COMO ESCOLHER UM ROBÔ DE LIMPEZA DE MÓDULOS FV: GUIA DE COMPRA



O **melhor robô de limpeza de módulos FV** não é, necessariamente, a máquina mais rápida, mais autônoma ou mais cara. É aquele que se adequa à disposição dos seus módulos FV, ao ângulo de inclinação, ao nível de sujeira, à frequência de limpeza, à mão de obra disponível e ao ambiente operacional.

Antes de comparar fornecedores, verifique:

- Se o seu local exige limpeza com água ou a seco
- Se o robô consegue operar com segurança na inclinação dos seus módulos FV
- Como ele lida com vãos, bordas e fileiras separadas
- Qual é a sua capacidade diária real de cobertura na sua configuração específica
- Quantas pessoas são necessárias para instalá-lo, operá-lo e retirá-lo
- Quais baterias, escovas, equipamentos para água e peças de reposição ele demanda
- Se há suporte técnico disponível após a compra

Este guia de compra explica como avaliar esses fatores, comparar diferentes tipos de robôs para limpeza de módulos FV e selecionar um sistema que opere de forma confiável na sua instalação.

POR QUE O ROBÔ DE LIMPEZA FV IDEAL É IMPORTANTE

O acúmulo de sujeira é mais do que um problema estético. Poeira, poluição, pólen, sal, excrementos de aves e resíduos biológicos podem bloquear a luz solar e reduzir a geração de energia fotovoltaica. O Programa de Sistemas de Energia Fotovoltaica da Agência Internacional de Energia aponta o acúmulo de sujeira como uma das principais causas de desempenho abaixo do esperado em instalações solares FV, estimando que ele seja responsável por perdas de energia, em média na ordem de 4% a 7% em nível global.

No entanto, a limpeza não deve ser encarada como uma rotina fixa e idêntica para todos os locais. As taxas de acúmulo de sujeira, os tipos de contaminação e as necessidades de limpeza variam consideravelmente de um local para outro. O telhado de uma instalação industrial próximo a uma fábrica pode apresentar desafios muito diferentes daqueles encontrados em uma usina solar FV no deserto, em uma instalação no litoral ou em um sistema FV em ambiente agrícola.

Portanto, um robô adequado deve solucionar o problema de manutenção existente sem criar novas dificuldades operacionais.

COMECE PELO SEU LOCAL DE INSTALAÇÃO SOLAR — NÃO PELO ROBÔ

Um erro comum no processo de compra é começar pelas especificações do produto.

Os operadores podem comparar a velocidade de limpeza, a largura da escova ou o preço antes de verificar se o equipamento consegue se deslocar com segurança sobre os módulos FV. Um robô pode apresentar especificações excelentes, mas, ainda assim, ser inadequado devido a:

- Inclinação excessiva dos módulos FV
- Espaçamentos amplos entre os módulos FV
- Estruturas elevadas
- Fileiras separadas ou descontínuas
- Acesso limitado ao telhado
- Suprimento de água insuficiente
- Contaminação que exige um método de limpeza diferenciado
- Limitações estruturais ou de manuseio

Antes de entrar em contato com um fabricante, reúna as seguintes informações básicas sobre o seu local:

Informações do Local	Por que Isso Importa
Área total de módulos FV passível de limpeza	Ajuda a estimar o tempo de limpeza e a quantidade de robôs
Dimensões dos módulos FV	Determina a compatibilidade entre o robô e a escova
Inclinação mínima e máxima	Confirma a faixa de operação segura
Comprimento e orientação das fileiras	Afeta a produtividade e a navegação
Espaçamentos entre os módulos FV	Determina se o robô consegue realizar a travessia de forma contínua
Diferenças na altura das estruturas	Pode afetar o deslocamento e a consistência da limpeza
Acesso ao telhado ou ao solo	Afeta a implementação e a retirada do robô
Principais tipos de contaminação	Determina se a limpeza a seco ou com água é a mais adequada
Disponibilidade de água	Influencia a escolha do método de limpeza
Frequência de limpeza necessária	Afeta baterias, consumíveis e o retorno sobre o investimento (ROI)
Tempo permitido por ciclo	Auxilia no cálculo da quantidade de robôs necessária
Custo atual da limpeza	Fornece uma base para comparação financeira

Fotografias, vídeos e desenhos do local costumam ser mais úteis do que um simples dado sobre a capacidade. Uma usina solar de 5 MW pode consistir em um único arranjo contínuo instalado no solo ou em dezenas de seções separadas em telhados; esses dois projetos podem exigir soluções de limpeza completamente diferentes.

As aplicações de limpeza de módulos FV da IFBOT demonstram como o tipo de instalação, a configuração dos módulos FV e as condições de acesso influenciam na escolha do robô.

Apresentamos a seguir 15 pontos importantes que você deve considerar para a compra de um robô de limpeza FV.

1. IDENTIFIQUE O TIPO DE INSTALAÇÃO SOLAR FV

A primeira questão é onde o robô irá operar.

Coberturas comerciais e industriais

Instalações em telhados frequentemente apresentam:

- Restrições de peso
- Vias de acesso estreitas
- Conjuntos de módulos FV separados
- Passarelas, aberturas de ventilação e outros obstáculos
- Bordas de telhado expostas
- Espaço limitado para equipamentos de içamento

Um robô portátil e leve pode ser mais fácil de transportar para o telhado e de deslocar entre diferentes arranjos de módulos FV. No entanto, o operador ainda deve confirmar se as dimensões, o peso, a tração e os sistemas de segurança do robô são adequados para o telhado e para a estrutura dos módulos FV.

A questão do peso vai além da simples conveniência. Um sistema mais leve pode exigir menos pessoas para a sua instalação e ser mais fácil de remanejar entre diferentes áreas do telhado. O nosso artigo Porque Robôs de Limpeza FV Leves Oferecem um ROI Real explica como o manuseio, a mão de obra e o tempo de instalação podem influenciar o custo total da limpeza.

Usinas solares FV instaladas no solo

Grandes arranjos FV instalados no solo e com configuração uniforme podem ser compatíveis com:

- Robôs portáteis
- Máquinas controladas remotamente
- Sistemas de trilhos instalados de forma permanente
- Frotas de robôs autônomos
- Operações de limpeza com o auxílio de drones

A melhor opção depende do comprimento das fileiras, da continuidade, da inclinação dos módulos FV e da rapidez com que toda a instalação precisa ser limpa.

Um sistema fixo pode ser adequado para uma usina de grande porte e bastante uniforme, projetada com uma infraestrutura de limpeza permanente. Já um robô portátil pode ser mais prático quando o equipamento for utilizado em diferentes seções ou em vários locais distintos.

Rastreadores solar

Sistemas de rastreamento *(trackers)* apresentam considerações adicionais, uma vez que o ângulo dos módulos FV varia ao longo do dia.

O operador deve determinar:

- Em qual ângulo do rastreador a limpeza será realizada;
- Se o rastreador pode ser posicionado em uma configuração específica para a limpeza;
- Se o robô foi testado nessa configuração;
- Se o movimento, a vibração ou a curvatura podem afetar a estabilidade;
- Se o robô precisará atravessar vãos entre as mesas dos rastreadores.

Não presuma que um robô adequado para uma estrutura de inclinação fixa seja automaticamente adequado para um sistema de rastreamento. Solicite ao fornecedor

que analise o modelo do rastreador, a posição de limpeza e a disposição dos módulos FV.

Instalações agrivoltaicas, sistemas solares FV em áreas de pesca e locais remotos

Instalações agrivoltaicas, sistemas solares FV em áreas de pesca, bem como locais em regiões montanhosas ou remotas, podem ser de difícil acesso para veículos ou maquinário pesado.

Nesses ambientes, os compradores devem avaliar:

- Distância de transporte
- Condições do terreno
- Disponibilidade de operadores
- Posicionamento e retirada seguros
- Acesso para carregamento de baterias
- A distância entre arranjos FV distintos

Nos casos em que a movimentação manual de robôs representa o principal obstáculo, o sistema inteligente de limpeza FV por VANT da IFBOT, combina navegação aérea com o posicionamento e a recuperação de robôs. Ele é voltado para projetos em que o deslocamento convencional entre arranjos FV é difícil, não sendo, portanto, um complemento necessário para toda e qualquer instalação solar.

2. CONFIRME A INCLINAÇÃO DO MÓDULO FV E A FAIXA DE OPERAÇÃO

A inclinação dos módulos FV é uma das verificações de compatibilidade mais importantes.

Os fabricantes devem fornecer uma faixa operacional especificada; no entanto, os compradores também devem questionar se essa faixa se aplica a:

- Módulos FV com ou sem moldura
- Arranjos FV contínuos ou descontínuos
- Operação normal ou capacidade máxima de subida
- Condições climáticas e de superfície específicas

O robô autônomo de limpeza a seco IFBOT X3 é projetado para operar em superfícies com inclinação entre **15° e 40° (limpeza a seco).** Seu baixo peso, sistema de sucção e capacidade autônoma de detecção de bordas se torna uma opção para instalações inclinadas onde a limpeza a seco é necessária.

O robô de limpeza IFBOT M20, que utiliza água, é indicado para superfícies com inclinação entre **0° e 20° (limpeza com água).** Portanto, ele é voltado para instalações com baixa inclinação, não sendo adequado para telhados com inclinação acentuada.

O ângulo de operação deve ser sempre verificado na documentação técnica atualizada do fabricante. Não escolha um robô se baseando apenas em vídeos de redes sociais, alegações de distribuidores ou valores de inclinação máxima informados sem a devida especificação das condições de teste.

3. EXAMINE VÃOS, MONDURAS E A CONTINUIDADE DAS MESAS FV

Uma instalação com mesas de módulos FV longas e ininterruptas geralmente é mais fácil de automatizar do que uma instalação FV fragmentada.

Antes de comprar, meça ou documente o seguinte:

- Espaços horizontais e verticais entre módulos FV
- Vãos entre mesas
- Grampos elevados ou transições na estrutura
- Diferenças na altura do módulo FV
- Canais de drenagem
- Juntas de dilatação
- Módulos FV ausentes
- Calhas de cabos e obstáculos no telhado
- Bordas expostas

Consulte o fornecedor qual vão o robô de limpeza FV consegue cruzar e qual requer uma transferência manual.

Embora um robô de limpeza FV possa realizar uma limpeza rapidamente enquanto se desloca sobre os módulos FV, paradas frequentes, bem como a necessidade de levantá-lo e reposicioná-lo, pode reduzir sua capacidade diária efetiva. Por isso, uma avaliação do layout deve preceder o cálculo de produtividade.

Em casos de arranjos FV altamente fragmentados, um robô leve pode facilitar o remanejamento manual. Para layouts muito extensos ou de difícil acesso, pode ser mais adequado utilizar uma plataforma de transporte, múltiplos robôs ou um sistema de posicionamento aéreo.

4. COMBINE O MÉTODO DE LIMPEZA AO TIPO DE SUJIDADE

Não existe uma escolha universalmente superior entre a limpeza com água e a limpeza a seco. O método correto depende da sujidade sobre os módulos FV.

Quando a limpeza a seco pode ser adequada

A limpeza a seco é, em geral, considerada quando a sujidade consiste principalmente em:

- Poeira solta
- Areia
- Pólen seco
- Partículas superficiais leves
- Sujidade a ser removida com frequência

Também pode ser uma opção vantajosa quando:

- A água é escassa ou cara
- O transporte de água é difícil
- O local busca evitar o uso de mangueiras e bombas
- Os módulos FV são limpos com frequência, antes que a sujidade fique aderida

O **IFBOT X3** combina escovas de rolo com tecnologia de nanotecnologia e aspiração. A sujeira coletada pelas escovas é recolhida em compartimentos de resíduos, em vez de ser apenas empurrada pela superfície do módulo FV. Sua aplicação é voltada para a limpeza a seco autônoma, e não para a remoção de sujidade que exija lavagem.

Quando a limpeza FV com água pode ser adequada

A limpeza FV com auxílio de água pode ser mais adequada para:

- Excrementos de aves
- Lama
- Depósitos de sal em áreas litorâneas
- Poluentes aderentes
- Resíduos industriais
- Sujidade que ficou aderida ao vidro
- Módulos FV que não foram limpos regularmente

O **IFBOT M20** utiliza um sistema de limpeza com água com escovas duplas e foi projetado para instalações com baixa inclinação que exigem limpeza com água.

A limpeza FV com água também levanta questões adicionais:

- Há água suficiente disponível no local da instalação FV?
- A água precisa de filtragem ou tratamento?
- Como as mangueiras serão manuseadas?
- É necessária uma bomba ou um reservatório?
- A água pode deixar resíduos minerais?
- É possível agendar a limpeza FV para um momento em que a temperatura dos módulos FV esteja adequada?

A IEA PVPS observa que o processo de limpeza deve ser avaliado levando em conta o tipo de módulo, o nível de contaminação, a água utilizada e o equipamento de limpeza. Também ressalta a necessidade de considerar riscos como arranhões, esforços mecânicos, eficiência no uso da água e a robustez do equipamento em condições adversas.

Para uma comparação mais detalhada, consulte Robôs para Limpeza FV a Seco vs. a Água: Principais Diferenças.

5. VERIFIQUE O PESO DO ROBÔ E OS REQUISITOS PARA SUA IMPLANTAÇÃO

O peso de um robô afeta mais do que apenas a carga sobre os módulos FV. Ele também influencia a quantidade de pessoas necessárias para:

- Transportá-lo até o arranjo FV
- Colocá-lo sobre os módulos FV
- Movê-lo entre as fileiras
- Retirá-lo ao final da limpeza
- Transportá-lo entre diferentes locais

O **IFBOT X3** pesa **6,2 kg**, incluindo a bateria. O **IFBOT M20** pesa **12,7 kg**. Ambos foram projetados para serem portáteis, embora atendam a diferentes aplicações de limpeza FV.

Ao comparar robôs de limpeza FV, solicite aos fornecedores que demonstrem o processo completo — não apenas a etapa de limpeza.

Uma demonstração prática deve incluir:

- Transporte até a usina solar FV
- Posicionamento sobre os módulos FV
- Inicialização e controle
- Movimentação próxima às bordas dos módulos FV
- Transferência entre fileiras
- Substituição da bateria
- Retirada e armazenamento do robô

Um equipamento mais pesado pode ser adequado para uma grande instalação em solo, com layout uniforme e disponibilidade de dispositivos de içamento. Por outro lado, pode ser menos prático em telhados, onde os operadores precisam transportá-lo repetidamente entre pontos de acesso estreitos. Mais importante, um robô de limpeza FV pesado pode causar microfissuras nos módulos FV, que criam hot spots que afetam o desempenho (PR) da usina solar FV.

6. COMPARE A PRODUTIVIDADE EFETIVA — NÃO A VELOCIDADE MÁXIMA

Os fabricantes costumam informar a produtividade em metros quadrados por hora. Isso é útil, mas não deve ser considerado como o rendimento garantido no local de operação.

A produtividade efetiva pode ser avaliada considerando:

- Preparação e recolhimento do equipamento
- Mudanças entre fileira
- Transposição de obstáculos
- Substituição de baterias
- Conexões de água
- Espaços entre módulos FV
- Passadas repetidas
- Sujidade de difícil remoção
- Procedimentos de segurança
- Experiência do operador

O **IFBOT M20** apresenta uma produtividade de até **1.000 m² por hora** e uma autonomia de bateria de quatro horas. O **IFBOT X3** possui uma produtividade de **30 m² por hora** e também conta com uma autonomia de bateria de quatro horas. Não se

deve compará-los apenas com base na velocidade, uma vez que utilizam métodos de limpeza distintos e são destinados a condições de sujidade em locais diferentes.

Um cálculo mais útil é:

Produtividade Efetiva = Área Total Limpa ÷ Tempo Total (desde a colocação em operação até a retirada)

Por exemplo, um robô pode realizar a limpeza a uma taxa de 1.000 m² por hora enquanto está em movimento; contudo, se as mudanças entre fileiras, o manuseio de mangueiras e a preparação *(setup)* ocuparem uma parte significativa do turno, a produtividade efetiva no local será menor.

Solicite ao fornecedor uma estimativa para:

- Tempo líquido de limpeza
- Tempo de preparação *(setup)*
- Tempo de deslocamento entre fileiras
- Tempo de inatividade para recarga da bateria
- Número de operadores
- Cobertura diária esperada
- Número de robôs necessários

O tamanho da frota de robôs necessária deve basear-se no tempo disponível para concluir a limpeza do local, e não apenas na sua capacidade total em megawatts.

7. DECIDA DE QUANTA AUTONOMIA VOCÊ PRECISA

“Automático”, “autônomo” e “controlado remotamente” não significam a mesma coisa.

Robôs controlados remotamente

Uma máquina controlada remotamente exige um operador para direcionar seu movimento. Isso permite que o operador tenha um controle preciso, especialmente em locais com terreno irregular, mas também significa que é necessária mão de obra durante todo o ciclo de limpeza.

Robôs semiautomáticos

Um sistema semiautomático pode manter a velocidade ou a direção, mas ainda exige um operador para gerenciar curvas, bordas ou a transição entre mesas.

Robôs autônomos

Um robô autônomo utiliza sensores e lógica programada para detectar bordas, planejar trajetórias, parar quando necessário ou retornar à base sob condições predefinidas.

O **IFBOT X3** foi projetado para operar de forma autônoma após ser posicionado em um arranjo de módulos FV compatível e acionado. Suas funcionalidades incluem detecção de bordas, planejamento de rotas, baterias substituíveis, retorno automático em caso de bateria fraca e capacidade de operação noturna.

Sistemas autônomos de instalação permanente

Sistemas fixos podem realizar a limpeza com intervenção operacional rotineira mínima; no entanto, exigem infraestrutura específica, como trilhos, estações de recarga, equipamentos de comunicação e uma instalação projetada sob medida.

São adequados para grandes usinas padronizadas, onde a infraestrutura permanente se justifica economicamente. Por outro lado, costumam ser menos flexíveis para empresas de operação e manutenção (O&M) que precisam deslocar o mesmo equipamento de limpeza FV entre diferentes locais.

Sistemas com auxílio de drone)

O uso de drones é relevante quando o principal desafio é o deslocamento de robôs entre arranjos remotos ou de difícil acesso. Embora adicione uma camada extra de automação, essa abordagem exige considerar o planejamento de voo, as regulamentações locais, as condições climáticas e a complexidade do projeto.

Mais autonomia não significa, necessariamente, algo melhor. O nível ideal depende das características do local, da disponibilidade de operadores, da frequência de limpeza e do orçamento disponível.

8. AVALIE A PROTEÇÃO CONTRA QUEDAS E A PROTEÇÃO EM BORDAS

Qualquer robô de limpeza FV que opere em arranjos FV elevados ou inclinados deve contar com uma estratégia de segurança claramente definida.

Pergunte ao fabricante:

- Como o robô detecta uma borda exposta?
- Ele para automaticamente?
- Ele emite um aviso sonoro ou visual?
- O que acontece se um sensor for obstruído?
- Existe mais de uma camada de proteção?
- Ele consegue se reajustar caso o alinhamento esteja irregular?
- Quais condições operacionais são vedadas?
- É necessário o uso de um cabo de segurança ou barreira externa?

O **IFBOT M20** possui proteção contra quedas em três camadas, detecção de riscos, parada automática e funções de alerta. Seus sensores também são projetados para detectar ondulações na estrutura dos módulos FV e ajustar a postura do robô.

O **IFBOT X3** utiliza sensores integrados para detectar as bordas dos módulos FV e determinar sua trajetória de limpeza.

A segurança deve ir além da própria máquina. A norma IEC 62446-2 aborda recomendações de manutenção para sistemas FV conectados à rede, incluindo a segurança dos trabalhadores, confiabilidade e manutenção preventiva. Portanto, a operação do robô deve ser integrada aos procedimentos gerais de operação, manutenção (O&M) e segurança do local, em vez de ser tratada como uma tarefa isolada.

9. ANALISE O DESIGN DA ESCOVA E A PROTEÇÃO DA SUPERFÍCIE DO MÓDULO FV

Nem todos os sistemas de escovas funcionam da mesma maneira.

Ao avaliar um robô, pergunte:

- Qual material entra em contato com o vidro do módulo FV?
- A sujeira é coletada ou apenas empurrada sobre a superfície?
- Como a pressão das escovas é controlada?
- As escovas podem ser limpas durante a operação?
- Com que frequência elas precisam ser substituídas?
- O sistema foi testado com o seu tipo de módulo FV?
- Areia ou partículas abrasivas podem ficar retidas e permanecer em contato com o vidro?

O **IFBOT X3** utiliza escovas rotativas de nanofibras em sentidos opostos, combinadas com um sistema de sucção a vácuo para coletar as partículas soltas. O **IFBOT M20** utiliza um sistema de escovas duplas com auxílio de água para a limpeza úmida. O artigo Como Funcionam os Mecanismos de Limpeza FV Robótica: Por Dentro do IFBOT X3 e do IFBOT M20 explica as diferenças operacionais entre os dois modelos.

A IEA PVPS recomenda que os equipamentos de limpeza sejam avaliados levando em conta o tipo de sujidade esperada, o modelo dos módulos FV e o processo de limpeza, uma vez que pequenas partículas e forças mecânicas podem, potencialmente, afetar o vidro ou as células FV.

Não se baseie apenas em uma afirmação genérica de que um robô é seguro para os módulos FV. Solicite informações técnicas, detalhes sobre as condições de teste e uma demonstração utilizando uma configuração semelhante à da sua instalação.

10. CALCULE AS NECESSIDADES DE ÁGUA, BATERIA E ITENS DE CONSUMO

O preço de aquisição do robô de limpeza FV é apenas uma parte do custo operacional.

Baterias

Verifique:

- Autonomia por carga completa
- Tempo de recarga
- Quantidade de baterias incluídas
- Possibilidade de substituição das baterias durante a operação
- Vida útil da bateria e custo de reposição
- Disponibilidade no seu país
- Requisitos de armazenamento

Tanto o **IFBOT X3** quanto o **IFBOT M20** apresentam uma autonomia de quatro horas, mas a quantidade de baterias necessária dependerá da duração do turno de trabalho e da possibilidade de realizar o carregamento de uma bateria enquanto outra está em uso.

Escovas e componentes de contato

Informe-se sobre a frequência com que os seguintes itens podem precisar de substituição:

- Escovas tipo rolo
- Escovas com cerdas
- Elementos de borracha
- Ventosas
- Filtros
- Rodas ou esteiras
- Vedações

A frequência de substituição varia de acordo com as horas de operação, o nível de sujidade e a manutenção preventiva realizada no equipamento.

Sistema com água

Para um robô de limpeza FV com água, considere:

- Consumo de água
- Requisitos da bomba
- Comprimento da mangueira
- Armazenamento de água
- Filtragem ou tratamento

- Drenagem
- Deslocamento entre mesas

Embora um robô de limpeza FV possa ser leve e fácil de posicionar, um gerenciamento inadequado das mangueiras pode comprometer a agilidade do ciclo de limpeza. Analise todo o processo de fornecimento de água como parte da avaliação do local.

11. COMPARE A GARANTIA, O TREINAMENTO E O SUPORTE TÉCNICO

Um robô de limpeza FV é um equipamento operacional, e não um produto de consumo de uso único.

Antes de realizar o pedido, verifique:

- Duração da garantia
- O que a garantia não cobre
- Quais peças são consideradas itens de consumo
- Onde os reparos são realizados
- Prazo de resposta esperado
- Disponibilidade de diagnóstico remoto
- Existência de distribuidor local ou suporte técnico
- Treinamento para o operador
- Prazo de entrega de peças de reposição
- Idioma da documentação técnica

Solicite aos fornecedores que incluam, de forma clara, no orçamento: suporte, treinamento, baterias, carregadores, acessórios, frete e impostos. Dois robôs de limpeza FV com preços de aquisição semelhantes podem apresentar custos totais muito diferentes ao longo de sua vida útil, quando se leva em conta a disponibilidade de peças e a assistência técnica.

12. CALCULE O CUSTO TOTAL DE PROPRIEDADE

O robô mais barato nem sempre é o mais econômico.

Uma comparação do custo total deve incluir:

Custos iniciais

- Robô
- Baterias e carregadores
- Escovas e peças de reposição

- Equipamentos para uso com água
- Acessórios de transporte
- Custos de frete e importação
- Treinamento e comissionamento
- Modificações no local

Custos recorrentes

- Mão de obra (operador)
- Água e energia elétrica
- Consumíveis
- Substituição de baterias
- Manutenção preventiva
- Reparos
- Armazenamento e transporte
- Suporte técnico

Economias potenciais

- Redução da mão de obra manual
- Menor necessidade de visitas de prestadores de serviço
- Ciclos de limpeza mais rápidos
- Menor consumo de água (nos casos em que a limpeza a seco é adequada)
- Redução do aluguel de equipamentos
- Limpezas mais frequentes com a mesma equipe
- Melhor aproveitamento em múltiplos locais

A comparação deve basear-se no custo total por ciclo de limpeza, e não apenas no valor da nota fiscal do robô. O material da IFBOT sobre Robô de Limpeza FV vs. Limpeza Manual: Economia em O&M, aborda como o método de limpeza, a mão de obra, a frequência e a disponibilidade de água influenciam a economia de operação e manutenção (O&M).

COMPARAÇÃO DE ROBÔS DE LIMPEZA DE MÓDULOS FV

Solução de limpeza	Mais Indicada Para	Principais Vantagens	Limitações Importantes
Robô autônomo e portátil para limpeza FV a seco	Locais com grande acúmulo de poeira, áreas com restrição de água e instalações em superfícies inclinadas compatíveis	Baixo consumo de água, facilidade de transporte e menor necessidade de controle contínuo por parte do operador	Pode não remover lama, depósitos de sal ou sujidade fortemente aderida
Robô portátil movido a água.	Ideal para módulos FV com baixa inclinação e sujidade persistente ou pegajosa.	Oferece limpeza com água, ampla cobertura da escova e limpeza rápida em layouts adequados.	Requer gerenciamento de água e mangueira; não é indicado para ângulos de módulo FV fora da faixa especificada.
Robô de grande porte operado remotamente	Locais amplos e uniformes, com suporte para içamento e transporte	Alta capacidade de limpeza e controle direto pelo operador	Mais difícil de transportar e reposicionar; pode exigir mão de obra ou maquinário adicional
Robô montado em trilhos fixos	Usinas de grande porte, padronizadas e em escala industrial	Limpeza regular sem intervenção humana e operação diária limitada	Infraestrutura permanente, custo de instalação e flexibilidade reduzida
Implantação de robôs assistida por VANT	Conjuntos remotos, fragmentados ou de difícil acesso	Reduz deslocamentos manuais e viabiliza a implantação em múltiplos locais	Maior complexidade do projeto e possíveis restrições climáticas ou regulatórias
Limpeza manual	Instalações pequenas ou limpas com pouca frequência	Baixo custo inicial de equipamentos e flexibilidade baseada no julgamento humano	Exige muita mão de obra, é difícil de escalar e pode apresentar inconsistências

QUAL ROBÔ IFBOT É ADEQUADO PARA QUAL LOCAL?

Requisito	IFBOT X3	IFBOT M20	VANT IFBOT
Método de limpeza	Escovação a seco e aspiração	Escovação dupla com auxílio de água	Implantação e recuperação de robô aéreo
Peso divulgado	6,2 kg	12,7 kg	Configuração do sistema do projeto
Inclinação do módulo FV informada	15°–40°	0°–20°, apenas limpeza com água	Depende do robô de limpeza e do projeto
Produtividade declarada	30 m²/h	Até 1.000 m²/h	Depende do local
Autonomia da bateria	4 horas	4 horas	Depende do projeto
Mais adequado para:	Poeira solta, locais com restrição de água e arranjos FV com inclinação apropriada	Sujidade persistente em arranjos FV compatíveis de baixa inclinação	Instalações de grande porte, remotas ou fragmentadas.
Menos adequado quando:	A sujidade exige lavagem ou o arranjo FV está fora da faixa operacional especificada	Não há água disponível ou os módulos FV excedem a faixa de inclinação especificada	Ou o local é pequeno e de fácil acesso, não justificando o uso de meios aéreos

ESCOLHA O IFBOT X3 QUANDO:

- O tipo predominante de sujidade é poeira solta ou areia.
- O uso de água é indesejado.
- Os módulos FV estão dentro da faixa operacional confirmada.
- É importante que o equipamento seja leve e fácil de manusear.
- Dá-se preferência à limpeza autônoma.
- O layout é compatível com o sistema de navegação e detecção de bordas do equipamento.

O IFBOT X3 não deve ser escolhido quando o problema principal for lama, excrementos de aves, sais incrustados ou outros tipos de contaminação que exijam limpeza com o uso de água.

ESCOLHA O IFBOT M20 QUANDO:

- O local contar com módulos FV adequados, instalados com baixa inclinação
- A limpeza FV com água for viável e apropriada
- A sujidade for de difícil remoção por meio de escovação a seco
- O operador necessitar de uma alta capacidade de limpeza
- For importante contar com um equipamento leve e de fácil manuseio
- O gerenciamento de água e mangueiras puder ser organizado de forma eficiente

O **IFBOT M20** não deve ser considerado a solução para arranjos FV com inclinação acentuada, fora da faixa de 0° a 20° especificada para limpeza com água.

CONSIDERE O SISTEMA DE VANT (VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO) IFBOT QUANDO:

- Os arranjos FV forem de difícil acesso a partir do solo
- Os robôs de limpeza FV precisarem ser deslocados por longas distâncias
- O terreno dificultar a movimentação de veículos
- O local contiver muitas mesas FV separadas
- O projeto exigir um método de implantação mais automatizado

Para um telhado simples e de fácil acesso, o posicionamento manual de um robô leve pode ser mais prático do que a introdução de um sistema aéreo.

Uma visão geral comparativa mais ampla está disponível no guia Análise Comparativa de Robôs para Limpeza de Módulos FV da IFBOT.

13. PERGUNTAS A FAZER A TODO FORNECEDOR DE ROBÔS DE LIMPEZA DE MÓDULOS FV

Antes de solicitar um orçamento final, pergunte:

1. O robô de limpeza FV é compatível com a inclinação exata dos meus módulos FV?
2. Ele é adequado para as dimensões dos meus módulos FV e o design de suas estruturas?
3. Quais vãos e diferenças de altura ele consegue transpor?
4. Ele é indicado para o tipo de sujidade presente na minha instalação?
5. Qual é a produtividade diária efetiva em um local como o meu?
6. Quantos operadores são necessários?
7. Como o robô de limpeza FV é posicionado, movimentado e retirado do local?
8. O que acontece quando ele atinge uma borda ou um obstáculo?
9. Quais baterias, carregadores e acessórios estão incluídos?

10. Quais componentes precisam ser substituídos regularmente?
11. Que tipo de treinamento, garantia e suporte técnico são oferecidos?
12. Qual é o custo total, incluindo entrega e colocação em operação?

Um fornecedor confiável deve solicitar informações sobre a sua instalação antes de recomendar um robô de limpeza FV.

Tenha cautela quando um fornecedor:

- Afirmar que um único modelo de robô de limpeza FV serve para qualquer disposição de módulos FV.
- Recomendar um modelo sem analisar a inclinação.
- Apresentar a velocidade máxima como se fosse a produtividade diária garantida.
- Não saber explicar como funciona a proteção nas bordas.
- Não fornecer informações sobre peças de reposição.
- Evitar discutir as limitações do produto.
- Oferecer um preço sem esclarecer o que está incluído.

A IFBOT também aborda limitações práticas no artigo Quais São as Desvantagens dos Robôs de Limpeza de Módulos FV, o que pode ajudar os compradores a avaliar em quais situações a automação pode exigir um planejamento adicional.

14. INFORMAÇÕES A INCLUIR NA SUA SOLICITAÇÃO DE ORÇAMENTO

Para receber uma recomendação adequada, forneça:

- Localização da usina solar FV
- Destino da entrega
- Capacidade FV instalada
- Área aproximada dos módulos FV a serem limpos
- Fabricante e dimensões dos módulos FV
- Faixa de inclinação dos módulos FV
- Fotografias ou desenhos do arranjo FV
- Detalhes sobre vãos e transições entre estruturas
- Método de limpeza FV atual
- Principal tipo de sujidade
- Frequência de limpeza
- Disponibilidade de água
- Prazo desejado para a conclusão
- Número de operadores disponíveis
- Preferência por limpeza com água ou a seco
- Número de locais onde o robô de limpeza FV poderá ser utilizado

Quanto mais completas forem as informações sobre o local, com maior precisão o fornecedor poderá avaliar a adequação, estimar a quantidade de robôs necessária e calcular o custo total (incluindo a entrega).

15. ESCOLHA UM ROBÔ COM BASE EM EVIDÊNCIAS, NÃO APENAS EM ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.

A escolha de um robô de limpeza de módulos FV deve fazer parte do plano completo de operação e manutenção (O&M) da usina solar FV.

A decisão deve levar em conta:

- O tipo de sujidade presente nos módulos FV
- A configuração da estrutura dos módulos FV
- A disponibilidade de água
- A forma como o robô é posicionado e retirado dos módulos FV
- A área que o robô consegue limpar durante um turno de trabalho real
- O comportamento do equipamento nas bordas, vãos e diante de obstáculos
- Como será feita a manutenção do equipamento
- Se o investimento reduz o custo total de limpeza da usina

A etapa final deve ser uma avaliação de compatibilidade, utilizando desenhos dos módulos FV, fotografias, dados de inclinação e requisitos operacionais.

Solicite uma avaliação do local e um orçamento à GeoDesign. Envie à nossa equipe o layout dos seus módulos FV, a área passível de limpeza, o ângulo de inclinação, a localização e o principal tipo de sujidade. A GeoDesign recomendará a solução de limpeza mais adequada para o seu projeto.

PERGUNTAS FREQUENTES

Qual é o melhor robô de limpeza de módulos FV?

Não existe um único robô que seja o melhor para todas as instalações. A escolha ideal depende da inclinação dos módulos FV, do layout, do tipo de sujidade, da disponibilidade de água, da frequência de limpeza, do acesso ao local e da produtividade necessária.

Um robô autônomo de limpeza FV a seco pode ser a melhor opção para remover poeira solta em locais com restrição de água. Já um robô que utiliza água pode ser mais adequado para sujidade persistente em módulos FV com baixa inclinação. Para projetos de grande escala ou de difícil acesso, podem ser consideradas soluções fixas ou sistemas que utilizam drones.

Devo optar por limpeza robótica a seco ou com água?

A escolha deve ser feita com base no tipo de sujidade e nas condições do local.

A limpeza a seco é indicada para poeira solta e situações que exigem manutenção frequente. A limpeza com água pode ser necessária para remover lama, sal, fezes de aves e resíduos industriais aderentes. A decisão também deve levar em conta a disponibilidade de água, o teor de minerais na água disponível, o manuseio de mangueiras e a frequência de limpeza.

Robôs de limpeza de módulos FV podem operar em superfícies inclinadas?

Alguns podem, mas cada robô possui uma faixa de operação específica.

O **IFBOT X3**, por exemplo, é projetado para uma inclinação entre 15° e 40°. Já o modelo **IFBOT M20** opera em uma faixa de 0° a 20° para limpeza com água. É fundamental avaliar as características do projeto antes da compra, especialmente se os módulos FV estiverem próximos aos limites de inclinação ou se apresentarem vãos e transições irregulares.

Quantos robôs são necessários em uma usina solar FV?

O número depende de:

- Área total a ser limpa
- Produtividade efetiva
- Tempo disponível por ciclo de limpeza
- Horas de operação diária
- Estratégia de uso das baterias
- Tempo necessário para o deslocamento entre mesas
- Frequência de limpeza

Ao calcular o tamanho da frota, utilize a produtividade real esperada para o local, em vez da especificação de produtividade horária máxima.

Um robô de limpeza FV mais leve é sempre a melhor opção?

Robôs mais leves podem ser mais fáceis de transportar, posicionar e movimentar, especialmente em telhados ou arranjos FV fragmentados. No entanto, o peso é apenas um dos fatores. O equipamento também deve oferecer tração adequada, bom desempenho de limpeza, sistemas de segurança e durabilidade.

Robôs de limpeza FV conseguem remover fezes de aves?

A limpeza com escovas e água é, geralmente, a mais indicada para remover sujidade fortemente aderidas a superfície de módulos FV, como fezes de aves secas. Um robô de limpeza a seco, projetado para partículas soltas, pode não ser a solução ideal.

O fornecedor deve analisar fotografias ou realizar testes no tipo de sujidade presente antes de recomendar um produto.

É possível utilizar um único robô de limpeza FV em vários locais?

Robôs de limpeza FV portáteis podem, frequentemente, ser transportados entre diferentes instalações, tornando-os uma opção interessante para prestadores de serviços de operação e manutenção (O&M) e proprietários que gerenciam múltiplos locais. Aspectos como transporte, armazenamento, baterias, treinamento e compatibilidade devem ser avaliados para cada instalação FV.

Qual é o custo de um robô de limpeza de módulos FV?

O preço varia de acordo com o tipo de robô, quantidade, acessórios, baterias, equipamentos para uso de água, frete, suporte e as exigências específicas de cada local. Considere o custo total (incluindo a entrega) e o custo por ciclo de limpeza, em vez de analisar apenas o preço base do equipamento.

Para mais informações, entre em contato:

- Dr. Reinaldo Escada Chohfi
- E-mail: rec@geodesign.com.br
- Cel.: +55 12 99669-5678
- Tel.: +55 12 3153-5115

Tradução do inglês para o português realizada pela GeoDesign Internacional, distribuidora exclusiva da IFBOT no Brasil.