

# Projeto Pulverizador

Marcos Vinícius Monteiro Araújo  
Gabriel Rodrigues Caldas de Aquino

March 13, 2024

Projeto submetido para a obtenção de grau da disciplina de *Internet of Things* do Programa de Engenharia de Sistemas e Computação

## 1 Objetivos Gerais

A pulverização tratorizada é a principal ferramenta do produtor rural para combater pragas e doenças. Em consequência disso, existem pulverizações também no horário noturno (clima mais ameno). Neste contexto, temos como objetivo garantir que toda a área seja pulverizada para otimizar o fator no combate essencial a pragas.

### 1.1 Objetivos específicos

Nessa seção temos como objetivos específicos:

- Garantir que o tratorista realizou a pulverização dentro do perímetro geográfico programado;
- Aferição de tempo gasto por rua;
- consumo na operação de pulverização;
- Verificação se os bicos estão com a vazão correta;
- Verificar se algum bico de pulverização está entupido.

## 2 Proposta

Nesta seção, vamos apresentar as propostas para atender aos requisitos específicos do projeto. A proposta prevê o uso de um pulverizador compacto de 1000L para uva, conhecido popularmente como mãozinha, figura 1. o mesmo utiliza uma bomba pulverizadora de alta pressão de 75L/min Agrícola com as seguintes características:

- Vazão Máxima: 75 l/min
- Rotação Máxima: 800 rpm
- Pressão: 45 bar
- Potência Necessária para tocar a bomba: Motor elétrico ou a combustão de 5,0 a 7,5 HP

### 2.1 Verificação de Vazão

Para medir a vazão nesse projeto, podemos usar diferentes tipos de sensores vazão, como exemplo estão abaixo alguns sensores comumente usados para medir a vazão em sistemas de IoT:

- Sensores de Fluxo Eletromagnéticos: Esses sensores usam a lei de Faraday para medir a vazão. Eles são precisos e adequados para líquidos condutores. São resistentes à corrosão e têm uma ampla faixa de medição;



Figure 1: Pulverizador compacto mãozinha

- Sensores de Fluxo Ultrassônicos: Sensores ultrassônicos medem a vazão através do tempo de trânsito ou do efeito Doppler. São úteis para líquidos e gases. Podem ser não invasivos, o que significa que não exigem a interrupção do fluxo;
- Sensores de Fluxo de Efeito Hall: Estes sensores são eficazes para medir a vazão de líquidos condutores. Eles utilizam o princípio do efeito Hall para detectar o movimento de um fluido por meio de um campo magnético;
- Medidores de Pressão Diferencial: Ao medir a pressão diferencial mediante um dispositivo no fluxo, é possível calcular a vazão. Isso é especialmente útil para líquidos e gases;
- Medidores de Turbina: Sensores de vazão baseados em turbinas medem a rotação de uma turbina no fluxo do líquido, convertendo essa rotação em uma leitura de vazão;
- Medidores de Vórtice: Esses sensores exploram a formação de vórtices em um objeto colocado no fluxo. A frequência desses vórtices está relacionada à vazão do fluido;
- Medidores de Coriolis: Sensores de vazão baseados no efeito Coriolis medem a mudança na força exercida sobre um tubo enquanto um fluido passa por ele. São precisos para uma ampla variedade de fluidos.

Na avaliação deste projeto, será incorporado um sensor de vazão do tipo medidor de turbina na linha anterior a cada conjunto de bicos, conforme ilustrado na Figura 2, a fim de avaliar a vazão de cada conjunto de bicos, atendendo o requisito de verificação se os bicos estão com a vazão correta. Nesse contexto, caso ocorra algum entupimento em algum bico, a vazão se modificará durante a operação. Isso nos permite detectar a falha e enviar um alerta, interrompendo a operação para a manutenção necessária. Dessa forma, asseguramos a correta pulverização da cultura, atendendo ao requisito de verificar se algum bico de pulverização está entupido.

O sensor de vazão escolhido é o do modelo FDP3202, figura 3, o mesmo tem as seguintes características para atender o projeto:

- Acurácia:  $\pm 0.5\%$  de leitura;
- Temperatura do líquido:  $-40$  to  $80^{\circ}\text{C}$ ;
- Tensão de trabalho:  $18\text{V}$  to  $30\text{V}$ .

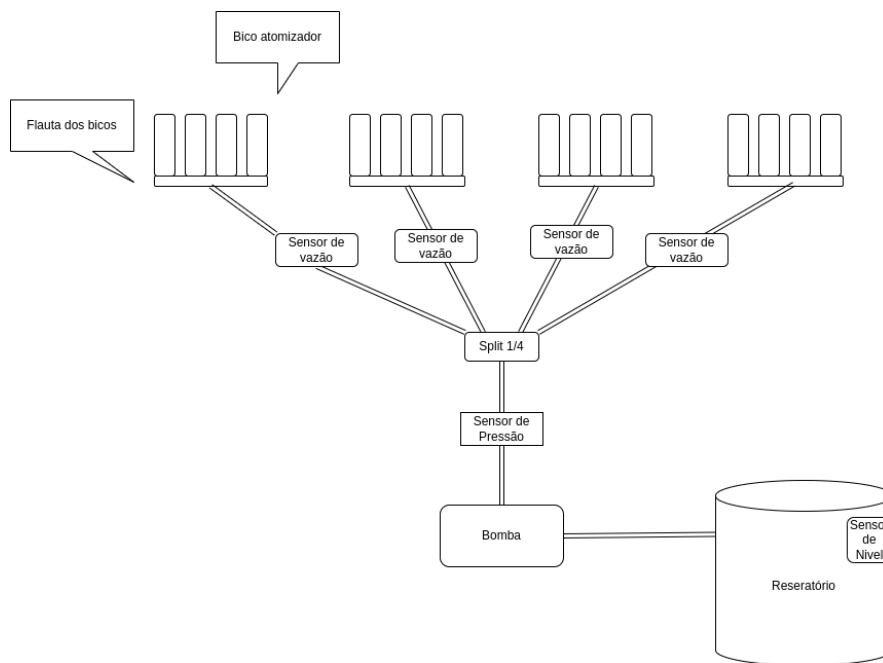


Figure 2: Linhas de fluido

A maior dificuldade de selecionar um sensor de vazão para este projeto foi a pressão que deve suportar na linha. Isso restringe a sensores mais caros e de um uso mais industrial. Contudo, é um sensor padrão de mercado com maior robustez e durabilidade, mais detalhes sobre o sensor é possível encontrar no Anexo [A](#).

## 2.2 Verificação de pressão

O sensor de pressão empregado é modelo PX509-1.5KSGC2IS da série PX509, Figura 4, que possui intervalo de operação entre 0 e 100 bar. Esse sensor foi escolhido por ser capaz de resistir a uma pressão de até 45 bar. O sensor foi projetado especificamente para atender aos requisitos de uso em locais perigosos de todas as classes e zonas. Ele tem como principais características ser soldado em aço inoxidável, com potenciômetros acessíveis e terminação elétrica desmontável. O seu emprego se dá em aplicações industriais que possuem requisitos de resistência a choques e vibrações. Ele possui uma construção modular para permitir diferentes configurações e conexões.

## 2.3 Verificação do nível do reservatório

O sensor escolhido para monitorar o nível do reservatório é o sensor de flutuador vertical, Figura 5, uma escolha amplamente aceita e adaptável a diversos tamanhos de reservatórios. Este sensor opera com base em um princípio simples: ele consiste em um flutuador conectado a um interruptor, que muda de estado conforme o flutuador se move para cima ou para baixo com o nível do reservatório. Quando o nível do reservatório aumenta, o flutuador também sobe, acionando o interruptor e indicando que o nível atingiu uma altura específica. Da mesma forma, quando o nível do reservatório diminui, o flutuador desce, desativando o interruptor. Este mecanismo permite detectar a variação no nível do tanque.

No entanto, uma das dificuldades ao usar o sensor de nível é que o líquido dentro do reservatório está sempre em movimento, o que pode dificultar uma medição precisa do nível em alguns casos.

## 2.4 Verificação da posição

Nesta análise do projeto, serão empregados dois tipos de sensores para assegurar que o tratorista tenha realizado a pulverização dentro do perímetro geográfico previamente estabelecido. Cada passagem de pulverização é executada ao longo de ruas. Com isso, para verificar e registrar se o tratorista



Figure 3: Sensor FPD3202



Figure 4: Sensor PX509



Figure 5: Sensor de nível em aço inoxidável

transitou por todas as ruas e dentro da distância correta entre as plantações, serão utilizados sensores de ultrassom. Esses sensores serão responsáveis por determinar se o tratorista está seguindo pelo centro das plantações.

Além disso, faremos uso de um sensor GPS para avaliar se o tratorista não apenas percorreu o centro das ruas, mas também se passou por todas elas, traçando assim um gráfico das áreas das plantações efetivamente percorridas

#### 2.4.1 Sensor de distância

O sensor escolhido é o sensor de ultrassom, Figura 6, amplamente utilizado para medir distâncias entre o sensor e um objeto. Este sensor emite pulsos de ondas sonoras de alta frequência (ultrassom), os quais são direcionados para um objeto. Em seguida, o sensor aguarda o eco do som. Com base no tempo que leva para o eco retornar, o sensor calcula a distância até o objeto. Geralmente, os sensores possuem um ângulo de detecção amplo, o que significa que podem detectar objetos em uma ampla área. A precisão da medição pode variar entre os modelos, mas geralmente é bastante alta para aplicações comuns. Eles são menos suscetíveis a interferências de luz ambiente em comparação com sensores de infravermelho, tornando-os ideais para uso em ambientes externos ou com variações de iluminação.

Para identificar a distância e garantir que o pulverizador esteja centralizado nas fileiras das plantações, serão utilizados três sensores conforme ilustrado na Figura 7: um sensor no centro e um em cada lado do pulverizador. Isso permitirá determinar as distâncias corretas e possibilitará ao tratorista confirmar se o pulverizador está posicionado corretamente no centro das fileiras das plantações para a pulverização.

#### 2.4.2 Sensor GPS

Um sensor de GPS, ou Sistema de Posicionamento Global, Figura 8, é um dispositivo que utiliza uma rede de satélites em órbita da Terra para determinar a localização geográfica precisa de um receptor em qualquer lugar do planeta. Esses dispositivos são amplamente utilizados em uma variedade de aplicações, desde navegação veicular até rastreamento de ativos e monitoramento de atividades ao ar livre.

O funcionamento básico de um sensor de GPS envolve a recepção de sinais de pelo menos quatro satélites GPS que orbitam a Terra. Cada satélite transmite sinais contendo informações sobre sua posição e o tempo em que o sinal foi enviado. O receptor GPS coleta esses sinais e calcula sua própria posição com base na diferença de tempo entre a transmissão do sinal e sua recepção. Usando os sinais de múltiplos satélites, o receptor pode determinar sua latitude, longitude e altitude com alta precisão. Além disso, os receptores de GPS podem calcular outras informações úteis, como velocidade, direção



Figure 6: Sensor ultrassônico srf02

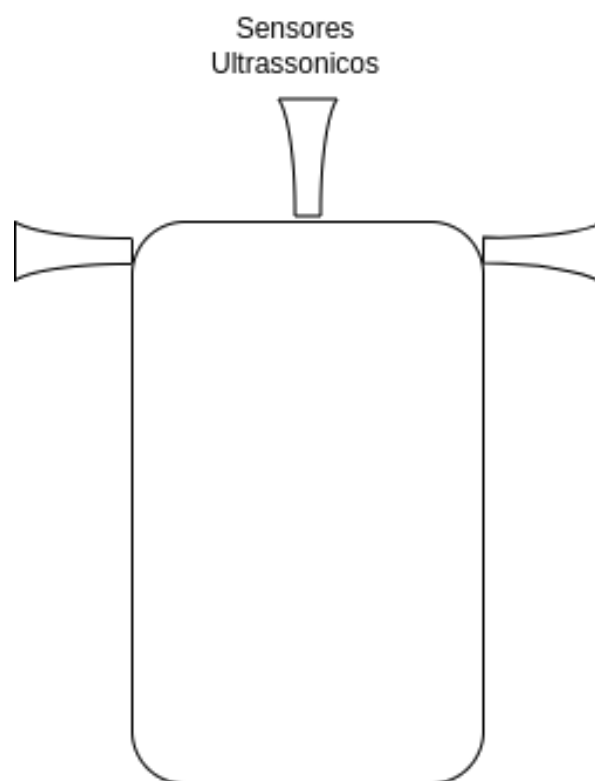


Figure 7: Disposição dos sensores ultrassônico



Figure 8: Sensor GPS

e tempo estimado de chegada a um destino.

## 2.5 Hardware do projeto

Para desenvolver o projeto e atender aos requisitos de processamento e conectividade dos sensores, optamos por utilizar o Atmega2560 com ESP8266 como dispositivo hospedeiro dos sensores. Dado que os dados deste projeto serão coletados e enviados a um dispositivo responsável por processá-los e gerar dashboards para apresentação, não há necessidade de empregar um sistema operacional em tempo real (RTOS), uma vez que não há uma exigência significativa de processamento ou urgência na entrega dos dados.

Os dados serão recebidos via Wi-Fi por uma plataforma que receberá diretamente o envio da URL com os dados. O dispositivo selecionado para processar e exibir os dados é o Raspberry Pi 5, conhecido por sua capacidade robusta de processamento e recursos avançados. O Raspberry Pi 5 pode operar um sistema operacional completo e suportar plataformas como Elasticsearch e Kibana para a visualização dos dados.

Abaixo estão as especificações dos hardwares e da plataforma para o dashboard:

### 2.5.1 Dispositivo Hospedeiro dos Sensores

O Arduino Mega Wifi, Figura 9, é uma versão não oficial do Arduino Mega que vem com um chip Esp8266 integrado na placa adicionando o recurso de conexão WiFi a placa. Possui a mesma pinagem e algumas melhorias em relação ao seu primo Arduino Mega. Tem as seguintes características: Possui memória flash conectada ao ESP8266, de 4MB. (125 vezes a do Mega e 1000 vezes a do Uno); Tensão de entrada recomendada 7 16V. O Mega comum tem faixa de 7 12V; Corrente de saída. Em casos onde é usada alimentação externa os pinos de tensão de saída podem fornecer 1.6A para 5V e 1A para 3.3V.

### 2.5.2 Dispositivo para Processamento e Exibição dos Dados

O Raspberry Pi 5 selecionado possui 8GB de memória RAM, tornando-se uma versão avançada e mais potente do Raspberry Pi. Com essa memória RAM expandida, este modelo oferece um desempenho aprimorado e a capacidade de executar uma ampla variedade de aplicativos e projetos com eficiência.

A escolha deste modelo se deu pela sua capacidade de otimizar o uso do Elasticsearch, já que este requer um consumo mínimo de 4GB de memória. Com seus 8GB de RAM, o Raspberry Pi 5



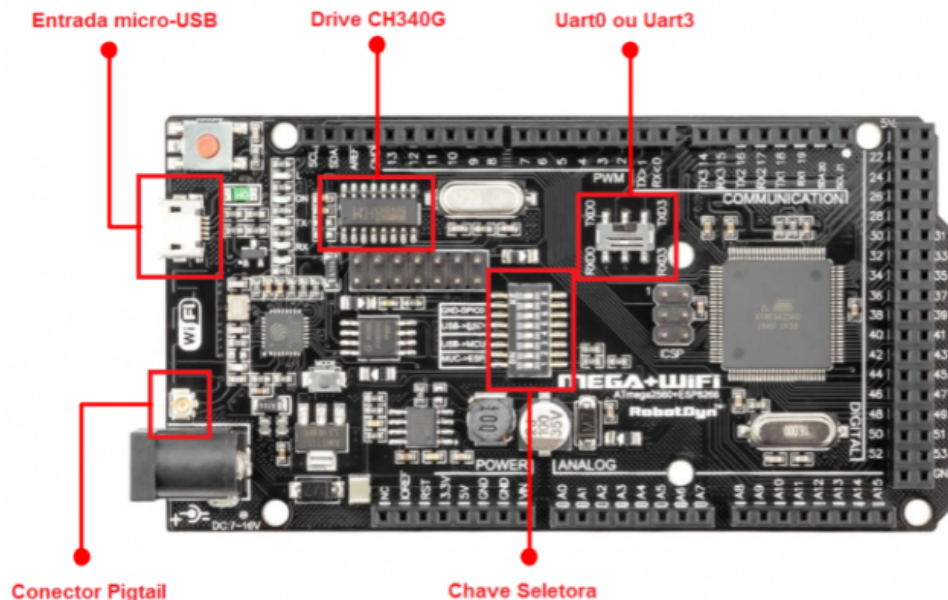


Figure 9: Arduino Mega Wifi

proporciona uma folga confortável para lidar com as demandas de processamento do Elasticsearch e outros aplicativos simultaneamente, como o Kibana que apresentará os dashboards em tempo real.

### 2.5.3 Plataforma de Visualização de Dados

Elasticsearch e Kibana

O Elasticsearch e o Kibana são duas ferramentas frequentemente utilizadas em conjunto para a análise e visualização de grandes volumes de dados, especialmente em ambientes de análise de logs e dados. Abaixo, apresento uma breve descrição de cada uma delas:

**Elasticsearch:** O Elasticsearch é um sistema distribuído e altamente escalável para busca e análise de dados. Fundamentado no Apache Lucene, esse mecanismo disponibiliza uma interface RESTful para indexação, pesquisa e análise de dados, tanto estruturados quanto não estruturados, em tempo real. Sua capacidade de suportar indexação e pesquisa em tempo real permite a adição, atualização e consulta imediata dos dados assim que são inseridos.

**Kibana:** O Kibana é uma ferramenta de visualização de dados e análise que se integra ao Elasticsearch. Com ele, é possível criar dashboards interativos, gráficos, métricas e visualizações com os dados armazenados no Elasticsearch. O Kibana oferece uma ampla variedade de opções de visualização, como gráficos de barras, gráficos de linha, mapas e tabelas, permitindo aos usuários personalizar essas visualizações conforme suas necessidades específicas.

Além disso, o Kibana permite a criação de dashboards interativos que agregam várias visualizações em uma única interface. Com isso, os usuários podem criar painéis personalizados para monitorar métricas, analisar tendências e explorar dados de forma mais eficiente.

Desenvolvido para se integrar perfeitamente ao Elasticsearch, o Kibana aproveita os recursos de indexação e pesquisa em tempo real do Elasticsearch para oferecer uma experiência de análise de dados poderosa e intuitiva.

Em resumo, o Elasticsearch e o Kibana são duas ferramentas poderosas que trabalham juntas para fornecer recursos avançados de busca, análise e visualização de dados em tempo real. São amplamente utilizadas em uma variedade de casos de uso, incluindo monitoramento de logs, análise de segurança, análise de métricas de aplicativos.

## 2.6 Código do projeto

O código do projeto, pode ser encontrado em [Link github](#)



### 3 Considerações Finais

Para garantir a confirmação da correta pulverização das áreas, foram empregados sensores de posicionamento de distância e GPS. Esses sensores permitem a plotagem das áreas pulverizadas dentro do mapa no Kibana, possibilitando que o tratorista verifique se todas as áreas foram cobertas. Além disso, esses sensores permitem a contabilização do tempo gasto em cada rua de pulverização e a quantidade de pulverizador utilizado.

Além disso, é viável monitorar em tempo real a vazão de todas as flautas e verificar a variação de pressão da bomba para identificar entupimentos nos bicos. Essa monitoração em tempo real possibilita a intervenção imediata para garantir uma pulverização correta em todos os pontos necessários.

Embora o projeto pudesse ser implementado utilizando apenas um dispositivo de hardware como o Raspberry Pi, não seria possível confirmar se o código para utilização dos sensores está correto sem uma plataforma de teste e emulação dos sensores. Para realizar os testes e validação do uso dos sensores, foi empregada a plataforma PlataformIO IDE, que permite validar o código e o funcionamento dos sensores de forma eficiente.

# POSITIVE DISPLACEMENT FLOW METER FOR INDUSTRIAL PROCESSES



## FPD3200 Series



- ✓ Stainless Steel Body
- ✓ FEP Seals
- ✓ PPS Rotors
- ✓ Temperatures up to 80°C (176°F)
- ✓ NPT or BSP Threads
- ✓ DIN, JIS or ANSI Connection (Available on 1" and Larger Sizes)

The FPD3200 Series positive displacement flow meters are affordable and accurate. One primary feature is the ability to maintain consistent accuracy despite changing viscosity conditions. The meter's solid construction and excellent dynamic response are well suited to measurement for many industrial as well as other non-abrasive lubricating fluids. Since there is no need for straight run piping upstream or downstream of the flow meter, the FPD3200 flow meters are simple to use and to install. The meter has good resolution and high accuracy at low flow rates.

FPD3206-D-A



Both models shown smaller than actual size.

FPD3202



## SPECIFICATIONS

**Accuracy:**  $\pm 0.5\%$  of reading

**Repeatability:**  $\pm 0.03\%$

### Fitting Type:

NPT: Female

BSP: "-BSP" option

DIN: "-DIN" option

JIS: "-JIS" option

ANSI: "-ANSI" option

**Hall-Effect Sensor Power:** 4.5 to 24 Vdc (7.5 mA)

**Reed Sensor Power:** 30 Vdc (500 mA)

### Output Options:

**Pulse Output:** Standard

**4 to 20 mA Transmitter:**

"-D-A" option; no output on battery powered "-D" model

**Display:** 7-digit/12 mm (0.47") upper, 7-digit/7 mm (0.28") lower all "-D" options

**Rate:** User defined

**Total:** Resettable

**Accumulated-Total:** Non-resettable

**Minimum Viscosity:** 1 cPs

**Maximum Viscosity:** 1000 cPs standard

**Maximum Pressure:** See chart

on page 3

**Strainer Size:** See chart on next page

**Mounting:** Shafts must be in a horizontal plane

**Electrical Connections:** 2 x 12 mm

(0.08 x 0.47"), fittings included

"-D-A" option

**Cable Length:** 1 m (3') stripped ends, non-display models

### Mounting:

Pipe

**Power:** 4 to 20 mA, "-D-A" models

18 to 30 Vdc display, "-D" models

3 Vdc lithium battery (included)

**Liquid Temperature:** -40 to 80°C

(-40 to 176°F)

### Materials

**Body:** Stainless steel

**Enclosure:** Polypropylene

**Seals:** FEP

**Rotors:** PPS

**Fasteners:** Stainless steel

**Cable Insulation:** PVC

**Enclosure:** NEMA 6 (IP67)

# INTRINSICALLY SAFE PRESSURE TRANSMITTERS FOR HAZARDOUS LOCATIONS

## STANDARD AND METRIC MODELS

### High 0.08% Accuracy

Gage Pressure: 10 inH<sub>2</sub>O to 3500 psi (25 mb to 245 bar)

Sealed Gage: 0 to 100 psi to 0 to 3500 psi (0 to 7 bar to 0 to 245 bar)

Absolute Pressure: 5 to 1000 psi (350 mb to 70 bar)

Compound Gage: ±10 inH<sub>2</sub>O to ±15 psi (±25 mbar to ±1 bar)

Vacuum (Negative Gage): 0 to -10 inH<sub>2</sub>O to 0 to -15 psi (0 to -25 mbar to 0 to -1 bar)

Barometric Ranges: 0, 16 or 26 inHg to 32 inHg (0, 550 or 880 hPa to 1100 hPa)

Please Note:  
Not for export,  
USA and Canada only

PMW-4 WASHER INCLUDED

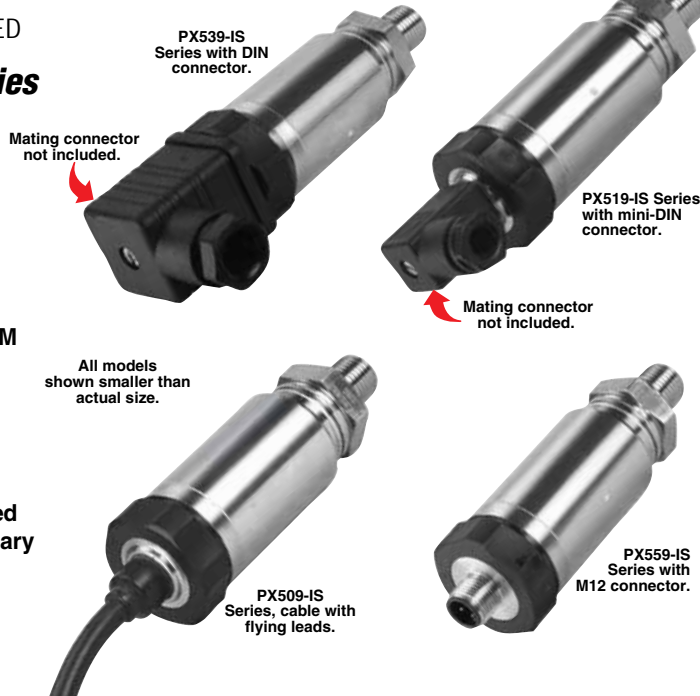
### PX509/PXM509-IS Series



- ✓ High 0.08% Accuracy with NIST Traceable Calibration Certificate
- ✓ 4 to 20 mA Output with FM Intrinsically Safe Rating
- ✓ Solid State Sensor for Long Term Stability
- ✓ 316L SS Wetted Parts and Welded Stainless Steel Construction
- ✓ Shock and Vibration Rated
- ✓ Ruggedized with Secondary Containment System
- ✓ Demountable Electrical Termination
- ✓ User Accessible Trim Pots on Most Models

### APPLICATIONS

- ✓ Process Control
- ✓ Hydraulic and Pneumatic Systems
- ✓ Natural Gas Compressors
- ✓ Chemical Refineries
- ✓ Oil and Gas
- ✓ Pipeline Measurements
- ✓ Hydrogen (316L SS Wetted Parts Standard)
- ✓ Power Generation



The PX509 intrinsically safe transducers are rugged all stainless steel transducers specifically designed to meet the requirements for use in hazardous locations for all classes and zones.

Features include welded stainless steel construction, user accessible potentiometers, and a demountable electrical termination end. They are designed for rugged industrial applications, and have high shock and vibration ratings and excellent long term stability.

A precision micromachined silicon sensor is at the core, and provides a

very stable reading with exceptional high accuracy of 0.08% and a broad compensated range of -29 to 75°C (-20 to 167°F) on most ranges.

Modular construction allows for fast delivery of most configurations and fittings including agency approved models, plus, customized models also can be delivered quickly to suit your exact needs. Models with ½ NPT conduit fitting (PX509C) do not have a demountable termination and trim pots are an extra cost option.

Intrinsically safe models are available in many ranges and configurations.

B-1

PRESSURE TRANSDUCERS  
**B**