

Capítulo 01

Gramados



SUMÁRIO

Capítulo 01- Gramados

Ordem	Assunto
1.1	Introdução
1.2	Projeto e planejamento
1.3	Melhoria do solo
1.4	Solo
1.5	Condutividade hidráulica
1.6	Uso de matéria orgânica (substrato)
1.7	Uso de plantas com baixo consumo de água
1.8	Hidrozona e tipo de gramas
1.9	Eficiência da irrigação
1.10	Solo-água-planta
1.11	Percolação
1.12	<i>Runoff</i>
1.13	Profundidade efetiva das raízes RZ
1.14	Capacidade de armazenamento da água no solo - AWHC
1.15	Água disponível para a planta na zona das raízes PAW
1.16	Porcentagem de água que pode ser extraída pelas plantas (AD)
1.17	Quantidade de água que pode ser extraída (MAD= <i>Management Allowable depletion</i>)
1.18	Coefficiente de paisagismo (K_L)
1.19	Fator das espécies K_s
1.20	Fator de microclima K_{mc}
1.21	Fator de densidade K_d
1.22	Precipitação efetiva (P_e)
1.23	Precipitação efetiva " P_e " pelo método do <i>United States Department of Agriculture – USDA</i>
1.24	Método USDA, SCS conforme FAO, 1998.
1.25	Método analítico do SCS para achar a precipitação efetiva mensal
1.26	Precipitação efetiva
1.27	Bibliografia e livros recomendados

28 páginas

Capítulo 01- Gramados

1.1 Introdução

O objetivo deste trabalho é a estimativa do consumo de água para irrigação por aspersão em áreas verdes e praças públicas, campos de futebol e campos de golfe. Conseqüentemente torna-se necessário conhecer a evapotranspiração que é fundamental para a irrigação.

Muitos conceitos serão apresentados de maneira simples. O ponto a ser atingido é que o sistema de irrigação seja automático com a máxima economia de água atendendo os projetos arquitetônicos.

ET_o= evapotranspiração de referência (mm/dia)

ET_c= evapotranspiração da cultura (mm/dia)

As Figuras (1.1) e (1.2) mostram alguns gramados bem executados e conservados.



Figura 1.1- Exemplo de um *landscape* em pesqueiro de trutas em Campos do Jordão



Figura 1.2 - Mostra do gramado que embeleza a paisagem

1.2 Projeto e planejamento

Os aspectos de planejamento a serem observados são: as declividades, as faces nortes e sul, a direção dos ventos predominantes, as precipitações mensais e anuais, o volume de água disponível local e os custos totais de manutenção.

Conforme a Associação Nacional de Paisagismo (ANP) no **projeto** devem ser analisados os seguintes aspectos:

- Tamanho e forma da área
- Paisagismo a ser implantado
- Horas de radiação direta de cada área
- Declividade do terreno
- Necessidade hídrica das plantas
- Profundidade efetiva do sistema radicular
- Ação dos ventos predominantes
- Tipo de solo
- Sombreamento.

1.3 Melhoria do solo

Para melhorar as características físicas do solo deve-se usar uma mistura de materiais orgânicos, ou seja, substrato que é um produto equilibrado física e biologicamente, pronto para uso.

Para plantio coloca-se cerca de 10 cm de altura e para recuperação usa-se cerca de 3cm de altura. Isto irá reduzir a necessidade de mais água nas plantas, facilitará o desenvolvimento de sementes e diminuir a erosão.

A condutividade hidráulica do solo conforme Tabela (1.1) é medida com o infiltrômetro de duplo anel no local (*in situ*).

Tabela 1.1- Condutividade hidráulica com relação ao tipo de solo

Textura do solo	Condutividade hidráulica (mm/h)
Argiloso	2 a 5
Franco-argiloso	6 a 8
Franco-siltoso	7 a 10
Franco	7 a 12
Franco-arenoso	8 a 12
Arenoso	12 a 25

Fonte: Gomes, 1997.

1.4 Solo

O **solo** é formado por partículas sólidas (minerais e orgânicas), água e ar e constitui o substrato de água e nutrientes para as raízes das plantas.

O solo que vamos tratar é basicamente o chamado “Horizonte A” que tem aproximadamente de 0,10m a 0,30m de espessura. Abaixo do Horizonte A teremos o que se chama na prática de subsolo.

Deve-se ter o cuidado de não se construir barreiras que impeçam ou eliminem a capilaridade. Outro problema é da compactação do solo, principalmente em áreas urbanas que podem ter camadas de areia, rochas, etc.

A **textura** ou composição granulométrica de um solo é um termo usado para caracterizar a distribuição das partículas no solo quanto as suas dimensões, conforme Figura (1.3) e (1.4)

Os *solos de texturas médias (francos)* que possuem proporções equilibradas de areia, silte e argila, em geral, são os mais adequados para o desenvolvimento de raízes das plantas, já que apresentam condições bastante satisfatórias de drenagem, aeração e retenção de água.

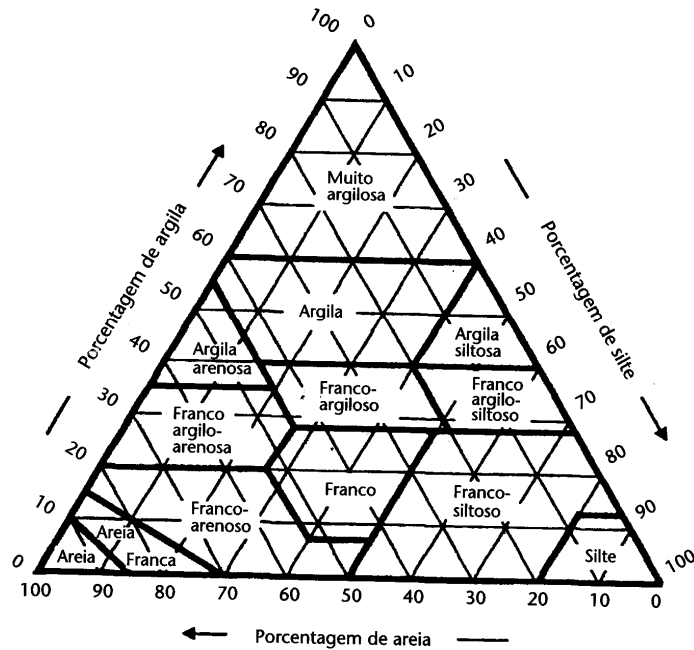


Figura 1.3 - Triângulo de classificação textural.
Fonte: Reichardt e Timm, 2004

Exemplo 1.1

Classificar um solo com 25% de areia, 60% de silte e 15% de argila.
Entrando na Figura (1.3) vimos que se trata de solo franco siltoso.

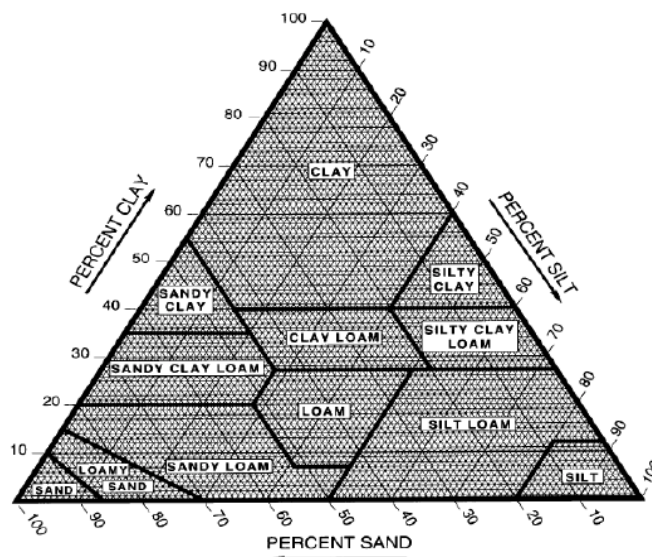


Figura 1.4 - Triângulo de textura proposto por USDA (*United States Department of Agriculture*).

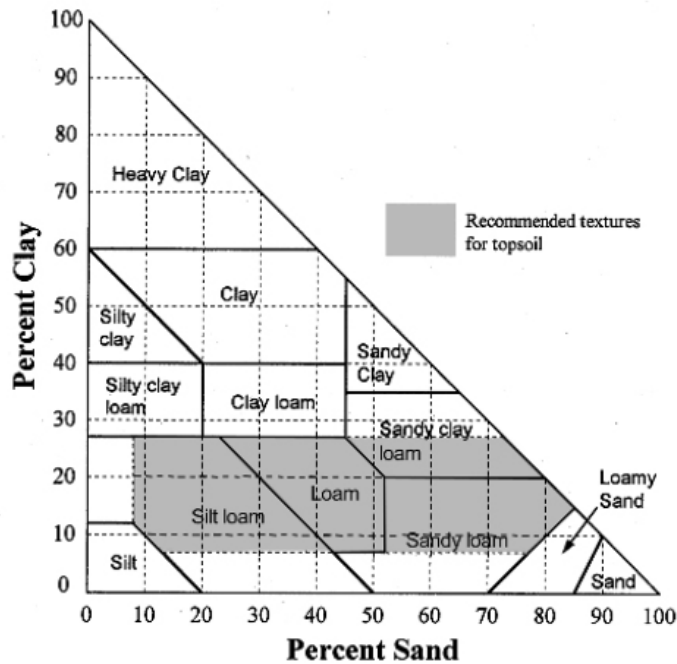


Figura 1.5 Valores usuais está hachurado

Os valores usuais de solos usados em gramados estão hachurados conforme Figura (1.5).

Textura

A textura de um solo refere-se à distribuição das partículas do solo tão somente quanto ao seu tamanho, conforme Reichardt e Tim, 2004.

De acordo com a proporção de argila, silte e areia na composição do solo, a textura se divide em várias classes, que podem ser determinadas através do triângulo de texturas proposto pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) e apresentado na Figura (1.3) (Gomes, 1997).

O triângulo se compõe de doze espaços que representam 12 classes distintas de textura. As linhas grossas do gráfico indicam as fronteiras de cada uma das classes de textura.

Estrutura

O conceito de estrutura de um solo é qualitativo e é usado para descrever o solo no que se refere a arranjo, orientação e organização das partículas sólidas, conforme Reichardt e Timm, 2004.

A **estrutura de um solo** caracteriza a forma de arranjo de suas partículas. Solos de texturas iguais podem possuir estruturas diferentes que apresentam maiores ou menores dificuldades à penetração ou circulação da água, do ar e das raízes das plantas. A estrutura do solo, ao contrário do que ocorre com a textura, é difícil de quantificar e também de catalogar (Gomes, 1997).

Garrafa de teste



Figura 1.6 – Garrafa de teste de textura do solo

Uma maneira aproximada para saber a porcentagem de areia, silte e argila é tomarmos uma garrafa com boca larga na qual enchemos a metade com água, conforme Figura (1.6).

Tire 50mm de solo e coloque dentro da garrafa. Adicione água e chacoalhe a garrafa. Adicione um detergente líquido para facilitar a quebra das estruturas.

Depois de algumas horas a areia já estará depositada no fundo. A fração de silte demora mais horas e a argila somente poderá ser observada no dia seguinte.

No exemplo tirei no jardim da minha casa 50mm de solo e depois de 24h podemos observar 27mm de areia, ou seja, $27/50 = 0,54$ (54% de areia).

A fração de silte medida foi de 18mm, ou seja, $18/50 = 0,36$ (36%).

A argila é calculada pela diferença.

Resumo:

Areia 54%
Silte 36%
Argila 10%
Total= 90%

Classificação do solo: **franco arenoso** (*loamy sand*)

1.5 Condutividade hidráulica

A **condutividade hidráulica** geralmente em mm/h representa a coluna de água (mm) que atravessa um solo saturado, numa determinada unidade de tempo (h) sob um gradiente hidráulico unitário.

A Tabela (1.2) apresenta a variação da condutividade hidráulica do solo conforme a declividade do terreno e textura do solo. Observa-se que quanto maior a declividade, menor é a condutividade hidráulica.

Tabela 1.2- Condutividade hidráulica do solo conforme a declividade do terreno e textura do solo.

	Tipos de solo	Condutividade hidráulica conforme a declividade do terreno.				
		0 a 4%	5 a 8%	8% a 12%	12% a 16%	> 16%
		mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h
1	Areia grossa	31,8	25,4	19,1	12,7	7,9
2	Areia média	26,9	21,6	16,3	10,7	6,9
3	Areia fina	23,9	19,1	14,2	9,7	6,1
4	Areia franca	22,4	17,8	13,5	8,9	5,6
5	Franco arenoso	19,1	15,2	11,4	7,6	4,8
6	Franco arenosa fina	16,0	12,7	9,7	6,4	4,1
7	Franco arenosa muito fina	15,0	11,9	8,9	6,1	3,8
8	Franco	13,7	10,9	8,4	5,6	3,6
9	Franco siltoso	12,7	10,2	7,6	5,1	3,3
10	Solo siltoso	11,2	8,9	6,6	4,6	2,8
11	Argila arenosa	7,9	6,4	4,8	3,0	2,0
12	Franco argiloso	6,4	5,1	3,8	2,5	1,5
13	Argila siltosa	4,8	3,8	2,8	2,0	1,3
14	Solo argiloso	3,3	2,5	2,0	1,3	0,8

Fonte: Toro Company, 1986 in AWWA, 1993

1.6 Uso de matéria orgânica, ou seja, substrato

A matéria orgânica irá decompor-se melhorando a qualidade do solo local, conforme Figura (1.7) e (1.8). É aconselhável, de dois em dois anos, colocar a matéria orgânica (areia e húmus) sobre o gramado em pelo menos 80% da área.

O solo orgânico colocado varia de 5cm a 10cm.

A adição de matéria orgânica, na forma de adubo verde, de estrume ou de composto, ajuda também a melhorar a capacidade de campo do solo e introduz nutrientes como N, P e S, conforme Reichardt e Timm, 2004.

A vermiculita é uma argila que, na estrutura 2:1, é um mineral secundário que ajuda a reter a água. Quando aquecida a 700°C ela se expande passando a um volume dez vezes maior, conforme Reichardt e Timm, 2004.



Figura 1.7- Solo orgânico



Figura 1.8- O material orgânico – substrato, ajuda a manter a umidade do solo
Fonte: Waterwise Florida landscape, 2006

1.7 Uso de plantas com baixo consumo de água

Uma grama que consome muita água deverá ser evitada. O gramado mais adequado será aquele que se sustenta somente com as chuvas locais, não precisando de irrigação.

As Figuras (1.9) e (1.10) mostram gramados salientando o assentamento em rolos.



Figura 1.9- Gramado



Figura 1.10- Grama sendo assentada em rolos

A Figura (1.11) mostra exemplo de raízes rasas e profundas. Geralmente as gramas possuem raízes rasas.

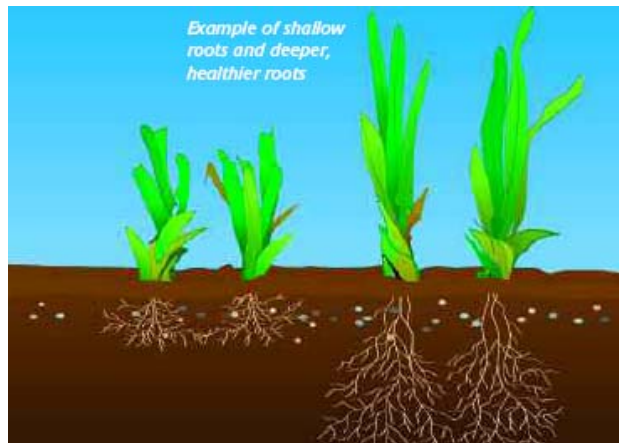


Figura 1.11- Exemplo de raízes rasas e profundas.
Fonte: Waterwise Florida landscape, 2006

Segundo Vickers, 2001 em Austin, Texas em um jardim, 43% das plantas deve consumir pouca água. O mesmo acontece na cidade de *East Bay* - Califórnia, onde se exige 42% das plantas com pouco consumo de água.

A cidade de Austin, Texas oferece incentivos para quem reduzir o consumo de água nos jardins.

O município de Marin, Califórnia permite que no máximo 35% das plantas em um jardim tenham consumo com muita água.

A cidade de Albuquerque, Novo México exige que, no máximo, 20% das áreas do jardim sejam de plantas que consumam muita água, e que os gramados não excedam de 25% da área total. Em se tratando de áreas irrigadas com esgoto sanitário tratado, o limite para os gramados chega até 40%.

Uma das maneiras de utilizar plantas que consumam pouca água é usar plantas nativas, principalmente nos gramados. As plantas nativas não são somente gramados, mas árvores, arbustos etc., que existam na região.

Deveremos ter cuidado com plantas e forrações invasivas, para que não se tornem uma praga.

Água de Reúso Classe 3

São para águas tratadas destinadas a irrigação de áreas verdes e rega de jardins, conforme Tabela (1.3) do Sinduscon, 2006.

Tabela 1.3 - Água de reúso classe 3

Parâmetros		Concentrações	
pH		Entre 6,0 e 9,0	
Salinidade		0,7 < EC (dS/m) < 3,0, 450 < SDT (mg/L) < 1500	
Toxicidade por íons específicos	Para irrigação superficial	Sódio (SAR)	Entre 3 e 9
		Cloretos (mg/L)	< 350 mg/L
	Para irrigação com aspersores	Cloro residual (mg/L)	Máxima de 1 mg/L
		Sódio (SAR)	> ou = 3,0
	Cloretos (mg/L)	< 100 mg/L	
	Cloro residual (mg/L)	< 1,0 mg/L	
Boro (mg/L)	Irrigação de culturas alimentícias	0,7 mg/L	
	Regas de jardim e similares	3,0 mg/L	
Nitrogênio total (mg/L)		5 - 30 mg/L	
DBO (mg/L)		< 20 mg/L	
Sólidos suspensos totais (mg/L)		< 20 mg/L	
Turbidez (UT)		< 5 UT	
Cor aparente (UH)		< 30 UH	
Coliformes fecais (mL)		≤ 200/ 100 mL	

Fonte: Sinduscon, SP, 2006

1.8 Hidrozona e tipo de gramas

O agrupamento das plantas com consumo semelhantes de água também é aconselhável. É o que se chamam as hidrozonas.

Gramas tolerantes a seca e não tolerantes

Conforme informações da técnica em paisagismo Marinez Costa, as melhores gramas tolerantes a seca são:

- *Batatais*
- *Bermuda*
- *Esmeralda*

As gramas pouco tolerantes a seca são:

- *Santo Agostinho*
- *Grama Coreana*
- *São Carlos*

As características principais das gramas mencionadas acima são:

Batatais

Nome científico: *Paspalum Notatum*, *Flugge* (esta grama é usada muito nas estações climatológicas no Brasil, pois permanece praticamente verde durante todo o ano, desde que seja irrigada).

Altura de 15cm a 30cm

Resiste ao pisoteio

Resiste à seca

Não resiste a sombra

Tolerância à meia sombra

Uso em parques públicos e grandes áreas

Resistente a pragas e doenças.

Adapta bem a solos pobres

Bermuda

Nome científico: *Cynodum dactylum*
Uso em campos esportivos, playgrounds e campos de golfe.
Tolerantes a pisoteio
Resistente a seca
Suporta temperatura até 40°C
Sobrevive até 12mm /semana de água de irrigação
Até 20cm de altura
Baixa manutenção e ideal para controle da erosão

Esmeralda

Nome científico: *Zoysia japonica*
Altura de 10cm a 15cm
Originária do Japão
Muito ramificada
Gosta de sol
Não resiste muito ao pisoteio
Não resiste a sombra
Resiste à seca
Forte enraizamento e recomendada para taludes
Crescimento lento
Exigente em água

Santo Agostinho

Nome científico: *Stenotaphrum secundatum*
Altura de 15cm a 25cm
Gosta de sombras
Não resiste ao pisoteio
Tolerante a salinidade
Bom para região litorânea
Provém da América Subtropical
Crescimento robusto
Gosta de solos salinos e é recomendada para o litoral

Gramma coreana

Nome científico: *Zoysia Tanuifolia*
Altura de 10cm a 15cm
Gosta de muito sol
Crescimento lento
Não é resistente ao pisoteio
Precisa de irrigação periódica.

São Carlos

Nome científico: *Axonopus Compressus*
Altura de 15cm a 20cm
Origem do sul do Brasil
Tolerância ao frio
Pleno sol e meia sombra
Não é resistente a seca
Usar em áreas de sobra

Gosta de áreas sombreadas
Exigente em água
Não tolera o pisoteio
Exigente em adubação

A Figura (1.12) mostra foto de vários tipos de gramas existentes no Brasil.



Figura 1.12- Vários tipos de grama usada no Brasil
Fonte: <http://www.itograss.com.br/Noticias/escolhagrama.htm>

Forrações

A **grama preta** e a grama amendoim não são gramas e sim forrações.

A **grama preta** (*Ophiopogon japonicus*) é uma excelente forração para áreas sombreadas e usada também em bordaduras. É vendida em forma de placas.

A **grama amendoim** (*Arachis repens*) é também uma forração e não uma grama. É muito usada para proteção de taludes. Toler a seca, mas não é tolerante à geada.

Palmeiras

Vamos comentar duas palmeiras, a imperial e a palmeira das canárias.

A **palmeira imperial** (*Roystonea oleracea*) é originária das Antilhas. No Brasil ela foi plantada pelo príncipe regente D. Joao VI em 1809 no Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Elas vieram das Ilhas Maurício obtidas clandestinamente. Quando foi plantada por D. João VI passou a ser chamada de Palmeira Imperial. A primeira palmeira imperial que foi plantada foi destruída em 1972 por um raio e tinha 38,70m de altura. A palmeira imperial tem alto custo e consome muita água.

A **palmeira das canárias** (*Phoenix canariensis*) tem origem nas Canárias e amplamente divulgada e usada como planta ornamental. Pode chegar a 15m de altura. Não deve ser plantada em locais com temperatura abaixo de -10°C. O consumo de água da palmeira das canárias é bem menor que a palmeira imperial.

Seashore Paspalum

A grama seashore *paspalum* é nativa do América do Norte e América do Sul. Uma das características extraordinárias da grama *seachore paspalum* é a tolerância a solos salinos. Toler a locais com água salobra bem melhor que as gramas bermudas. Usa também menos fertilizantes que a grama bermuda. Não tolera climas muito frios como as gramas bermudas.

1.9 Eficiência da irrigação

A eficiência da irrigação só melhorará, separando as plantas de acordo com o consumo de água, ou seja, as chamadas **hidrozonas**. A escolha do tipo de irrigação por *sprinkler* ou gotejamento dependerá da **declividade**, de maneira que não haja escoamento superficial (*runoff*).

O uso da água de esgoto tratado para irrigação tem sido muito discutido nos Estados Unidos, com muitos prós e contras.

Na Califórnia, é permitido o **uso da água da lavagem de roupas, banhos e lavatório do banheiro, a chamada *graywater* ou águas cinzas, em português**, para irrigação, principalmente subsuperficial.

1.10 Solo - água - planta

São as relações que definem o modelo no qual a água entra e se move na profundidade efetiva das raízes, no sistema de raízes das plantas e depois volta para a atmosfera.

1.11 Percolação

É a taxa pela qual a água se move através do solo. *A percolação profunda, ou seja, a água livre* ocorre quando a água fica abaixo das raízes e não é mais usada pelas plantas.

A água livre é uma água perdida que irá para o manancial subterrâneo. A percolação profunda pode encaminhar produtos químicos e fertilizantes da zona das raízes para o aquífero subterrâneo.

1.12 *Runoff*

É a água que não é absorvida pelo solo e pelas plantas quando a irrigação é feita. Conhecida como escoamento superficial ou enxurrada.

A água escorrerá superficialmente formando poças d'água e sulcos. Isto acontecerá quando houver um excesso de irrigação.

1.13 Profundidade efetiva das raízes RZ

É a profundidade do solo na quais as plantas buscam os nutrientes. É também chamada zona ativa das raízes ou zona das raízes onde estão praticamente 95% das raízes.

A quantidade de água necessária que fica na zona das raízes é chamada de *soil moisture reservoir*. É como se fosse um reservatório de água, conforme Figuras (1.13) a (1.16).

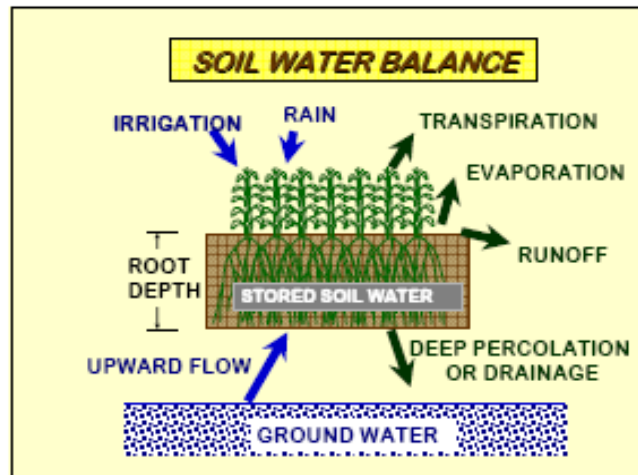


Figura 1.13- Mostra o reservatório de água na zona de raízes
<http://gillev.tamu.edu/>

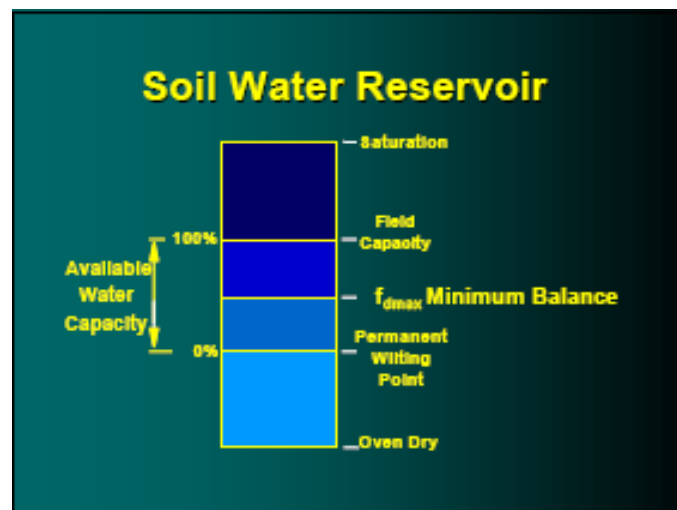


Figura 1.14- Mostra a capacidade total de água na zona de raízes, onde existe o máximo e o mínimo.
<http://gillev.tamu.edu/>

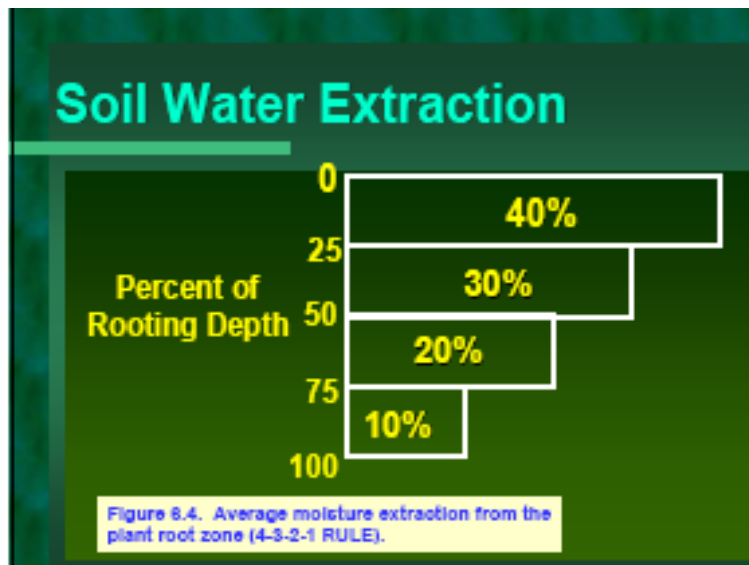


Figura 1.15- Mostra a extração de água na zona de raízes
<http://gilley.tamu.edu/>

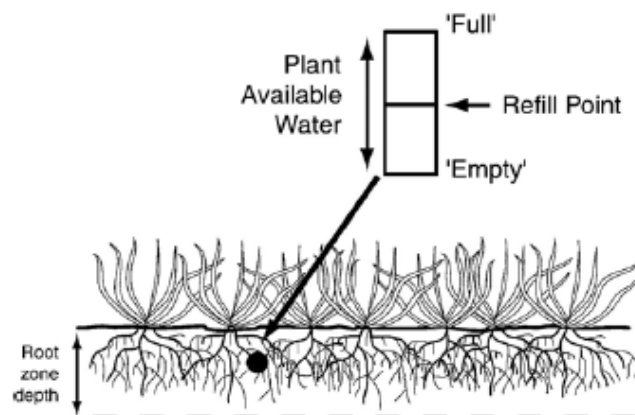


Figura 1.16- Mostra esquematicamente a máxima capacidade de água disponível para as plantas, havendo um ponto de *refill* onde deverá haver chuva ou irrigação.

1.14 Capacidade de armazenamento de água pelo solo

Vamos definir três parâmetros que é muito importante para o estudo da irrigação: capacidade de armazenamento de água pelo solo; quantidade de água contida na capacidade de campo e quantidade de água contida no ponto de murcha permanente.

AWHC (Available Water Holding Capacity)= capacidade de armazenamento de água pelo solo (m^3/m^3 , cm^3/cm^3 , mm/mm)

θ_{CC} = quantidade de água contida na capacidade de campo (m^3/m^3 , cm^3/cm^3 , mm/mm)

θ_{PMP} = quantidade de água contida no ponto de murcha permanente (m^3/m^3 , cm^3/cm^3 , mm/mm)

A **Capacidade de Campo** θ_{CC} conforme Wihmeyer e Hendrickson, 1949 in Reichardt e Timm, 2004 é a quantidade de água retida pelo solo após a drenagem do seu excesso, quando a velocidade do movimento descendente praticamente cessa, o que usualmente, ocorre dois a três dias após a chuvas ou irrigação em solos permeáveis de estrutura e textura uniforme.

O **Ponto de Murcha Permanente** θ_{PMP} é a umidade do solo na qual uma planta murcha não restabelece turgidez, mesmo quando colocada em atmosfera saturada de 12h, conforme Reichardt e Timm, 2004.

A FAO, 1998 a Tabela (1.4) onde temos a textura do solo e a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, bem como a diferença entre eles.

Tabela 1.4 – Capacidade de campo, ponto de murcha permanente, conforme a textura do solo e capacidade de armazenamento da água no solo.

Textura do solo	Capacidade de campo θ_{CC}	Ponto de Murcha Permanente θ_{PM}	AWHC= $\theta_{CC} - \theta_{PM}$
	<i>(m³/m³, cm³/cm³, mm/mm)</i>		
Areia	0,07 a 0,17	0,02 a 0,07	0,05 a 0,11
Areia franca	0,11 a 0,19	0,03 a 0,10	0,06 a 0,12
Franco arenoso	0,18 a 0,28	0,06 a 0,16	0,11 a 0,15
Franco	0,20 a 0,30	0,07 a 0,17	0,13 a 0,18
Franco siltoso	0,22 a 0,36	0,09 a 0,21	0,13 a 0,19
Silte	0,28 a 0,36	0,12 a 0,22	0,16 a 0,20
Franco argiloso siltoso	0,30 a 0,37	0,17 a 0,24	0,13 a 0,18
Argila siltosa	0,30 a 0,42	0,17 a 0,29	0,13 a 0,19
Argila	0,32 a 0,40	0,12 a 0,20	0,12 a 0,20

Fonte: FAO, 1998

Nas Tabelas (1.4) e (1.6) estão a Capacidade de Armazenamento no solo AWHC em função da textura do solo.

Tabela 1.5- Capacidade de armazenamento de água de acordo com a textura do solo (AWHC).

Textura do solo	Capacidade de armazenamento de água pelo solo (AWHC) (mm/mm)	
	<i>The irrigation Association, 2005</i>	Fuentes Yague e Cruz Roche, 1990 in Gomes, 1997
Argiloso	0,17	0,14 a 0,21
Franco-argiloso	0,17	0,14 a 0,21
Franco-siltoso	0,18	0,12 a 0,19
Franco	0,17	0,09 a 0,18
Franco-arenoso	0,12	0,08 a 0,13
Arenoso	0,06 a 0,08	0,04 a 0,08

Fonte: Adaptado de *The Irrigation Association, março de 2005 - Landscape Irrigation Scheduling and Water Management* e de Gomes, 1997.

Tabela 1.6- Capacidade de armazenamento de água de acordo com a textura do solo (AWHC).

Textura do solo	Craul	WSU
	mm/mm	mm/mm
Areia	0,13	0,06
Areia franca	0,10	0,07
Areia franca fina	0,06	0,10
Franco arenoso	0,13	0,12
Franco	0,16	0,17
Franco siltoso	0,20	0,19
Franco argilo-siltoso	0,12	0,18
Argila arenosa	0,08	0,19
Franco argiloso	0,13	0,19
Franco siltoso	0,15	0,00
Argila	0,12	0,19

A capacidade de armazenamento de água de acordo com a textura do solo (AWHC) pode ser calculada conforme Gomes, 1997 através da expressão:

$$AWHC = (1/10) \times (\theta_{CC} - \theta_{PM}) \times Dar$$

Sendo:

AWHC= capacidade de armazenamento da água no solo (mm/cm)

θ_{CC} = quantidade de água contida na capacidade de campo em % do peso.

θ_{PMP} = quantidade de água contida no ponto de murcha permanente em % do peso.

Dar= densidade aparente do solo, relativa à densidade da água (adimensional).

Exemplo 1.2

Calcular AWHC= capacidade de armazenamento da água no solo (mm/cm) sendo, dados a capacidade de campo= 15% do peso do solo e ponto de murcha igual a 5% do peso do solo. A densidade do ar, Dar= 1,38g/cm³. Solo franco arenoso.

$$AWHC = (1/10) \times (\theta_{CC} - \theta_{PM}) \times Dar$$

$$AWHC = (1/10) \times (15 - 5) \times 1,38 = 1,38 \text{ mm/cm} = 0,138 \text{ mm/mm}$$

Podemos comparar com a Tabela (1.6) onde, para solo franco arenoso, temos AWHC= 0,13mm/mm (0,138mm/mm), o que significa que a tabela funciona bem para estimativa.

1.15 Água disponível para a planta na zona das raízes

É a quantidade de água na zona das raízes, que fica disponível para as plantas PAW (*Plant Available Water*).

$$PAW = AWHC \times RZ$$

Sendo:

PAW= água disponível para a planta na zona das raízes (mm)

AWHC= capacidade de armazenamento no solo (mm/mm)

RZ= profundidade média das raízes para uma determinada hidrozona (mm).

A **disponibilidade de água para as plantas** vai de um limite superior chamado de **Capacidade de Campo (CC)** até um limite inferior chamado **PMP (Ponto de Murcha Permanente)**.

Outra maneira de resolver o problema

Outra maneira de resolver o problema, conforme Azevedo Neto, 1998 é obtermos o valor da tensão de sucção em laboratório. Entramos na Figura (1.17) e achamos a porcentagem.

$$PAW = (\theta_{CC} - \theta_{PM}) \times Dar \times RZ/10$$

PAW= água disponível para a planta na zona das raízes (mm)

θ_{CC} = quantidade de água contida na capacidade de campo em % do peso.

θ_{PMP} = quantidade de água contida no ponto de murcha permanente em % do peso.

Dar= densidade aparente do solo, relativa à densidade da água (adimensional).

RZ= profundidade das raízes (cm)

Exemplo 1.3

Dada a tensão de sucção igual a 0,12 atm para determinação da capacidade de campo obtido em laboratório.

Entrando na Figura (1.17) com 0,12atm obtemos o valor da capacidade de campo igual a 16%.

Para acharmos o ponto de murchamento entramos com a pressão de 15atm na mesma Figura (1.17) e obtemos 7,8%.

Dar= 1,32

RZ= 40cm

$$PAW = (\theta_{CC} - \theta_{PM}) \times Dar \times RZ/10$$
$$PAW = (16 - 7,8) \times 1,32 \times 40/10 = 43,3\text{mm}$$

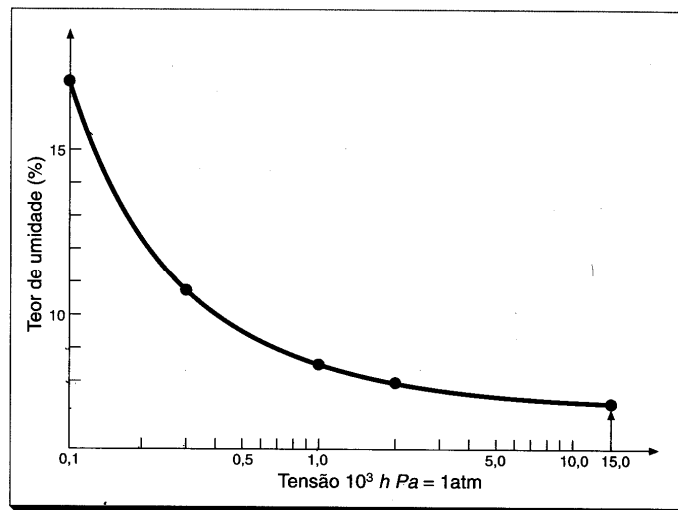


Figura 1.17- Curva característica de retenção de água de um solo
Fonte: Azevedo Neto, 1998

Exemplo 1.4

Calcular a quantidade de água disponível, de um gramado PAW, em solo argiloso com raízes de profundidade efetiva de 150mm.

Para solos argilosos, conforme Tabela (1.4), o valor de AWHC= 0,17mm/mm.

$$PAW = AWHC \times RZ$$

$$PAW = 0,17\text{mm/mm} \times 150\text{mm} = 26\text{mm}$$

Uma maneira de se imaginar a quantidade disponível de água PAW de uma planta, é supormos um reservatório de água disponível para a planta (*Soil moisture reservoir*). Deste reservatório, como veremos adiante, podemos aproveitar no máximo 50% da água disponível.

1.16 Porcentagem de água que pode ser extraída (MAD= *Management Allowable depletion*)

É a máxima porcentagem de água que pode ser extraída do solo antes da irrigação ser aplicada, conforme Tabela (1.7). Depende do tipo de solo e o valor máximo recomendado é de 50%.

Tabela 1.7- Quantidade de água que pode ser extraída (MAD) de acordo com textura do solo.

Textura do solo	Quantidade de água que pode ser extraída (MAD) (%)
Argiloso	30
Franco-argiloso	40
Franco-siltoso	40
Franco	50
Franco-arenoso	50
Arenoso	50 a 60
Nota: o valor máximo de MAD é de 50%	

Fonte: Adaptado de *The Irrigation Association, março de 2005- Landscape Irrigation Scheduling and Water Management*.

Quanto maior for a evapotranspiração da cultura ET_c, menor será a quantidade de água que pode ser extraída, conforme FAO, 1998.

A Tabela (1.7) foi feita para ET_c= 5mm e, para outros valores, ela deve ser corrigida através da Equação:

$$AD = MAD_{\text{da tabela}} + 0,04 \times (5 - ET_c)$$

Sendo:

MAD= quantidade máxima que pode ser extraída da Tabela (1.9) em fração

Etc= evapotranspiração da cultura (mm/dia).

Exemplo 1.5

Calcular o valor de MAD para ET_c= 8mm/dia para solo franco.

Da Tabela (1.7) para solo franco MAD= 50%= 0,50 (fração)

$$MAD = MAD_{\text{da tabela}} + 0,04 \times (5 - ET_c)$$

$$MAD = 0,50 + 0,04 \times (5 - 8) = 0,38 = 38\%$$

O valor será 38% e não 50% para o MAD.

1.17 Quantidade de água que pode ser extraída pelas plantas (AD)

A quantidade máxima de água que a planta pode extrair é:

$$AD = PAW \times (MAD / 100)$$

Exemplo 1.6

Seja um solo argiloso com raízes de profundidade efetiva média de 150mm.

AWHC= 0,17 mm/mm

RZ= 150mm

PAW= AWHC x RZ= 0,17 x 150= 26mm

MAD= 50%

AD= PAW x (MAD/ 100)= 26 x (50/100)= 13mm

Assim, do reservatório de água no solo (*soil moisture reservoir*), pode ser extraído somente 13mm, antes que o *stress* nas plantas comece, ou seja, antes que atinja o ponto de murcha permanente.

Outra maneira de calcular AD

Conforme Gomes, 1997 temos:

$$AD = (1/10) \times (\theta_{CC} - \theta_{PM}) \times Dar \times RZ \times MAD$$

Sendo:

AD= lâmina de irrigação líquida máxima (mm)

θ_{CC} = quantidade de água contida na capacidade de campo em % do peso.

θ_{PMP} = quantidade de água contida no ponto de murcha permanente em % do peso.

Dar= densidade aparente do solo (g/cm^3)

RZ= profundidade efetiva das raízes da planta (m), conforme Tabela (1.9)

MAD= quantidade máxima que pode ser extraída ou déficit tolerável para diversos tipos de cultura segundo Gomes, 1997, conforme Tabela (1.8).

Tabela 1.8- Déficit tolerável para diversos tipos de cultura

Cultura	MAD (%)
Alfafa	35
Tomate	45
Feijão	50
Milho	40

Fonte: Gomes, 1997

Tabela 1.9- Profundidade efetiva das raízes para diferentes tipos de cultura

Cultura	Profundidade das raízes (cm)
Abacate	60cm a 90cm
Tomate	60cm a 120cm
Feijão verde	25cm a 50cm
Milho	60cm a 120cm

Fonte: Gomes, 1997

Estimativa da capacidade de campo e ponto de murchamento permanente

Na ausência de dados do solo podemos estimar os valores, conforme Tabela (1.10) de Antônio Cardoso Neto, no segundo fascículo de Tópicos básicos de irrigação- as propriedades do solo.

Tabela 1.10- Capacidade de campo e ponto de murchamento segundo a classe estrutural do solo

Classe textural do solo	Capacidade de campo (em peso)	Ponto de Murchamento permanente (em peso)
Argilosa	45%	30%
Argilo-barrenta	40%	25%
Areno-barrenta	28%	18%
Fino-arenosa	15%	8%
Arenosa	8%	4%

Fonte: Antônio Cardoso Neto

Exemplo 1.7

Calcular a lâmina de irrigação líquida máxima AD em mm sendo dados:

Capacidade de campo= 15% do peso do solo

Ponto de murcha igual a 5% do peso do solo.

Densidade do ar $Dar = 1,38g/cm^3$, solo franco arenoso. $RZ=0,70m$ e $MAD=45$.

$$AD = (1/10) \times (\theta_{CC} - \theta_{PM}) \times Dar \times RZ \times MAD$$

$$AD = (1/10) \times (10 - 5) \times 1,38 \times 0,70 \times 45 = 43,5mm$$

1.18 Coeficiente de paisagismo (K_L)

O coeficiente de paisagismo K_L é um conceito novo que substitui o antigo coeficiente K_c , que continua a ser usado em outras culturas. É adotado também pelo LEED.

A vantagem do coeficiente de paisagismo K_L é que pode ser reajustado para microclima usando o coeficiente (K_{mc}), **para a densidade das plantas** usando (K_d) e, para o impacto das necessidades de água da planta, usando o coeficiente (K_s) que é praticamente o antigo coeficiente K_c .

$$K_L = K_s \times K_{mc} \times K_d$$

Sendo:

K_L = coeficiente de paisagismo

K_s = fator das espécies

K_{mc} = fator do microclima.

K_d = fator da densidade das plantas.

1.19 Fator das espécies Ks

As diversas plantas de diferentes espécies possuem taxas de evapotranspiração diferentes. Algumas espécies transpiram muita água, enquanto que outras consomem relativamente pouca água conforme Tabela (1.10).

Tabela 1.10- Valores do fator das espécies Ks para diversas plantas

Vegetação	Alto	Médio	Baixo
Árvores	0,9	0,5	0,2
Arbustos	0,7	0,5	0,2
Forrações: plantas rasteiras	0,9	0,5	0,2
Mistura de árvores, arbustos e gramas	0,9	0,5	0,2
Gramado	0,80	0,75	0,60

Fonte: *The Irrigation Association, março de 2005- Landscape Irrigation Scheduling and Water Management.*

Para grama batatais temos $K_s=0,50$ e para grama Esmeralda $K_s=0,9$ e para grama Bermuda K_s varia de 0,8 a 0,9. Para a grama *seachore paspalum* $K_s=0,70$.

1.20 Fator do microclima Kmc

Os prédios, pavimentação, declividades, sombras, ventos, etc podem influenciar muito o meio ambiente local.

Um alto fator de microclima K_{mc} se deve a locais rodeados por superfícies que absorvem o calor e que haja muitos ventos, chegando o coeficiente atingir $K_{mc}= 1,4$.

Um fator K_{mc} médio são as plantas que estão na sombra e protegidas do vento. O fator $K_{mc} = 0,5$ conforme Tabela (1.11) são plantas que estão muito bem protegidas dos ventos.

Vegetação	Alto	Médio	Baixo
Árvores	1,4	1,0	0,5
Arbustos	1,3	1,0	0,5
Forrações: plantas rasteiras	1,2	1,0	0,5
Mistura de árvores, arbustos e gramas	1,4	1,0	0,5
Gramados	1,2	1,0	0,8

Tabela 1.11- Valores para plantas **do microclima K_{mc} diversas plantas**

Fonte: *The Irrigation Association, março de 2005- Landscape Irrigation Scheduling and Water Management*

1.21 Fator de densidade Kd

A densidade da vegetação no paisagismo varia muito. Existem plantas que ficam esparsas, que oferecem menor área de superfície de folhas e outras mais densas. A densidade é um fator que está entre 0,5 a 1,3 e que está em três grupos: alta, média e baixa densidade, conforme Tabela (1.12).

Tabela 1.12- Valores da fator de densidade Kd para plantas diversas plantas

Vegetação	Alto	Médio	Baixo
Árvores	1,3	1,0	0,5
Arbustos	1,1	1,0	0,5
Forrações: plantas rasteiras	1,1	1,0	0,5
Mistura de árvores, arbustos e gramas	1,3	1,0	0,6
Gramados	1,0	1,0	0,6

Fonte: *The Irrigation Association, março de 2005- Landscape Irrigation Scheduling and Water Management.*

Exemplo 1.8

Um gramado em zona de edificações, onde há bastante sombra, num local de clima quente e úmido. Queremos a lâmina líquida de água necessária para a grama Santo Agostinho no mês de julho. Considerar a densidade média do gramado.

$$K_s = 0,6$$

$$K_{mc} = 0,8 \text{ (sombas)}$$

$$K_d = 1,0 \text{ (grama)}$$

$$K_L = K_s \times K_{mc} \times K_d = 0,6 \times 0,8 \times 1,0 = 0,48$$

$$E_{To} = 6,4\text{mm/dia} = \text{média entre } 5,1\text{mm/dia a } 7,6\text{mm/dia da Tabela (1.6)}$$

$$PWR = E_{Tc} = E_{To} \times K_L = 6,4\text{mm/dia} \times 0,48 = 3,1\text{mm/dia}$$

1.22 Precipitação efetiva (Pe)

É a porção da chuva que fica armazenada no solo até a profundidade das raízes e que fica disponível para as plantas.

O termo é simples, mas complexo na prática porque envolve muitas disciplinas como meteorologia, espécies de plantas e ciência do solo.

Precipitação efetiva é a parcela da água de chuva que não esco superficialmente e nem percola abaixo da zona radicular da cultura. É aquela que efetivamente é usada pelas plantas. É influenciado pela intensidade da chuva, declividade do terreno, tipo de solo, textura, estrutura, umidade do solo, sistema de cultivo, práticas culturais e conservacionistas, profundidade do sistema radicular e demais características das culturas.

Existem vários métodos para se achar a precipitação efetiva, como o lisímetro da Figura (1.18), o método do balanço da água no solo, o método de Blaney-Criddle e o método do *Soil Conservation Service*.

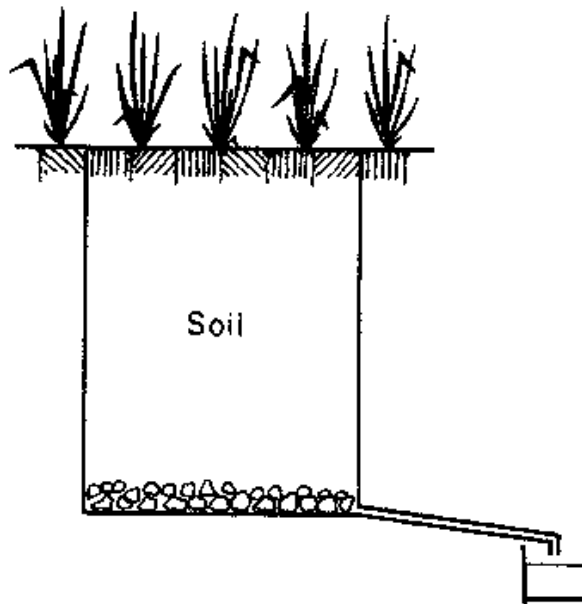


Figura 1.18- Esquema de um lisímetro
 Fonte: FAO, 1998

O método fundamental que iremos adotar é do percentual fixo da USDA-SCS.

1.23 Precipitação efetiva P_e com percentual fixo da USDA-SCS

Nos Estados Unidos foram feitas pesquisas com dados de 50anos pelo USDA *Soil Conservation Service* (USDA-SCS) e se chegou à seguinte Tabela (1.13) para aplicação do método do percentual fixo, usando o fator RF. É válido para precipitações mensais de 6,4mm a 203,2mm e para terrenos planos.

Tabela 1.13- Precipitação efetiva com percentual fixo (Fator RF) da precipitação histórica mensal, dependendo do tipo de solo e da profundidade das raízes conforme USDA-SCS e válido para terrenos planos.

Categoria de solo	Tipo de solo	Profundidade das raízes em milímetros			
		150mm	300mm	457mm	610mm
		Precipitação média mensal efetiva em (%) da precipitação mensal			
1	Arenoso	44	48	52	55
2	Franco-arenoso	47	53	58	63
3	Franco	49	57	63	68
4	Franco-argiloso	47	55	60	65
5	Argiloso	45	51	55	59

Fonte: *The Irrigation Association, março de 2005- Landscape Irrigation Scheduling and Water Management.*

Na Tabela (1.13) conforme o tipo de solo e as profundidades das raízes obtemos a porcentagem da precipitação total mensal que deve ser usada como precipitação efetiva.

$$Pe = P \times RF / 100$$

Sendo:

Pe= precipitação efetiva (mm)

P= precipitação mensal (mm)

RF= fator obtido da Tabela (1.13) ou através de pesquisa realizada.

Exemplo 1.9

Para solo argiloso, raiz de planta de 150mm e fator RF= 45% conforme Tabela (1.13). A precipitação mensal é 120mm.

$$Pe = P \times RF / 100$$

$$P = 130\text{mm}$$

$$RF = 50\%$$

$$Pe = P \times RF / 100$$

$$Pe = 120 \times 50 / 100 = 60\text{mm}$$

Dica: para planejamento de irrigação RF, máximo de 50%.

1.24 Método USDA, SCS conforme FAO, 1998

O método US. *Department of Agriculture e Soil Conservation Service* não inclui a intensidade das precipitações e nem a textura do solo. Consiste na aplicação das Tabelas (1.14) a (1.16).

Uso consumptivo= evapotranspiração da cultura (ETc)

Tabela 1.14- Precipitação efetiva mensal baseada na média mensal de precipitação em mm e no uso consumptivo (evapotranspiração da cultura ETc).

Monthly mean rainfall mm	Mean monthly consumptive use mm														
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	
	Mean monthly effective rainfall mm														
12.5	7.5	8.0	8.7	9.0	9.2	10.0	10.5	11.2	11.7	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	
25.0	15.0	16.2	17.5	18.0	18.5	19.7	20.5	22.0	24.5	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	
37.5	22.5	24.0	26.2	27.5	28.2	29.2	30.5	33.0	36.2	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	
50.0	25	32.2	34.5	35.7	36.7	39.0	40.5	43.7	47.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	
62.5	at 41.7	39.7	42.5	44.5	46.0	48.5	50.5	53.7	57.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	
75.0		46.2	49.7	52.7	55.0	57.5	60.2	63.7	67.5	73.7	75.0	75.0	75.0	75.0	
87.5		50.0	56.7	60.2	63.7	66.0	69.7	73.7	77.7	84.5	87.5	87.5	87.5	87.5	
100.0		at 80.7	63.7	67.7	72.0	74.2	78.7	83.0	87.7	95.0	100	100	100	100	
112.5			70.5	75.0	80.2	82.5	87.2	92.7	98.0	105	111	112	112	112	
125.0			75.0	81.5	87.7	90.5	95.7	102	108	115	121	125	125	125	
137.5			at 122	88.7	95.2	98.7	104	111	118	126	132	137	137	137	
150.0				95.2	102	106	112	120	127	136	143	150	150	150	
162.5				100	109	113	120	128	135	145	153	160	162	162	
175.0				at 160	115	120	127	135	143	154	164	170	175	175	

Fonte: FAO, 1978- Effective rainfall in irrigated agriculture

Tabela 1.15-continuação- Precipitação efetiva mensal baseada na média mensal de precipitação em mm e no uso consumptivo (evapotranspiração da cultura ETc).

187.5					121	126	134	142	151	161	170	179	185	187
200.0					125	133	140	148	158	168	178	188	196	200
225					at 197	144	151	160	171	182				
250						150	161	170	183	194				
275						at 240	171	181	194	205				
300							175	190	203	215				
325							at 287	198	213	224				
350								200	220	232				
375								at 331	225	240				
400									at 372	247				
425										250				
										at 412				
450	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250				

Fonte: FAO, 1978- Effective rainfall in irrigated agriculture

Tabela 1.16- Tabela da multiplicação pelo fator SF entrando-se na tabela com o valor AD

d mm	factor	d mm	factor	d mm	factor
10.00	0.620	31.25	0.818	70.00	0.990
12.50	0.660	32.50	0.828	75.00	1.000
15.00	0.678	35.00	0.842	80.00	1.004
17.50	0.708	37.50	0.860	85.00	1.008
18.75	0.720	40.00	0.878	90.00	1.012
20.00	0.728	45.00	0.905	95.00	1.016
22.50	0.749	50.00	0.930	100.00	1.020
25.00	0.770	55.00	0.947	125.00	1.040
27.50	0.790	60.00	0.963	150.00	1.060
30.00	0.808	65.00	0.977	175.00	1.070

A Tabela (1.14) e (1.15) foram feitas para d= 75mm. Quando o valor for maior ou menor que 75mm temos que multiplicar por um valor obtido na Tabela (1.16) denominado SF.

AD: é a quantidade máxima de água que a planta pode extrair do solo

SF: é o fator de redução ou aumento, pois o valor padrão da tabela da SCS foi feito para AD= 75mm. Portanto, quanto AD for maior que 75mm haverá um acréscimo e, quando menor, um decréscimo. O valor SF será um número entre 0,620 e 1,070.

Exemplo 1.10

Calcular a precipitação efetiva Pe mensal para precipitação média mensal de 75mm e uso consumptivo, isto é, evapotranspiração Etc= 100mm. Queremos que a altura de irrigação a ser aplicada seja de 50mm.

Entrando na Tabela (1.14) achamos o valor Pe= 52,7mm

Consultando a Tabela (1.16) para 50mm achamos o fator SF= 0,93 que deverá ser multiplicado pelo valor obtido na Tabela (1.14)

Então a precipitação efetiva:

$$Pe = 52,7\text{mm} \times SF = 52,7 \times 0,93 = \mathbf{49,01\text{mm}} < 75\text{mm OK}$$

Exemplo 1.11

Calcular a precipitação efetiva P_e do mês de abril do município de Guarulhos $E_{tc} = 47\text{mm}$ e precipitação média mensal de abril $P = 48\text{mm}$ sendo a quantidade máxima de água armazenada no solo que a planta pode retirar $AD = 125\text{mm}$.

Entrando na Tabela (1.14) estimamos $P_e = 35\text{mm}$ e olhando-se a Tabela (1.16) obtemos o fator 1,04.
 $P_e = 35\text{mm} \times SF = 35\text{mm} \times 1,04 = 36,4\text{mm} < 48\text{mm}$ OK

Nota: a precipitação efetiva P_e deverá ser menor que E_{tc} ou a precipitação mensal.

1.25 Método analítico do SCS para achar a precipitação efetiva mensal

Com 50 anos de dados de precipitações nos Estados Unidos os cientistas do SCS, através de 22 locais, desenvolveram uma técnica para calcular a precipitação efetiva P_e .

O valor de P_e é dado pela equação que está em polegadas:

$$P_e = SF \times (0,70917 \times P^{0,82416} - 0,11556) \times (10^{(0,02426 \times E_{tc})})$$
$$SF = (0,531747 + 0,295164 \times AD - 0,057697 \times AD^2 + 0,003804 \times AD^3)$$

Sendo:

P_e = precipitação efetiva mensal (in)

P = precipitação média mensal (in)

E_{tc} = média da evaporação da cultura (in)

SF = fator de armazenamento no solo

Exemplo 1.12

Seja uma cidade com precipitação $P = 227\text{mm} = 8,9\text{in}$. $E_{tc} = 93,8\text{mm} = 3,7\text{in}$ e $AD = 22\text{mm} = 0,9\text{in}$.
Achar a precipitação efetiva mensal P_e .

$$SF = (0,531747 + 0,295164 \times AD - 0,057697 \times AD^2 + 0,003804 \times AD^3)$$
$$SF = (0,531747 + 0,295164 \times 0,9 - 0,057697 \times 0,9^2 + 0,003804 \times 0,9^3) = 0,74$$
$$P_e = 0,74 \times (0,70917 \times 8,9^{0,82416} - 0,11556) \times (10^{(0,02426 \times 3,7)}) = 3,8\text{in} = 97,5\text{mm}$$

1.26 Precipitação efetiva

No projeto de irrigação de paisagismo não pode ser prevista toda a precipitação e sim que a precipitação efetiva não poderá passar de uma certa porcentagem da precipitação.

Cunha et al, 2007 informam que há diferentes critérios para a estimativa da **precipitação efetiva**. Na Índia utiliza-se 60% da precipitação média e alguns países 75%. Há países que consideram a precipitação efetiva média como sendo aquela em que entram somente precipitações superiores a 5mm e inferiores a 75mm/dia e 125mm num período de 10 dias.

1.27 Bibliografia e livros consultados

- ANP-ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PAISAGISMO. <http://www.anponline.org.br/>
- AYOADE, J. O. *Introdução à Climatologia para os trópicos*. 4ª edição, 332 páginas, 1996, Coordenador Editorial: Antônio Christofolletti.
- BALL, KEN. AWWA - AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, *Xeriscape-programs for water utilities*. 1990, ISBN 0-89867-525-1, 91 páginas.
- BENNET, RICHARD E. E HAZINSKI, MICHAEL S. AWWA - AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. *Water-Efficient Landscape – guidelines*, 1993, ISBN 0-89867-679-7, 176 páginas.
- CUNHA, PEDRO et al. *Procedimentos para pedidos de outorga de direito de uso da água para irrigação. Agência Nacional das Águas*. 29 páginas.
- EMBRAPA. *Requerimento de água das culturas*. Circular técnico 2 de dezembro de 2002, Sete Lagoas, Minas Gerais.
- -FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION). *Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements FAO- Irrigation and drainage paper 56*. Rome, 1998. ISBN 92-5-1042105.
- FAO. *Effective rainfall in irrigated agriculture*. ISBN 92-5-100272-X. Terme di Caracalla, Rome, Italy.
- GALVANI, E., et al. *Modelo de estimativa de evapotranspiração de referência (ET_o) a partir da lâmina de água evaporada em Tanque Classe "A"*. ESALQ, USP, Piracicaba, outubro de 1999.
- GOMES, HEBER PIMENTEL. *Engenharia de irrigação*. Universidade Federal da Paraíba, 2ª edição, 390 páginas, 1997, Campina Grande.
- IRRIGATION ASSOCIATION. *Landscape irrigation scheduling and water management*, março de 2005.
- IRRIGATION ASSOCIATION. *Turf and landscape irrigation- Best Management Practices*, abril de 2005.
- ITO, ACACIO EIJI et al. *Manual de Hidráulica*. Azeveto Netto. 8ª ed. Atualizada Blucher, 669 páginas.
- LEA, ROSANGELA E SANTO, SANDRA MEDEIROS. *Roteiro para calcular o balanço hídrico pelo sistema de Thornthwaite-Mather*, 1955. Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia.
- LOPES, ALAN VAZ E FREITAS, MARCOS AIRTON DE SOUZA. *Avaliação das demandas de ofertas hídricas na bacia do Rio São Francisco usando modelo de rede de fluxo*. Universidade de Fortaleza (UNIFOR).
- OLIVEIRA, RODRIGO. *Modelo Hidrológico de precipitação-escoamento*. Monte de Caparica, 1998.
- REICHARDT, KLAUS e TIMM, LUIS CARLOS. *Solo, planta e atmosfera- conceitos, processos e aplicações*. Editora Manole, 2004, ISBN 85-204-1773-6. 1ª ed. 478 páginas.
- RIGHETTO, ANTONIO MAROZZI. *Hidrologia e Recursos hídricos*. 1ª ed. USP, ISBN 85-85205-25-5, 1998, 819 páginas.
- SINDUSCON SP: *Conservação e Reúso da água em edificações*, 2ª ed, 2006.
- TUCCI, CARLOS E., *Hidrologia*, ABRH, 1993, 943 páginas, ISBN 85-7025-298-6.
- VIANELLO, RUBENS LEITE E ALVES, ADIL RAINIER. *Metereologia Básica e aplicações*. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 1991, 449 páginas.
- VICKERS, AMY. *Water Use Conservation*. Waterplow press, Massachusetts, 2001, ISBN 1-931579-07-5, 446 páginas.