

POSSIBILIDADES DA UTILIZAÇÃO DA FERTIRRIGAÇÃO EM GRAMADOS

Roberto Lyra Villas Bôas¹ & Leandro José Grava de Godoy²

¹ Professor do Departamento de Recursos Naturais /Ciência do Solo, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, C.P. 237, 18603-970, Botucatu – SP. rlvboas@fca.unesp.br. ² Doutorando em Agricultura, Departamento de Recursos Naturais /Ciência do Solo, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP. legodoy@laser.com.br.

1. INTRODUÇÃO

As áreas de gramados têm sido utilizadas para as mais diversas finalidades, quer sejam de lazer ou comercial. Incluem-se campos de golfe, espaços públicos abertos à população, campos de futebol, pistas de corrida para cavalos, jardins residenciais ou públicos, além de áreas específicas destinadas a produção de tapetes de gramas.

O nível de manutenção dos gramados nessas diversas áreas apresenta-se de modo bastante diferenciado. Gramados residenciais, de áreas públicas, aeroportos, canteiros de rodovias são áreas de baixa manutenção, enquanto, gramados esportivos, como campos de futebol e de golfe, requerem uma alta manutenção com o emprego de tecnologias. Para essas duas situações extremas, tanto a irrigação como a adubação, são essenciais.

A prática de irrigação tem alcançado nas últimas décadas, consideráveis avanços no aprimoramento de métodos de irrigação e no melhor uso do equipamento, que em muitos casos, tem sido apenas para aplicação de água. Hoje, no entanto, sabe-se que o sistema de irrigação é um excelente condutor e distribuidor de qualquer produto químico ou orgânico, entre eles os fertilizantes.

O uso da tecnologia da fertirrigação, aplicação de fertilizantes e/ou outros agroquímicos via água de irrigação, está clara e diretamente associada a culturas de alto valor comercial e a regiões com bom nível de desenvolvimento em agricultura irrigada. Embora a fertirrigação esteja associada a culturas de alto valor agregado e a fertilizantes “especiais” solúveis, é um engano supor que esta seja uma tecnologia “cara”. Primeiro porque injetores de fertilizantes tem preços inferiores a adubadeiras convencionais. Segundo porque com o uso eficiente do método ficam evidentes as reduções de custos com mão-de-obra e energia para aplicação, além da minimização das perdas de fertilizantes. Terceiro porque tal tecnologia preconiza alto controle e precisão de aplicação, favorecendo de forma contundente a grandes aumentos de produtividade e qualidade.

A adubação utilizada tanto em gramados já estabelecidos como em formação, na grande maioria das vezes, no Brasil é aplicado na forma sólida. O objetivo desse texto é discutir a possibilidades da fertirrigação em gramados, nos mais diversos níveis de tecnologia, mostrando as suas vantagens e limitações em relação à aplicação convencional de adubo na forma sólida.

2. CONDIÇÕES BÁSICAS PARA A FERTIRRIGAÇÃO

Uma das condições básicas para o adequado fornecimento de fertilizantes via água de irrigação é que o sistema esteja adequadamente dimensionado e que a água seja aplicada de forma homogênea em toda a superfície irrigada. A desuniformidade na aplicação de água resulta em enormes variações na quantidade aplicada de fertilizantes, e nunca a aplicação de fertilizante poderá ser mais uniforme que a aplicação de água. Portanto, é importante que o sistema de irrigação que se pretende

utilizar para aplicar fertilizantes seja previamente avaliado quanto à uniformidade de distribuição de água (Figura 1).

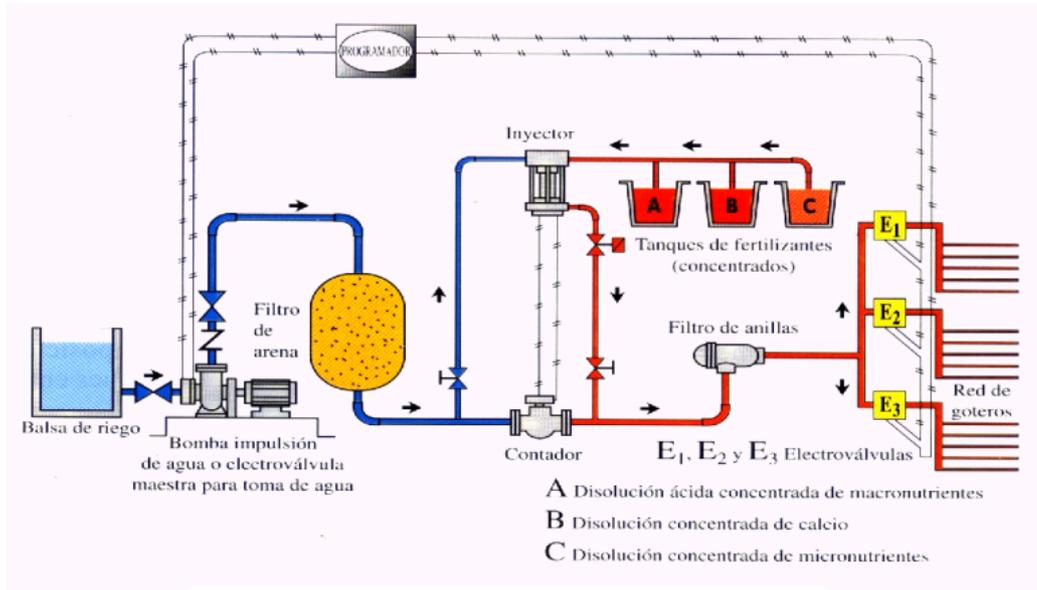


Figura 1. Esquema dos equipamentos necessário para a fertirrigação.

Para isso existem cálculos, através da coleta sistematizada de água em vários pontos do sistema que indicam valores de distribuição da mesma. Para valores abaixo de 85% de uniformidade, recomenda-se reavaliar os emissores ou o próprio sistema de irrigação, pois além do sistema estar promovendo déficit e ou excesso hídrico, mais intensamente deverão ocorrer áreas onde a quantidade de nutrientes poderá gerar excesso ou falta de nutrientes aplicados por esse sistema.

Outro aspecto a ser considerado é que determinados sistemas de irrigação são mais eficientes na aplicação de água, quer seja pelo seu desenho, quer pela qualidade dos equipamentos que o compõe. Para gramados, a aplicação de água não deve ser restrita a faixas e sim aplicada em área total através da irrigação por a aspersão ou microaspersão (figura 2).

Para os sistemas de irrigação por aspersão além do dimensionamento do sistema, a velocidade do vento é importante na distribuição de água e nutrientes. Uma vantagem da aspersão em relação à irrigação localizada, muito utilizada para a fertirrigação em algumas culturas, diz respeito à velocidade da água nas tubulações de distribuição, o que diminui a sedimentação das partículas sólidas conduzidas pela água e com isso, há menores riscos de obstrução das tubulações e dos emissores.



Figura 2. Diferentes tipos de sistemas de irrigação em diferentes gramados: a – irrigação por aspersão (aspersor retrátil) em campo de futebol; b - irrigação por canhão hidráulico em campo de produção de grama; c - irrigação por pivô central em campo de produção de grama; d – irrigação por aspersão em jardim.

3. VANTAGENS E LIMITAÇÕES DA FERTIRRIGAÇÃO

A fertirrigação apresenta vários benefícios em relação ao uso do adubo sólido que serão apresentados a seguir:

- A aplicação utiliza o sistema de irrigação para transportar os fertilizantes, portanto, há uma economia no uso de máquinas e pessoal, além do que, o equipamento necessário para injeção do fertilizante no sistema é mais barato que um distribuidor de fertilizante sólido. Ex: no La Cantena Golf Club de 81 ha são necessários quatro homens para realizar a adubação com fertilizante sólido em um período de 10 horas, enquanto, com a fertirrigação é possível fazer a mesma adubação em 20 minutos necessitando de uma única pessoa;
- Diminuição do tráfego de máquinas na área, diminuindo compactação (Figura 3);



Figura 3. Trator com adubadora realizando a aplicação do fertilizante sólido causando compactação do solo. Marca feita de espuma branca necessária para não haver sobreposição ou deixar de adubar uma faixa do gramado.

- Permite precisão na aplicação do fertilizante, principalmente em baixas dosagens e também a aplicação de micronutrientes, precisão esta não alcançada pelos equipamentos que distribuem fertilizantes sólidos em área total (Figura 4);

- Permite que os fertilizantes sejam aplicados em doses que possibilitam controle da coloração e crescimento dos gramados;
- Como a aplicação ocorre junto com a irrigação permite maior uso do gramado;
- Por ser aplicado parceladamente e incorporado ao solo com a água apresenta maior eficiência de aproveitamento dos nutrientes aplicados. Ex.: 2 kg N ha⁻¹ x 16 aplicações via fertirrigação ao invés de 49 kg N ha⁻¹ aplicado na forma sólida (convencional);
- Permite melhor controle da profundidade de distribuição dos nutrientes no perfil, diminuindo lixiviação;
- Permite adubar separadamente cada setor, segundo a necessidade do gramado, como ocorre nos campos de golfe para “green”, “tee” ou “fairway”.



Figura 4. A uniformidade da fertirrigação realizada em campo esportivo dependerá da uniformidade do sistema de irrigação. A uniformidade da aplicação de fertilizante sólido dependerá da calibração da adubadora, do operador e da qualidade do adubo, toda vez que for realizar a adubação. Exemplo de uma adubação convencional (fertilizante sólido) realizada de modo desuniforme causando manchas no gramado.

- Reduz a possibilidade de queima pelo adubo, uma vez que as soluções aplicadas são diluídas;
- Permite automatização e controle mais efetivo do sistema.
- Possibilita a aplicação de fertilizantes em locais em que a grama foi recém plantada ou onde foi realizado um “overseeding” sem prejudicar as plantas pelo tráfego ou pessoas que seriam necessários para a adubação sólida (Figura 5)
- Permite a sincronização com a necessidade nutricional da grama, evitando excesso e queima.
- Possibilidade de aplicar outros produtos químicos (fungicidas, inseticidas, herbicidas, etc.)



Figura 5. Realização da fertirrigação ao redor de alguns bancos de areia em um campo de golfe em implantação garantindo o pegamento do gramado sem a necessidade do tráfego de máquinas ou pisoteio por pessoas.

3.1 As principais limitações da fertirrigação são:

- uso incorreto desta técnica, na maioria das vezes devido à falta de informações adequadas e utilização de forma empírica;

- por utilizar mais técnica, a fertirrigação tem exigido mais conhecimento quer seja de irrigação, fisiologia vegetal, nutrição de plantas, o que reforça a necessidade de uma reciclagem de conhecimentos para os técnicos que estarão envolvidos em divulgar e colocar em prática as recomendações para uma fertirrigação dentro de padrões técnicos exigidos;
- uso de fertilizantes solúveis e com melhor nível de pureza, que normalmente são mais caros que os utilizados na adubação sólida, além do que, restringe o uso de alguns fertilizantes com baixa solubilidade;
- sistema de irrigação não uniforme quanto à aplicação de água ou que contenha obstáculos ou anteparo (como árvores) que impeçam adequada distribuição de água ;
- possibilidade de corrosão de partes metálicas que não apresentam proteção quando o manejo do adubo não for adequado;
- possibilidade de entupimento de emissores de baixo calibre, em sistemas de baixa pressão, provocados por resíduos não solúveis dos adubos, sedimentos ou organismos (algas, bactérias) que se formam dentro da tubulação.
- condições de elevada pluviosidade, onde o sistema de irrigação não tem necessidade de ser ligado, há restrições a aplicação de fertilizantes, porém, deve-se lembrar que também para a aplicação de adubos sólidos, essa é uma situação de dificuldade.
- Pode ocasionar a formação de algas em “bunkers” nos campos de golfe ou em calçadas em jardins;

4. SISTEMA DE DILUIÇÃO E INJEÇÃO DE FERTILIZANTES

A unidade de fertirrigação é composta de um injetor de fertilizante, um tanque estoque, onde o fertilizante será diluído (quando usado fertilizante na forma sólida), válvula de retenção e um filtro (posterior a injeção do fertilizante) com finalidade de reter partículas insolúveis em água.

Os tanques devem ser preferencialmente de materiais que não sofram corrosão como plástico, fibra de vidro, aço inoxidável e alvenaria azulejada ou com pintura epoxi. Deve-se evitar tanques metálicos, de amianto ou alvenaria sem revestimento, uma vez que tais materiais reagem com os produtos químicos, vindo a liberar partículas para a solução.

Há ainda a possibilidade do uso de tanques instalados sobre rodas, e tracionados por trator, como os utilizados para pulverização, que movimentam e injetam a solução no sistema através de bombas elétricas, hidráulica ou acionada pela tomada de potência do trator. A vantagem desse sistema é que a solução poderá ser injetada setorialmente somente nos ramais cuja adubação seja necessária.

Outro aspecto importante com relação aos reservatórios da solução contendo fertilizantes é o seu volume. Esse dimensionamento deverá levar em conta a quantidade de fertilizante que será diluída (obedecendo as constantes de solubilização dos fertilizantes) A quantidade aplicada (que será diluída no tanque) está diretamente relacionada à frequência da fertirrigação (diária, semanal, a cada 10 dias), ao estágio fisiológico da planta, a manejos específicos como por exemplo melhoria de coloração do gramado e ao equipamento que se irá fazer a injeção do fertilizante (as taxas de injeção variam de 1:12 a 1:1000).

Quanto aos equipamentos usados para a injeção dos fertilizantes na água de irrigação, estes podem ser de diferentes tipos, utilizando a própria energia do sistema ou acionados por energia externa ao mesmo. A seguir será descrito na forma de tópicos as principais vantagens e desvantagens dos diferentes sistemas de injeção (figuras 6 e 7):



Figura 6. Esquema dos equipamentos necessário para a fertirrigação.

a) Sucção

- uso simples
- solução pode ficar contida em tanques abertos
- a taxa de injeção é dependente da sucção
- provoca corrosão no corpo da bomba
- possibilidade de automação
- perigo de retorno da solução à fonte de água - prevenção do refluxo

b) Tanque de derivação de fluxo

- tanque pressurizado, reforçados e com volume limitado
- capacidade de injeção é definida pelo volume do tanque
- tanque normalmente metálico (suportar alta pressão)
- custo médio R\$500,00
- sistema de fácil operação
- a concentração da solução no tanque diminui exponencialmente
- vazão variável de 10 a 500 litros/ hora
- tanques com bolsas plásticas internas que conterão os fertilizante

c) Venturi

- custo de R\$100,00 a R\$1000,00
- uso simples
- perda de pressão no sistema (30%)
- pode-se utilizar bomba “booster” ligada em série
- vazões variando de 10 a 2000 litros/ hora
- apresenta limitações para automação

d) Bombas injetoras de acionamento hidráulico

- utiliza energia hidráulica para seu acionamento
- apresenta preço elevado R\$1000 (250 L/h) até R\$5000,00 (5000 L/h)
- equipamento portátil e leve
- depende da linha de recalque
- necessita de uma pressão mínima para operação
- pode apresentar injeção de fertilizante proporcional a vazão

e) Bombas injetoras de acionamento elétrico

- necessitam de energia elétrica ou combustível
- podem ter capacidade de injeção ilimitada
- requerem materiais anticorrosivo como aço inoxidável ou plástico especiais

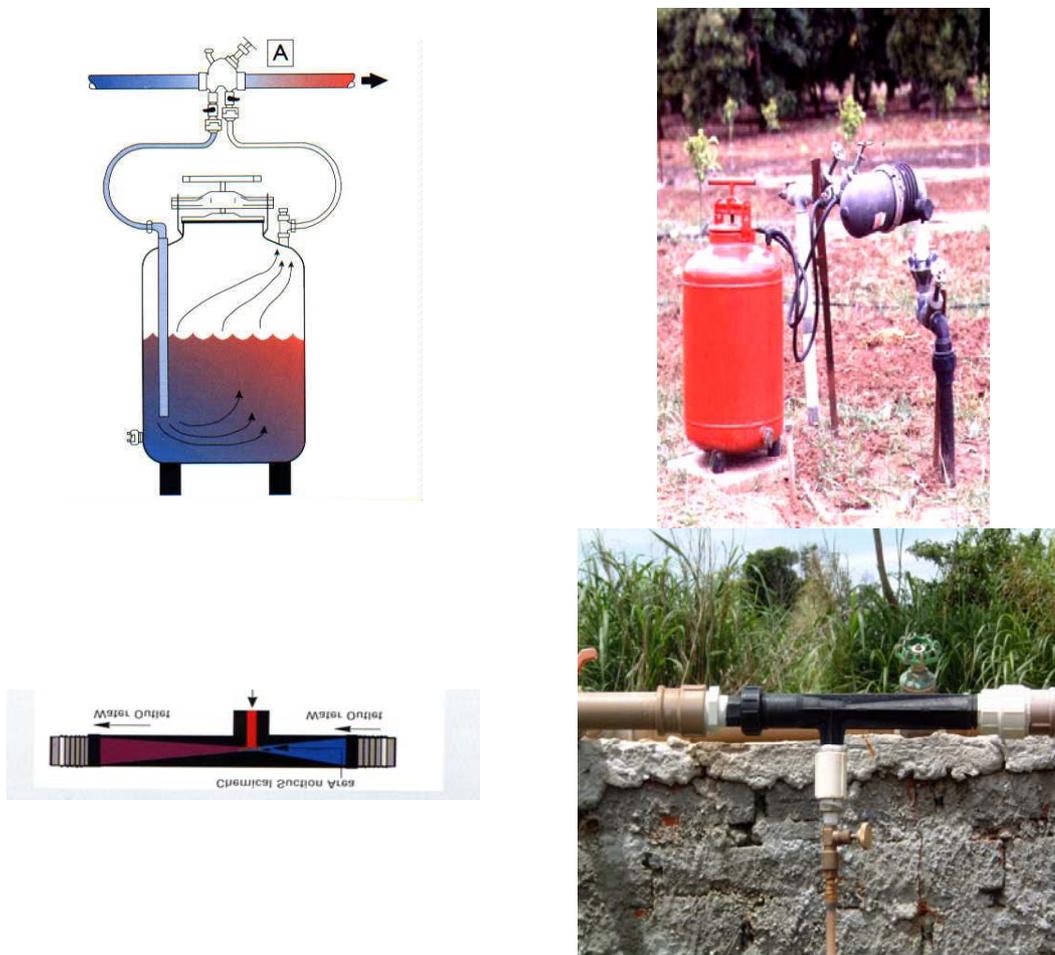


Figura 7. Esquema dos equipamentos necessário para a fertirrigação.

Na aplicação de fertirrigação, quando ocorre em diversos setores ao mesmo tempo, deve-se ter o cuidado para que a solução injetada seja proporcional ao volume de água aplicado. Na prática, esse efeito pode ser conseguido automatizando o volume injetado através de um condutivímetro de leitura contínua ou utilizando injetores proporcionais, conhecidos comercialmente pelo nome Dosatron ou Dosmatic (figura 8).



Figura 8. Esquema dos equipamentos necessário para a fertirrigação.

A seleção do sistema de injeção mais adequado para cada situação irá depender dos seguintes aspectos: custo do equipamento; princípio de funcionamento e fonte de energia; pressão disponível no sistema; interesse de automação; precisão e fidelidade de funcionamento e assistência técnica e facilidade para mover o equipamento podendo ser utilizado em diversas áreas.

5. FERTILIZANTES UTILIZADOS NA FERTIRRIGAÇÃO

Na fertirrigação, os fertilizantes convencionalmente utilizados são os minerais que apresentam alta solubilidade em água. Porém, recentemente, tem ocorrido um aumento muito grande de produtos solúveis de origem orgânica no comércio brasileiro.

Entre os produtos orgânicos utilizados na fertirrigação estão os produtos a base de substâncias húmicas os quais envolvem grupos funcionais chamados de ácidos húmicos e ácidos fúlvicos. Segundo Maggioni et al. (1987) esses ácidos podem influenciar a absorção de nutrientes via efeito enzimático, através da atividade da ATPase dependente de K^+ e Mg^{+2} . Outros efeitos foram observados como a mudança de permeabilidade de membrana plasmática e estímulo da atividade de muitas enzimas (figura 9).



Figura 9. Esquema dos equipamentos necessário para a fertirrigação.

Um outro grupo de produtos orgânicos aplicados em fertirrigação são os chamados biofertilizantes. Os biofertilizantes podem ter origens diversas. São produtos da fermentação orgânica, na presença de água. O efluente de um biodigestor é um exemplo de biofertilizante. Em outros casos, as fontes orgânicas são selecionadas de modo a atingirem após a fermentação, determinada concentração de nutrientes. Para compor esse fertilizante podem ser misturadas num tanque para posterior fermentações: torta de mamona, farinha de sangue, farinha de peixe, farinha de osso, farinha de osso calcinada, cinza de usina, casca de café, calcário de conchas, fubá, melação, leite, fonte de microorganismos (EM) e alguns sais como o sulfato de zinco, de magnésio, bórax, molibdato de sódio e sulfato de cobalto. Esse material fica um determinado tempo fermentando, é filtrado e aplicado no solo através de gotejamento.

5.1 Solubilidade dos fertilizantes

Para se alcançar êxito na fertirrigação deve-se utilizar fontes de alta solubilidade para que, na solução aplicada, a concentração de nutrientes seja, de fato, a calculada. Outro aspecto importante da solubilidade é que alguns fertilizantes que não apresentam dissolução completa podem causar entupimento nos emissores, principalmente de menor calibre.

Na prática, a solução aplicada na fertirrigação é misturada em tanques de capacidade variada e, posteriormente, essa solução é injetada no ramal principal através de vários equipamentos, onde é diluída. Por isso, a concentração no reservatório pode chegar a ser 200 vezes maior que a solução que sai nos emissores.

No preparo da solução, deve-se observar a solubilidade de cada fertilizante a fim de que todo fertilizante dissolvido permaneça na solução.

Na Tabela 1 (citada por Vitti et al. 1994) são apresentadas as solubilidades de vários fertilizantes a uma temperatura (20°C). Quando a temperatura da água estiver abaixo da apresentada na tabela, menor quantidade de fertilizante será solubilizada. Por isso, principalmente no inverno, é necessário avaliar a temperatura da água antes de se proceder a solubilização dos fertilizantes, pois, freqüentemente se opera à temperatura da água inferior a 20°C . A própria mistura de fertilizantes pode promover o abaixamento da temperatura da água, em função das reações de dissolução absorverem calor. É o que ocorre quando fertilizantes nitrogenados são solubilizados. Segundo Vivancos (1992), o nitrato de amônio (33,5% N) aplicado numa concentração de 10 g L⁻¹ promove abaixamento em 2°C na temperatura da solução, porém numa concentração de 100 g L⁻¹ a temperatura diminui em 7,2°C.

Em casos de fertilizantes de baixa solubilidade, como ocorre para o bórax, pode-se fazer inicialmente o aquecimento da água para solubilizar e, posteriormente, proceder à mistura com os demais fertilizantes.

5.2 Pureza dos fertilizantes

Assim como a temperatura, a pureza do fertilizante pode interferir na sua solubilidade. Como a solubilidade, normalmente, é determinada a partir de produtos puros (p.a.), deve-se considerar que os valores tabelados são máximos e podem ser aplicados apenas a fertilizantes com alto grau de pureza. Para fertilizantes comerciais o limite de solubilidade normalmente é mais baixo.

Tabela 1: Solubilidade de alguns fertilizantes.

NITROGENADOS (N)	SOLUBILIDADE ¹
Nitrato de Amônio	118
Nitrato de Cálcio	102
Sulfato de Amônio	71
Uréia	78
Nitrato de Sódio	73
Uran	ALTA
FOSFATADOS (P)	
Super Fosf. Simples	2
Super Fosf. Triplo	4
Ácido Fosfórico	45,7
POTÁSSICOS (K)	
Cloreto de Potássio	34
Sulfato de Potássio	11
N e P	
Map	23
Map Purificado	37
Dap	40
N e K	
Nitrato de Potássio	32
CONTENDO Ca e Mg	
Cloreto de Cálcio pentahidratado	67
Sulfato de Magnésio	71
Gesso	0,241
CONTENDO MICRONUTRIENTES	
Bórax	5
Sulfato de Cobre	22
Sulfato de Cobre Pentahidratado	24
Sulfato de Ferro	24
Sulfato Ferroso	33
Sulfato de Manganês	105
Sulfato de Zinco	75
Quelatos (Fe, Cu, Mn e Zn) EDTA, DTPA,	ALTA

TABELA 1. PARTES SOLUBILIZADAS EM 100 PARTES DE ÁGUA A 20° C.

Deve-se, também, estar atento a fertilizantes que apresentem: a) condicionadores (usados para prevenir a quebra dos grânulos), b) substâncias como óleo ou parafina, que revestem os fertilizantes que têm problemas de higroscopicidade, c) argilas presentes nos adubos fluidos para manter o potássio em suspensão, d) outras impurezas, como óxido de ferro, presentes no cloreto de potássio vermelho, etc. Fertilizantes com estas características devem ser evitados na fertirrigação.

Em termos de características físicas dos fertilizantes sólidos para uso em fertirrigação deve-se dar preferência àqueles que se apresentam na forma de cristais, que em função do tamanho de grânulo reduzido, solubilizam-se mais facilmente em relação aos granulados.

5.3 Compatibilidade dos fertilizantes

A compatibilidade entre os adubos e destes com os íons presentes na água de irrigação é outro fator de suma importância. No preparo das soluções muitas vezes é necessário misturar de mais de uma fonte de fertilizante. Nesse caso, deve-se recorrer aos quadros de compatibilidade como o da Figura 10, apresentado por Landis, (1989), a fim de se certificar se a mistura pode ou não ser realizada.

Como regra geral o íon sulfato é incompatível com cálcio e os fosfatados com cálcio e magnésio. Do mesmo modo, águas ricas em cálcio e magnésio podem formar compostos insolúveis com fósforo e sulfato. A aplicação de fertilizantes incompatíveis (por exemplo $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{K}_2\text{SO}_4$) devem ser feitas a partir de tanques independentes ou aplicados em momentos diferentes, de modo que não haja contato entre as soluções concentradas desses fertilizantes. Sempre que forem feitas misturas de fertilizantes, diferentes dos utilizados convencionalmente, deve-se fazer o "teste da jarra", que

consiste em se misturar os fertilizantes em uma jarra, na mesma proporção que será utilizada no reservatório, esperando por duas horas após a mistura. Se não ocorrer a formação de precipitado, a mistura poderá ser feita sem problemas.

5.4 Efeito do fertilizante no pH da solução

Os fertilizantes após serem dissolvidos poderão alterar o pH da solução nos tanques. Esse efeito ocorre em função da reação do íon com a água ou ainda devido a presença de ácidos do processo de fabricação dos fertilizantes. A tabela 2 e 3 adaptada de Vivancos (1992) apresenta o pH da solução de alguns fertilizantes em função da concentração.

	Uréia	Nitrato de amônio	Sulfato de Amônio	Nitrato de cálcio	Nitrato de potássio	Cloreto de potássio	Sulfato de potássio	Fosfato de amônio	Fe, Zn, Cu e Mn quelato	Fe, Zn, Cu e Mn sulfato	Sulfato de magnésio	Ácido fosfórico	Ácido sulfúrico	Ácido nítrico
Uréia	Compatível													
Nitrato de amônio		Compatível												
Sulfato de Amônio			Compatível											
Nitrato de cálcio				Incompatível										
Nitrato de potássio					Compatível									
Cloreto de potássio						Compatível								
Sulfato de potássio							Compatível							
Fosfato de amônio								Incompatível						
Fe, Zn, Cu e Mn sulfato									Incompatível					
Fe, Zn, Cu e Mn quelato										Compatível				
Sulfato de magnésio											Incompatível			
Ácido fosfórico												Incompatível		
Ácido sulfúrico													Incompatível	
Ácido nítrico														Incompatível

■ Incompatível
■ Solubilidade Reduzida
 Compatível



Figura 10. Solubilidade de misturas de fertilizantes líquidos (algumas formulações são incompatíveis em concentrações na solução estoque, devendo ser evitadas). (Fonte: LANDIS et al. 1989).

A característica de alteração de pH na solução torna-se importante à medida que em alguns casos são misturados defensivos à água de irrigação (quimigação) podendo estes produtos reagir com o pH da água e alterarem seu efeito.

No solo os fertilizantes nitrogenados, em função da sua forma química, apresentam efeitos diferentes no pH . O nitrogênio amoniacal, após ser absorvido pela raiz ou sofrer oxidação biológica, num processo chamado nitrificação, tem como resultado a acidificação do solo. A planta para manter o equilíbrio elétrico ao absorver o nitrogênio na forma nítrica libera na rizosfera hidroxilas e ácidos carbônicos que promovem alcalinização no solo. A hidrólise da uréia inicialmente alcaliniza o solo, uma vez que nessa reação ocorre a formação de NH_3 e, posteriormente, o acidifica através da nitrificação. Em solos levemente ácidos a forma química amônia (NH_3) passa a amônio (NH_4^+) que irá se comportar em termos de reação no solo como um fertilizante amoniacal. A resultante dessas duas reações é ácida. Pode-se, portanto, concluir que as fontes nitrogenadas têm efeito alcalino ou ácido, conforme segue:

NO_3^- = efeito alcalino; NH_4^+ = efeito ácido; NO_3NH_4 = efeito ácido e a URÉIA ($-\text{NH}_2$) = efeito ácido. Nas Tabela 2 e 3 são apresentados os efeitos no pH do solo, após a aplicação de diferentes fontes nitrogenadas em sistemas de irrigação localizada. Neste caso o abaixamento de pH é mais drástico quando comparada à aplicação em área total através da aspersão.

Tabela 2: Efeito de diferentes concentrações de fertilizantes no pH da solução (adaptado de Vivancos, 1992).

Concentração em %	Ácido fosfórico	Nitrato de amônio	Sulfato de amônio	Uran	Uréia
1	1,88	5,17	5,61	7,64	7,28
5	1,52	5,05	5,62	7,79	8,98
10	1,35	5,00	5,72	8,89	9,20
25	0,94	4,80	5,83	8,05	9,61
50	0,66	4,78	5,87	8,16	9,65

Tabela 2: Efeito de diferentes concentrações de fertilizantes no pH da solução (adaptado de Vivancos, 1992).

Concentração em %	MAP	Fosfato de uréia	Nitrato de Potássio	Sulfato de Potássio
1	4,51	1,9	9,63	8,2
2,5	4,24	1,71	9,91	8,6
5	4,17	1,56	9,95	8,8
10	4,07	1,43	10,0	
15	4,03			

NO_3^- = efeito alcalino; NH_4^+ = efeito ácido; NO_3NH_4 = efeito ácido e a URÉIA ($-\text{NH}_2$) = efeito ácido. Na tabela 6 são apresentados os efeitos no pH do solo, após a aplicação de diferentes fontes nitrogenadas em sistemas de irrigação localizado. Neste caso o abaixamento de pH é mais drástico quando comparada a aplicação em área total através da aspersão.

Tabela 3. Efeito da fertirrigação com várias fontes de N, sobre o pH no perfil do solo logo abaixo do emissor (Haynes, 1990).

Profundidade (cm)	Testem.	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2L/h	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 2L/h	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 2L/h
0- 5	5,8 B ¹	6,3 C	4,8 A	5,0 A
5-10	5,9 B	5,8 B	4,9 A	5,1 A
10-20	5,8 B	5,9 B	5,2 A	5,3 A
20-30	5,7 B	5,7 B	5,6 B	5,3 A
30-40	5,7 B	5,8 B	5,7 AB	5,5 A
40-50	5,7 A	5,7 A	5,7 A	5,6 A

¹ As letras comparam o pH na mesma profundidade

5.5 Salinidade e potencial salino dos fertilizantes

A salinidade do solo se refere ao conteúdo de sais solúveis na solução do solo. Os sais mais comuns são os cloretos, sulfatos, bicarbonatos, nitratos e boratos de sódio, magnésio e cálcio.

A intemperização das rochas através do tempo e a aplicação de fertilizantes e água, dá origem aos sais solúveis no solo. Em regiões chuvosas, a maioria dos sais é lixiviado, enquanto que em regiões áridas, os níveis de sais são elevados.

A água de irrigação pode ser uma fonte de sais, que se manejada de forma inadequada poderá produzir efeito salino no solo. Portanto, é recomendável que antes de se iniciar um projeto de irrigação a água utilizada seja analisada.

5.6 Potencial salino dos fertilizantes

Alguns problemas de salinidade são naturalmente criados pelo manejo inadequado de fertilizantes que inclui a quantidade aplicada e a escolha dos fertilizantes em relação às suas características de salinidade. Na Tabela 4 são apresentados os índices salinos dos fertilizantes de uso mais comum na agricultura. O valor do índice salino é dado de forma relativa, onde se atribuiu o índice 100 ao fertilizante nitrato de sódio (NaNO_3) sendo que os demais fertilizantes são comparados em relação a ele. No entanto, os fertilizantes apresentam concentrações diferentes de nutrientes, e mais importante que o índice salino do adubo (índice global), é considerar o índice salino por unidade de nutriente (índice parcial). Por exemplo, o cloreto de potássio (60% K_2O) apresenta índice parcial de 1,94 por unidade de K_2O , enquanto que para o nitrato de potássio esse índice é de 1,59 e para o sulfato de potássio o valor é de 0,85.

Tabela 4. Índice de salinidade de alguns adubos (LORENZ & MAYNARD, 1988)

Adubos	Índice global	Índice parcial
Adubos nitrogenados		
Nitrato de amônio (35,0%)	104,7	2,99
Sulfato de amônio (21,2%)	69,0	3,25
Nitrato de cálcio (11,9)	52,5	4,41
Cianamida cálcica (21,0%)	31,0	1,48
Nitrato de sódio (13,8%)	73,6	5,34
Nitrato de sódio (16,5%)	100,0	6,06
Fosfato monoamônico (12,2%)	29,9	2,45
Fosfato diamônico (21,2%)	34,3	1,61
Uréia (46,6%)	75,4	1,62
Adubos fosfatados		
Fosfato monoamônico (61,7%)	29,9	0,49
Fosfato diamônico (53,8%)	34,3	0,64
Superfosfato simples (16,0%)	7,8	0,49
Superfosfato simples (18,0%)	7,8	0,43
Superfosfato simples (20,0%)	7,8	0,39
Superfosfato triplo (45,0%)	10,1	0,22
Adubos potássicos		
Cloreto de potássio (60,0%)	116,3	1,94
Nitrato de potássio (44,0%)	73,6	1,58
Sulfato de potássio (54,0%)	46,1	0,85
Sulfato de potássio + Mg (21,9%)	43,2	1,97
Outros		
Carbonato de cálcio (56,6%)	4,7	0,083
Calcário dolomítico (19,0%)	0,8	0,042
Gesso (32,6%)	8,1	0,247

Na tabela 5 são apresentadas as CE das soluções contendo 1 grama de vários fertilizantes simples e também algumas misturas de fertilizantes comerciais. A uréia apresenta o valor mais baixo de CE, uma vez que é um composto orgânico e em água apenas sofre hidratação, necessitando de uma enzima, a urease, para sua hidrólise.

Tabela 5. Potencial salino de alguns produtos usados em fertirrigação.

Produto	Concentração g/l	Condutividade dS/m
Nitrato de amônio	1	0,9
Uréia	1	0,07
Sulfato de amônio	1	2,10
Uran	1	1,1
Ácido fosfórico	1	1,70
Nitrato de potássio	1	1,30
Sulfato de potássio	1	1,40
MAP	1	0,8

O potencial salino é tanto maior quanto mais seco estiver o solo e, uma das formas de minimizar o problema é manter o solo o maior tempo possível úmido. Por isso, em casos em que a salinidade pode ser considerada problema, deve-se adotar irrigação com menores volumes de água por aplicação, no entanto, com irrigações mais freqüentes.

5.7 Efeito da salinidade nas gramas

À medida que os sais se acumulam no solo, maiores dificuldades apresentam as raízes em absorver água. Essa dificuldade significa que as raízes irão requerer uma maior energia para absorver a água, energia esta desviada de processos metabólicos essenciais. Só para se ter uma idéia, uma condutividade elétrica de 3dS m^{-1} representa uma força de retenção de água de $0,1\text{MPa}$.

A aplicação de água via aspersão limita a concentração de sais como sódio, cloro, boro e flúor na água, devido às injúrias que podem causar às folhas das plantas. Altas

concentrações, no entanto, podem ser toleradas se as folhas são lavadas com água após a aplicação.

A influência da salinidade da água de irrigação sobre a tolerância de folhas e raízes tem sido estudada para algumas culturas (tabela 6). A escolha de fertilizantes com menor potencial salino é uma das alternativas que se tem quando se determina no solo potencial salino próximo ao limite.

Tabela 6 Classificação das espécies de grama de acordo com a tolerância à salinidade do solo.

Sensível ($< 3 \text{ dS m}^{-1}$)	Moderadamente Sensível ($3 \text{ a } 6 \text{ dS m}^{-1}$)	Moderadamente Tolerante ($6 \text{ a } 10 \text{ dS m}^{-1}$)	Tolerante ($> 10 \text{ dS m}^{-1}$)
Centipede	Batatais	Perennial Ryegrass	Alkaligrass
Kentucky Bluegrass	Annual Ryegrass	Tall Fescue	Bermudas
Rough Bluegrass	Creeping Bentgrass	Buffalograss	Seashore paspalum
Annual Bluegrass	Fine Fescues	Zoysias	Sto. Agostinho

6. DEMANDA DE NUTRIENTES E ÉPOCA DE APLICAÇÃO

A fertirrigação oferece maior versatilidade para a aplicação de fertilizantes, podendo-se dosar rigorosamente as quantidades de nutrientes e fornecê-los segundo as necessidades das plantas, durante o seu ciclo de desenvolvimento, obtendo-se uma resposta equivalente a uma menor quantidade de fertilizante aplicado, em comparação com outros métodos (Nannetti et al., 2000).

A fertirrigação é a forma que mais se aproxima do ritmo de absorção de água e de nutrientes pela planta (Villas Bôas et al., 2000). Este sistema permite fornecer às plantas os nutrientes nos momentos que estas necessitam, na proporção e nas

quantidades específicas que requerem nas diferentes etapas de crescimento vegetativo (Papadopoulos. 1993).

Para um correto programa de fertirrigação em gramados deve-se conhecer o consumo de nutrientes ao longo do ciclo da planta numa situação de máxima produtividade e qualidade.

As quantidades de nutrientes retiradas do solo pelas culturas são boas informações de suas necessidades ao longo do ciclo. No caso de gramados, os nutrientes absorvidos são utilizados para o crescimento vegetativo (folhas e estolões) e radicular.

Para gramados em formação a curva ótima de consumo de nutrientes (alguns trabalhos se referem à curva de acúmulo de nutrientes) deverá definir a dosagem de aplicação de um determinado nutriente, evitando uma possível deficiência ou consumo de luxo (a planta absorve mais do que necessita e essa quantidade a mais, não tem reflexo na produtividade), ou ainda uma quantidade de sais no solo que possam afetar de forma depressiva o crescimento das plantas (Figura 11).

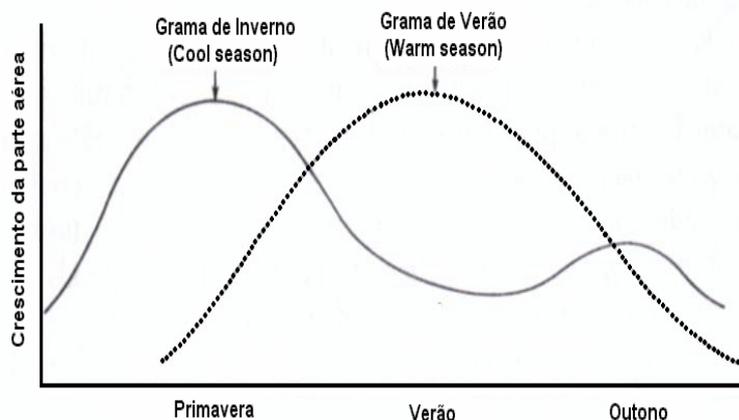


Figura 11. Taxa de crescimento de gramas de inverno e de verão evidenciando a necessidade de nutriente ao longo do ano.

As taxas diárias de absorção de nutrientes são específicas para cada espécie, e variam com a intensidade de cortes e principalmente em função de condições edafoclimáticas

Nos gramados em formação divide-se o ciclo de crescimento das plantas segundo etapas fenológicas e se define a diferente quantidade e proporção entre os nutrientes a serem aplicados.

Para gramados já estabelecidos, a fertirrigação é feita utilizando quantidades pré-estabelecidas de fertilizantes, normalmente geradas de informações já existentes adicionadas a experiências dos técnicos que acompanham dia a dia esses gramados, principalmente em casos de campo de futebol ou golfe, onde o manejo da adubação é mais intensivo. Esse ajuste da adubação é imprescindível pois receitas não existem nesta área, em função da diversidade climática e também a variação de solo/substrato utilizados

Essa dependência da experiência do técnico no ajuste da dosagem é minimizada, com auxílio de algumas análises que podem indicar se a adubação vem sendo conduzida corretamente ou não.

No caso de gramados já estabelecidos, a coleta do corte de folhas (clipping) pode ser uma alternativa desse acompanhamento. A massa coletada de folhas pode indicar a capacidade de crescimento do gramado bem como uma análise química desse material, comparado com padrões nutricionais já existentes, permite avaliar para cada um dos nutrientes se os teores encontram-se adequados. Deve-se porém tomar o cuidado de que as amostras coletadas sejam representativas da areia, pois principalmente em cortes baixos que ocorrem no “green” solo/substrato misturam-se ao material vegetal, alterando a concentração de nutrientes e impedindo um resultado preciso sobre o estado nutricional da planta.

O teor disponível de nutrientes no solo/substrato e outro parâmetro de acompanhamento, que permite indicar para alguns nutrientes a possibilidade ou não de resposta à adubação. Pode-se considerar que a dose do nutriente a ser aplicado é o resultado do seguinte cálculo:

$$\text{Dose de fertilizante} = \frac{\text{Extração da cultura - fornecida pelo solo}}{\text{Eficiência do uso do fertilizante}}$$

A concentração de nutrientes já existente no solo tem fundamental importância na determinação da quantidade de fertilizante a ser aplicada. Por isso, antes da implantação da cultura, e durante o seu desenvolvimento, não se dispensa a análise química do solo.

A análise do extrato de saturação do solo tem sido utilizada como forma de controle da adubação bem como indicativo de quantidade de fertilizante a ser aplicada. Através desse extrato, determina-se a concentração de nutrientes solúveis na solução do solo. Utilizando este método, a adubação visaria elevar a concentração dos nutrientes para valores pré-estabelecidos e considerados ideais para a cultura, além de servir também para corrigir distorções na relação entre nutrientes no solo (figura 12).

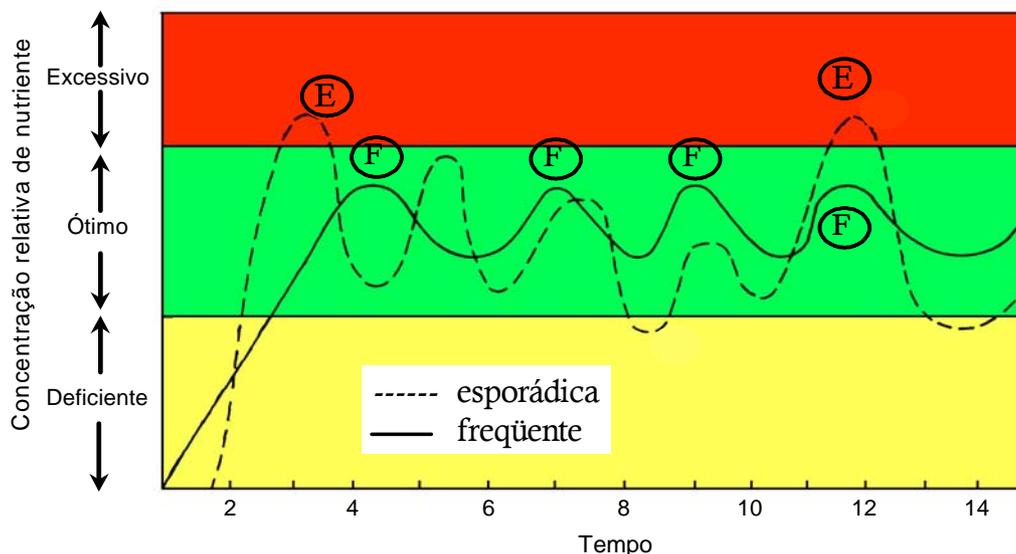


Figura 12 Frequência de fertirrigação esporádica proporcionando uma concentração de nutrientes variando de excessiva e deficiente e fertirrigação frequente proporcionando uma concentração de nutrientes ótima.

O último parâmetro da equação para determinação da dose de fertilizante a ser aplicada é a eficiência do aproveitamento do nutriente aplicado. Tem sido constatado nos trabalhos de pesquisa que essa eficiência é maior no caso do fertilizante aplicado via água de irrigação em relação à adubação convencional. Segundo dados da literatura para a fertirrigação via gotejamento essa eficiência é maior que 80% para nitrogênio e potássio e pode chegar a cerca de 70% para o fósforo. É por esse motivo, que quando se consideram doses de nutrientes a serem aplicadas, a extrapolação dos resultados de adubação convencional pode não ser a melhor indicação.

Quando se consideram outros sistemas de irrigação, como por exemplo, a aspersão, estudos de eficiência são escassos e específicos para gramados não foram encontrados. Porém pode-se supor que em gramados já formados, em função do sistema radicular, os valores de eficiência possam atingir níveis superiores aos encontrados em plantas produtoras de alimentos, onde estudos já foram desenvolvidos.

7. CONTROLE DAS DOSES A SEREM APLICADAS NA FERTIRRIGAÇÃO

No sistema de produção agrícola, muitas variáveis, como o solo, o material genético, o clima, etc estão envolvidas e acabam influenciando o desenvolvimento das plantas e a disponibilidade dos nutrientes no solo. Por isso a quantificação da necessidade de nutrientes pode, algumas vezes, não atender a demanda da planta ou ainda ser excessiva, vindo a causar efeitos negativos na produtividade. Em função disso e por ser a fertirrigação uma técnica que permite alterações rápidas e precisas na quantidade de nutrientes aplicadas, torna-se importante um monitoramento para que se possa promover ainda durante o ciclo da cultura os ajustes necessários.

Alguns desses parâmetros monitorados são de fácil determinação podendo ser realizado ainda no campo, outros, porém, necessitam do suporte de um laboratório especializado. A seguir serão apresentados os meios como se pode monitorar a fertirrigação.

7.1 Análise da água: captação, tanques de solubilização, solução na saída dos emissores e da solução do solo:

A partir da determinação periódica da condutividade elétrica (CE): a) na água usada para irrigação, b) na solução estoque de fertilizante preparada, c) na solução de saída nos emissores, tem-se uma idéia do gradiente de nutrientes permitindo que se identifique problemas de erros de dosagens, bem como desuniformidade na diluição e na aplicação dos fertilizantes via irrigação. Através desses índices podem-se alterar fontes e quantidades de fertilizantes aplicadas quando for identificar na solução uma CE acima do que é permitido para a cultura.

A condutividade elétrica determinada no extrato de saturação da camada onde se concentram as raízes ou da solução do solo (extrator de solução), dá idéia do potencial salino da solução do solo e, quando retirada de camadas mais profundas, permite diagnosticar se está ocorrendo lixiviação de nutrientes.

Do mesmo modo, a determinação do índice pH da água e do extrato de saturação permite que sejam escolhidas fontes mais adequadas tanto em misturas com a água como em relação às reações dos fertilizantes no solo.

Há métodos alternativos para determinação da CE do solo, utilizando a diluição do solo em volumes diferentes de água (2:1; 1,5:1; 5:1 volume de água em relação ao solo). Cada um desses métodos gera valores de CE numericamente diferentes, tendo as suas vantagens e desvantagens e uma correlação como o método padrão (extrato de saturação).

Recentemente, tem-se determinado o teor de nitrato, fosfato e potássio na solução do solo utilizando eletrodos (Card meter – Horiba) ou fitas (strip) que através de colorimetria indicam uma faixa de concentração desses nutrientes. Essa prática, já em uso em algumas propriedades necessita de padrões para indicar quais seriam as faixas adequadas desses nutrientes na solução do solo. No caso do nitrogênio devido a sua grande mobilidade, a variabilidade no solo é grande, portanto, em cultivo protegido esta prática poderá ser mais efetiva.

7.2 Produção de clipping (aparas)

A produção de clipping (aparas) pode ser um indicativo da resposta da planta à adubação realizada ou a quantidade de nutriente disponível no solo. Uma quantidade muito grande de aparas pode indicar que uma boa quantidade de nutriente disponível no solo e pode-se utilizar uma dose menor ou na adubar, assim, com uma

quantidade pequena de aparas pode significar a deficiência de algum nutriente, sendo necessária a fertirrigação (Figura 12).



Figura 12 Produção de clipping (aparas) em um gramado com boa disponibilidade de nutrientes (à esquerda) e um gramado deficiente.

7.3 Análise química de planta:

Um grande número de culturas já apresenta tabelas para interpretação dos valores de concentração de nutrientes nas folhas e outros órgãos das plantas e servem como indicativo para modificar a adubação de modo a se alcançar os valores adequados. No caso de gramados a análise química pode permitir redefinir a dose. Valores de concentração ideal de nutrientes para a grama Esmeralda e Santo Agostinho estão sendo pesquisada na FCA/UNESP – Botucatu, SP.

7.4 Determinação do teor de clorofila nas plantas

Já existe no mercado, equipamentos que determinam através de medida realizada no próprio campo, e de forma instantânea, o teor de clorofila na folhas. Esse teor esta diretamente relacionado com o teor de nitrogênio e através de uma

calibração prévia, poderá indicar o teor desse nutriente de forma bastante rápida e precisa. Pode-se trabalhar com esse equipamento utilizando uma área de referência, ou seja, onde a adubação nitrogenada é utilizada em quantidade bem acima da convencional e a leitura obtida nesta área indicará o máximo de incorporação de clorofila que aquela planta poderá apresentar. No caso da área avaliada apresentar valores mais baixos que essa referência, deve-se aumentar a dosagem do fertilizante nitrogenado (Figura 13).

A desvantagem do método é que outra deficiência ou dano na folha provocado por pragas ou doenças poderá alterar essa leitura, portanto a determinação deverá ser feita com critério.



Figura 1 Aparelhos utilizados para medir a intensidade da coloração verde da folha, que pode ser um indicativo para a necessidade da fertirrigação nitrogenada.

8. LITERATURA CONSULTADA

ALVARENGA, M. A. R. **Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em alface americana (*Lactuca sativa* L.) sob doses de nitrogênio aplicados no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar.** 1999, 119p. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BAR-YOSEF, B. Fertilization under drip irrigation. In: PALGRAVE, D. A. **Fluid Fertilizer Science and Technology.** New York: ed Marcel Dekker, Inc., 1991, p. 285-329.

BURT, C., O'CONNOR, K., RUEHR, T. **Fertigation.** San Luis Obispo: California Polytechnic State University, Irrigation Training and Research Center 1995. 295p.

CUNHA, R.C.; ESCOBEDO J. F.; KLOSOWSKI, E. S. **Estimativa do fluxo de calor latente pelo balanço de energia em cultivo protegido de pimentão,** *Pesq. Agr. Bras., Brasília*, 37 (6), p. 735 – 743, 2002.

F.A.O. **Riego localizado.** Roma. 1986. 203 p. *Riego y Drenaje*, nº 36.

FEITOSA FILHO, J. C. **Otimização hidráulica e manejo de injetores tipo Venturi duplo para fins de Quimigação.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1998. 164 p. (Tese de Doutorado em Irrigação e Drenagem).

FEITOSA FILHO, J. C. **Uniformidade de distribuição de fertilizantes via água de irrigação por microaspersão com uso de injetores tipo Venturi e tanque de**

derivação. 1990. 77 p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Irrigação e Drenagem). Universidade Federal de Viçosa.

FEITOSA FILHO, J. C., PINTO, J. M., ARRUDA, N.T. **Dimensionamento, construção e características hidráulica de um injetor tipo Venturi para uso na quimigação.** Revista Irriga, v.4, n.2, p.68-82, 1999

FEITOSA FILHO, J.C.; BOTREL, T.A.; PINTO, J.M. **Influência das formas de instalação no desempenho de injetores tipo Venturi utilizados na quimigação.** Murcia, 1997. Actas de Horticultura, n.19.v.1. p. 443-449. 1997/Apresentado ao 1. Congreso Iberico de Fertirrigacion, 3. Congreso Nacional de Fertirrigacion, Murcia,1997b.

FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A. **Aplicação de fertilizantes via água de irrigação.** In: VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E. ed. Fertilizantes fluidos. Piracicaba: POTAFOS, 1994. p.227-260.

LORENS, O.A.; MAYNARD, D.N. **Knott's Handbook for vegetables growers.** 3^a ed. John Wiley & Sons, New York., 456p. 1988.

NANNETTI, D.C., SOUZA, R. J., FAQUIN, V. **Efeito da aplicação de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, na cultura do pimentão.** Revista Brasileira de Olericultura, 13, (suplemento), p.843- 45, 2000.

NATHAN, R. **La fertilizacion combinada con el riego-fertiriego.** Tel-Aviv: Ministerio de Agricultura de Israel, 1994, 55 p.

PAPADOULOS, I. **Regional middle east and europe project on nitrogen fixation and water balance studies.** Assignment report, Vienna, 1993. 58p.

PIZARRO, F. **Riego localizados de alta frecuencia.** Madrid: Mundi-prensa, 1987, 461 p.

VILLAS BOAS, R. L., BULL, L. T., FERNANDES, D. M. **Fertilizantes em fertirrigação.** In: FOLEGATTI, M. V. coord. Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999, p. 293-319.

VILLAS BÔAS, R. L.; KANO, C.; LIMA, C. P.; MANETTI, F. A.; FERNANDES, D. M. **Efeito de doses de nitrogênio aplicado de forma convencional através da fertirrigação na cultura do pimentão.** Revista Brasileira de Olericultura, 13, (suplemento), p. 801- 802, 2000.

VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E.; PENTEADO, A.R. **Fertilizantes e fertirrigação.** In: VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E. ed. Fertilizantes fluidos. Piracicaba: POTAFOS, 1994. p.283-308.

VIVANCOS, A. D. **Fertirrigacion.** Madrid: Mundi-Prensa. 1996, 233 p.