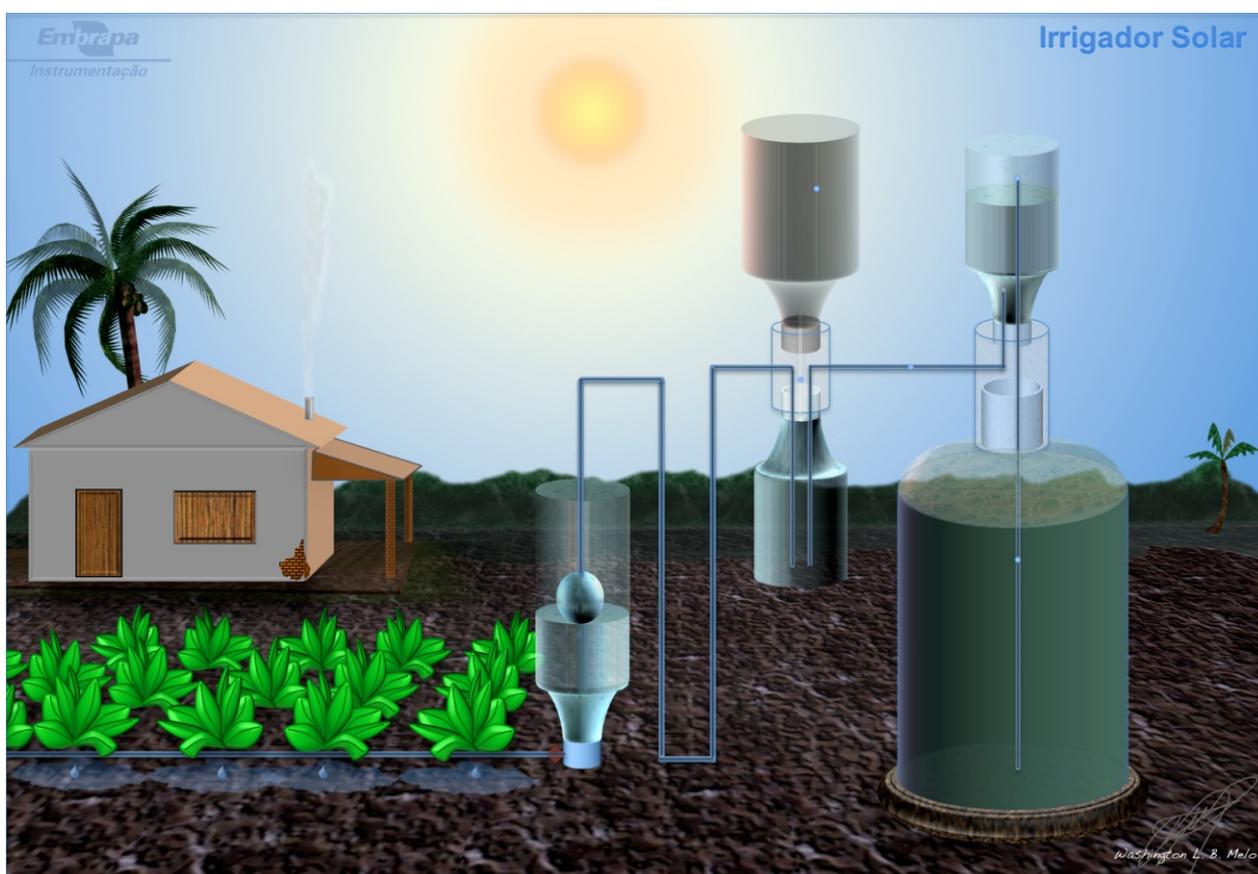


Documentos

58

Irrigador Solar: Instruções De Montagem E De Funcionamento



ISSN 1518-7179

Novembro, 2016

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Instrumentação
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 58

Irrigador Solar: Instruções De Montagem E De Funcionamento

Washington Luiz de Barros Melo

Embrapa Instrumentação
São Carlos, SP
2016

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação

Rua XV de Novembro, 1452
Caixa Postal 741
CEP 13560-970 - São Carlos-SP
Fone: (16) 2107 2800
Fax: (16) 2107 2902
www.embrapa.br/instrumentacao

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: João de Mendonça Naime
Secretária Executiva: Valéria de Fátima Cardoso
Membros:
Valéria de Fátima Cardoso
Cinthia Cabral da Costa
Elaine Cristina Paris
Maria Alice Martins
Cristiane Sanchez Farinas
Membro Suplente: Paulo Renato Orlandi Lasso
Revisor editorial: Valéria de Fátima Cardoso
Revisor de texto: Letícia Patracon
Normalização bibliográfica: Valéria de Fátima Cardoso
Tratamento das ilustrações: Valentim Monzane
Editoração eletrônica: Valentim Monzane
Capa: Washington Luiz de Barros Melo
Imagem da Capa: Washington Luiz de Barros Melo

1ª edição

1ª impressão (2014): tiragem 300

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
Embrapa Instrumentação

M528i Melo, Washington Luiz de Barros

Irrigador solar: instruções de montagem e de funcionamento / Washington Luiz de Barros
Melo. – São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2016.
16 p. ; 21 cm x 27 cm. – (Embrapa Instrumentação. Documentos, ISSN 1518-7179; 58).

1. Irrigação. 2. Energia solar. 3. Hortas. 4. Irrigação automática. 5. Material reciclável. I.
Título. II. Série.

Autor

Washington Luiz de Barros Melo
Físico, Doutor, Pesquisador,
Embrapa Instrumentação,
C.P. 741, CEP 13560-970,
São Carlos-SP

Apresentação

Todos os seres vivos dependem da água, bem imprescindível para a manutenção da vida na Terra. Ela está se tornando cada vez mais difícil de ser encontrada em condições de uso, potável, devido ao uso intensivo, tanto urbano como nas diversas atividades econômicas. Conseqüentemente, o número de mananciais em condições impróprias para o uso tem crescido devido ao descarte de resíduos poluidores, acarretando o aumento do custo de tratamento de água para o uso humano. Também, tem crescido a dificuldade de captação de água devido às grandes distâncias entre sua fonte e o meio consumidor.

A preocupação do autor com o uso da água aumentou há alguns anos, principalmente quanto ao desperdício em uso doméstico, em lavoura de pequena escala, no comércio, entre outros. Pensando na economia de água e na praticidade de um irrigador por gotejamento que fosse automático e feito de material reciclável, de baixo custo, que não necessitasse de energia elétrica, idealizou-se um dispositivo que atende tais requisitos fazendo uso da inesgotável energia solar.

Esse dispositivo teria uma garrafa PET cuja metade de seu volume conteria água, uma bexiga preta dentro desta garrafa e um tubo plástico fixado à tampa e mergulhado na água. A bexiga receberia um volume de ar suficiente para ficar solta dentro da garrafa e boiando sobre a água. O Sol, ao iluminar a garrafa e a bexiga que se aqueceriam, aumentaria o volume, forçando a água a sair pelo tubo plástico e a jorrar para o meio exterior. Assim, tudo começou. Depois, simultaneamente, vieram os aperfeiçoamentos até atingir o estágio atual e a busca para entender todo o processo físico envolvido.

O presente texto aborda as instruções de montagem e do funcionamento completo do irrigador solar. O leitor encontrará sugestões e orientações para melhor construí-lo conforme o tipo de aplicação, seja no jardim ou numa horta, ou outro local de diferentes dimensões. Portanto, o autor deseja incentivar o leitor a montar um irrigador solar na sua propriedade com economia de água e obter melhor produtividade em sua plantação. Que tenha uma ótima leitura e divirta-se com a construção de seu irrigador solar.

João de Mendonça Naime
Chefe geral Embrapa Instrumentação

Sumário

Apresentação	5
Introdução	7
As partes do Irrigador Solar	7
Como funciona o Irrigador Solar	9
Montagem do Irrigador solar	10
Como montar os acopladores (3) e (10)	10
Montagem caseira do acoplador (3)	10
Montagem caseira do acoplador (10)	11
Montagem do sistema feito com garrafas de vidro e pet	11
Montagem do Distribuidor	12
Considerações	14
Conclusões	16
Referências	16

Irrigador Solar: Instruções De Montagem E De Funcionamento

Washington Luiz de Barros Melo

Introdução

O irrigador solar, assim chamado por utilizar a luz solar para iniciar o processo de escorvação - substituição do ar por um líquido numa tubulação - de sifões acoplados, tem como função o fornecimento de água por gotejamento de forma controlada e econômica para plantas de jardins, de pequenas hortas e outros ambientes.

Para montagem do irrigador solar são utilizados materiais recicláveis, tais como garrafas de Politereftalato de Etileno (PET), garrafas de vidro, mangueiras plásticas, capas de fios elétricos, entre outros que geralmente são descartados poluindo o meio ambiente, mas que encontraram um uso racional com aplicação prática e econômica na montagem do aparelho.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria do PET (Abipet), a reciclagem de PET é uma atividade que alcança os três pilares do desenvolvimento sustentável: benefícios sociais, econômicos e ambientais. Esta atividade possibilitou a criação de todo um setor industrial obedecendo as regras de mercado, tornando-se economicamente viável, sustentável e funcional. (ABIJET, c2010). A Nona Edição do Censo da Reciclagem de PET no Brasil, publicada em 2013, confirma que a reciclagem de PET é uma atividade crescente. De acordo com os dados do Censo, 331 mil toneladas de embalagens PET foram coletadas, sendo totalmente recicladas e usadas em novos produtos no país. (ABIJET, 2013)

Outros meios de reaproveitamento destas garrafas e demais materiais são encontrados em atividades de artesanato, modelagem e brinquedos manuais, por exemplo. As aplicações de PETs para irrigação são encontradas na internet, como irrigadores de vasos de plantas e jardins (COMO fazer irrigação por gotejamento, c2013; FAÇA você mesmo:..., 2011; INSTALE um sistema de irrigação por gotejamento no jardim com garrafas plásticas, 2011). As garrafas PET ainda são usadas em aquecedores solares de baixo custo para água de uso doméstico (AQUECEDOR solar composto de produtos descartáveis:..., 2009; COMO fazer um aquecedor solar de garrafas PET, c2016).

Apesar da reciclagem e algum reuso desse tipo de garrafas e de outros materiais, muitas ainda são dispostas no meio ambiente causando danos, entupindo principalmente esgotos e vias públicas das grandes cidades. Muitos desses materiais chegam aos rios e em outros mananciais provocando contaminação e prejuízo à flora e à fauna, devido aos resíduos tóxicos acumulados. Assim, o irrigador solar é uma forma a mais de dar uso nobre a esses materiais, minimizando a possibilidade de que eles cheguem aos destinos menos desejáveis.

As seções abaixo apresentam os componentes do irrigador solar, o princípio de funcionamento do sistema e como montá-lo de maneira prática. Existem outros modos de montagem, ficando ao critério do leitor procurar a maneira que for mais conveniente para ele. A montagem sugerida neste documento pode ser aprimorada, conforme os materiais utilizados e a capacidade de irrigação. Embora a montagem seja livre, é preciso seguir o princípio básico de funcionamento.

As partes do Irrigador Solar

O irrigador solar é composto pelas partes mostradas na Figura 1(A), enquanto a Figura 1(B) serve para ilustrar realisticamente o irrigador solar, onde se pode ver as mesmas partes apresentadas na Figura 1(A). Nesta figura, a descrição por números e nomes é para facilitar a clareza do funcionamento e a identificação das peças necessárias para construir um irrigador solar, quais sejam:

- | | |
|---|--|
| (1) recipiente primário; | (9) tubo de escape do ar quente; |
| (2) funil de acoplamento ao recipiente (1); | (10) acoplador dos recipientes (8) e (11); |
| (3) acoplador dos recipientes (1) e (4); | (11) recipiente de saída; |
| (4) recipiente secundário; | (12) duto gotejador ou sifão duplo; |
| (5) duto de sucção; | (13) válvula de saída do sifão (11); |
| (6) válvula; | (14) boia; |
| (7) duto alimentador; | (15A) garrafa coletora (distribuidor); |
| (8) pressurizador ou bomba solar; | (15B) duto de saída. |

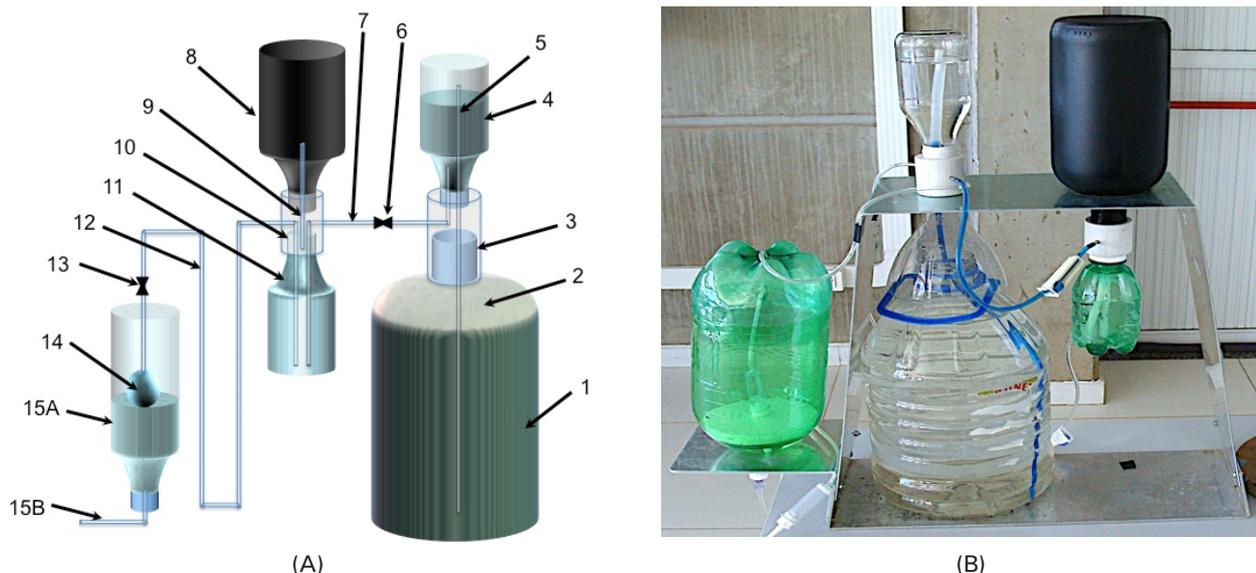


Figura 1. (A) Esboço do Irrigador Solar; (B) Foto de um irrigador solar.

O recipiente primário (1) ou reservatório armazena toda a água usada para a irrigação. Este recipiente pode ser uma garrafa PET sem o pescoço, uma bombona plástica, um tonel ou ainda um tanque d'água, entre outros. O funil de acoplamento (2) serve para posicionar o recipiente (1), tornando-o livre para o manuseio. Com isto, evita-se abrir o recipiente (1) no momento de reabastecê-lo. Assim, é só deslocá-lo do funil e fazer o reabastecimento. Outros modos podem ser usados quando se tratar de recipientes de grande porte.

O funil (2) é apenas um pescoço de uma garrafa PET, que tem a finalidade principal de fixação ao acoplador (3). Porém, auxilia na fixação do recipiente (1) no momento de seu reabastecimento.

O acoplador (3) tem a função de unir as partes (4) a (2) ou a (1), de impedir o vazamento de água e perda de pressão.

O recipiente ou garrafa (4) forma um sifão "fonte", que serve de passagem e/ou de interrupção do fluxo de água. Na ausência desta garrafa, o sistema não funcionaria devidamente. Ela deve ser preenchida parcialmente com água no momento da montagem do sistema, deixando um volume de ar, como mostra na Figura 1. O volume de água desta garrafa nunca reduz quando está em funcionamento. Caso isto ocorra, significa que houve equilíbrio da pressão interna com a atmosférica, e que o acoplador (3) não cumpriu com seu papel adequadamente, sendo assim necessário melhorar a vedação.

O duto de sucção (5) permite que a água contida em (1) suba para (4) sempre que neste houver baixa pressão. Seu funcionamento é semelhante a sugar um líquido contido em um copo através de um canudo.

A válvula (6) é opcional. Serve apenas para controlar o fluxo de água do duto alimentador (7) – descrito a seguir – entre os recipientes (4) e (11), auxiliando também no momento de manutenção ou de transporte do sistema. Se o irrigador solar for montado com o equipo-hospitalar para soro, este já vem com uma válvula que funciona por estrangulamento do tubo. No entanto, pode ser montado com mangueiras grossas (ex.: 10 mm de diâmetro) e, neste caso, a válvula pode ser suprimida. Pode ser mantida como um dispositivo que estrangule a mangueira com a finalidade de controlar ou interromper o fluxo de água, ou ainda usar qualquer dispositivo controlável, por exemplo: uma pequena torneira ou registro. Com o fechamento da válvula (6), a água no recipiente (4) não escoar, e com isso evita-se que a garrafa (4) seja aberta para reabastecimento e a consequente perda de vedação entre as partes (3) e (4).

O duto alimentador (7) faz a ligação entre os recipientes (4) e (11), como mostrado na Figura 1. Este duto pode ser estrangulado (abre ou fecha) pela válvula (6), se houver necessidade. Este duto começa no interior da garrafa (4), sai do acoplador (3) e entra na garrafa (11) pelo acoplador (10) até o fundo desta.

O pressurizador ou bomba solar (8) é uma garrafa de material rígido (ex: vidro) com ar no seu interior. A parede externa é pintada de preto fosco, com a finalidade de aumentar a absorção da luz e gerar o calor necessário para aquecer o ar interno.

O item (9), como o nome já indica, serve para que o ar quente saia do recipiente (8) para o (11), e empurre a água deste, que fluirá tanto pelo duto (7) quanto pelo (12). Este duto (9) fica cerca de 5 cm dentro do recipiente (8), mas não deve ter prolongamento para dentro do recipiente (11). Assim, este duto pode reter um pequeno volume de água dentro da garrafa ou recipiente (8).

O acoplador (10) serve apenas para fixar as garrafas (8) e (11), além dos dutos (7) e (12) mostrados na Figura 1. Os acopladores (3) e (10) devem garantir a vedação, pois sem isto o sistema não funciona.

A garrafa (11) é um item importante, pois o processo inicia-se a partir dela, que deve estar totalmente cheia de água ao se montar o sistema. O duto (12) deve ter a forma de sifão invertido, como indicado na Figura 1(A). Deve sair da garrafa (11) através do acoplador (10), descer a altura do recipiente (1) e tornar a subir aproximadamente ao nível do acoplador (10), voltando a descer até a boia (14) no distribuidor (15) (Figuras 1, 4 e 5). Sem isto, o controle e reabastecimento da garrafa (11) não ocorreria. Assim, é necessário que se forme o sifão invertido. Sua função é impedir que o ar atmosférico entre em (11) e ocupe o volume que deveria ser reabastecido pela água vinda de (1) quando a bomba ou garrafa (8) se esfria.

A válvula (13) serve para controlar o fluxo de saída, conforme a necessidade da irrigação, tendo a função similar à válvula (6) no momento de transporte e manutenção.

O item (14) é a boia acoplada ao duto (12). A função deste dispositivo é acompanhar a subida do nível de água no recipiente (15A). O duto (12) tem um orifício no topo do acoplador da boia por onde desce a água destinada à irrigação. À medida que o nível de água em (15A) sobe juntamente com a boia, o fluxo de água no duto (12) decresce até parar, indicando que não necessita que o sistema entregue mais água.

A garrafa coletora (15A) e o duto (15B) juntamente com a mangueira de irrigação (não mostrada na Figura 1(A)) formam o distribuidor de água. Este dispositivo tem uma seção neste texto sobre como montá-lo.

Como funciona o Irrigador Solar

O método de funcionamento e a montagem do irrigador solar são diferentes daqueles anteriormente citados na seção introdutória. O funcionamento do irrigador solar é baseado no processo físico denominado termo-hidrodinâmico, porque usa o aquecimento do ar para impulsionar a água do interior de um dado recipiente para um sifão (STREETER, 1975). Numa visão geral, o irrigador solar é composto por sifões que realizam funções específicas, acionados pela pressão do ar aquecido. A pressão exercida pelo ar escorva o sifão invertido de saída, que por sua vez, possibilita a escorvação das outras partes do sistema. No final do processo, o comportamento é de um sifão tipo "U" escorvado.

A Figura 1 apresenta tanto um esboço do irrigador solar como a foto de um pequeno sistema composto por garrafas (recipientes), onde a garrafa (8) pintada de preto, ao receber a luz solar se aquece e, por sua vez, transmite o calor para o ar no seu interior. Vale salientar que uma garrafa de vidro âmbar (marrom) também possibilita o aquecimento, mas com menor eficiência, isto é, mais lentamente se comparado à garrafa preta.

O ar no interior da garrafa preta se expande e exerce pressão na parede interna. O tubo (9) permite a passagem do ar quente, empurrando a água do interior do recipiente (11). Se também houver água dentro do recipiente (8), esta será impulsionada para o recipiente (11). A água empurrada tende a fluir pelos dutos (7) e (12). Através do duto (7), a água vai para a garrafa (4) e fica bloqueada, enquanto que pelo duto (12) a água chega à saída na forma de gotas ou de fluxo.

O componente, garrafa (4), é essencial no processo de funcionamento deste tipo de irrigador. Esta garrafa não deve ser totalmente preenchida por água, como já citado. Deve-se deixar um volume de ar no topo, como mostra a Figura 1. Sugere-se cerca de 3,0 cm de espaçamento entre o nível da água e a base da garrafa. Note que a extremidade do duto (5) emerge da água para o volume de ar. Também, sugere-se que a extremidade deste duto fique cerca de 1,0 cm acima do nível de água.

No momento que o fluxo ocorre, surge uma baixa pressão no interior do recipiente (4), isto é, no volume de ar citado acima, causando, então, a sucção da água contida no recipiente (1), que sobe automaticamente para o (4). Vale salientar que o estágio formado pelo recipiente (4) e pelos dutos (5) e (7) impede que a água retorne ao recipiente (1). Se o duto (5) fosse ligado diretamente ao (7), esta conexão ficaria sempre escorvada e o funcionamento esperado não ocorreria a contento. Isto significa que nos períodos alternados de aquecimentos pelo Sol, o funcionamento seria comprometido, a ponto de não sair água pelo duto (12).

Após ocorrer a saída de água pelo duto (12), o fluxo entre os recipientes (4) e (11) se inverte, numa tentativa de suprir o volume de água perdido por (11). Parte desta água que chega de (4) é também entregue à saída (sobre a boia) e o nível do recipiente (11) se estabiliza. Assim, o processo de escorvação do irrigador se estabelece e o sistema opera integralmente.

Quando a garrafa preta (8) esfria, sua pressão interna diminui em relação à da atmosfera e o fluxo deve parar. Mesmo havendo calor e se a boia (14) estiver em uma posição na qual o nível da extremidade de saída do duto (12) for equivalente ao nível da água no recipiente (1), então a vazão cessa.

Assim, este controle por nível é feito por um dispositivo denominado de distribuidor (Figura 4), munido da boia (14) que sobe conforme a quantidade de água entregue pelo sistema. Inicialmente, quando o distribuidor encontra-se vazio e o processo se inicia, o fluxo de água vindo do sistema é máximo, pois depende da bitola dos dutos e da diferença de nível entre o recipiente (1) e a posição da boia. Com o aumento do nível da água dentro do distribuidor, a boia sobe alterando a altura do bico de saída do duto (12). Este fluxo diminui até que o duto (12) perca a escorvação.

Se a extremidade de saída do duto (12) for mantida no mesmo nível de água no recipiente (1), o controle será sempre pelo processo de aquecimento e esfriamento da garrafa preta (8).

É sempre importante que o nível de água no recipiente (1) não diminua significativamente, para que não haja o risco de o sistema deixar de funcionar. Este recipiente nunca deve ficar vazio, pois, trata-se do reservatório principal de água para irrigação. No caso do recipiente (1) for de grande volume, como bombona, tanque, tonel, entre outros, recomenda-se instalar uma boia interna e conectá-la a uma fonte de água encanada.

Montagem do Irrigador solar

As seções abaixo descrevem maneiras de montar o irrigador solar conforme disponibilidade dos materiais necessários. São sugestões de montagem, de acordo com a experiência e vivência do autor. Inicia-se com a construção dos acopladores (3) e (10), de forma artesanal, podendo ser utilizado equipo-hospitalar para soro. Em seguida, sugere-se uma modalidade de construção e de funcionamento do irrigador. A etapa final é a construção do distribuidor (15A) que coleta a água que sai pelo duto (12) e distribui para a mangueira de irrigação por gotejamento (15B).

Como montar os acopladores (3) e (10)

Os acopladores (3) e (10) podem ser montados de diversas maneiras, sendo uma delas descrita a seguir:
Material necessário:

- 1) dois pedaços de cano de PVC 1 ¼" ou 40 mm de diâmetro, como descrito nas seções abaixo;
- 2) cola araldite ou silicone;
- 3) lixa 220;
- 4) mangueira de equipo-hospitalar ou similar;
- 5) quatro tampas das garrafas PETs e de vidro, ou similar, com diâmetro menor do que o interno do cano de PVC;
- 6) broca de 4 mm de diâmetro (conforme o diâmetro das mangueiras) ou pedaço de arame (prego sem cabeça) quente com cabo de madeira;
- 7) folha de plástico ou de cartolina 5 x 5 cm.

Montagem caseira do acoplador (3)

- A) corte um pedaço com 40 a 50 mm de altura de cano liso de PVC para água. Lixe a superfície interna com a lixa 220 para melhorar a aderência da cola;
- B) faça um furo fora do centro (Figura 2) na tampa da garrafa PET que será o funil (2) mostrado na Figura 1. Use a broca, arame ou prego quente. Não retire os vedantes já existentes nas tampas;
- C) faça dois furos na tampa da garrafa que será o recipiente (4), como demonstrado na Figura 2. Um dos furos deve coincidir com aquele feito no item B.
- D) fure lateralmente o pedaço de cano de PVC, na metade da sua altura, como na Figura 2;
- E) lixe a parede interna do pedaço de cano;
- F) coloque na vertical este pedaço de cano sobre a folha de plástico ou cartolina apoiada sobre uma superfície plana e que permita a passagem da mangueira;
- G) ponha a tampa da PET, do item B, dentro do cano com o lado interno voltado para baixo. Procure centralizá-la;
- H) prepare a cola, despeje-a nas aberturas entre a parede do cano e da tampa. Cuidado para a cola não fechar o furo feito conforme indicado no item B;
- I) depois de seco, passe pelo furo desta tampa um pedaço da mangueira de comprimento correspondente à altura dos recipientes (1) e (4), lembrando de deixar o comprimento necessário para formar o duto (5). Passe cola em volta da mangueira e deixe secar. Depois, verifique se a mangueira está bem firme. A parte da mangueira que sai por dentro da tampa irá para o recipiente (1), enquanto a parte que se prolonga dentro do cano de PVC será a seção interna à garrafa (4);

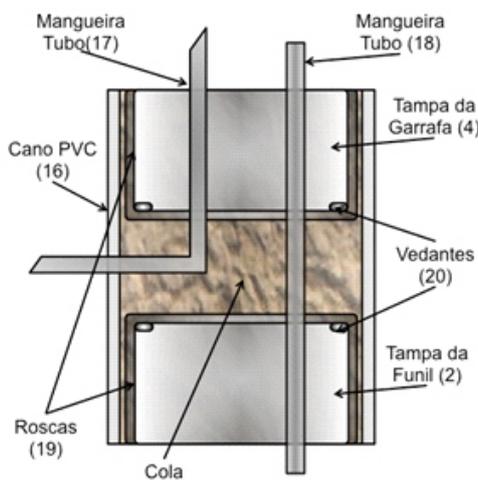


Figura 2. Acoplador (3).

J) passe a extremidade desta mangueira que se encontra dentro do cano por um dos furos na tampa da garrafa que servirá como recipiente (4), de acordo com a descrição no item C. Assim, forma-se o duto (5);

K) passe pelo furo lateral no cano de PVC um outro pedaço de mangueira com 10 cm de comprimento ou mais, conforme o necessário.

L) em seguida, passe a outra extremidade desta mangueira pelo outro furo da tampa da garrafa (4). Não insira ainda esta tampa no cano de PVC;

M) complete com cola o espaço sobre a tampa da garrafa PET do item G, até cobrir o furo lateral, cerca de 5 a 15 mm de altura. Não deixe a mangueira que sai lateralmente dobrar, estrangulando a passagem. Procure fazer um cotovelo suave;

N) baixe a tampa da garrafa (4), para dentro do cano de PVC, até que a cola preencha a abertura entre as paredes do cano e da tampa. Procure centralizá-la. Deixe que um pouco da cola vazze para fora do tubo de PVC por entre a tampa e a parede deste, para que garanta o completo preenchimento pela cola do espaço entre as tampas. Depois limpe o excesso e não deixe resíduo de cola na rosca, caso isto ocorra;

O) após a secagem, verifique se a mangueira lateral dá passagem, soprando por uma das extremidades. Retire a folha de plástico ou a cartolina. Está pronto o acoplador (3).

A montagem deve ser similar ao esboço na Figura 2.

Montagem caseira do acoplador (10)

Esta montagem segue praticamente os mesmos passos da anterior:

a) corte um pedaço de cano de PVC nas mesmas dimensões que o anterior e lixe internamente;

b) fure em três posições a tampa da garrafa (11), Figuras 1 e 3. As posições destes furos na tampa devem ser distribuídos conforme a bitola das mangueiras utilizadas. Em geral, esta disposição dos furos é triangular, ou seja, nos vértices de um triângulo, para poder caber no espaço interno da tampa, descontando a espessura da boca da garrafa. Assim, deve-se considerar o diâmetro interno da boca da garrafa;

c) faça dois furos na lateral do cano de PVC, atravessando-o de um lado a outro (radialmente), se possível, na metade da sua altura.

d) faça um furo na tampa da garrafa de vidro pintada de preto, a bomba solar (8). Este furo deve coincidir com um daqueles feitos na tampa da garrafa (11), no item b. Para garantir este alinhamento, passe um tubo por estes furos conectando-os (Figura 3);

e) a colagem segue os mesmos modos descritos na montagem anterior;

f) após realizados os passos de colagem, deixe secar;

g) verifique as passagens nos tubos que formam os dutos (7) e (12) soprando por uma das extremidades. Caso positivo, está pronto o acoplador (10).

Sua montagem deve ser similar ao esboço na Figura 3

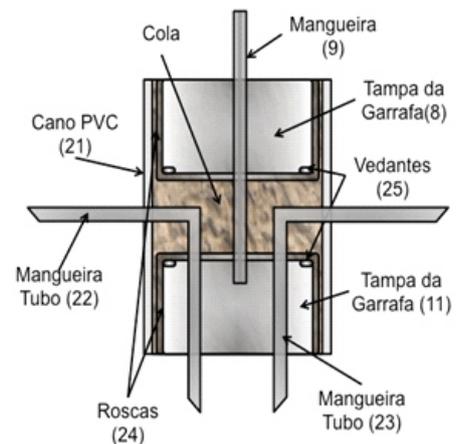


Figura 3. Acoplador (10).

Montagem do sistema feito com garrafas de vidro e pet

As garrafas de vidro ou de paredes rígidas de outros materiais são os recipientes (4) e (8), enquanto as demais podem ser de PET comum.

A instalação deve seguir os seguintes passos, após os acopladores (3) e (10) serem construídos. Estes acopladores podem ter apenas tubos para conexões das mangueiras ou terem mangueiras inteiriças formando os dutos anteriormente descritos. Assim, os itens de montagem descrito, em seguida, tem as duas conotações. Siga as numerações apresentadas nas Figuras 2 e 3, como segue:

1 - ligar nas extremidades do tubo (18) (Figura 2) dois pedaços de mangueiras com comprimento conforme as profundidades dos recipientes (1) e (4), ou deixar a mangueira no tamanho apropriado quando estiver construindo o acoplador (3). Nas extremidades cortar em "V" ou na diagonal. Forma-se assim, o duto de sucção (5);

2 - ligar uma mangueira ao tubo (17), ou deixar um pedaço do tubo no tamanho apropriado, e instalar a válvula (6). Verificar o comprimento necessário;

3 - ligar à extremidade interna do tubo (22) um pedaço de mangueira de comprimento suficiente para atingir o fundo do recipiente (11) - extremidade com corte em "V" - ou projetar antes no tamanho apropriado à altura deste recipiente;

4 - ligar à extremidade interna do tubo (23) um pedaço de mangueira conforme a profundidade do recipiente (11), ou projetar no tamanho apropriado à altura de (11). Extremidade com corte em "V".

5 - ligar à extremidade externa do tubo (23) uma mangueira de comprimento suficiente para formar o sifão em forma de "U". Este sifão deve ter aproximadamente a altura da garrafa PET grande, ou seja, do recipiente (1). Nesta mangueira coloca-se a válvula (13), formando assim o duto gotejador.

6 - fechar simultaneamente as válvulas (6) e (13);

7 - encher todos os recipientes com água. No recipiente (4), deve ficar um espaço com ar após concluída a fixação de (4) ao acoplador (3) (Figura 1), como já mencionado. Encher completamente o recipiente (11). O recipiente (1) pode ser instalado conforme descrito no item 9;

8 - conectar o acoplador (3) ao recipiente (4), o qual deve ficar bem vedado. Ao colocar a garrafa (4) em (3), deixe (4) perder um pouco da água até que se forme o volume de ar na base de (4). A altura deste volume de ar deve ter cerca de 3 cm. Verificar se não há vazamento;

9 - fixar o funil (2) ao acoplador (3), cujo o lado sai a mangueira que se mergulha no recipiente (1). O funil (2) é uma garrafa PET cortada na altura de seu ombro. O recipiente (1) cheio de água é posto sob o funil (2) com o duto (5) imerso. Cuidado, o recipiente (4) pode perder seu conteúdo se o duto (5) não ficar imerso em água;

10 - conectar o recipiente (8) ao acoplador (10), que deve ficar bem vedado;

11 - conectar o duto alimentador (7). É um pedaço de mangueira, tendo uma das extremidades ligada ao tubo (22) do acoplador (10), e a outra ao tubo (17) do acoplador (3). Se pretender construir esse duto inteiriço deve-se ter cuidado em definir seu comprimento em função da distância entre os dois acopladores;

12 - manter a válvula (13) fechada e rosquear o recipiente (11) cheio de água;

13 - o recipiente (1) pode ser uma garrafa PET ou qualquer outra que possa ser instalada abaixo do funil (2), onde o tubo de sucção (5) possa ser mergulhado;

14 - manter a válvula (6) aberta e a (13) fechada, depois pressionar lentamente o recipiente (11), se for de plástico, para tirar o ar de dentro do duto (7) que entrará na garrafa (4). Figura 1. A água de (11) segue por (7) até a garrafa (4) e também para a garrafa (8) pelo tubo (9). O ar que for empurrado para esta garrafa (4) fará parte do volume de ar já existente nela;

15 - ao soltar lentamente a garrafa (11), percebe-se que no duto de sucção (5) a água sobe e cai em (4), e depois segue para (11). Um pequeno volume fica preso na garrafa (8). Assim, o duto alimentador (7) fica completamente cheio de água, como também a garrafa (11) recupera seu volume original;

16 - após as ações realizadas nos itens 14 e 15, o sifão invertido também deve receber água, tendo duas maneiras para isto: uma delas é deixando o sistema ao Sol e o duto gotejador posto ao chão, por onde a água vazará continuamente; a outra, fechando a válvula (6), se esta existir, e em seguida apertando a garrafa (11). Quando a curva do sifão ficar com água, feche a válvula (13), abra a (6) e solte a garrafa (11). A água perdida por (11) será fornecida por (1) através de (4);

17 - instalar a mangueira do gotejador (12) no elemento flutuador (ex: pedaço de isopor ou boia) que se encontra dentro do distribuidor. Figura 4;

18 - Uma vez conectados todos os dutos, tubos acopladores e garrafas, o sistema pode ser instalado em suportes como mostrados nas Figuras 1B e 8.

Antes de expor o sistema ao Sol, deve-se instalar o distribuidor descrito abaixo.

Montagem do Distribuidor

O distribuidor é um dispositivo que auxilia na distribuição da água ao longo da área que se deseja irrigar. As Figuras 4 e 5 mostram duas maneiras de construir este dispositivo.

O dispositivo da Figura 4 é composto por uma garrafa cortada na parte do fundo. Esta parte pode ser furada para a passagem do duto gotejador, seguido de sua conexão à boia. Esta peça se encaixa na abertura recompondo a garrafa.

Na tampa pode-se fazer alguns furos, cujo número pode variar conforme as espessuras das mangueiras. Ou ainda, pode-se conectar uma extremidade de uma mangueira à tampa e a outra a uma peça sólida composta por uma entrada e várias saídas, nas quais se conectam várias outras mangueiras com os microfuros por onde a água gotejará, ou seja, a mangueira de irrigação.

Como sugestão, esta peça pode ser um pedaço de cano d'água fechado em uma das extremidades, para receber a mangueira que sai do distribuidor. A outra extremidade pode ser fechada e bem vedada. Na parede lateral do cano se faz furos para conectar as mangueiras gotejadoras. O número destas vai depender da capacidade de vazão do Irrigador Solar.

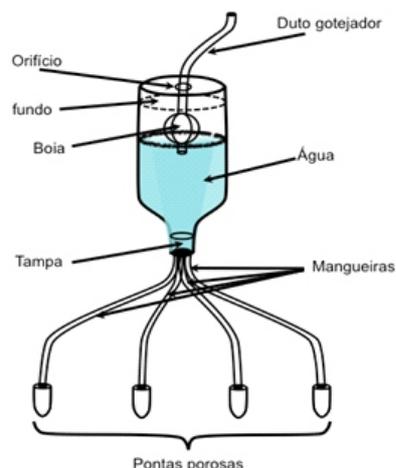


Figura 4. Distribuidor de água.

A quantidade de água entregue pelo irrigador ao distribuidor deve ser sempre maior do que aquela entregue ao solo.

Conforme a Figura 4, várias mangueiras finas, conectadas à tampa, tendo pontas porosas instaladas, têm a finalidade de entregar a água ao solo, se houver necessidade.

Já o dispositivo da Figura 5 mostra uma construção um pouco mais complexa, mas fornece maior volume de água. Pode ser construído de acordo com a relação de materiais abaixo:

- i) duas garrafas PET de 3 litros com parede retas, de preferência da mesma marca - não deve ser usada garrafa de Coca-Cola ou qualquer outra que tenha as paredes com curvaturas;
- ii) uma tampa furada no centro, diâmetro conforme a disponibilidade de montagem e da bitola da mangueira a ser usada;
- iii) um pedaço de mangueira de silicone, de preferência;
- iv) mangueira com furações ou com pontas porosas;
- v) cola araldite de tempo curto de cura ou cola quente;
- vi) lixa 600;
- vii) material para fazer a boia, isopor etc.;
- viii) um pedaço sólido de PVC, ou de nylon, ou de cano d'água etc.;
- ix) corte as garrafas próximo ao fundo na parte reta, de preferência que as duas fiquem com mesmo diâmetro;
- x) teste se as duas garrafas se encaixam e se não fazem dobras ou vincos no plástico. Repita o exercício diversas vezes e marque qual será a garrafa que ficará pelo lado de fora, pois isso será muito importante no momento de colá-las;
- xi) lixe cerca de 2 a 3 cm da borda no interior de uma delas e no exterior da outra;
- xii) prepare a cola e passe uma camada fina e uniforme sobre a região lixada, tendo o cuidado de ser rápido para não superar o tempo de cura da cola. O uso de cola quente é mais trabalhoso;
- xiii) encaixe as garrafas como exercitado no item x. Cuidado, seja rápido antes que a cola endureça. Deixe secar por 24 horas ou o tempo estipulado pelo fabricante da cola. Depois coloque água na garrafa dupla para verificar se houve vazamento. Marque os pontos de vazamento, esvazie a garrafa e passe novamente cola na região dos pontos marcados. Repita o processo e verifique se continua vazando. Em caso negativo, siga para o passo seguinte;
- xiv) agora o recipiente tem dois pescoços, como visto na Figura 5. Corte um deles, de preferência da garrafa que ficou externa, logo após encerrar a curvatura e iniciar a parte reta.

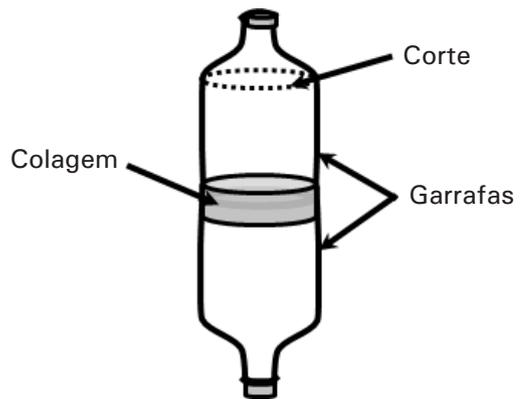


Figura 5. Distribuidor feito com duas garrafas PET.

- Isto serve para entrar com a boia na garrafa. Portanto, está montada a garrafa coletora de água (Figura 5);
- xv) o pescoço da garrafa cortada será usado para fechá-la novamente, após a inserção da boia (14) e do duto gotejador no interior (12). A fixação deste pescoço pode ser feito com pequenos grampos metálicos ou arame curvo que possa ser facilmente removido sempre que for necessário. Com três ou quatro pedaços de arame (cerca 3 cm cada) faça um "U" fechado (grampos), fure as paredes do pescoço distanciando de cerca de 120 ou 90 graus um do outro. Faça o mesmo na garrafa, mas próximo ao corte, encaixe os grampos nas duas partes. A Figura 6 mostra a foto do distribuidor para o Irrigador Solar montado na Embrapa Instrumentação;
 - xvi) a boia pode ser um pedaço de isopor onde o duto (12) pode ficar afixado. Ou pode ser uma boia daquelas usadas em caixa d'água, ou ainda, um recipiente vazio/lacrado e com tampa onde o duto possa ser afixado (Figura 6);
 - xvii) passe o duto (12) pela boca do pescoço cortado, citado no item xv, fixe a extremidade sobre a boia. Insira dentro da garrafa coletora (Figuras 4 e 6). A Figura 6 mostra em primeiro plano o distribuidor montado com duas garrafas PET para o Irrigador Solar da Embrapa Instrumentação;
 - xviii) com a tampa furada, item ii, passe o pedaço de mangueira de silicone no diâmetro similar às outras do sistema, de forma que fique bem ajustada. Rosqueie a tampa na boca da garrafa coletora. Recomenda-se colocar uma válvula (algum dispositivo que estrangule a mangueira), para controle do fluxo de água;
 - xix) fure o pedaço sólido de PVC ou nylon, etc, no diâmetro aproximado da mangueira de silicone. Depois faça outro furo perpendicular ao anterior e encaixe a mangueira para irrigação. Recomenda-se que este dispositivo tenha pelo menos duas saídas de água e uma de entrada. Forma-se uma conexão tipo "T". Uma das extremidades da mangueira de irrigação será conectada em uma das saídas deste dispositivo. Distribua esta mangueira no solo que deseja irrigar, então, conecte a outra extremidade na outra saída de água do dispositivo. No terceiro furo se conecta a mangueira (15B), que vem da tampa da garrafa coletora. Com isto a mangueira de irrigação forma um circuito fechado. A Figura 7 exemplifica esta montagem;



Figura 6. Vista do distribuidor de água do Irrigador Solar.

xx) a mangueira de irrigação pode ser um tubo plástico com pequeninos furos alinhados, com a finalidade de fornecer o gotejamento no local desejado. Recomenda-se encher a mangueira de irrigação com água para retirar o ar de dentro dela e depois permitir que o sistema forneça a água ao distribuidor. Para isto, coloque manualmente água na garrafa coletora do distribuidor. Deixe que ela escorra pela mangueira até completá-la totalmente;

xxi) pode-se ainda fixar na mangueira uns bicos gotejadores, encontrados comercialmente em casas de agropecuárias;

xxii) para entregar a água ao distribuidor com as mangueiras gotejadoras instaladas, deve-se abrir a válvula (13) e expor o sistema ao Sol. O recipiente (8) não deve ficar em local de sombra ou abaixo do nível da plantação. O distribuidor deve ficar paralelo ou ligeiramente abaixo do recipiente (1) para não prejudicar a vazão. Também para controle do fluxo de água que sai da garrafa coletora (15A) recomenda-se que seja colocada uma válvula ou dispositivo que estrangule a mangueira conectada à tampa desta garrafa. Este estrangulamento pode variar desde o máximo ou ao mínimo conforme for a necessidade de água;

xxiii) periodicamente, verificar o conteúdo do recipiente (1). Não pode faltar água no recipiente (1), senão os outros recipientes (4) e (11) também perderão seus conteúdos, tendo que reiniciar todo o processo de abastecimento manual para que o irrigador possa voltar a funcionar;

xxiv) Este recipiente (1) pode ser um tanque ou um tonel, que pode estar conectado a uma fonte de água encanada e controlada por boia, como em uma caixa d'água caseira;

xxv) É possível ainda se aplicar o processo de fertirrigação, adicionando insumos à água.

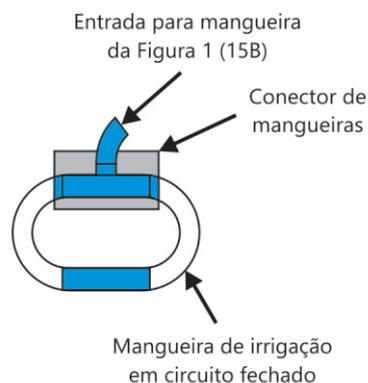


Figura 7. Esboço de um conector para conexão da mangueira de irrigação em circuito fechado.

A Figura 8 ilustra um irrigador solar montado na Embrapa Instrumentação, cujo reservatório (1) é uma bombona de 50 litros. As mangueiras têm diâmetro de $\frac{1}{4}$ de polegada para aumentar a vazão. Foi possível medir uma vazão de cerca de 250 ml/minuto, podendo alcançar valores maiores.

Nota-se nesta figura o suporte feito em madeira para as garrafas. Na parte superior, há uma tábua com aberturas para encaixar os conjuntos de garrafas. Isto facilita a remoção e instalação desses recipientes. A tampa da bombona é furada para passar o funil (2), o qual é fixado ao acoplador (3) e à tábua. Verticalmente, encontra-se um outro pedaço de tábua de comprimento um pouco maior do que a altura da bombona e conectado à tábua anterior. Nesta, são instalados aros de sustentação e apoio da garrafa coletora, distribuidor. Logo abaixo, há um outro pedaço de tábua conectado àquele disposto verticalmente. Neste pedaço há um orifício por onde o pescoço da garrafa coletora passa. A tampa de (15A) com a mangueira de saída (15B) conectada, se liga ao dispositivo mostrado na Figura 7. Este dispositivo não é visto na Figura 8.

Observa-se que a garrafa coletora está lado a lado ao recipiente (1). Isto causa uma vazão suficiente para elevar o nível de água para irrigação e também controlar a retirada da água do recipiente (1). Se instalar o distribuidor muito abaixo em relação ao recipiente (1), ganha-se em vazão mas se perde em controle. Assim, deve-se instalar paralelo e/ou em nível ligeiramente abaixo ao do recipiente (1).



Figura 8. Vista do Irrigador Solar evidenciando-se as partes principais.

Esta é uma maneira prática encontrada para montar o irrigador solar quando o recipiente (1) for de volume maior do que de uma garrafa PET. O leitor ou usuário pode construir um suporte conforme sua disponibilidade.

Após realizar todas estas etapas, o sistema estará pronto para ir ao campo e iniciar seu trabalho de irrigação.

Considerações

O usuário deve ter alguns cuidados necessários, além de colocar o irrigador ao sol, como:

- Não deixar faltar água no reservatório (1);
- Não colocar o sistema em local totalmente coberto. A garrafa preta deve ficar exposta ao Sol ou a qualquer fonte de calor;
- Não colocá-lo em nível mais baixo do que o da plantação;
- Não apertar demasiadamente as garrafas ao rosá-las, pois podem espanar as roscas das tampas.

- Garrafas plásticas de paredes resistentes também podem ser usadas, como os recipientes (4) e (8), por exemplo, garrafas retornáveis;
 - Para otimizar o reabastecimento de água da garrafa (11) e evitar perda de volume, sugere-se que a garrafa preta (8) receba um pequeno volume de água, cerca de 15 a 20 por cento do volume total desta garrafa. Ao conectá-la à garrafa (11) através do acoplador (10), o nível de água deve ficar cobrindo o tubo (9). Como geralmente a garrafa (11) sempre fica um resíduo de ar próximo à boca, é importante que este volume de ar seja substituído por água. Para isto, deve-se fechar as válvulas (6) e (13) e em seguida, apertar a garrafa (11) para que o ar passe pelo tubo (9) para dentro da garrafa (8). Assim, a água contida em (8) e em (11) formam um único volume. Quando o volume de ar da garrafa (8) aquecer, a pressão gerada atua diretamente sobre o volume de água interno que se comunica com o da garrafa (11), logo, o processo funcionará normalmente;
 - O sifão invertido é importante para o perfeito funcionamento do sistema. Ele fica parcialmente escorvado após a montagem do sistema, evitando que o ar atmosférico penetre na garrafa (11);
 - A saída de água do distribuidor deve ficar em um nível abaixo do reservatório (1);
 - Evitar que a boia não fique presa na parede da garrafa coletora, impedido seu movimento de controle. Deve ter movimento livre;
 - É importante que o distribuidor seja posicionado paralelamente ao recipiente (1) e/ou ligeiramente abaixo, e sua saída fique em um nível pouco abaixo deste reservatório. A altura máxima do distribuidor deve ser próxima à do mesmo reservatório;
 - O sistema não foi projetado para áreas extensas de plantação. Para áreas maiores que 100 m², o recipiente (1) deve ser de grande volume e alguns itens devem ser redimensionados (ex.: bitolas das mangueiras). Em maiores extensões será necessário replicar o sistema e localizá-lo em pontos estratégicos no terreno plantado;
 - Com o tempo, surgirão algumas sujeiras e proliferação de algas nos tubos e nas garrafas, então, será importante fazer uma manutenção ou limpeza nos recipientes periodicamente. Após essa limpeza, montar cada parte cuidadosamente e verificar se está bem vedado, para que não haja vazamento;
 - Uma maneira de verificar se houve vazamento em alguma parte do sistema é colocá-lo em operação e, quando houver esfriamento da garrafa preta (8) resultará em reabastecimento total da garrafa (11). Caso isto não ocorra, significa que entrou ar por alguma parte e impediu este reabastecimento. A solução é descobrir a falha na vedação;
 - Se o resfriamento for muito brusco e o sifão invertido não tiver o comprimento adequado, a pressão atmosférica poderá empurrar ar para dentro do recipiente (11), prejudicando o funcionamento;
 - Se durante o período de funcionamento houver a necessidade de reiniciar o processo, deve-se então envolver a garrafa (8) com um pano ou papel úmido. Depois verter lentamente água fria ou gelada sobre o pano ou papel. Assim se observará que a água no duto (12) deixará de fluir e retornará para a garrafa, como também, o duto (5) jorrará água até completar o volume total de (11);
 - Durante o tempo de exposição à luz solar, a água absorve uma certa quantidade de energia térmica devido ao próprio aquecimento e dos recipientes onde está contida. Neste caso, sugere-se envolver a garrafa (4) com uma folha de papel alumínio que refletirá a luz que seria absorvida pela água e pelo material da garrafa;
 - Uma sugestão para confecção das válvulas anteriormente mencionadas, quando não se usa equipo-hospitalar para construir o irrigador solar, mas mangueiras com bitolas maiores, é ter em mãos um pedaço de tábua com 5 mm de espessura, 10 cm de comprimento por 5 cm de largura. Faça um corte em "V" ao longo do comprimento e prolongue o vértice com largura menor do que o dobro da espessura da mangueira utilizada no sistema. Ao encaixar a mangueira na abertura e empurrá-la até o fundo do vértice, resultará no estrangulamento ou não desse duto. Assim, dependendo da posição que se introduz a mangueira, esta pode ser estrangulada ou ter a vazão da água controlada;
 - Ainda sugere-se que uma válvula desta seja colocada na mangueira de saída do distribuidor de água localizada entre a tampa da garrafa e o dispositivo "T", para conexão à mangueira de irrigação (Figura 7);
- Observou-se experimentalmente que o duto (12) conectado à boia pode ficar preso na parede da garrafa coletora e com isto impedir o seu movimento. Sugere-se passar o duto (12) ao longo de um pedaço de cano de PVC, cerca de ½", com comprimento igual ao da garrafa coletora, descontada a altura da boia. Este cano apoia-se sobre a boia e atravessa a boca da garrafa coletora. Ele serve de guia para o duto (12) e impede que a boia fique presa à parede da garrafa. Um detalhe importante é que o duto (12) seja bem flexível, por exemplo, mangueira de silicone no diâmetro similar ao demais dutos. Caso o Irrigador solar seja montado com equipo-hospitalar não é necessário seguir este item. Este é apropriado para quem usar mangueiras mais grossas e rígidas. A Figura 9 mostra um exemplo deste item. Este cano acompanha o movimento da boia juntamente com o duto (12).
- Pode-se notar na Figura 9 que a bombona tem um tubo fixado na sua lateral. Este tem a finalidade de mostrar o nível da água interna, indicando ou não a necessidade de reabastecimento. Se a bombona tiver uma entrada de água com uma boia interna, como ocorre nas caixas d'água caseiras, e conectado a uma fonte de água encanada, por exemplo, então não será necessária a instalação do tubo.

Conclusões

Este descritivo do irrigador solar esclarece vários fatos e procedimentos, com o objetivo de melhorar o funcionamento do sistema e corrigir possíveis problemas que os usuários possam encontrar em suas montagens. Facilita o entendimento do funcionamento como também a montagem. O irrigador solar está em constante processo de desenvolvimento, com a proposta de melhorar cada vez mais o seu funcionamento.

Problemas e/ou dúvidas devem ser encaminhadas ao Serviço de Atendimento ao Cidadão (SAC Embrapa), por meio do endereço: www.embrapa.br/fale-conosco.

Referências

ABIPET - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET. **Nono Censo da Reciclagem de PET – Brasil:** o ano 2012. [São Paulo], 2013. Disponível em: <www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarDownloads&categoria.id=3>. Acesso em: 10 mar. 2016.

ABIPET - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET. **Reciclagem:** benefícios da reciclagem de pet [São Paulo], c2010. Disponível em: <www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=49>. Acesso em: 10 mar. 2016.

AQUECEDOR solar composto de produtos descartáveis: manual de construção e instalação. Florianópolis: CELESC, 2009. Responsável técnico: José Alcino Alano. Disponível em: <<http://novoportal.celesc.com.br/portal/images/arquivos/manuais/manual-aquecedor-solar.pdf>>. Acesso em: 17 maio 2016.

COMO fazer irrigação por gotejamento. Berlin: Global Leads Group GmbH, c2013. Disponível em: <<http://www.assimsefaz.com.br/sabercomo/como-fazer-irrigacao-por-gotejamento>>. Acesso em: 03 out. 2013.

COMO fazer um aquecedor solar de garrafas PET. Murall c2016. Postado por: Felipe S. Teixeira em 20 maio 2010. Disponível em: <<http://murall.com.br/como-fazer-um-aquecedor-solar-de-garrafas-pet/>>. Acesso em: 17 maio 2016.

FAÇA você mesmo: sistema de gotejamento com garrafa PET. 21 mar. 2011. Disponível em: <<http://www.ecodesenvolvimento.org/voceecod/faca-voce-mesmo-sistema-de-gotejamento-com-garrafa>>. Acesso em: 03 out. 2013.

INSTALE um sistema de irrigação por gotejamento no jardim com garrafas plásticas. Palmas, 08 nov. 2011. Blogg: Energias limpas e sustentabilidade. Autores do blogg: Chryss Macêdo e Julio Cesar Moreira. Disponível em: <<http://energiaslimpasesustentabilidade.blogspot.com.br/2011/11/irrigacao-por-gotejamento-com-garrafa.html>>. Acesso em: 03 out. 2013.

STREETER, V. L. **Mecânica dos Fluidos**. São Paulo: Editora McGraw-Hill do Brasil, 1975. 735 p.



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Instrumentação
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Rua XV de Novembro, 1452 - Caixa Postal 741 - CEP 13560-970 - São Carlos - SP
Telefone: (16) 2107 2800 - Fax: (16) 2107 2902
www.embrapa.br/instrumentacao



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

