os aspersores. Existem vários tipos de tubulações feitas de diversos materiais, e podem ser divididas de acordo com a sua finalidade. As tubulações responsáveis pela condução da água até o sistema de irrigação pode ser chamada de tubulações de recalque ou linha principal. As tubulações que conduzem a água da linha principal até os aspersores são chamadas de linhas secundárias ou linhas laterais. Os materiais dos quais podem ser feitas às tubulações para sistemas de aspersão são: alumínio, ferro fundido, aço zincado, cimento amianto, concreto e PVC rígido. Estas tubulações possuem um comprimento padrão de 6 metros, variando o peso, a resistência à pressão e a espessura da parede, de acordo com uso e o material de que são constituídas.



FIGURA 5 - Acessórios para tubulações de PVC soldável (Fonte:CORPLASTIC) .

2.2.3 Conjunto motobomba

O conjunto motobomba (Figura 6) é responsável pela captação da água na fonte, levando-a até os aspersores. As fontes de energia que geralmente são utilizadas na alimentação dos conjuntos motobomba são elétrica ou a diesel. As bombas são responsáveis pela sucção e recalque da água sob pressão, proporcionando aos aspersores a pressão de serviço ideal para o seu funcionamento. Na maior parte dos projetos utiliza-se bombas centrífugas de eixo horizontal, podendo ser mono ou multiestágios.



FIGURA 6 - Detalhe de um conjunto motobomba e da casa de bomba.

3. FATORES IMPORTANTES EM UM PROJETO DE IRRIGAÇÃO

Os principais aspectos que devem ser considerados em um projeto de irrigação por aspersão são:

3.1 SELEÇÃO DO ASPERSOR

Na hora da escolha do tipo de aspersor a ser utilizado no sistema de irrigação por aspersão deve-se considerar alguns fatores como: qualidade e quantidade de água, cultura a ser irrigada, tipo de solo, manejo da irrigação, intensidade e direção do vento e características do próprio aspersor, tais como: eficiência de aplicação e uniformidade de aplicação, vazão, intensidade de aplicação, pressão de serviço e espaçamento.

Na seleção dos aspersores devem-se utilizar as tabelas fornecidas pelos fabricantes (Tabela 1). Estas tabelas fornecem o diâmetro dos bocais, a pressão de serviço, o alcance do jato, a vazão, o espaçamento recomendado, área útil irrigada e a precipitação ou intensidade de aplicação.

É importante observar que para um mesmo diâmetro de bocal, a vazão do aspersor aumenta com o aumento da pressão de serviço e conseqüentemente, ocorre aumento do diâmetro molhado. Esse fato é de suma importância no dimensionamento de projetos de irrigação por aspersão.

TABELA 1 - Exemplo de especificações técnicas de um aspersor

Diâmetro dos bocais (mm)	Pressão de serviço (bar)	Diâmetro de alcance (m)	Vazão (m ³ /h)	Espaçamento (m)	Intensidade de aplicação (mm/h)
5,16 x 3,18	2,0	28,0	1,836	18 x 18	5,67
	2,5	29,5	2,052	18 x 18	6,33
	3,0	30,5	2,232	18 x 18	6,89
6,35 x 3,18	2,0	30,0	2,556	18 x 18	7,89
	2,5	32,0	2,844	18 x 24	6,58
	3,0	33,0	3,132	24 x 24	5,43

Fonte: Senninger, modelo 5023 - 2 - 3/4" M

Os principais fatores que afetam o desempenho dos aspersores serão descritos a seguir.

3.1.1 Bocal

A maioria dos aspersores possui um ou dois bocais (Figura 7).



FIGURA 7 - Aspersores de um e dois bocais, com regulador de pressão.

3.1.2 Tamanho da área a ser irrigada

Segundo Drumond e Fernandes (2004), em projetos de irrigação por aspersão, um dos primeiros aspectos a ser considerados é o tamanho da área a ser irrigada. Considerando-se que os aspersores com maior raio de alcance requerem menor uso de mão-de-obra e levam normalmente a menor custo do projeto, podemos estabelecer como base o que está apresentado na Tabela 2.

TABELA 2 – Escolha dos aspersores de acordo com o tamanho da área a ser irrigada

Tipo de aspersor	Raio de alcance	Tamanho da área
Pequeno porte	< 15 metros	Áreas menores que 2 hectares
Médio porte	de 15 a 25 metros	Áreas de 2 a 10 hectares
Maior porte	> 25 metros	Áreas maiores que 10 hectares

Fonte: Drumond e Fernandes, 2004.

3.1.3 Pressão

A vazão do aspersor é função do diâmetro e da pressão no bocal. Devem funcionar dentro dos limites de pressão recomendados pelos fabricantes.

3.1.4 Superposição

Para obter uma boa uniformidade de aplicação da água, na área, os aspersores devem ser espaçados, de modo que se obtenha uma superposição entre os perfis de distribuição de água dos aspersores (Figura 8). Isso significa que os jatos devem se cruzar.



FIGURA 8 - Superposição de aspersores (Fonte NaanDanJain).

3.1.5 Vazão do aspersor

Segundo Drumond e Fernandes (2004), para coleta de dados de vazão é necessário interromper o giro do aspersor, adaptar uma mangueira ao bocal, de modo que circule o ar atmosférico em torno da saída do jato e conduzir a água para dentro de um recipiente. Deve-se coletar cerca de 20 litros e medir o tempo necessário para efetuar tal coleta. Esse procedimento deverá ser repetido pelo menos três vezes. Se o aspersor tiver dois bocais, a medição deverá ser efetuada em um bocal de cada vez e a vazão do aspersor será a somatória da vazão de cada um dos bocais. A vazão do aspersor poderá ser então obtida pela equação 1.

$$Q = 3600 \frac{V_c}{T_c} \quad \text{eq. 1}$$

em que:

Q - vazão do aspersor, em litros/hora;

V_c - volume de água coletado, em litros;

T_c - tempo de coleta, em segundos.

3.1.6 Intensidade da aplicação de água

A intensidade de aplicação de água de um aspersor pode ser determinada utilizando a seguinte equação 2.

$$I_a = \frac{Q}{E_a \cdot E_i} \quad \text{eq. 2}$$

em que:

I_a - intensidade de aplicação de água do aspersor, em mm/h;

Q - Vazão do aspersor, em litros/hora;

E_a - espaçamento entre aspersores ao longo da linha lateral, em metros;

E_i - espaçamento entre linhas laterais, em metros.

3.1.7 Vento

O vento tem grande influencia na uniformidade de distribuição de água dos aspersores. Na Tabela 3 encontra-se o espaçamento dos aspersores, em função do diâmetro de cobertura e da intensidade do vento.

TABELA 3 - Espaçamento de aspersores em função do diâmetro irrigado

Velocidade do vento (m/s)	Espaçamento dos aspersores em função do diâmetro de cobertura (%)
Sem vento	65 a 70
0 a 2	55 a 65
2 a 4	45 a 55
> 4	30 a 45

Fonte: BERNARDO, 1995.

3.2 RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

O solo funciona como um reservatório de água para as plantas, retendo água que precipita durante as chuvas ou irrigações para que seja absorvida pelas plantas posteriormente. A Figura 9 representa esquematicamente a capacidade de armazenamento de água nos poros do solo.

Quando o solo está cheio significa que todos os poros estão plenos de água e diz-se que o solo está saturado ou com umidade de saturação. Se a reposição de água ao solo não for contínua, a água contida nos macroporos vai se movimentar e o reservatório-solo vai perder água até atingir um equilíbrio. Essa água é conhecida como gravitacional e é facilmente drenada do perfil do solo. Nesse ponto de equilíbrio o solo atinge a umidade de “Capacidade de Campo” (CC), onde o movimento descendente da água no solo é sensivelmente reduzido. Se houver um secamento da água nesse solo, a umidade do solo também vai diminuir, até que as plantas não mais conseguem absorver água em quantidade suficiente para atender a demanda das plantas, murchando de forma irreversível, embora o solo ainda contenha água. Nesse ponto o solo apresenta uma umidade que é denominada de “Ponto de Murcha Permanente” (PMP).

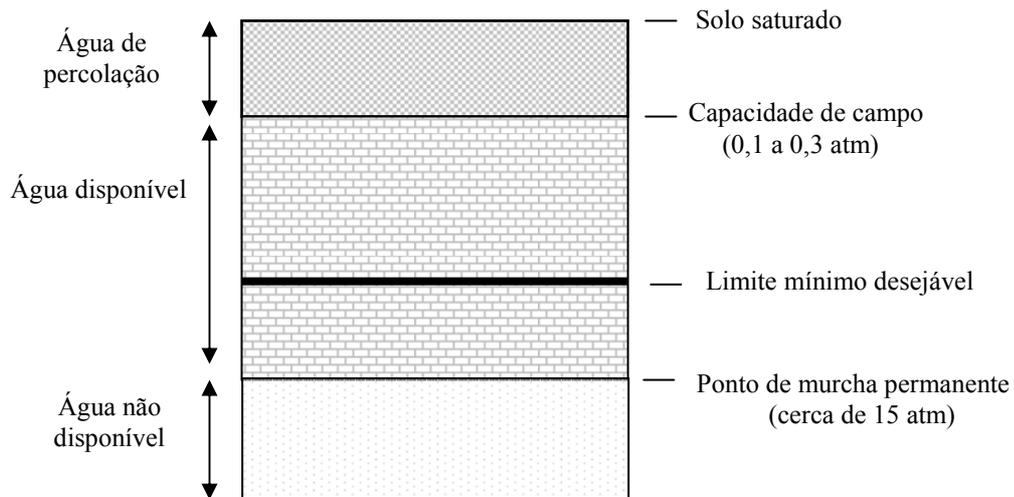


FIGURA 9 - Representação da capacidade de armazenamento de água no solo.

A determinação da CC e do PM pode ser feita diretamente no campo ou em laboratórios, a partir de amostras do solo. Seus valores são expressos em percentagem de água no solo, podendo ser relacionados com o volume (mais desejável) ou o peso do solo (mais prático). A Tabela 4 fornece os valores médios da capacidade de armazenamento para alguns tipos de solo, que devem ser utilizados somente se não tiver a curva de retenção para a área ou em análises preliminares.

TABELA 4 - Capacidade de armazenamento de alguns solos, em função de sua textura

TEXTURA DO SOLO	Capacidade de armazenamento (mm de água por cm de profundidade do solo)	
	Intervalo	Média
Textura moderadamente grossa: franco-arenosa	1,04 a 1,45	1,25
Textura média: areia muito fina, franco, e franco siltosa	1,25 a 1,92	1,57
Textura moderadamente fina: franco-argiloso, franco-argilo-siltoso, argilo-franco-arenoso	1,45 a 2,08	1,83
Textura fina: argilo-arenoso, argilo-siltoso, argiloso	1,33 a 2,08	1,92

Fonte: Mantovani (2002)

3.3 LÂMINA DE ÁGUA

O conhecimento da lâmina a ser aplicada é um dos fatores de maior importância na elaboração do projeto. Para conseguir máxima produção por unidade de área, tem que se dispor de um suprimento de água que atenda a demanda diária de evapotranspiração. O

planejamento e a operação do sistema de irrigação têm que ser baseados nos objetivos e nas condições em que executará o processo de irrigação.

. Em muitas culturas, para que se obtenha uma máxima produção, pode-se permitir que sejam usados de 25 a 50% da disponibilidade de água do solo. O bom controle das irrigações durante o ciclo da cultura, irá proporcionar altos rendimentos agrícolas e um elevado retorno do investimento realizado.

Para cálculo da lâmina, deve-se levar em consideração as perdas que existem ao longo do processo. Parte da água aplicada pelo aspersor perde-se por evaporação, por deriva pela ação de ventos e por interceptação do dossel das plantas. Assim devemos considerar no cálculo da lâmina a ser aplicada uma determinada eficiência de irrigação. O valor da eficiência de irrigação dependerá de diversas condições, tais como: velocidade do vento, demanda evapotranspirométricas, tipo e altura da instalação dos emissores, etc. Esta eficiência pode chegar a valores superiores a 85% em determinadas situações.

A lâmina aplicada pode ser calculada pela equação 3.

$$L = \frac{Q \cdot T}{A \cdot 10} \quad \text{eq. 3}$$

em que:

L - Lâmina aplicada, mm;

Q - Vazão do projeto, m³/h;

T - Tempo de irrigação, h;

A - Área, ha.

3.4 TURNO DE REGA E PERÍODO DE IRRIGAÇÃO

O propósito básico da irrigação é fornecer águas as plantas, à medida que elas necessitem, de forma a obter ótima produção em qualidade e quantidade. Grande parte do sucesso da irrigação depende da determinação correta do turno de rega. Entende-se por turno de rega, o intervalo compreendido entre duas irrigações sucessivas. É comum adotarmos uma folga, para que na necessidade de manutenção dos equipamentos, não haja prejuízo dentro do modelo adotado. A este novo intervalo de irrigação, chamamos de período de irrigação. O turno de rega máximo dependerá exclusivamente das quantidades de água que o solo é capaz de armazenar, até uma determinada profundidade, da cultura a ser irrigada, do método e manejo da irrigação.

3.5 JORNADA DIÁRIA DE SERVIÇO

É o número de horas diárias que o equipamento estará operando para aplicar uma determinada lâmina de irrigação.

Por existir uma tarifa de energia elétrica diferenciada para irrigantes, os projetos são dimensionados para funcionarem no máximo 21 horas por dia. Recomenda-se que o projetista informe-se junto às concessionárias de fornecimento de energia sobre a existência deste tipo de tarifa para a irrigação onde será implantado o projeto de irrigação.

Normalmente solicitamos a concessionária de energia elétrica a implantação da tarifa horo-sazonal, que pode ser assim entendida:

I - Alta Tensão

Tarifa Horo-sazonal

a) Horário de ponta

Intervalo de 3 horas consecutivas entre 17:00 e 22:00 horas de segunda a sexta-feira (inclusive todos os feriados), a ser definido pela concessionária.

b) Horário fora de ponta

Corresponde as horas complementares às 3 horas do Horário de Ponta, acrescidas dos sábados e domingos.

c) Período seco

Compreende os fornecimentos abrangidos pelas leituras de maio a novembro, isto é, 7 meses.

d) Período úmido

Compreende os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano abril do ano seguinte, isto é, 5 meses.

Tarifa Verde – Estrutura de Preços

a) Demanda (KW)

- Preço ÚNICO tanto para Horário de Ponta, como para o Horário Fora de Ponta.

b) Energia (kWh)

- Preço Horário Ponta em Período Úmido;
- Preço Horário Fora de Ponta em Período Úmido;

- Preço Horário Ponta em Período Seco;
- Preço Horário Fora de Ponta em Período Seco.

O horário noturno corresponde ao período de 21:30 às 06:00 horas. O desconto para Tarifa Noturno varia com a região.

II - Baixa Tensão

No caso de baixa tensão, a tarifa denominada Tarifa B2 Rural, corresponde à cerca de 50% do valor adotado na classe residencial. Neste caso o desconto para Tarifa Noturno é de 67%.

3.6 ELABORAÇÃO PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Para elaboração de um projeto de irrigação e instalação do equipamento, deve-se levar em considerações os seguintes elementos:

3.6.1 Planta plani-altimétrica

Deve-se fazer um levantamento planialtimétrico do local onde será implantado o projeto, com escala compatível com o tamanho da área e curvas de nível equidistantes espaçadas. O ideal é ter a planta em arquivo do Autocad (extensão .dwg). Deve conter informações do posicionamento da água, sua cota do nível mais baixo, estradas, rede de energia elétrica, cercas, afloramentos rochosos e outros detalhes que possam interferir na seleção e no “layout” do sistema. É conveniente realizar uma visita à área, para verificar possíveis detalhes que possa não conter na planta ou que tenha surgido após sua elaboração. Deve-se também retirar amostras do solo para análise física, química e enumerar na planta os pontos de coleta.

3.6.2 Água no solo

Deve-se fazer um teste de infiltração, para obter a velocidade de infiltração de água no solo e conhecer a variação da capacidade de infiltração em função do tempo. Este levantamento pode ser feito com o auxílio do infiltrômetro de anel.

A forma mais precisa de acompanhar o movimento de água no solo, é através do conhecimento de sua curva de retenção. Infelizmente é um processo não muito simples e por isso relativamente raro.

3.6.3 Dados climáticos

O conhecimento dos dados climatológicos do local onde será instalado o projeto é de extrema importância. É possível instalar uma estação meteorológica automatizada para efetuar coleta de dados de temperatura, umidade relativa, velocidade do vento, radiação, evapotranspiração, etc. Estes dados são os principais utilizados para projeto e manejo da irrigação. Algumas estações são adquiridas por associações ou cooperativas de produtores, o que torna bem mais acessível sua aquisição.

3.6.4 Escolha do emissor

Os aspersores são as peças principais do sistema de irrigação por aspersão. Os aspersores podem ser de giro completo ou do tipo setorial, o que permite a regulação do ângulo de giro. Os emissores utilizados em agricultura possuem um ou dois bocais. Operam com uma gama relativamente grande de pressão, desde 5 até 100 mca. Um bom emissor deve distribuir a água sobre a superfície do solo ou das culturas com maior uniformidade possível. Para isto, é bom que o projetista tenha conhecimento do perfil de distribuição de água do aspersor ou do canhão a ser usado.

Os principais dados utilizados para a escolha de um aspersor são: vazão, pressão de operação, alcance, tipo de reversão, uniformidade de distribuição de água, facilidade de manutenção, disponibilidade de peças para reposição e custo. Existe uma relação direta entre o alcance do emissor e o diâmetro molhado.

3.6.5 Quantidade e qualidade de Água

A água é um recurso indispensável à preservação da vida na superfície da terra, estando seu uso associado às diversas atividades na agropecuária. A utilização deste recurso tem ocorrido de forma desordenada, com degradação de sua qualidade em decorrência da deterioração do ambiente, ocasionada por demandas diversas relacionadas ao crescimento populacional.

Por ser a água um recurso natural finito e renovável, é necessário sua preservação para que as gerações futuras possam continuar usufruindo os benefícios dela decorrentes.

Do total de água derivada dos rios, lagos e mananciais subterrâneos usados nas diversas atividades humanas, cerca de 7% destinam-se ao abastecimento humano. Cerca de 23% são utilizados nas atividades industriais e 70% da água são utilizadas na exploração agrícola. Este elevado consumo deve-se especialmente à irrigação, podendo resultar em diminuição expressiva da vazão de cursos de água. Em algumas regiões, essa redução de vazão tem

gerado conflitos com usuários de jusante, como ocorre na bacia do rio Verde Grande, no norte de Minas Gerais.

Apesar do elevado consumo, a irrigação representa uma maneira eficiente e produtiva de se obter alimentos em quantidade suficiente para atender o crescimento do consumo. Nas áreas irrigadas é necessário planejamento visando seu uso de maneira racional, evitando-se desperdícios e degradação de sua qualidade.

Grande parte dos projetos de irrigação utilizam águas superficiais, provenientes de rios, lagos, açudes e reservatórios. Uma pequena parte dos sistemas de irrigação utilizam água subterrânea. Ao se projetar um sistema de irrigação determina-se a vazão necessária para o período de maior demanda hídrica da cultura. Na maioria dos casos, a avaliação da quantidade de água disponível na fonte é fundamental, devendo ser realizada no final da época seca, quando a vazão é menor e normalmente é o momento de grande utilização da irrigação.

De acordo com a Carta Magna da nação, a água é um bem da União. A principal consequência disto é que, quando há necessidade de utilização da água como insumo de produção, torna-se necessário a outorga, que é o consentimento do órgão gestor do recurso hídrico (Lei de Outorga de Água - Lei Nº 9433, de 08 de janeiro de 1997). O objetivo da outorga é organizar a retirada da água de uma determinada fonte, de maneira que os usuários tenham garantido suas necessidades de quantidade e qualidade, em qualquer época. A outorga deverá ser solicitada pelo pretendente, ao órgão competente e no caso de necessidade de financiamento, a maioria dos agentes financeiros só libera o empréstimo com a outorga aprovada.

- *Em projetos de irrigação de pastagem a vazão necessária varia de 2.300 a 3.000 litros por hora por hectare irrigado. Ou seja, em um projeto de 10 hectares, a vazão bombeada será em torno de 27.000 litros de água por hora (27 m³/h) em média.*

3.6.6 Layout do projeto

Na elaboração do projeto, é importante conhecer dados agronômicos das espécies que serão cultivadas, conhecer os dados do manancial onde será realizada a captação (vazão mínima, cotas máximas e mínimas, qualidade da água, etc.), dados da rede elétrica (se for acionamento a diesel, deve ser feito uma projeção do armazenamento do combustível e a forma de transportá-lo para o equipamento) e dados do solo.

Todo o planejamento será realizado com base nestes dados, escolhendo a forma mais racional de utilizar o equipamento, principalmente no que se refere à economia de água e energia elétrica.

4. PRINCIPAIS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO DE PASTAGEM

4.1 SISTEMA DE ASPERSÃO EM MALHA

Tem como características principais:

- A utilização de tubos de PVC, que constituem as linhas laterais que, ao contrário da aspersão convencional, são interligadas em malha (Figura 7);
- Adaptação a qualquer tipo de terreno;
- Possibilidade de divisão da área em várias subáreas;
- Facilidade de operação e manutenção;
- Possibilidade de fertirrigação;

Como principais limitações, pode-se destacar:

- Fogo;
- Maior dependência de mão-de-obra;
- Abertura de grande número de valetas para acondicionamento das tubulações dispostas em malha.

No sistema de aspersão em malha (Figura 10), as linhas laterais, de derivação e principal são enterradas, necessitando apenas da mudança dos aspersores (Drumond e Fernandes, 2004). Com isso, a mão-de-obra é sensivelmente reduzida em comparação com o sistema de aspersão convencional, que necessita de mudança tanto dos aspersores quanto das linhas laterais (ALENCAR, 1999).

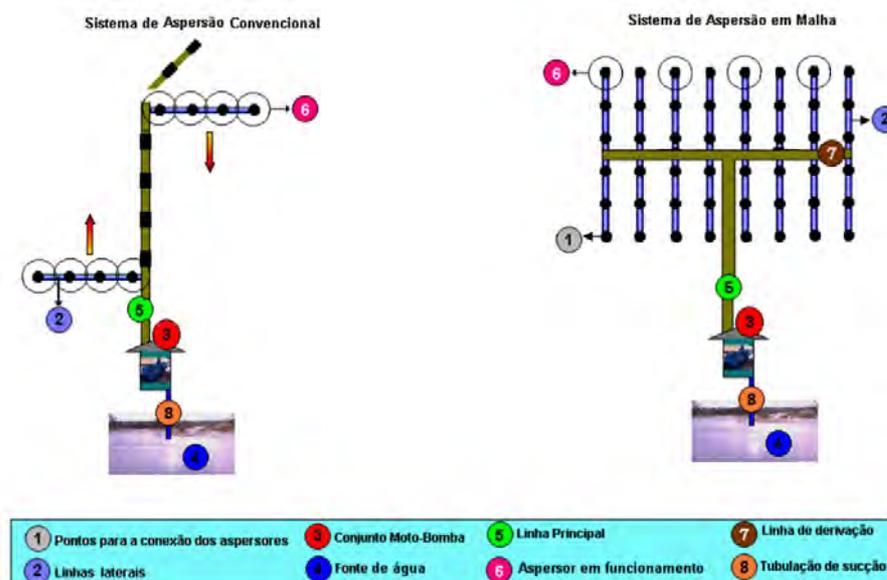


FIGURA 10 – Comparação entre sistema de aspersão em malha e sistema de aspersão convencional (Drumond e Fernandes, 2004).

Na Figura 10 é possível visualizar a comparação entre o sistema de irrigação por aspersão convencional e o sistema em malha. No sistema convencional, a linha lateral terá que abastecer todos os aspersores que nela estão conectados de uma só vez. Por isso o diâmetro do tubo deverá ser compatível com essa vazão, que no nosso exemplo é relativa a quatro aspersores (4Q). Após completar a irrigação nessa posição, o funcionário terá que desmontar as tubulações que compõem as linhas laterais e montá-las nas posições seguintes. Isso demanda grande quantidade de mão-de-obra e essas mudanças constantes acarretam danos às tubulações. Nesse sistema, as irrigações são realizadas somente durante o dia.

No sistema em malha, todas as tubulações podem ficar fixas e enterradas, com mudança apenas dos aspersores. Toda a rede fica pressurizada e, onde não existem aspersores funcionando, são instalados tampões denominados de cap's para impedir saída da água nessas posições. Tal fato diminui consideravelmente a mão-de-obra. Além disso, é possível irrigar durante a noite, o que possibilita reduzir a vazão bombeada, pois teremos um maior tempo para irrigar a área em questão, considerando a mesma lâmina aplicada.

O sistema de irrigação por aspersão em malha, em decorrência da praticidade, das facilidades de modulações e adequações à capacidade de investimento de cada proprietário, tem tido uma crescente expansão no Brasil.

Os projetos em malha, com aspersores de baixo e médio alcance, têm espaçamento desde 12 x 12 m até 24 x 24 m e um homem opera um sistema de até 75 a 100 ha. O equilíbrio de pressão dos pontos que compõem as malhas é facilmente conseguido com reguladores de pressão. Para projetos com mini-canhões, que são instalados em espaçamentos que variam desde 30 x 30 m até 42 x 42 m, onde é comum um homem operar sistemas de 100 a 200 ha, recomenda-se usar aspersores de material plástico (Figura 11), para evitar desgastes que ocorrem nos acoplamentos com o adaptador de PVC quando da utilização dos aspersores metálicos.



FIGURA 11 – Aspersão com regulador de pressão e mini-canhão em funcionamento.

Esses modelos de aspersores (mini-canhões) são importados. O maior limitante é a disponibilidade de reguladores de pressão para essa faixa de vazão e do preço ser muito elevado, quando disponíveis. Nesse caso o equilíbrio hidráulico deverá ser realizado associando-se a pressão de serviço indicada para o espaçamento e a vazão adotada no projeto, com a diferença de nível e perda de carga para cada ponto. Com esse modelo de aspersor aplica-se uma lâmina maior que aspersores utilizados em projetos de áreas menores. Sendo assim, devemos conhecer a capacidade de retenção de água no solo e o balanço hídrico da região. Associando esses fatores ao consumo de água da forrageira ao longo de seu ciclo nas estações do ano, determinamos o período de irrigação máximo possível para cada condição. Após a montagem do projeto, estabeleceremos a forma que será conduzido o manejo racional de água e energia elétrica. É imprescindível que o produtor tenha um pluviômetro instalado próximo a área do projeto.

Os métodos que tem sido mais utilizados são:

- Temperatura e evaporação de água de Tanque Classe A;
- Curva de retenção de água no solo e tensiometria;
- Estações meteorológicas automatizadas e software. Método que julgamos ser o mais completo.

O espaçamento entre aspersores a ser adotado no projeto, depende principalmente de condições de vento, capacidade de retenção de água no solo e vazão disponível.

Elaborado o projeto, a montagem desse sistema no campo é relativamente simples mas exige uma cuidadosa e bem supervisionada instalação, evitando-se assim vazamentos no futuro e acoplamentos de tubulações de forma errada, isto é, que não estão de acordo com a planta. Os tubos de PVC, que compõem as malhas, ficam enterrados e trabalham com pressões relativamente baixas. Isso diminui os custos, utilizando-se tubulações de paredes mais finas e de menor diâmetro, dado o requerimento de menor vazão por malha ou linha, pois haverá um aspersor ou no máximo dois, funcionando por vez em cada malha ou linha com saída interligada.

Nos pontos dos aspersores, assentam-se as estacas de madeira ou outro material, para suporte aos tubos de acesso à rede subterrânea. A profundidade de colocação da malha será função da cultura e do manejo que se pretenda dar ao solo. Os tubos que compõem as malhas ficam enterrados cerca de 40 a 80 cm, dependendo da situação, se haverá ou não necessidade de transitar com máquinas sobre a área. O importante é testar todo o sistema e corrigir eventuais vazamentos antes de fechar as valas com terra.

De posse da planta, o topógrafo deverá marcar os pontos e as linhas onde passarão os tubos no campo. O processo de abertura das valetas deve seguir rigorosamente a planta. Depois disso, qualquer encanador que seguir exatamente a planta, pode montar as tubulações. As valetas podem ser feitas com retroescavadeira, sulcador ou com valetadeiras.

Se optar pela retroescavadeira, tem que ter muito cuidado com o fechamento dessas valetas. Se for jogado torrão grande e/ou pedras em cima dos tubos, estes serão danificados e provavelmente só será percebido quando for funcionar o sistema. Será difícil o reparo e poderá trazer grandes prejuízos ao projeto. Nesse caso deve-se jogar terra sobre os tubos de forma manual e somente usar um trator ou a própria retro, após ter uma camada de terra sobre o tubo. Mesmo assim não se deve jogar grandes torrões e pedras.

Essas valetas também podem ser feitas com um sulcador. Se durante a operação, as valetas não atingirem a profundidade desejada, pode-se amarrar um pequeno saco cheio de areia molhada (para dar peso) no sulcador. Normalmente com esse peso a mais, resolve o problema quando as valetas forem abertas com o solo umedecido (após uma chuva).

Temos montado alguns projetos com valetadeiras. Esta máquina abre uma pequena valeta, sem causar grandes destruições à área. A terra é jogada na lateral do sulco e sem torrões. É questão de analisar o custo para sua situação.

Na profundidade de 60 a 80 cm, poderá transitar com máquinas ou com caminhão sobre a área, ou ainda fazer operações de gradagem. Se for efetuar essa gradagem, tem que ser ao longo das linhas de tubos, no sentido longitudinal, isto é, acompanhando o sentido das valetas na ocasião da montagem. A profundidade de 40 cm deverá ser usada se não houver trânsito de máquinas na área.

No ponto onde vão subir os tubos dos aspersores, colocamos as estacas de madeira que darão suporte a estes. Os aspersores deverão ficar cerca de 30 cm acima da superfície do solo, no caso de brachiaria e tifton (e outras gramas) e, 1,60 m no caso de *Panicum*. Neste último caso, deve-se enrolar um arame farpado em torno do tubo e estaca. Assim diminui o risco dos animais quebrarem o tubo com o aspersor (Figura 12 e 13).

Se a irrigação for para cana, milho, sorgo ou capineira (capim elefante), deve-se colocar o tubo de subida a cerca de 1,60 m acima do solo. Com o crescimento da cultura, deve-se prever um prolongamento no tubo e o uso de suportes diretamente na estaca, visto que o uso de tripé dificulta bastante o trabalho da pessoa que opera o sistema no campo.

Depois de montar as malhas, testa o sistema e verifica qualquer tipo de anormalidade. Somente após o teste, fecha-se a valeta. É claro que para realizar o teste, o conjunto motobomba tem que estar montado e pronto para funcionar.



FIGURA 12 – Detalhe da fixação do tubo de subida na estaca.

Quando não tiver aspersor no ponto de aspersão, este estará tampado com o cap roscável (tampão com rosca que ficará sobre o adaptador). Funcionará um ou dois aspersor por malha. As malhas são os pontos que estão interligados e com a mesma cor na planta.

O tempo de funcionamento do aspersor por posição irá depender da evapotranspiração, da capacidade de retenção de água no solo, do estágio de desenvolvimento da cultura que, entre outros fatores, determinam quando e quanto irrigar.

Após completar cada irrigação, desliga-se a bomba e trocam-se os aspersores para a outra posição, identificada por uma mesma cor em cada malha. Assim, a base do aspersor ou do regulador de pressão deverá ser pintado da mesma cor da malha que irá irrigar. Isso é básico para facilitar a gerência e a operação no campo.

Quanto maior a vazão e a pressão por aspersor maiores serão os diâmetros e espessura da parede das tubulações e maior também será a potência instalada de bombeamento (DRUMOND e FERNANDES, 2001). Para o projeto, estabelece-se neste sistema um turno de rega que varia de 5 a 12 dias, levando-se em consideração as condições de solo, clima, cultura e área a ser irrigada.



FIGURA 13 - Detalhe da estaca com arame farpado no *Panicum*.

4.2 DIMENSIONAMENTO DE UM PROJETO DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM MALHA

Para dimensionamento de um projeto de irrigação por aspersão em malha o primeiro passo é ter o levantamento plani-altimétrico bem feito com curvas de nível interpoladas de 1 em 1 metro para cálculo e análise. Nesse levantamento deverá ser locada a fonte de água de onde poderá ser feita a captação, seja ela represa, córrego ou rio. A indicação do nível da água, assim como do barranco até a área que será irrigada é extremamente importante. Devem ser locados as cercas dos piquetes, afloramento de rocha, divisas com matos e capoeiras, estrada e pontos de energia elétrica. A área a ser irrigada deverá estar marcada na planta de maneira muito clara.

Após a análise da planta da área, da forrageira, das condições de manejo e da análise física e química do solo. A capacidade de retenção de água no solo irá definir a lâmina máxima que pode ser aplicada a cada irrigação, para que não haja perda por percolação e por drenagem e, conseqüentemente irá definir a vazão do projeto. Após essa análise faremos a escolha do aspersor que deverá ser usado no projeto. Todo o processo de dimensionamento irá depender diretamente dessa escolha. Dessa forma, é importante conhecer as marcas e os modelos dos aspersores, das tubulações, das motobombas, das válvulas, dos acessórios e também suas características hidráulicas. Nesse processo de escolha, os principais fatores que devem ser levados em consideração são qualidade, preço e facilidade de compra de material para reposição.

Com relação às tubulações, aos aspersores e as motobombas, que constituem os principais componentes do sistema de irrigação por aspersão em malha, os catálogos dos fabricantes trazem informações das características hidráulicas de cada componente.

A seguir faremos um exemplo de um projeto para uma área implantada com Tifton 85 em sistema de lotação rotacionada, com irrigação por piquete e somente noturna.

Exemplo de Dimensionamento de Irrigação por Aspersão em Malha

Aspersor marca Naan

Modelo 5035 de dois bocais (Figura 14)

- Características: Segundo o fabricante, esse aspersor possui boa uniformidade de aplicação de água. A tabela de vazão, pressão de trabalho, diâmetro de bocais e espaçamento, encontra-se abaixo e deve ser usadas no processo de dimensionamento.



FIGURA 14 – Detalhe do aspersor Naan 5035.

a) Tabela dos dados hidráulicos do aspersor Naan 5035

Nesta tabela tem as características técnicas do aspersor, indicando a vazão, pressão de serviço, diâmetro de bocais e a intensidade de aplicação de acordo com o espaçamento adotado (Tabela 5).

TABELA 5 – Características hidráulicas do aspersor Naan 5035, dois bocais

Diâmetros do bocais (mm)	Pressão de serviço (bar)	Vazão (m ³ /h)	Intensidade de aplicação (mm/h)			
			Espaçamento entre aspersores e entre linhas laterais (m)			
			12 x 15	12 x 18	18 x 18	20 x 20
4,5 x 2,5	2,50	1,45	8,10	6,70	4,50	3,60
	3,00	1,64	9,10	7,60	5,10	4,10
	3,50	1,77	9,8	8,20	5,50	4,40
5,0 x 2,5	2,50	1,76	9,80	8,10	5,40	4,40
	3,00	1,95	10,80	9,00	6,00	4,90
	3,50	2,10	11,70	9,70	6,50	5,2
5,5 x 2,5	2,50	2,09	11,60	9,70	6,40	5,20
	3,00	2,30	12,80	10,60	7,10	5,70
	3,50	2,47	13,70	11,40	7,60	6,20

Escolhido o modelo que melhor satisfaça a condição do projeto, podemos começar o processo de dimensionamento.

É interessante lembrar que será designada de Linha Lateral, a tubulação onde estarão localizados os aspersores. As linhas laterais estarão diretamente conectadas em tubulações que serão chamadas de Linha de Derivação. A tubulação que liga a Linha de Derivação no conjunto motobomba, será designada de Linha Principal.

Portanto, iremos dimensionar um projeto de aspersão em malha para atender as condições descritas a seguir.

D) CÁLCULOS GERAIS

⇒ Cultura : Pastagem

⇒ Profundidade efetiva das raízes: 60 cm

⇒ Escolha do aspersor: segundo o fabricante. Vamos escolher o bocal 4,5 x 2,5 mm

⇒ Pressão de serviço do aspersor (devido ao regulador de pressão): 40 PSI (2,8 bar = 28 mca)

- Conforme tabela do fabricante, a vazão para essa pressão será de 1,57 m³/h ou 1.570 litros/hora (Interpolação de Lagrange).

⇒ O espaçamento entre aspersores e entre linhas laterais será de 18 x 18 metros respectivamente, por estar dentro dos limites recomendados pelo fabricante.

- A intensidade de aplicação será:

$$Ia(mm/h) = \frac{\text{vazão do aspersor}(l/h)}{\text{Espaçamento entre aspersores}(m) \cdot \text{Espaçamento entre linhas laterais}(m)}$$

$$Ia = \frac{1570 \text{ l/h}}{18 \text{ m} \times 18 \text{ m}} = 4,85 \text{ mm/h}$$

- De acordo com a retenção de água no solo, teremos (Tabela 6):

TABELA 6 – Capacidade de armazenamento de alguns solos, em função da textura

TEXTURA DO SOLO	Capacidade de armazenamento (mm de água por cm de profundidade do solo)	
	Intervalo	Média
Textura moderadamente grossa: franco-arenosa	1,04 a 1,45	1,25
Textura média: areia muito fina, franco, e franco siltosa	1,25 a 1,92	1,57
Textura moderadamente fina: franco-argiloso, franco-argilo-siltoso, argilo-franco-arenoso	1,45 a 2,08	1,83
Textura fina: argilo-arenoso, argilo-siltoso, argiloso	1,33 a 2,08	1,92

Fonte: MANTOVANI (2002).

Lâmina máxima a ser aplicada: 1,5 mm/cm x 60 cm = 90 mm de água. Essa é máxima quantidade de água que seria retido nos primeiros 60 cm de profundidade de solo.

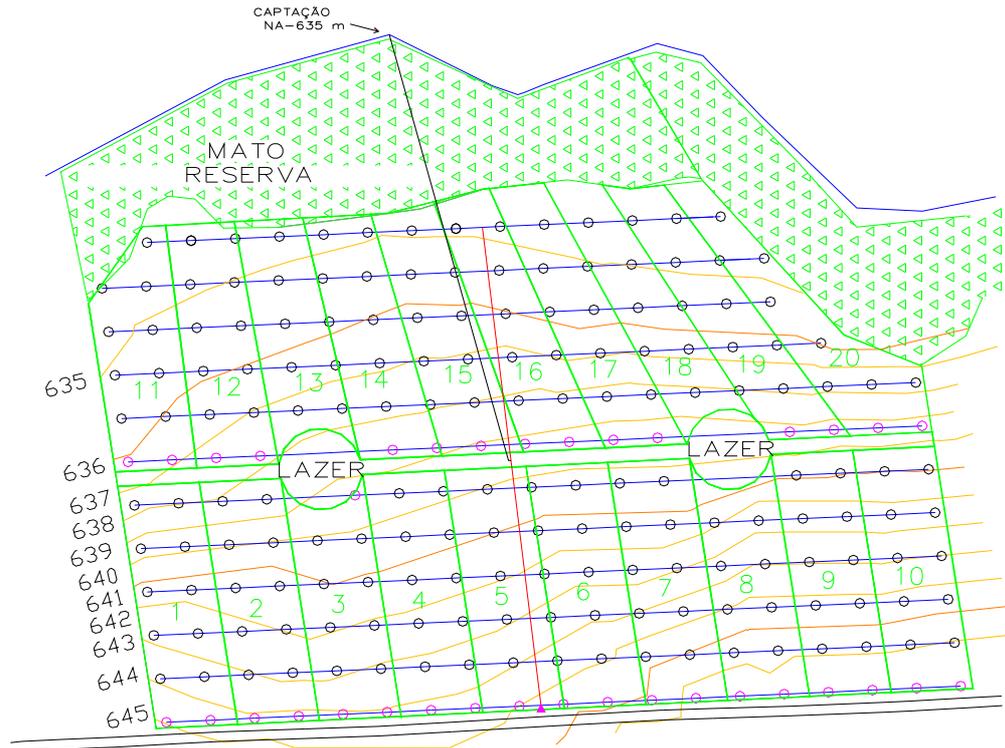
- O tempo máximo de funcionamento do aspersor em cada ponto de aspersão seria:

$$T_{\text{Máx}} = 90 \text{ mm} \div 4,85 \text{ mm/h} = 18,6 \text{ horas}$$

- Adotaremos um tempo máximo de funcionamento de 10 horas por posição. Isto significa que aplicaremos 4,85 x 10 = 48,50 mm em cada ponto irrigado e a cada ciclo.

⇒ Turno de rega : adotaremos 10 dias. Assim teremos 3 ciclos de irrigação por mês. Isso significa que poderemos aplicar uma lâmina bruta de até 145,5 mm de água por mês de lâmina bruta. Considerando irrigação noturna e uniformidade de irrigação de 88%, a lâmina líquida seria 128 mm por mês.

⇒ Terreno – Vide planta da área (Figura 14A).



Projeto de Irrigação por Aspersão em Malha		Área Projeto: 7,0 ha	
Projeto: Luís César Dias Drumond		Tipo: Disposição da malha: 18x18m	
Proprietário:		Propriedade: FAZENDA A	
Localização:	UF:	Irrigação por piquete e noturna	

LEGENDA:	
	TUBO PVC - PN60 - 25 mm
	TUBO PVC - PN80 - 75 mm
	TUBO PVC - PN80 - 100 mm
	Válvula ventosa
	Pontos de Aspersores
	Pontos de Aspersores Setoriais

FIGURA 14A – Planta plani-altimétrica da área e a disposição das malhas.

⇒ Solo de textura média.

⇒ Distância entre a casa de bomba e a Linha de Derivação (Linha Principal): 182 m

⇒ Perda de carga localizada: admitir uma perda de carga nas conexões da linha lateral (ha_{LL}) de 2 m, na linha de derivação (ha_{LD}) de 1 m e na linha principal (ha_{LP}) de 1 m.

⇒ Em todo o projeto usaremos tubulação de PVC azul

- Admita $C_{PVC} = 140$ (Tabela 7)

TABELA 7 - Valores do C em função do material

Material	Valor de C
Aço Zincado	120
Ferro fundido	100
PVC	140 a 150
Polietileno	144

- É importante esclarecer que esta **Perda de carga** ocorre devido a atritos. Tais valores podem variar com o sistema de conexão.
- **Perda de carga** – termo genérico designativo do consumo de energia despendido por um fluido, para vencer as resistências (atrito) ao escoamento.
- Para dimensionamento do projeto, é imprescindível a planta plani-altimétrica da área, com curvas de nível interpolada de 1 em 1 metro.
- O coeficiente C depende da natureza do material e é uma variável da equação de Hazen-Williams, utilizada para cálculo da perda de carga. É adimensional. Seus valores mais usuais são:

⇒ **Diâmetros nominais e interno para tubos de PVC:**

Diâmetro Nominal (mm)	Pressão de Serviço (mca)	Diâmetro Externo (mm)	Espessura da parede (mm)	Diâmetro Interno (mm)
35	40	38,1	1,2	35,7
50	40	50,5	1,2	48,1
75	40	75,5	1,5	72,5
100	40	101,6	2,0	97,6
125	40	125	2,5	120,0
150	40	150	3,0	144,0

FONTE: AMANCO

Diâmetro Nominal (mm)	Pressão de Serviço (mca)	Diâmetro Externo (mm)	Espessura da parede (mm)	Diâmetro Interno (mm)
25	60	25,0	1,2	22,6
32	60	32,0	1,5	29,0
40	60	40,0	1,9	36,2

FONTE: AMANCO

Diâmetro Nominal (mm)	Pressão de Serviço (mca)	Diâmetro Externo (mm)	Espessura da parede (mm)	Diâmetro Interno (mm)
50	80	50,5	1,9	46,7
75	80	75,5	2,5	70,5
100	80	101,6	3,6	94,4

FONTE: AMANCO

Diâmetro Nominal (mm)	Pressão de Serviço (mca)	Diâmetro Externo (mm)	Espessura da parede (mm)	Diâmetro Interno (mm)
100	125	118,0	4,8	108,4
150	125	170,0	6,8	156,4
200	125	222,0	8,9	204,2
250	125	274,0	11,0	252,0
300	125	326,0	13,1	299,8

FONTE: AMANCO

- ⇒ Área total conforme a planta: 6,74 ha
- ⇒ Trata-se de uma área relativamente pequena e iremos dividi-la em 2 setores. A Linha de Derivação ficará no meio abastecendo os dois setores.
- ⇒ Na área temos um total de 208 pontos de aspersão (setoriais nos corredores), isto é, pontos a serem irrigados em um período de irrigação de 10 dias. Por isso, em toda a área, teremos 22 aspersores funcionando ao mesmo tempo. Considerando um tempo de irrigação de 10 horas por posição, cada aspersor irrigará apenas um ponto por noite (irrigação noturna). Dessa forma os 22 aspersores irrigam toda a área em 9,45 dias, ou seja, 10 dias.

II) DIMENSIONAMENTO DA LINHA LATERAL

1. Vazão da linha lateral (Q_{LL}): vazão do aspersor x 2 = 3,14 m³/h ou 8,722 x 10⁻⁴ m³/s (a vazão do aspersor multiplica por 2, pois temos dois aspersor por linha lateral)
2. Comprimento da LL = 162 m
3. Cálculo da perda de carga na linha lateral (hf_{LL})

$$hf_{LL} = 10,65 \times ((L_{LL} + L_E) / D_{LL})^{4,87} \times (Q_{LL}/C)^{1,85} \times F$$

- A equação acima é a equação de Hazen-Williams escrita para calcular a perda de carga (hf), que representa a perda de carga da tubulação.

onde,

hf_{LL} - perda de carga na linha lateral, m;

L_{LL} - comprimento da linha lateral, m;

LE – comprimento equivalente (para compensar as perdas localizadas), m

D_{LL} - diâmetro da linha lateral, m;

Q_{LL} - vazão da linha lateral, m^3/s ;

C - coeficiente de Hazen-Williams, adimensional.

- “F” representa um fator de ajuste da perda de carga de uma tubulação de uma única saída (para qual a equação de Hazen-Williams está ajustada) e uma tubulação de múltiplas saídas (tubo gotejador). Pode ser calculado pela equação:

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2.n} + \frac{\sqrt{m-1}}{6.n^2}$$

onde,

F= fator de ajuste para múltipla saída ou fator de Christiansen, adimensional;

m = expoente da equação de perda de carga utilizada (no nosso caso $m=1,85$);

n = número de saídas.

- Usaremos tubo de PVC azul da linha “tubo agropecuário”. O diâmetro nominal da linha lateral será de 32 mm e a espessura da parede desse tubo é de 1,5 mm. Portanto, o diâmetro interno desse tubo é de 29 mm (0,029 m).

Assim temos:

$$F_2 = 0,6347$$

$$L_E = 5 \text{ m}$$

$$hf_{LL} = 10,65 \times ((162+5)/0,029^{4,87}) \times (8,722 \times 10^{-4}/140)^{1,85} \times 0,6347 = 8,14 \text{ m}$$

4. A pressão no início da Linha Lateral (PIN_{LL}) será:

$$PIN_{LL} = P_s + (0,75 \times hf_{LL}) + DN_{LL} + AA + ha_{LL} \text{ (vamos desprezar o } 0,75)$$

- Esta equação determina a pressão no início da linha lateral.

- onde,

PIN_{LL} - pressão no início da linha lateral, m;

P_s - pressão de serviço do aspersor, m;

DN_{LL} - desnível ao longo da linha lateral, m;

AA - altura do aspersor, m;

ha_{LL} - perda de carga acidental na conexão da linha lateral, m.

$$PIN_{LL} = 28 + (8,14) + 2 + 1 + 2 = 41,14 \text{ m} \approx 42 \text{ m}$$

III) DIMENSIONAMENTO DA LINHA DERIVAÇÃO (LD)

Vamos dividi-la em 2 trechos conforme a planta topográfica: Setor 1 e Setor 2

Setor 1: Linha de Derivação em aclave

1. Comprimento da LD₁ = 100 m (conforme planta).
2. Número total de aspersores funcionando neste setor: 12
3. Vazão da LD = 12 x 1,57 m³/h = 18,84 m³/h = 5,23 10⁻³ m³/s
4. Linha de Derivação de PVC: C_{PVC} = 140
5. F₆ = 0,4339
6. L_E = 10 m

⇒ Como esse trecho está em ascensão na área, usaremos tubo de PVC azul - Linha Fixa – PN 80” com diâmetro nominal de 75 mm. O diâmetro externo desse tubo é de 75,5 mm e a espessura da parede é de 2,5 mm. Assim o diâmetro interno é de 70,5 mm (0,0705 m).

A perda de carga na linha de derivação (hf_{LD}) segue o mesmo procedimento estabelecido para a linha lateral. Assim temos:

$$hf_{LD} = 10,65 \times ((L_{LD} + L_E) / D_{LD})^{4,87} \times (Q_{LD} / C)^{1,85} \times F$$

$$hf_{LD} = 10,65 \times ((100 + 10) / 0,0705)^{4,87} \times (5,23 \times 10^{-3} / 140)^{1,85} \times 0,4339 = 1,33 \text{ m}$$

⇒ O cálculo para determinação da pressão no início da linha de derivação (PIN_{LD}), segue a mesma seqüência estabelecida para cálculo da pressão no início da linha lateral.

$$PIN_{LD} = PIN_{LL} + hf_{LD} + DN_{LD} + ha_{LD}$$

$$PIN_{LD} = 42 + 1,33 + 5 + 1 = 49,33 \text{ m} \approx 50 \text{ m}$$

Setor 2: Linha de Derivação em declive

1. Comprimento da LD₂ = 100 m (conforme planta).
2. Número total de aspersores funcionando neste setor: 12
3. Vazão da LD = 12 x 1,57 m³/h = 18,84 m³/h = 5,23 10⁻³ m³/s
4. Linha de Derivação de PVC: C_{PVC} = 140
5. F₆ = 0,4339
6. L_E = 10 m

A perda de carga na linha de derivação (hf_{LD}) segue o mesmo procedimento estabelecido para a linha lateral. Assim temos:

$$hf_{LD} = 10,65 \times ((L_{LD} + L_E) / D_{LD})^{4,87} \times (Q_{LD} / C)^{1,85} \times F$$

$$hf_{LD} = 10,65 \times ((100 + 10) / 0,0705)^{4,87} \times (5,23 \times 10^{-3} / 140)^{1,85} \times 0,4339 = 1,33 \text{ m}$$

⇒ O cálculo para determinação da pressão no início da linha de derivação (PIN_{LD}), segue a mesma seqüência estabelecida para cálculo da pressão no início do Setor 1, sendo que o desnível é negativo.

$$PIN_{LD} = PIN_{LL} + hf_{LD} + DN_{LD} + ha_{LD}$$

$$PIN_{LD} = 42 + 1,33 - 5 + 1 = 39,33 \text{ m} \approx 40 \text{ m}$$

- É importante observar que a pressão no início do Setor 1 está maior que da pressão no início do Setor 2. Mas esse valor é menor que 15 mca, ou 1,5 kgf/cm², o que é aceitável.
- Quando esses valores estão muito desiguais, é necessário fazer um equilíbrio. A forma mais usual de efetuar esse equilíbrio é dividir a Linha de Derivação em dois ou mais trechos com diâmetros diferentes, de forma que o somatório das perdas de carga nesses trechos compense o desnível e equilibre as pressões.

IV) DIMENSIONAMENTO DA LINHA PRINCIPAL

⇒ A linha principal será de PVC azul - Linha Fixa – PN 80” com diâmetro nominal de 100 mm. O diâmetro externo desse tubo é de 101,6 mm e a espessura da parede é de 3,6 mm. Assim o diâmetro interno é de 94,4 mm (0,0944 m).

A vazão da linha principal será a vazão total do projeto. Portanto, teremos:

- $Q_{LP} = 24 \times 1,57 = 37,68 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0104 \text{ m}^3/\text{s}$

O comprimento da Linha Principal (L_{LP}) será de 182 metros (vide planta).

$$L_E = 5 \text{ m}$$

O desnível entre o ponto de captação e o ponto de conexão da linha principal na linha de derivação é de 10 m (vide planta).

Cálculo da perda de carga na Linha Principal:

$$hf_{LP} = 10,65 \times ((L_{LP} + L_E) / D_{LP})^{4,87} \times (Q_{LP} / C)^{1,85}$$

$$hf_{LP} = 10,65 \times ((182 + 5) / 0,0944)^{4,87} \times (0,0104 / 140)^{1,85}$$

$$hf_{LP} = 4,54 \text{ m}$$

A pressão no início da linha principal (PIN_{LP}) será:

$$PIN_{LP} = PIN_{LD} + DN_{LP} + hf_{LP}$$

$$PIN_{LP} = 50 + 5 + 4,54 = 59,64 \text{ m} \approx 60 \text{ m}$$

V) DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO MOTOBOMBA

- Considerando uma altura de sucção (H_S) de 1,5 m e perdas localizadas na sucção (h_{a_s}) em torno de 0,5 m. Assim teremos:
- *Altura manométrica total (HMT) será: $HMT = PIN_{LP} + H_S + h_{a_s}$*
- *$HMT = 60 + 1,5 + 0,5 = 62 \text{ m}$*
- *Vazão do conjunto motobomba (Q) = $37,68 \text{ m}^3/\text{h}$ (vazão do projeto)*

Consultando catálogos dos fabricantes, temos o seguinte modelo:

- *Marca: Schneider*
 - *Modelo: ME 32150 B 154*
 - *Número de estágio: 2*
 - *Diâmetro do rotor: 154 mm*
 - *Rotação: 3.500 rpm*
 - *Potência do motor: 15 CV*
 - *Diâmetro do bocal de sucção: 3"*
 - *Diâmetro do bocal de recalque: 2 1/2"*
- Deve-se fazer um estudo quanto à cavitação antes de efetuar a compra da motobomba.
 - Iremos instalar válvulas ventosas em locais estratégicos para evitar implosão dos tubos por vácuo (vide planta).

VI) LISTAGEM DO MATERIAL PARA ORÇAMENTO DO PROJETO

1. BOMBEAMENTO E FERTIRRIGAÇÃO					
ITEM	QUANT	UNID.	DESCRIÇÃO	VALOR UNIT.	TOTAL
1	1	pç	Motobomba Schneider, Modelo ME 32150 B 154, Rotor de 154 mm, 2 estágios, 15 CV, 3500 RPM.		
2	1	pç	Chave de partida para Bomba 15 CV		
3	4	pç	Adaptador roscável x soldável (transição Aço-PVC) de 4" x 100 mm		
4	1	pç	Nipel galvanizado de 3"		
5	1	pç	Luva de redução galvanizada de 4" x 3"		
6	1	pç	Curva soldável fêmea de 100 mm PVC		
7	1	pç	Válvula de pé com crivo de 4"		
8	1	pç	Válvula de retenção 4"		
9	1	pç	Registro de gaveta de 4"		
10	1	pç	Curva macho de galvanizada 4"		
11	1	pç	Luva de redução galvanizada de 4" x 2 1/2"		
12	2	pç	Nípel galvanizado 2 1/2"		
13	1	pç	Manômetro glicerina 0 - 20 kgf/cm ²		
1.1 FERTIRRIGAÇÃO					
14	2	pç	Tubo de PVC Marrom LF 25 mm		
15	1	pç	Adaptador Soldável com Flange e Anel para Caixa d'água de 25 mm x 3/4"		
16	2	pç	Registro de Esfera em PVC Soldável de 25 mm		
17	3	pç	Tê de Redução PVC soldável de 100 x 50 mm		
18	3	pç	Redução PVC soldável de 50 x 25 mm		
19	1	pç	Caixa de 1000 litros de plástico + registro de gaveta de 25 mm + conexões (fertirrigação)		
TOTAL				Estimado	12.000,00
2. TUBOS E CONEXÕES PVC					
ITEM	QUANT	UNID.	DESCRIÇÃO	VALOR UNIT.	TOTAL
1	34	pç	Tubo PVC Agropecuário soldável PN60 3/4" (25 mm)	6,00	204,00
2	610	pç	Tubo PVC LF 32 mm	8,00	4.880,00
3	35	pç	Tubo PVC LF 75 mm PN 80	29,00	1.015,00
4	33	pç	Tubo PVC LF 100 mm PN 80	54,00	1.782,00
5	1	pç	Te PVC soldável 100 mm	40,00	40,00
6	190	pç	Te de redução soldável PVC 32mm x 25 mm	3,00	570,00
7	26	pç	Te de redução soldável PVC 75 mm x 50 mm	20,00	520,00
8	30	pç	Redução soldável PVC 32 x 25 mm	1,50	45,00
9	26	pç	Redução soldável PVC LF 50 mm x 32 mm	6,00	156,00
10	2	pç	Redução soldável PVC LF 100 mm x 75 mm	20,00	40,00
11	2	pç	Cap PVC LF 75 mm	12,00	24,00
12	215	pç	Cap PVC roscável 3/4"	3,00	645,00
13	215	pç	Adaptador LR PVC 25 mm x 3/4"	3,00	645,00
14	30	pç	Joelho PVC Soldável 32 mm 90°	2,00	60,00
15	1	pç	Curva PVC soldável 100 mm x 45°	30,00	30,00
16	3	pç	Curva PVC soldável 100 mm x 90°	30,00	90,00
TOTAL					10.746,00

3. EMISSORES E OUTROS					
ITEM	QUANT	UNID.	DESCRIÇÃO	VALOR UNIT.	TOTAL
1	22	pç	Aspersor Naan, modelo 5035, bocais 4,5 x 2,5 (2 de reserva)	26,00	572,00
2	6	pç	Aspersor Naan PC, modelo 5035 setorial, bocal 4,5	26,00	156,00
3	28	pç	Regulador de pressão Fabrimar de 28 mca (2 de reserva)	26,00	728,00
4	1	pç	Válvula Ventosa 1”	60,00	60,00
TOTAL					1.516,00
4. DIVERSOS					
ITEM	QUANT	UNID.	DESCRIÇÃO	VALOR UNIT.	TOTAL
1	4	pç	Adesivo Plástico para Tubos e Conexões de PVC Rígido	20,00	80,00
2	4	pç	Solução Limpadora para Tubos e Conexões de PVC Rígido	20,00	80,00
3	10	pç	Lixa d'água (usada para tirar o brilho das superfícies a serem soldadas)	1,20	12,00
4	10	pç	Estopa	1,80	18,00
TOTAL					190,00
5. OUTROS					
ITEM	QUANT	UNID.	DESCRIÇÃO	VALOR UNIT.	TOTAL
1	110	pç	Estacas de aproximadamente 2,20 a 2,30 m de comprimento x 8 a 10 cm de diâmetro	10,00	1.100,00
2	#	un	Mão-de-obra de montagem		1.500,00
3	#	hs	Horas de máquina para abertura das valetas		3.500,00
TOTAL					6.100,00
				RS	
			Total parcial (sem o item 5)	24.452,00	
			Total parcial/ha (Sem o item 5)	3.779,30	
			Total Geral	30.552,00	
			Total Geral/ha	4.722,10	

4.3 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL

4.3.1 Características do sistema

O sistema de irrigação por aspersão mais automatizado disponível no mercado nacional, é o sistema Pivô Central. Foi criado em 1952 no Estado de Nebraska (EUA), por Frank Zybach, mas até 1960 seu uso não estava consolidado. Entretanto em 1973 já existia nos Estados Unidos cerca de 800.000 ha irrigados por Pivô. Sua fabricação no Brasil iniciou-se em 1978 e até junho de 2001, somente a empresa Asbrasil/Valmont (fabricante do Pivô Valley) já tinha instalado cerca de 6500 Pivôs, irrigando uma área de mais de 520.000 hectares.

O sistema de Pivô Central permitiu a automação de todo o processo. Os primeiros sistemas foram projetados para ajustar-se ao terreno devido à capacidade da tubulação de fletir entre as torres. O desenvolvimento de juntas flexíveis, colocadas em cada torre, permitiu ao sistema adequar-se melhor a várias condições de terreno. Sistemas que controlavam automaticamente a aplicação de água, através de válvulas programadas eletronicamente, foram instalados no leste do Colorado no fim dos anos sessenta.

No Brasil, a região de maior expansão foi a de Guaira - SP, que contava, na safra 80/81, com menos de 20 equipamentos e, na safra 90/91, apresentava em torno de 205 pivôs. OLITTA (1990) confirmou este crescimento através de dados da ABIMAQ/SINDIMAQ, mostrando que, entre 1982 e 1989, foram comercializados no Brasil, em torno de 3000 pivôs.

A fácil aceitação por este equipamento e a alta demanda do mercado fizeram com que a maioria dos fabricantes nacionais de equipamentos de irrigação adquirisse no exterior, sobretudo nos EUA, projetos completos desse equipamento. Desta forma, o sistema de Pivô Central é um dos métodos de irrigação automatizada mais utilizado na atualidade em todo o mundo.

4.3.2 Descrição do sistema

É um sistema de irrigação por aspersão que opera em círculo, constituído de uma linha lateral com aspersores, ancorada em uma das extremidades e suportada por torres dotadas de rodas, equipadas com unidades propulsoras, que na maioria das vezes são compostas por um motorreductor de 1 ou 1,5 CV, que transmite o movimento, mediante um eixo cardã, aos redutores das rodas existentes nas torres móveis, que são do tipo rosca sem fim. Desta forma, a linha lateral realiza um giro de 360° em torno da torre central. A velocidade de rotação das torres móveis é regulada por um relê percentual, localizado no painel de controle, que comanda a velocidade da última torre de acionamento.

Em virtude de que cada torre descreve uma circunferência de raio diferente, suas velocidades de deslocamento deverão ser diferentes. Portanto a última torre controla a velocidade das demais. O alinhamento das torres é garantido por um sistema localizado em cada torre, que liga e desliga o sistema de propulsão.

A estrutura do equipamento é rígida, composta por tubulação, cantoneiras, suportes e barras de tensão, fabricadas em aço zincado. Um conjunto motobomba de acionamento elétrico ou a diesel, fornece água pressurizada ao sistema, com vazão e pressão de acordo com o projeto.

Objetivando aumentar a área irrigada, parte da linha lateral se projeta além da última torre e em sua parte final pode-se colocar um aspersor de grande raio de alcance. Dá-se o nome de balanço a esta tubulação final. Nos sistemas de baixa pressão, atualmente mais comumente usados, utiliza-se uma bomba “booster” para funcionamento deste canhão final (Figura 14B).



FIGURA 14B - Pivô Central com canhão final irrigando pastagem.

4.3.3 Operação do Sistema

O sistema de Pivô Central deverá ser projetado para aplicar uma lâmina de água suficiente para atender o pico de demanda da forrageira. O equipamento deverá ser manejado de tal forma que promova a aplicação de água necessária para manter um bom nível de

armazenamento de água no solo. Por isso é importante fazer análise física do solo e se possível traçar a curva de retenção de água do solo. Assim o solo terá umidade próxima à capacidade de campo, antes de iniciar o período de consumo da máxima da planta.

O processo de abastecimento de água é feito por um conjunto motobomba, que é levada até o Pivô por uma adutora que pode ser de aço zincado, PVC. Materiais como ferro fundido, alumínio e fibrocimento já foram usados, porém não se usa mais. O acionamento do conjunto motobomba pode ser feito de acordo com a conveniência do irrigante, mas eletricidade e diesel são os mais usados. A propulsão do Pivô é geralmente elétrica, embora exista propulsão hidráulica.

A velocidade de rotação de cada torre e do avanço da linha de distribuição é determinada pela velocidade da última torre. Para isso regula-se o relê percentual de acordo com a necessidade. Se regularmos em 50%, indica que a última torre se movimentará por um período de tempo, cujo valor depende do fabricante e ficará parada pelo mesmo espaço de tempo. Se o sistema de alinhamento falhar e alguma unidade desalinhar excessivamente, um dispositivo de segurança é acionado e o sistema para automaticamente, evitando o tombamento do Pivô.

4.3.4 Divisão da área para manejo dos animais no Pivô

A divisão da área em piquetes tem sido realizada de formas diferentes. Algumas favorecem o manejo da pastagem e dos animais e outras favorecem o manejo da irrigação e da fertirrigação. É realmente difícil encontrar uma maneira que favoreça as duas situações. O que devemos, fazer é analisarmos a situação e optarmos pela forma de dividir a área irrigada.

A mais utilizada é a forma de pizza (Figura 15), pois dentre outras coisas, favorece em muito o processo de fertirrigação. A área de lazer pode ser feita no centro ou na periferia do Pivô. Quando instalada no centro, temos observado problemas de compactação na região de estreitamento e formação de grande quantidade de lama na ocasião de uma chuva. A vantagem é a facilidade construção, manejo, distribuição de bebedouros e cochos de sal mineral.



FIGURA 15 – Divisão em pizza, com área de lazer no centro do Pivô (Fonte Valley).

Quando há possibilidade de construir a área de lazer na periferia do Pivô, os problemas citados anteriormente deixam de existir (Figura 16).



FIGURA 16 – Pivô com divisão em pizza, com área de lazer na periferia.

A seguir discutiremos algumas formas de divisão da área que podem ser usadas, evidenciando as principais vantagens e limitações.

4.3.5 Área de lazer na região central do Pivô

- A área de lazer é na região central (Figura 17), contendo várias divisões, normalmente em torno de 30 piquetes.

- Os animais são trocados de piquete ao final de cada dia.
- Temos observado que mesmo quando ocorre uma chuva de pequena intensidade, com a concentração e pisoteio dos animais, há uma significativa formação de lama na região central e grande compactação e assoreamento da região dos piquetes próximo à área de lazer.

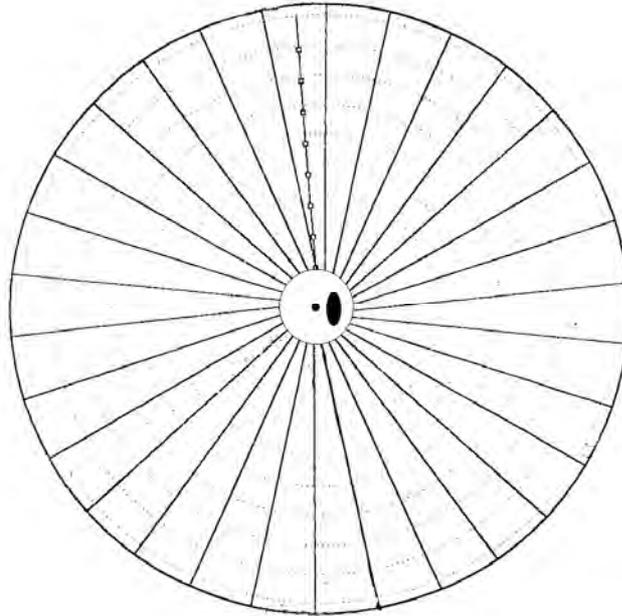


FIGURA 17 – Modelo tradicional com divisão em 30 piquetes.

4.3.6 Área de lazer na parte externa do Pivô

- A variação em relação ao modelo descrito no item anterior, é com relação à posição da área de lazer, que neste caso, é colocada na periferia do Pivô (Figura 18).
- É necessário fazer um corredor na sua extremidade, para que os animais tenham acesso à água e ao sal mineral. Normalmente é utilizado cerca fixa na construção deste corredor.
- Quando se usa este modelo, deve-se construir mais de uma área de lazer em pontos estratégicos na periferia do Pivô, dependendo do tamanho e da condição de instalação. Com isso aumenta-se a área por animal, evitando-se a concentração, como ocorre quando a área é central e obviamente os problemas advindos deste processo. Estas áreas de lazer possuem ainda a vantagem de servir as pastagens externas, integrando-as ao manejo do Pivô.

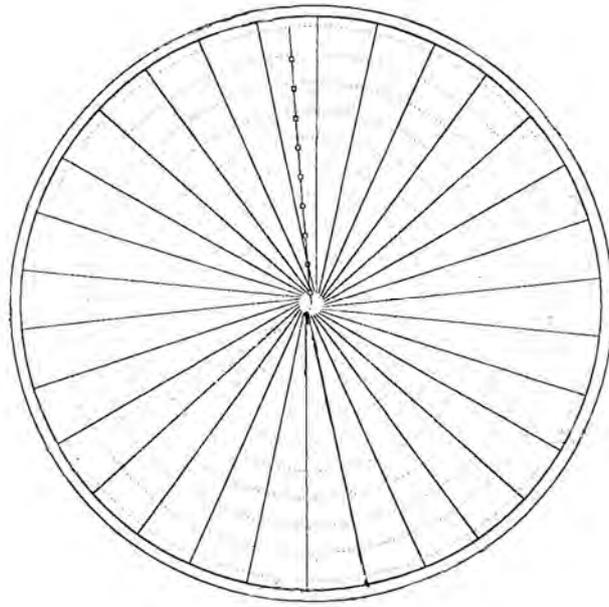


FIGURA 18 – Disposição dos piquetes e do corredor no modelo tradicional.

A divisão dos piquetes pode ser feita com cercas fixas ou móveis, sendo que essas últimas têm sido as mais usadas, pela facilidade de mudança e pela economia de arame. Normalmente usa-se um carretel com um cabo de aço de 1,6 mm de diâmetro, colocando um fio a cerca de 70 cm e o outro a 110 a 120 cm de altura em relação ao solo. Em uma área de 100 ha, um funcionário gasta cerca de 1 hora para mudança das cercas e a formação do piquete (Figura 19).



FIGURA 19 – Detalhe do carretel e da divisão com cerca móvel eletrificada.

4.3.7 Vantagens e limitações no uso de pivô central na irrigação de pastagens

O sistema de irrigação pivô central apresenta vantagens e limitações em relação aos demais sistemas de irrigação.

a) Vantagens:

- Possibilidade de automação e conseqüente diminuição da mão-de-obra para efetuar a irrigação.
- Facilidade de implantação de um sistema de manejo racional do uso da água e energia elétrica;
- Boa uniformidade de aplicação da água, devido à característica de deslocamento do equipamento;
- Possibilidade de deslocamento tanto no sentido horário ou anti-horário. Com isso, após completar uma irrigação, o sistema estará posicionado para o início de uma nova irrigação;
- Possibilita a aplicação de químicos (inseticidas, herbicidas, fungicidas, nematicidas, dessecantes, micronutrientes, acaricidas, etc.) e de dejetos líquidos de suíno e bovino, via água de irrigação.

b) Limitações

- Perda de área de aproximadamente 20%, devido à forma circular do equipamento. Se tivermos uma área de 800 m x 800 m, isto é, 64 ha, o maior Pivô que poderá ser instalado é de 400 m de raio, ou seja, 50,26 ha. Isto representa 21,5% de área não irrigada a não ser que se instale outros equipamentos;
- A intensidade de aplicação de água no final do Pivô pode atingir valores muito altos, dependendo do modelo, do tamanho e da lâmina média projetada. Pode ser um grave problema para determinados tipos de solos;
- Não e adapta a qualquer condição de topografia;
- Possui um elevado custo inicial, de manutenção, quando comparado aos sistemas de aspersão em malha;
- Necessita de assistência técnica especializada, para manutenção e reparos.

OBS: O dimensionamento de Pivô Central é feito com software próprios.

4.4 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR AUTOPROPELIDO

4.4.1 Características gerais

O autopropelido foi um dos primeiros sistemas de irrigação mecanizados que surgiram no Brasil. Apesar de existirem desde 1960 nos Estados Unidos em escala comercial, só foram importados no início da década de 70. Em 1975 começaram a ser produzidos e comercializados no país, seguindo duas linhas básicas de produção, a de propulsão por pistão e por turbinas hidráulicas. Outros mecanismos de deslocamento que foram utilizados por alguns fabricantes, como hidrocâmaras e torniquetes hidráulicos, deixaram de ser utilizados.

Teve grande aceitação entre os produtores de cana-de-açúcar e em usinas de produção de álcool, sendo utilizado para irrigação e distribuição de vinhaça.

A irrigação utilizando autopropelido surgiu da necessidade de irrigar cada vez maiores áreas, com menor utilização de mão-de-obra. Este equipamento apresenta uma razoável adaptação a culturas de porte elevado e a terrenos irregulares. Atualmente os modelos comercializados irrigam áreas de 15 a 70 hectares e existem o modelo tracionado a cabo de aço e pela própria mangueira de polietileno, que é o mais comumente comercializado (Figura 20).



FIGURA 20 – Autopropelido tracionado pela própria mangueira de polietileno e por cabo de aço (mais antigo).

Consta basicamente de um aspersor que se desloca sobre a área a ser irrigada, molhando faixas individuais. Após a irrigação de uma faixa, o equipamento é transportado para outra, seguindo uma seqüência de irrigação. No final desta seqüência, toda a área deverá estar irrigada e a máquina disponível para iniciar um novo ciclo de irrigação.

É um equipamento que se locomove utilizando energia hidráulica da água de irrigação, podendo ser tracionado no campo, utilizando um cabo de aço ou a própria mangueira de condução de água. A energia despendida no deslocamento do aspersor vem do processo de transformação da energia hidráulica em energia mecânica. Normalmente a transformação se dá por meio de turbinas ou pistão. A diferença que o modelo tracionado por mangueira apresenta em relação ao modelo tracionado por cabo aço consiste no emprego de mangueira flexível de polietileno de média densidade (PEMD) para provocar movimento do aspersor, instalado sobre um chassi com duas ou quatro rodas pneumáticas, devido ao tracionamento provocado pelo enrolamento da mangueira no carretel. Na realidade o princípio de funcionamento não difere muito, sendo a maior diferença a exclusão do cabo de aço nesses modelos.

São indicados para irrigação em faixas, com larguras que variam de 24 a 96 metros e comprimento de até 900 metros, com declividades máximas em torno de 20 %. O aspersor deverá deslocar-se em nível ou subindo em terrenos de relevo pouco inclinados. Quando o aspersor tem que movimentar em área de declive, pode ocorrer um embolamento da mangueira (Figura 21).

Esquema de Funcionamento

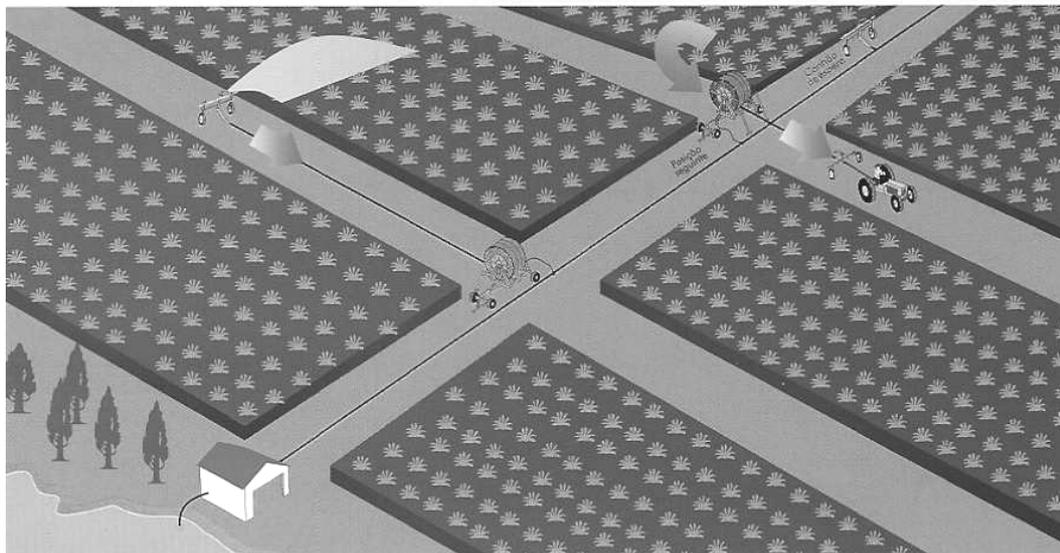


FIGURA 21 - Esquema de funcionamento do autopropelido.

Neste tipo de sistema de irrigação, normalmente são usados aspersores de grande alcance (alta pressão de funcionamento). Associado a isto, tem-se uma elevada perda de carga na mangueira que acompanha o canhão e no dispositivo de movimentação (turbina ou pistão hidráulico) do equipamento. Por isso, dentre os sistemas de irrigação pressurizados, o autopropelido é considerado como o de maior consumo de energia por unidade de área

irrigada. SCALOPPI (1986) comparou o consumo de energia entre os sistemas de irrigação por aspersão convencional, pivô central e autopropelido. Os resultados obtidos mostraram que o sistema autopropelido foi o de maior consumo de energia, superando todos os outros equipamentos.

Um outro aspecto importante é o tamanho de gotas produzidos por estes canhões hidráulicos. Além do tamanho, possuem grande energia cinética, podendo danificar as partes tenras das plantas e causar desagregação superficial do solo, ocasionando encrostamento e erosão.

A ação do vento deve ser sempre considerada nos projetos de irrigação por aspersão, principalmente quando se usa aspersores de grande alcance. Os sistemas de irrigação do tipo autopropelido são muito sensíveis à influência do vento, principalmente devido à elevada pressão de funcionamento e da elevada altura do jato.

5 – FERTIRRIGAÇÃO EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

5.1 FERTILIZANTES UTILIZADOS NO PROCESSO DE FERTIRRIGAÇÃO

Em sistemas de irrigação de pastagens é possível a utilização de aplicação de fertilizantes via água de irrigação. No Brasil este processo começou com a aplicação de nitrogênio, em diferentes culturas.

Existem um grande número de fertilizantes usados para aplicação via água de irrigação e a escolha se processa conforme a situação de cada caso. Podem ser usados na forma líquida ou sólida.

Os fertilizantes líquidos são produtos que contém nutrientes em suspensão ou em solução, podendo conter um único elemento ou uma combinação deles. Infelizmente no Brasil o preço dos fertilizantes líquidos é consideravelmente alto.

Os fertilizantes sólidos são mais utilizados pela facilidade de aquisição e pelo preço menor, quando comparado com os fertilizantes líquidos. Existem no mercado vários fertilizantes sólidos que contém N, P, K e micros, em elemento isolado ou em combinação, os quais são dissolvidos e aplicados no fluxo de água via irrigação.

Na escolha dos fertilizantes sólidos devemos considerar aspectos importantes tais como:

- **Solubilidade:** devem ser usados os bem solúveis e no caso de se utilizar mais de um fertilizante, deve-se observar a compatibilidade entre eles, para que não ocorram precipitações.
- **Pureza:** os fertilizantes devem possuir alto grau de pureza, para evitar entupimento nos bocais dos aspersores.
- **Poder corrosivo:** normalmente os fertilizantes apresentam poder corrosivo variável, podendo ocasionar danos aos equipamentos. É necessário o equipamento ficar funcionando por um determinado tempo, após o término da fertirrigação, para lavar o equipamento.

A fonte de nitrogênio mais usada é a uréia. Por ser bastante solúvel, normalmente não causa problemas. Tem crescido consideravelmente a utilização de Map em pó como fonte de P e de cloreto de potássio em pó, como fonte de K. A solubilidade destes fertilizantes é bem superior à forma granulada.

a) As principais vantagens que esta prática apresenta são:

- Economia de mão-de-obra e de máquinas;

- Possibilidade de aplicação no momento exato em que a planta necessita;
- Facilidade de parcelamento e controle;
- Possibilidade de aplicar o produto em qualquer fase cultural;
- Distribuição uniforme com a água de irrigação;
- Maior flexibilidade das operações;
- Maior eficiência na utilização de nutrientes;
- Menor dano físico a cultura e à cultura;
- Simplificação de práticas culturais, pois possibilita a aplicação simultânea de produtos químicos;
- Possibilidade de aplicação de produtos orgânicos, tais como, dejetos líquido de suínos e bovinos.

b) As limitações mais importantes são:

- Necessidades de aquisição de equipamentos de injeção;
- Elevado custo dos adubos líquidos e mais purificados;
- Ausência de informação sobre dosagens, tipo de fertilizantes, modo e época de aplicação para algumas situações.

5.2 PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS EM FERTIRRIGAÇÃO

Os fertilizantes químicos a serem aplicados por equipamentos como ejetores e bombas, através do sistema de irrigação, devem ser miscíveis. Os principais métodos de ejeção serão abordados a seguir.

5.2.1 Bombas centrífugas acionadas por motores elétricos

Para utilização de bombas centrífugas de multiestágios, deve ser instalada uma caixa de 1000 a 8000 litros, onde será preparada a solução de fertilizantes. A bomba multiestágio (Figura 22) injetará a solução da caixa, em um ponto escolhido da adutora, que deverá ser sempre após a válvula de retenção, para evitar que haja refluxo da solução de fertilizantes para a fonte de água, se por ventura houver um problema no fornecimento de energia elétrica no momento da fertirrigação.

Este processo apresenta um inconveniente, que é o desgaste prematuro da bomba multiestágio, principalmente dos rotores, devido ao pH da solução de fertilizantes. Devido a isso, aconselha-se efetuar após a fertirrigação, uma lavagem da bomba. Pode ser feito

provocando um refluxo da água de irrigação da adutora. Uma outra opção seria a utilização de materiais termoplásticos, como o Noryl, se tomar cuidado de instalar um filtro de tela (100 mesh), já que este material não apresenta resistência a atrito (abrasão).



FIGURA 22 - Bomba centrífuga de multiestágios injetando fertilizante.

Devemos misturar a solução de adubo com um misturador que é construído sobre a caixa de fertirrigação e instalado nos moldes que foi mostrado no sistema de irrigação em malha (Figura 23).



FIGURA 23 – Detalhe do misturador e da proteção da sucção da bomba de fertirrigação, instalada para evitar entupimento dos rotores dessa bomba.

5.2.2 Bombas de pistão

São bombas injetoras e possuem grande precisão na dosagem dos produtos químicos. A pressão de injeção pode ser ajustada entre 0,5 a 15 kgf/cm², o que atende a praticamente todos os equipamentos de irrigação. As partes em contato com a solução a ser injetada são em aço inoxidável e são projetadas com redutor para o serviço pesado com saída dupla. As vazões de injeção variam de 30 a 3500 l/h, conforme o modelo e o fabricante. Normalmente vêm com a carreta tanque e com o misturador interno. Podem ser usados por mais de um equipamento de irrigação, já que podem ser transportadas de um local para outro (Figura 24). Seu custo é alto e o custo de manutenção também é elevado.



FIGURA 24 - Bombas de pistão com carreta e misturador.

5.2.3 - Sistema de injeção direta

É um sistema muito utilizado na irrigação em malha. Deve-se tomar muito cuidado para não ir fertilizante para o local de captação e com isso contaminar o manancial. O mais simples é ligar direto na sucção da bomba uma caixa de 1000 ou 3000 litros (Figuras 25A a 25F). Para fins práticos é o de mais fácil manejo. Pode-se fazer a fertirrigação logo no início de cada irrigação. Gasta-se pouco tempo para fazê-la e o restante da irrigação limpará o sistema, evitando uma excessiva corrosão das partes metálicas, principalmente da bomba do projeto de irrigação. Deixa-se uma saída no recalque da bomba para encher a caixa de fertirrigação. A montagem é simples e funcional, apesar de apresentar alguns riscos e desvantagens.



FIGURA 25A – Caixa de fertirrigação instalada diretamente na sucção da bomba de irrigação (injeção direta).



FIGURA 25B - Ligação da caixa de fertirrigação direto na sucção da bomba



FIGURA 25C - Detalhe da montagem do agitador da caixa de fertirrigação

Detalhe da montagem da caixa de fertirrigação.

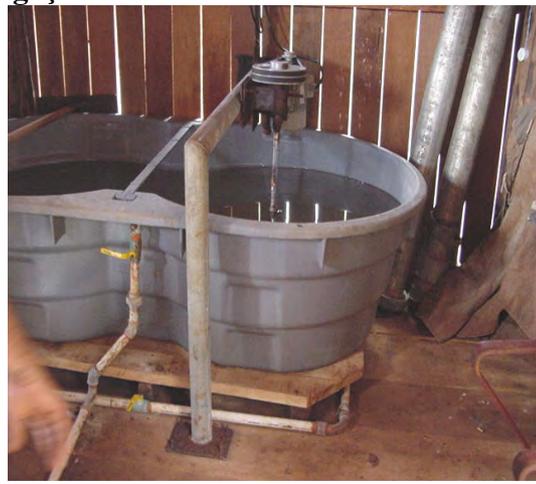
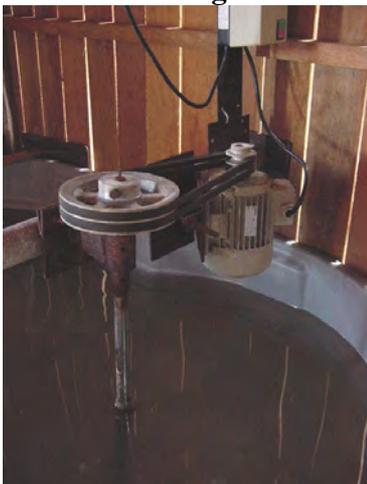


FIGURA 25D - Detalhe do misturador, feito com um motor de ½ CV de baixa rotação.

Diâmetro das polias: Motor de 1750 RPM = 40 a 50 mm e Eixo da hélice = 350 mm.

5.2.4 Esquema de Montagem da Fertirrigação do Tipo Misturador com Turbina de Ar.

Dentro da caixa de fertirrigação será montada uma tubulação perfurada conforme Figura 25E. Os tubos são de PVC Marrom DN 50 mm PN 80. Esta tubulação será ligada a Turbina da ELAM, através de um mangote. O motor que aciona a turbina poderá ser de 1 ou 2 CV, dependendo do modelo (Figura 25F). Deste modo, quando ligar a turbina, sairá ar pelos furos da tubulação, promovendo à agitação do conteúdo da caixa de fertirrigação e conseqüentemente a diluição dos fertilizantes. Blocos de concreto darão sustentação aos tubos de PVC.



FIGURA 25E: Tubulação de PVC de 50 mm perfurada, com registro de esfera, mangote de acoplamento para turbina e pesos de concreto nas laterais.



FIGURA 25F: Turbina de ar para solubilização do fertilizante.

5.3 APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNO NOS SOLOS

A criação de suínos no Brasil é uma atividade predominantemente de pequenos produtores e aproximadamente 80% dos suinocultores possuem propriedades de até 100 hectares. Essa atividade encontra-se presente em 46,5% das 5,8 milhões de propriedades existentes no Brasil, empregando principalmente mão-de-obra familiar, tornando-se uma importante fonte de renda e de estabilidade social (IBGE, 1999).

KIEHL (1985) afirma que os efeitos proporcionados pela matéria orgânica, justificam a aplicação de dejetos de suínos no solo. Tais efeitos podem ser divididos em efeitos físicos, caracterizados pelas modificações na estrutura do solo, pelo aumento da capacidade de retenção de água, pela redução da plasticidade e coesão e pela uniformização da temperatura. Os efeitos químicos caracterizam-se pelo aumento da capacidade de troca catiônica, pela formação de quelatos e pelo aumento do poder tampão. A intensificação das atividades microbianas e enzimáticas dos solos, é o principal benefício do efeito biológico.

De acordo com AZEVÊDO (1991), com o aumento da quantidade de dejetos de suínos adicionados ao solo, houve elevação dos teores de N, K, P, S, Ca e Mg, evidenciando o potencial do resíduo de suínos como fertilizante para pastagem de capim-gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.).

A aplicação de efluentes no solo por meio de sistemas de irrigação pode ser caracterizada como aplicação normal e a aplicação como tratamento, que possui como objetivo principal a maximização da quantidade aplicada sem provocar contaminação ambiental.

Segundo KONZEN (2002), em experimento realizado na cultura de milho em Patos de Minas-MG, foram testadas doses até 180 m³ de dejetos de suínos no ciclo por hectare, alcançando uma produtividade de 7.000 kg ha⁻¹ e não se observou um efeito residual. O autor afirmou que no terceiro ano após a aplicação dessa dose, a produção da parcela igualou-se à da testemunha sem adubação. Esse mesmo autor cita que em pastagem de Tanzânia e Mombaça no Mato Grosso do Sul foram obtidas produções da ordem de 8.000 kg de matéria seca por hectare por mês, utilizando-se fertirrigação com dejetos líquidos de suíno, em doses de 180 m³ de dejetos por hectare. Com isso pode-se obter uma redução de 85% na aplicação de fertilizante químico nessas áreas.

Os custos com transporte e mão-de-obra para aplicação de esterco, têm feito com que se busquem alternativas mais econômicas, como a aplicação via água de irrigação. Nos Estados Unidos, o uso de sistemas de irrigação utilizados para aplicação de esterco líquido, apresentava uma tendência de crescimento desde o início da década de 70. Dependendo de sua origem, o adubo animal pode conter 60 a 80% de líquido. A maior concentração de

nutrientes está na porção líquida do esterco. Desta forma, a aplicação de esterco líquido em um sistema de irrigação é uma alternativa de reciclagem recomendável, considerando um sistema hidraulicamente bem projetado e operado de modo correto.

Segundo DRUMOND (2003), em experimento realizado em Uberaba-MG, com aplicação de dejetos líquidos de suíno (DLS) via sistema de irrigação, em pastagem de Tifton 85, obteve-se alta produção de Matéria Seca, conforme pode ser visualizado na Figura 25G. Nesse experimento foi estabelecido um ciclo de pastejo a cada 28 dias.

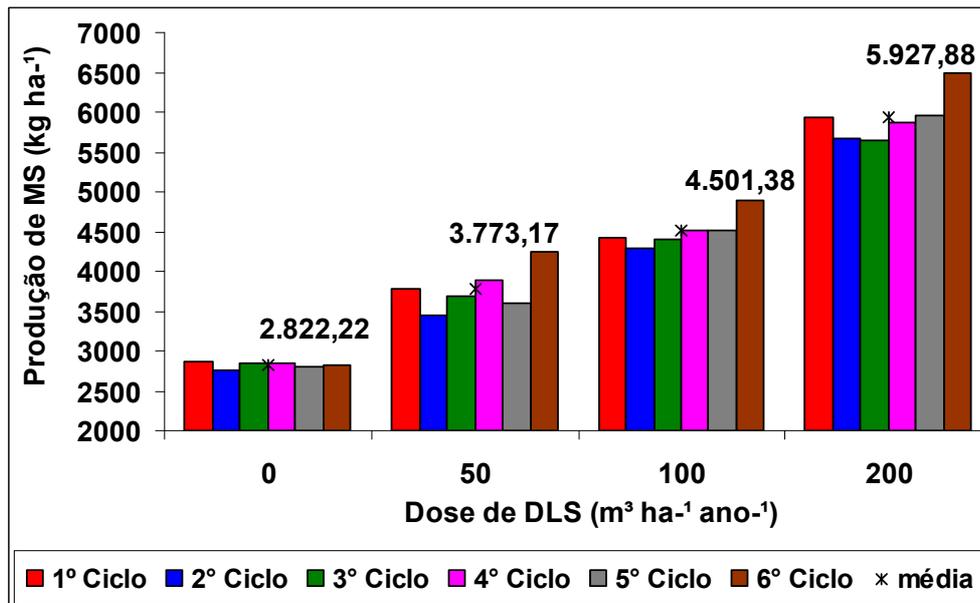


FIGURA 25G – Produção de matéria seca para as diferentes doses aplicadas de DLS.

Ocorreu um aumento de cerca de duas vezes na produção de MS no tratamento onde foram aplicadas doses de 200 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de DLS, em relação ao tratamento onde foi aplicada somente água.

Resultado semelhante de aumento na produção de MS foi obtido por ROSA et al. (2002), com aplicação de dejetos de suínos no capim braquiarião (*Brachiaria brizantha cv. Marandu*), trabalhando com doses de 100, 150 e 200 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, em Goiânia-GO. Os autores concluíram que a aplicação de 200 m³ de dejetos por hectare por ano proporcionou a produção de 8518 kg de MS ha⁻¹ por ciclo de 35 dias. Essa produção foi superior a produção de 8049 kg de MS ha⁻¹ por ciclo, obtida com a aplicação de 3,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 18 kg ha⁻¹ de K₂O por tonelada de matéria seca de forragem colhida por hectare + 160 kg ha⁻¹ de N + micronutrientes.

Esses resultados estão também em conformidade com os obtidos por BARNABÉ (2001), que trabalhando com esta mesma forrageira obteve um aumento de 156% na produção de MS ha⁻¹ em relação à testemunha, aplicando 150 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos de suíno.

As pesquisas com aplicação de dejetos como fertilizantes, têm apresentado resultados evidenciando que podem e devem ser utilizados como insumo útil e econômico na produção agropecuária, partindo do princípio de que o resíduo de um sistema pode constituir em insumo para outro sistema produtivo. Essas pesquisas demonstram que é possível utilizar a aplicação de dejetos de suínos para recuperação de pastagens nativas, considerando que existem cerca de 100 milhões de hectares dessas pastagens no Brasil. Os primeiros resultados de pesquisa foram desenvolvidos pela Universidade Federal de Santa Maria-RS, realizando aplicação de dejetos de suínos durante os anos de 1998 e 1999.

Com aplicação de 180 m^3 de dejetos de suíno por ha, em pastagem de braquiário em Rio Verde-GO, foi possível dobrar a capacidade de lotação (KONZEN, 2002).

Alguns experimentos têm sido desenvolvidos mostrando o efeito da aplicação de DLS na produção de grãos. Segundo o autor a dose a ser aplicada de DLS deve seguir o princípio de exportação de nutrientes para produção das culturas. O autor cita que em pesquisa realizada pelo Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, em Patos de Minas-MG, foram obtidas produtividades crescentes variando de 5.179 a 7.657 kg de milho por ha, com aplicação de 45 a $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos de suínos, respectivamente. Foi observado que não ocorreu efeito da aplicação de nitrogênio em cobertura, levando à conclusão que as quantidades de dejetos aplicadas supriram as necessidades em nitrogênio para produções de 7.000 a 8.000 kg de milho por hectare. A pesquisa demonstrou ainda que os dejetos de suínos apresentam baixo efeito residual, mesmo com doses de $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

De posse das informações apresentadas no projeto de irrigação, cabe a conclusão de que os estudos realizados ao se implantar o projeto, possibilita implementar um Manejo Racional de Água e Energia Elétrica, de forma a utilizar de modo sustentável esses recursos.

Em função desta tomada de decisão, os custos para cada unidade de área irrigada, podem sofrer alterações, principalmente devido aos possíveis reajustes dos equipamentos utilizados no projeto.

Constantes medições são realizadas nos projetos, para avaliar a uniformidade de irrigação, a eficiência de aplicação de água, bem como a produção e qualidade da forragem, capacidade de suporte ao longo das estações do ano e acompanhamento da fertilidade do solo. As recomendações de adubação são embasadas em análise química do solo, realizadas periodicamente em laboratórios idôneos. As dosagens de nutrientes que são recomendadas são embasadas na extração de cada nutriente pela forrageira, sempre com a preocupação de evitar qualquer tipo de contaminação ao meio ambiente.

De posse desses dados, é possível realizar todo e qualquer ajuste no sistema de produção

intensivo irrigado, para conseguir manter a eficiência desejada e o garantir desenvolvimento sustentável do projeto.

Com relação a aplicação de dejetos líquidos de suínos em pastagens, via sistema de irrigação, tem apresentado resultados evidenciando que podem e devem ser utilizados como insumo útil e econômico na produção agropecuária, partindo do princípio de que o resíduo de um sistema pode constituir em insumo para outro sistema produtivo. É importante observar que os resultados dessas pesquisas têm mostrado que para cada tonelada de matéria seca produzida em pastagens intensificadas, as forrageiras retiram em média do solo cerca de 15 kg de Nitrogênio, 15 kg de Potássio, 1,5 kg de Fósforo e 1,5 kg de enxofre, além dos micronutrientes.

6 – MANEJO RACIONAL DA IRRIGAÇÃO

O manejo racional de qualquer projeto de irrigação deve considerar aspectos sociais e ecológicos (Lei 9.433 de 08/01/97 - Política Nacional de Recursos Hídricos) e procurar maximizar a produtividade, minimizar os custos, aumentar a eficiência no uso da água e da energia, mantendo as condições de umidade do solo, favoráveis ao bom desenvolvimento da planta, bem como melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo, pois isso afetará a vida útil do projeto.

Qualquer planejamento e qualquer operação no manejo da irrigação, temos que considerar parâmetros que dependem do sistema de irrigação adquirido, da cultura a ser irrigada, do solo, do treinamento da mão-de-obra, da uniformidade de aplicação e da relação solo-água-clima-planta (DRUMOND, 2003).

É de capital importância que no projeto de irrigação não seja considerado apenas a captação e a condução d'água, ou somente a aplicação d'água dentro da parcela, mas sim uma operação integrada, incluindo, também, a equidade na distribuição da água, as práticas culturais. Caso essa integração não seja considerada, quer por falta de planejamento, quer por erro de manejo, a eficiência do projeto e sua vida útil serão muito prejudicadas.

Qualquer planejamento e qualquer operação de um projeto de irrigação com que se visem à máxima produção e à boa qualidade do produto, usando de maneira eficiente a água, requerem conhecimento das inter-relações entre solo-água-planta-atmosfera e manejo de irrigação.

Infelizmente, as práticas de irrigação em uso são, geralmente, baseadas em costumes herdados ou em conveniências particulares, em vez de analisar as condições presentes.

De modo geral, ao iniciar-se um projeto de irrigação, deve-se procurar aumentar a produção, minimizar a deterioração da estrutura do solo e a perda de nutrientes economizar trabalho, energia e água. Devemos lembrar que o déficit d'água causa decréscimo acentuado nas atividades fisiológicas, principalmente na divisão e no crescimento das células e, em consequência, no crescimento das plantas. A capacidade de retenção da água na zona radicular depende, basicamente, da textura e da estrutura do solo, da profundidade efetiva do sistema radicular da cultura e da profundidade da camada de solo.

Após a instalação do sistema e durante o primeiro ciclo de irrigação, fazem-se necessárias a análise e a calibração do sistema, a fim de que se possa implementá-lo, de modo que as demais irrigações sejam conduzidas com eficiência.

O correto manejo de um sistema de irrigação deve gerar dados necessários ao acompanhamento, a análise e a avaliação que deve ser realizada periodicamente. Um dos

parâmetros de maior importância na condução de um sistema de irrigação é a determinação da uniformidade de aplicação de água pelo equipamento de irrigação.

Todo projeto de irrigação que foi ajustado, permite que as operações de programação das irrigações, monitoração e avaliação do sistema sejam mais precisas.

Sempre que possível, deve-se usar o procedimento de irrigação com turno de rega variável, pois permite a adequação da irrigação às diferentes fases do desenvolvimento vegetativo da cultura, bem como à variação da demanda evapotranspirométrica ao longo do ciclo da cultura. Para esse caso, pode-se usar os recursos que discutiremos a seguir.

O futuro da irrigação busca sistemas que sejam eficientes no uso de água, energia e no uso de insumos. Isso pode ser conseguido com engenharia e manejo. Os princípios importantes que são:

- Interação solo-água-planta-atmosfera;
- Não existe uma receita geral;
- A análise é geral, mas decisão é local;
- A proposta de manejo deve considerar componentes técnicos e operacionais.

O sistema implantado para o manejo, tem que ser eficiente na decisão sobre a lâmina de irrigação, estabelecer corretamente o intervalo entre irrigações, ter controle do processo de aplicação de fertilizantes via água de irrigação (fertirrigação) e ter capacidade de gerenciar situações distintas.

Depois de implantado o sistema, deve-se fazer periodicamente uma avaliação da uniformidade de aplicação de água. Sistemas de aspersão deve ter uniformidade mínima de 80%. Uma uniformidade de 80% significa que 80% da área está recebendo a lâmina projetada e que 20% estaria recebendo uma lâmina superior ou inferior a projetada. O teste de uniformidade deve ser realizado por um profissional experiente, pois dará subsídios para determinar qualquer problema no sistema. É uma forma de saber se o equipamento está operando de forma eficiente. Torna extremamente importante quando se faz uso da fertirrigação, pois se a uniformidade de aplicação de água estiver abaixo do recomendado, com certeza estará distribuindo com desuniformidade os fertilizantes (DRUMOND,2001).

6.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA MANEJO DA IRRIGAÇÃO

Para determinarmos a lâmina de projeto, temos que considerar a condição de solo e climática local. Deve-se lançar mãos dos dados de anos anteriores e considerar as

precipitações prováveis durante as épocas de irrigação. É necessário o conhecimento da evapotranspiração da cultura (ETc). Vários são os equipamentos utilizados nesta determinação. Vamos abordar os que estão sendo mais utilizados nas áreas irrigadas.

6.1.1 - Tanque Classe A

Possui custo relativamente baixo e é de fácil manejo (Figura 26). Mede a evaporação de uma superfície livre de água, associada aos efeitos integrados da radiação solar, umidade relativa, vento e temperatura. A evapotranspiração pode ser estimada multiplicando a evaporação medida no tanque por um coeficiente que depende das condições de instalação e das condições meteorológicas da região.

$$ET_o = EV * K_p \quad \text{eq. 3}$$

onde,

ET_o = evapotranspiração potencial de referência, mm;

EV = evaporação do Tanque Classe A, mm;

K_p = coeficiente do tanque (Tabela 8), adimensional.



FIGURA 26 – Tanque Classe A.

TABELA 8 – Coeficientes do tanque Classe A, recomendados pela FAO.

Exposição A Tanque circundado por grama*					Exposição B Tanque circundado por solo nu*			
UR % (média)		Baixa 40%	Média 40- 70%	Alta 70%		Baixa 40%	Média 40-70%	Alta 70%
Vento (km/dia)	Posição do tanque R (m)*				Posição do tanque R (m)*			
Leve <175	1	0,55	0,65	0,75	1	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60	0,70
Moderado 175-425	1	0,50	0,60	0,65	1	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55	0,60
Forte 425-700	1	0,45	0,50	0,60	1	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,75
	100	0,60	0,65	0,75	100	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55
Muito forte >700	1	0,40	0,45	0,50	1	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40	0,45

Fonte: FAO, 1985.

6.1.2 - Tensiômetros

É um método direto para determinação da tensão de água no solo. É constituído de uma cápsula de porcelana, ligada a um tubo de acrílico ou PVC. A leitura pode ser feita diretamente através de um manômetro ou com leitor digital, sendo este último bem mais preciso.

O tensiômetro (Figura 27) só tem capacidade para leituras de tensão até 0,75 bar, ou seja, - 0,75 bar. Sendo assim ele cobre uma parte da água útil no solo. Em solos argilosos, cobre cerca de 40% e em solos arenosos, cerca de 70%. Para uma utilização precisa do tensiômetro, é necessário conhecer a curva de retenção de água no solo. Esta é uma limitação, pois a análise é normalmente demorada e é realizada por poucas instituições.



FIGURA 27 – Tensiômetros digital e o analógico instalado na pastagem com gaiola de proteção.

6.1.3 - Estações meteorológicas automáticas

São equipamentos utilizados para determinar parâmetros do clima que atuam na demanda de água para atmosfera (Figura 28). Quando se adquire um equipamento com este, torna-se possível determinar temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, insolação, radiação, índice pluviométrico (chuva), umidade de folhas, temperatura de solo, etc.

É muito interessante comprar equipamentos que fornecem leituras médias no campo, pois isto torna o manejo simplificado e facilita a tomada de decisão a nível de campo. Normalmente acompanha a estação um software que ajuda no manejo racional da água e da energia elétrica. O preço das estações é cerca de U\$ 4.500,00.



FIGURA 28 – Estação automatizada instalada no Pivô Central.

6.2 AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA

Segundo Drumond e Aguiar (2005), em todo projeto de irrigação, temos que avaliar a uniformidade de aplicação de água do equipamento (Figuras 29). Para esta avaliação utilizamos coletores, distribuídos de maneira eqüidistante ao longo do equipamento ou em torno do aspersor. O tempo de teste varia com o equipamento. O resultado deste teste representa o desempenho do equipamento. Uma uniformidade ruim irá afetar consideravelmente o processo de distribuição do fertilizante, isto é, a fertirrigação.

Diversos coeficientes são usados para expressar esta uniformidade, destacando-se o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD).

Um CUC de 88% significa que 88% da área está recebendo a lâmina desejada e que 12% estará recebendo uma lâmina maior ou menor que a projetada, o que é muito bom para irrigação por aspersão (Figura 30).

Em irrigação por aspersão, é recomendável que se tenha uma uniformidade maior ou igual a 85% ($CUC \geq 85\%$). Os equipamentos devem ser avaliados uma vez por ano, pois dará subsídio ao técnico para manejo e manutenção do equipamento.

Segundo a FAO o Brasil desperdiça cerca de 30% da água nos sistemas de irrigação. A média de consumo de água em projetos sem nenhum programa de manejo é de 13.000 m³/ha/ano, enquanto que em sistemas de irrigação bem manejados, esse gasto é de 7.500 m³/ha/ano, o que representa uma economia de 42%.

Um aumento da uniformidade de 65% para 85%, pode-se economizar cerca de 109.000 m³ de água, gerando uma economia de 46.167 KWh de energia elétrica.



FIGURA 29 - Avaliação de um Pivô recém instalado.

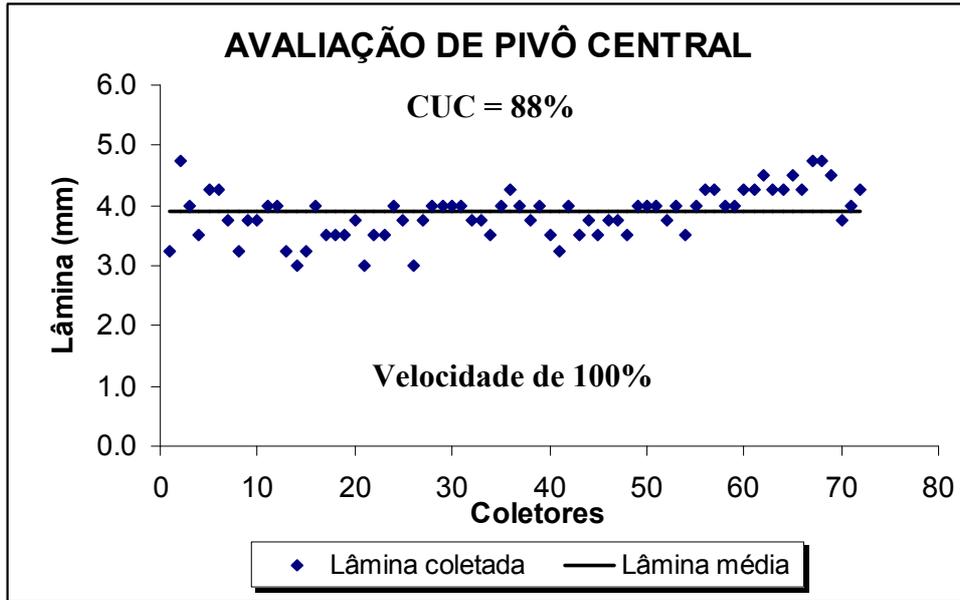


FIGURA 30 – Gráfico da uniformidade de um Pivô Central.

7. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. de P. A.; DRUMOND, L. C. D. Pastagem irrigada via pivô central para produção de carne. **Revista ABCZ**, n. 22, Uberaba, p 68-72, setembro-outubro/2004.
- AGUIAR, A. P. A.; DRUMOND, L. C. D. **Pastagens Irrigadas**. In: CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM MANEJO DA PASTAGEM. Uberaba: FAZU, 2002. 86p.
- AGUIAR, A. de P. A.; SILVA, A. M. Técnicas de medição da pastagem para planejamento alimentar ao longo do ano em sistema de pastejo. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE, 2, Lavras, 2002. **Anais ...** Lavras: NEPEC/UFLA, 2002. p. 109-164.
- AGUIAR, A. de P. A., DRUMOND, L. C. D., FELIPINI, T. M., PONTES, P. O., SILVA, A. M. Capacidade de suporte de pastagens dos capins Mombaça, Tanzânia e Tifton 85 submetidas a manejo intensivo de pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. p. 271-275.
- AGUIAR, A. de P. A. DRUMOND, L. C. D, FELIPINI, T. M., PONTES, P. O., SILVA, A. M. Taxa de acúmulo de forragem em pastagem dos capins Mombaça, Tanzânia e Tifton 85 submetidas a manejo intensivo do pastejo. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 5 , Uberaba. **Anais...** Uberaba: ABCZ/FAZU, 2003. p. 271-275.
- ALENCAR, C. A. B. Seca Atenuada. **DBO Rural**. São Paulo, v.17, n.220, p.44-52, Fevereiro, 1999.
- ALVIM, M. J.; RESENDE, H.; BOTREL, M. A. Efeito da frequência de cortes e do nível de nitrogênio sobre a produção e qualidade da matéria seca do “coast-cross” In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO *Cynodon*. Juiz de Fora, abril, 1996. **Anais...** Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1996. p.45-56.
- ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A.; NOVELLY, P. E. Produção de gramíneas tropicais e temperadas, irrigadas na época da seca. **Revista RBZ**. Viçosa: v.15, n.5, p 384-93, 1986.
- BALSALOBRE, M. et al. Pastagens Irrigadas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 20, Piracicaba, 2003. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 265-296.
- BENEDETTI, E.; DEMETRIO, R. A.; COLMANETTI, A. L. Avaliação da resposta do cultivar Tanzânia (*Panicum maximum*) irrigado em solo de cerrado brasileiro. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE LA LECHE. 7., La Havana, Cuba, 14 a 18 março, 2000. **Anais...** La Habana: FEPALE, 2000. 179p.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: UFV, 1995. 657 p.
- CORSI, M. Manejo do Capim Elefante sob Pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 10, Piracicaba, 1993. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. V. 1, p. 143-169.
- CORSI, M.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Manejo de pastagens para a produção de carne e leite. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15. Piracicaba, 1998. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. 296p.

CORSI, M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do. Princípios de fisiologia em morfologia de plantas forrageiras aplicados no manejo da pastagem. In: Manejo de Pastagem. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1989. p. 113-152.

COUTINHO, A. C. **A irrigação de pastagens.** In: Relatório CEMIG. Uberaba: CEMIG, 2000. 36p.

DOVRAT, A **Developments in Crop Science 24: Irrigated forage production.** Amsterdam, ELSEVIER, 1993. 257p.

DRUMOND, L.C.D; AGUIAR, A.P.A. Irrigação de Pastagem. 1 ed. Uberaba: L. C. D. Drumond, 2005. 210 p.

DRUMOND, L. C. D. **Aplicação de água residuária de suinocultura por aspersão em malha: desempenho hidráulico e produção de matéria seca de Tifton 85.** 2003, 102f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

DRUMOND, L. C. D. Irrigação ou Pastagens. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 5 , Uberaba. **Anais...** Uberaba: ABCZ/FAZU, 2003. p. 119-130.

DRUMOND, L. C. D. Irrigação de pastagens. In: AGUIAR, A.; DRUMOND, L. C. D. CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO E MANEJO DA PASTAGEM.2001, Uberaba. **Anais...** Uberaba: FAZU, 2001. p. 30 - 57.

DRUMOND, L. C. D.; FERNANDES, A. L. T. **Irrigação por aspersão em malha para cafeicultura familiar.** Uberaba: UNIUBE, 2004. 88p.

DRUMOND, L. C. D.; FERNANDES, A. L. T. **Irrigação por aspersão em malha.** Uberaba: UNIUBE, 2001. 84p.

EMBRAPA. Variações hídricas em áreas de pastagens. Disponível em: <<http://www.embrapa.gadodecorte.com.br>> Acesso em: 21 de setembro de 2004.

FAO (Roma, Itália). **Production year book.** 1984. V. 38, 1985.

GALBIATTI, J. A.; CASTELLANE, P.D.; GARCIA, A. Efeito da irrigação e de adubação mineral e orgânica no desenvolvimento e produtividade da cebola, cultivar Piralopes. **Revista Científica**, Jaboticabal, v.20, n.2, p.371-8, 1992.

GHELFHI FILHO, H. **Efeito da irrigação sobre a produtividade do capim elefante (Pennisetum purpureum. Schum).** 1972, 97p. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Piracicaba.

GOMES, H. P. **Engenharia de Irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, Aspersão e Gotejamento.** João Pessoa: UFPB, 1994. 334 p.

KLAPP, E. **Prados e pastagens.** 2. ed. Lisboa: FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN, 1971. 872p.

MANTOVANI, E. C. **Manejo da Irrigação na Cafeicultura.** Coleção Cafeicultura Irrigada. Uberaba: Editora Universidade de Uberaba, 2002. 97p.

- MARTINEZ, R. O. Milk production of grazing costcross bermudagrass (*Cynodon dactylon*). **Cuba Journal Agricultural Science**, La Habana, v.14, n.2, p.225-32, 1981.
- MYERS, L. F. **Water and irrigated pastures. Australian grasslands.** Camberra: AUSTRALIAN NATIONAL UNIVERSITY PRESS, 1973. p.260-73.
- OLITTA, A. F. **Os métodos de irrigação.** São Paulo: Livraria Nobel, 1986. 267p.
- OLIVEIRA, R. A. **Desempenho de bomba centrífuga operando com esterco bovino líquido.** 1996, 73p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa – Viçosa.
- PINHEIRO, V. D. **Viabilidade econômica da irrigação de pastagem de capim Tanzânia em diferentes regiões do Brasil.** 2002. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, T. J. D.; REIS, R. A. Adaptação de plantas forrageiras às condições adversas. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS. Jaboticabal, novembro, 1993. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1993. 245p.
- RODRIGUEZ, M. M. Producción de leche a partir de accesiones de especies del genero *Cynodon* en Cuba. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO *CYNODON*. Juiz de Fora, abril, 1996. **Anais...** Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1996. 181p.
- ROLIM, F. A. Estacionalidade de produção de forrageiras. In: Pastagens: fundamentos da exploração racional. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p.533-66.
- SCALOPPI, E. J. Critérios básicos para seleção de sistemas de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.139, p.54-63, 1985.
- VIEIRA, D. B. Projeto de irrigação por aspersão. Curso de elaboração de projetos de irrigação. **Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica.** Brasília, n.10, p.1-162, 1986.
- VILELA, D.; ALVIM, M. J. Produção de leite em pastagens de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. Cv. “coast-cross”. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO *Cynodon*. Juiz de Fora, abril, 1996. **Anais...** Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1996. p.77-93.