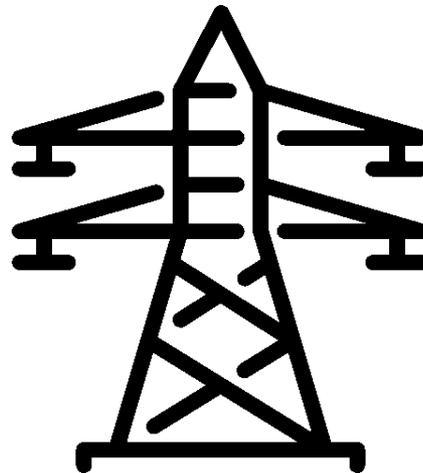




# Medição da Densidade do Gás SF6

## TRAFAG



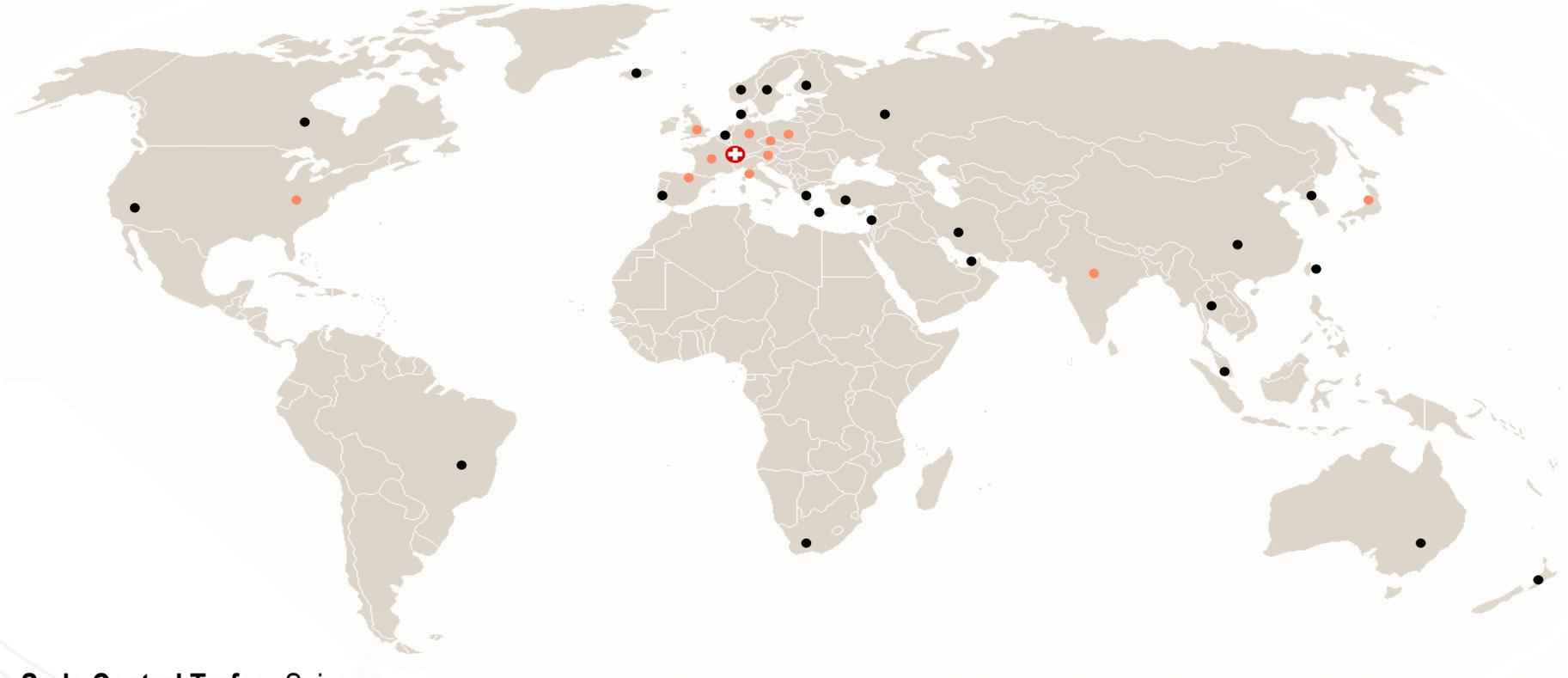
# O Grupo TRAFAG



● Sede Central

● Filiais da Trafag | Joint Ventures

● Distribuidores



**Sede Central Trafag:** Suíça

**Filias:** Austria | República Checa | França | Alemanha | Grã Bretanha | Índia | Itália | Japão | EUA | Espanha

**Joint Ventures:** Polónia

**Distribuidores:** Austrália | Bélgica | Brasil | Canadá | China | Chipre | Dinamarca | Finlândia | Grécia | Islândia | Irã | Israel | Coreia | Países Baixos | Nova Zelândia | Noruega | Portugal | Rússia | Singapura | África do Sul | Suécia | Taiwan | Tailândia | Turquia | Emirados Árabes Unidos | EUA |

# Monitor de Densidade



- Fabricante mundial de monitores de densidade de gás SF6 há mais de 40 anos.
- Até o momento, já foram fabricadas mais de 700.000 unidades para interruptores de AT.
- Desenvolvimento e melhoria contínua dos produtos.



**1978**



**1987**



**1994**



**2003**



**2006**



**2010**

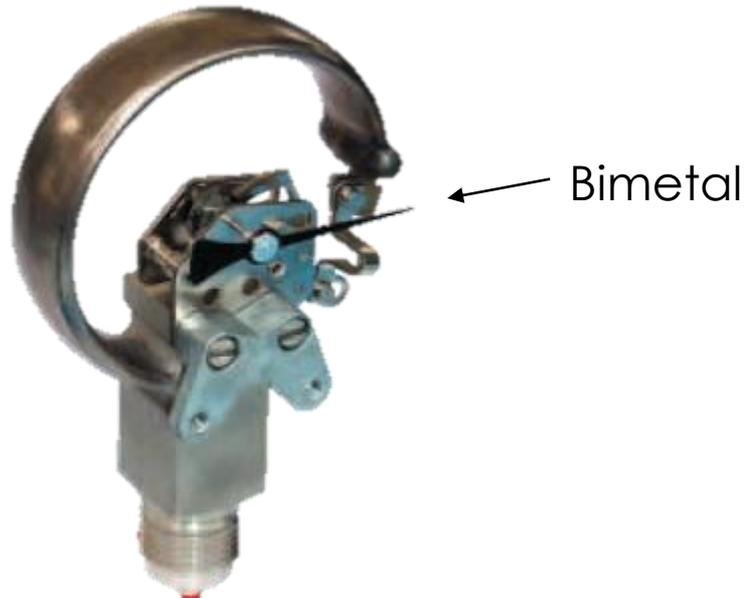


**2014**

# Monitor de Densidade



- Para monitorar o gás SF6 geralmente se utiliza um manômetro bimetálico para realizar a compensação da temperatura



**Mas a Trafag tem uma solução muito mais sofisticada!**

# Monitor de Densidade

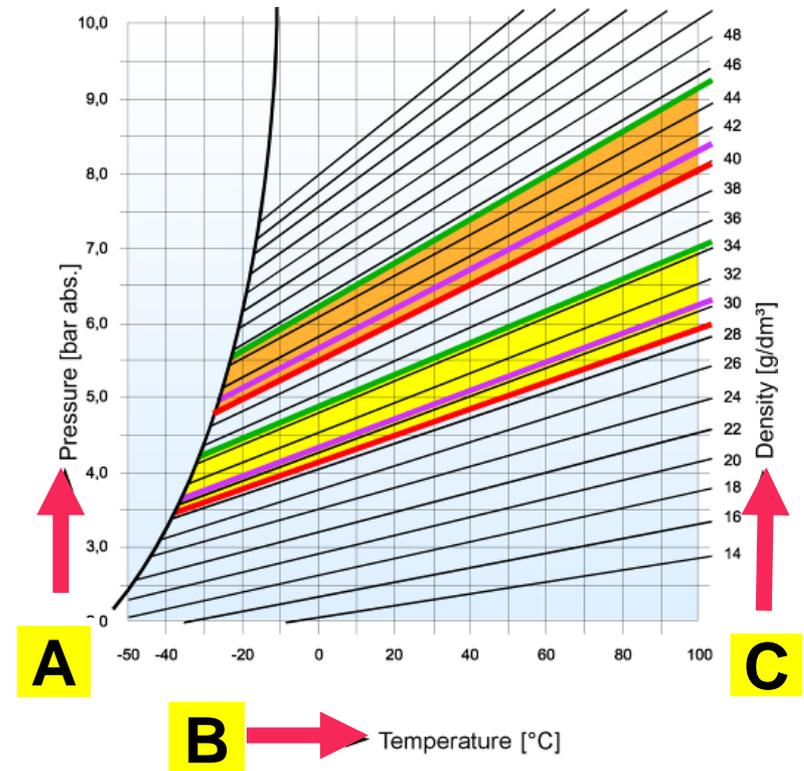


## ■ Densidade do Gás SF6 (Isócoras)

Equação Beattie-Bridgeman  
(SF<sub>6</sub> como um gás não-ideal)  
$$p = (R \cdot T(v+B)-A)/v^2$$

Quando uma quantidade concreta de moléculas (densidade, escala C) dentro de um volume fixo (compartimento de gás) e a uma temperatura crescente (escala B) a pressão (escala A) DEVE subir!!

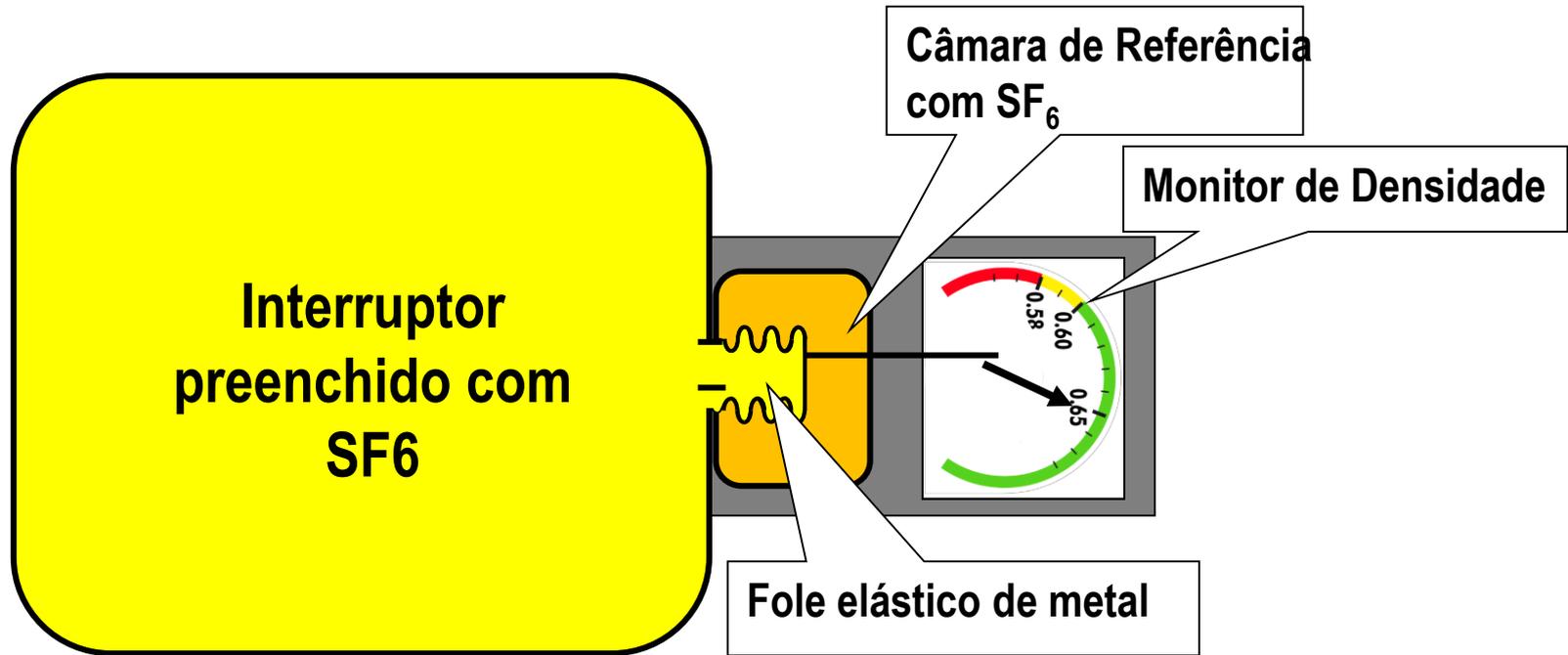
A PRESSÃO varia com a TEMPERATURA,  
mas a DENSIDADE **NÃO**



# Monitor de Densidade



## ■ Princípio da Câmara de Referência

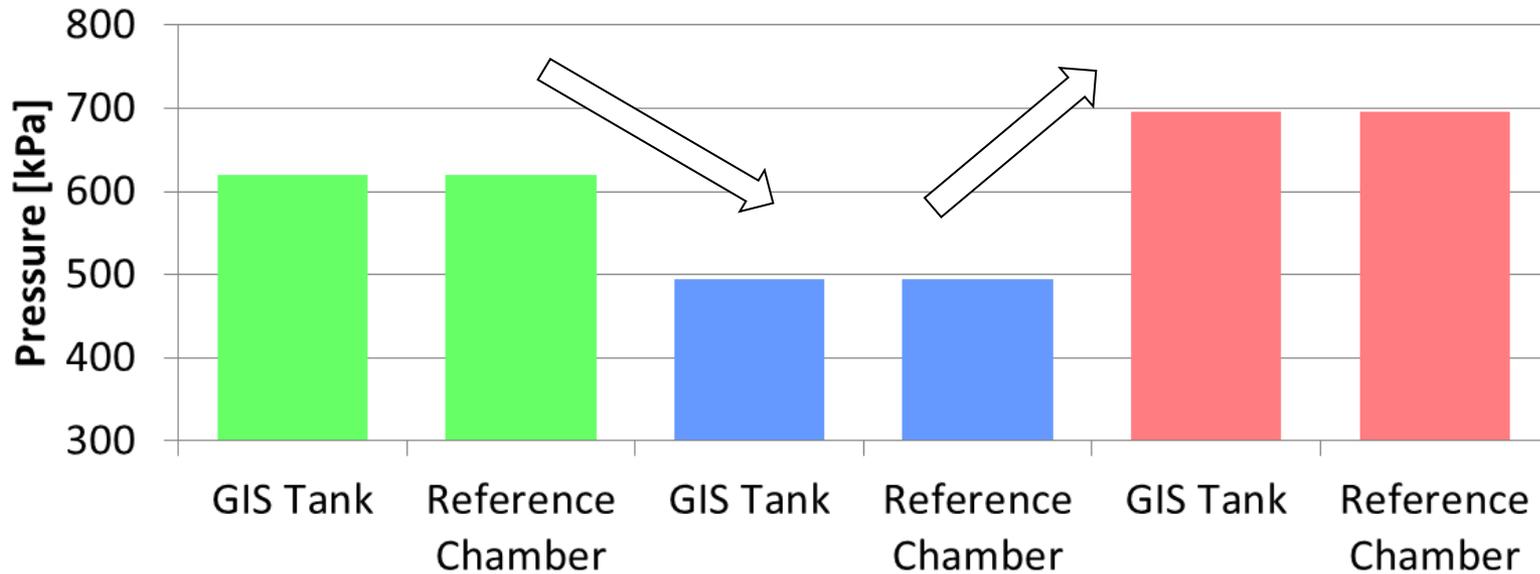


**1ª Vantagem** → **Não é necessário nenhum mecanismo de compensação de temperatura**

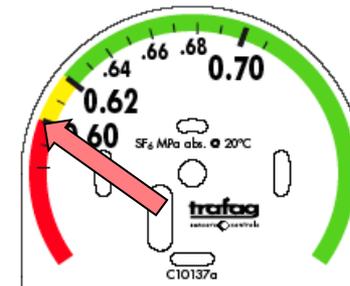
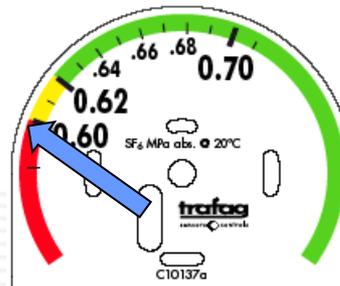
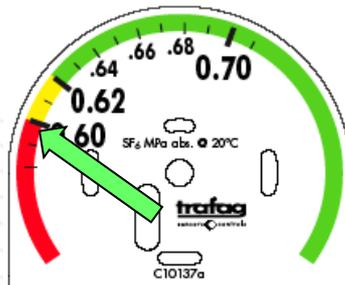
# Monitor de Densidade



## Princípio da Câmara de Referência



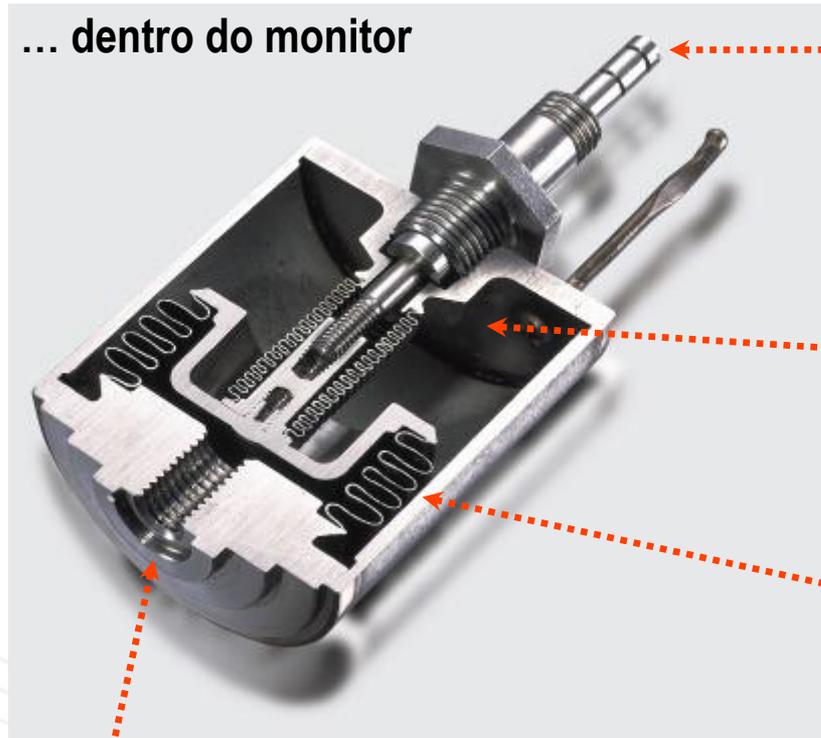
+20C → -30C → +50C



# Monitor de Densidade



## ■ Princípio da Câmara de Referência



A haste do interruptor se move quando o gás SF<sub>6</sub> escapa do tanque, ativando o alarme

A Câmara de Referência está preenchida com gás SF<sub>6</sub>

Fole de metal elástico

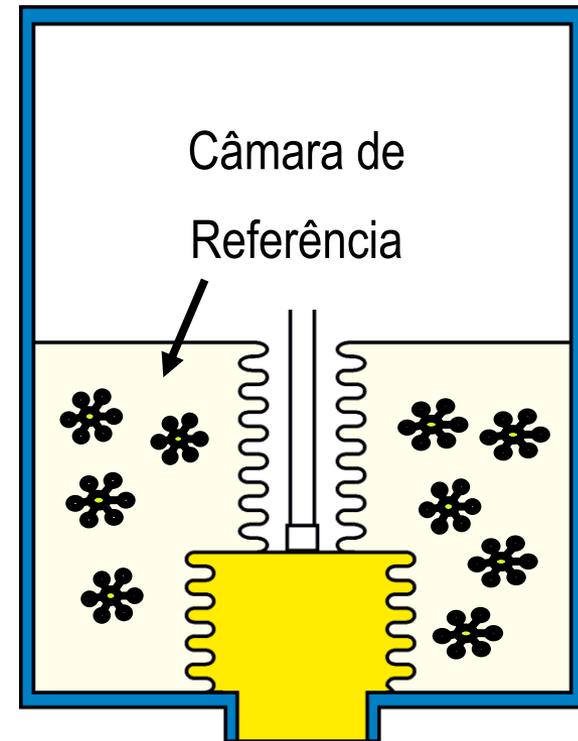
Entrada de gás SF<sub>6</sub>  
(Conexão ao tanque)

# Monitor de Densidade



## ■ Princípio do Gás de Referência

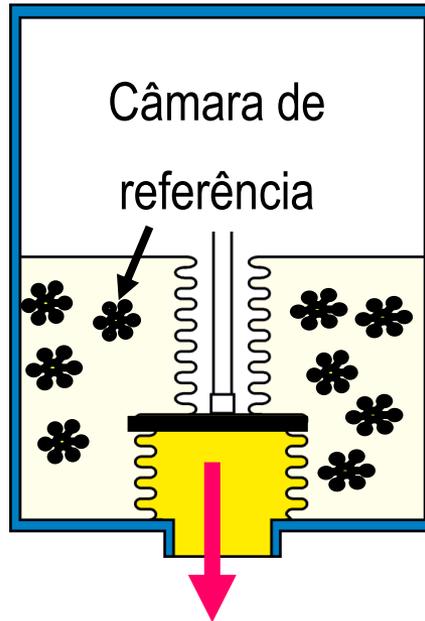
- O valor que deve ser monitorado em uma GIS é a DENSIDADE.
- O valor da densidade requerido é comparado ao valor de referência.
- O valor de referência é criado inserindo a quantidade necessária de moléculas numa câmara de referência.



# Monitor de Densidade



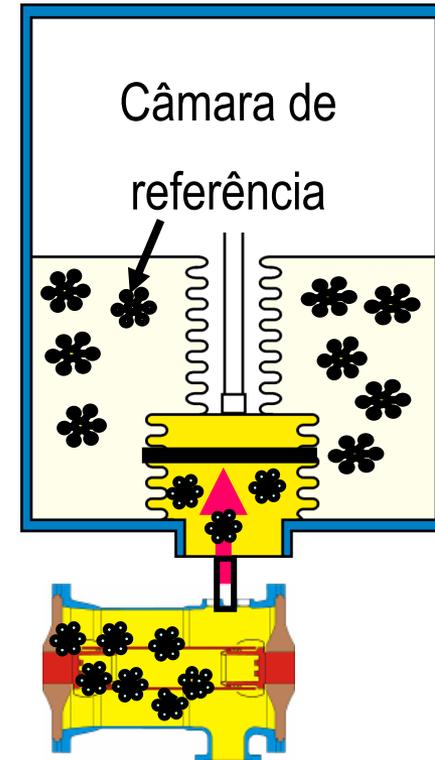
## ■ Conceito dos Foles Diferenciais



As moléculas da câmara de referência pressionam o fole até o limite inferior



Se neste momento conectamos um segundo compartimento com a mesma densidade de moléculas...



... as moléculas empurram o fole de volta à posição superior

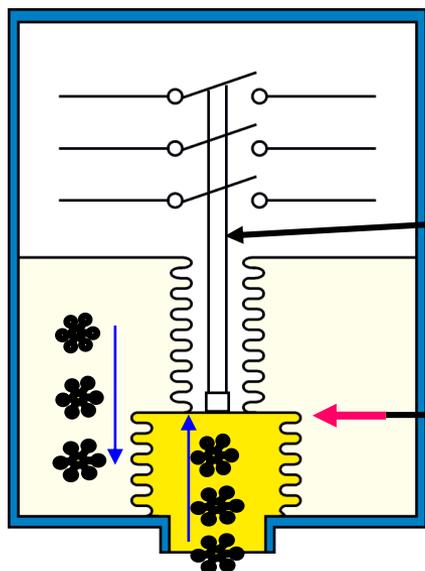


É alcançado o equilíbrio

# Monitor de Densidade



## ■ Alarmes



Os microswitches estão unidos ao fole diferencial por meio de uma vareta

Vareta de comutação

A posição do fole se ajusta para cada caso específico, em um valor em  $\text{kg/m}^3$

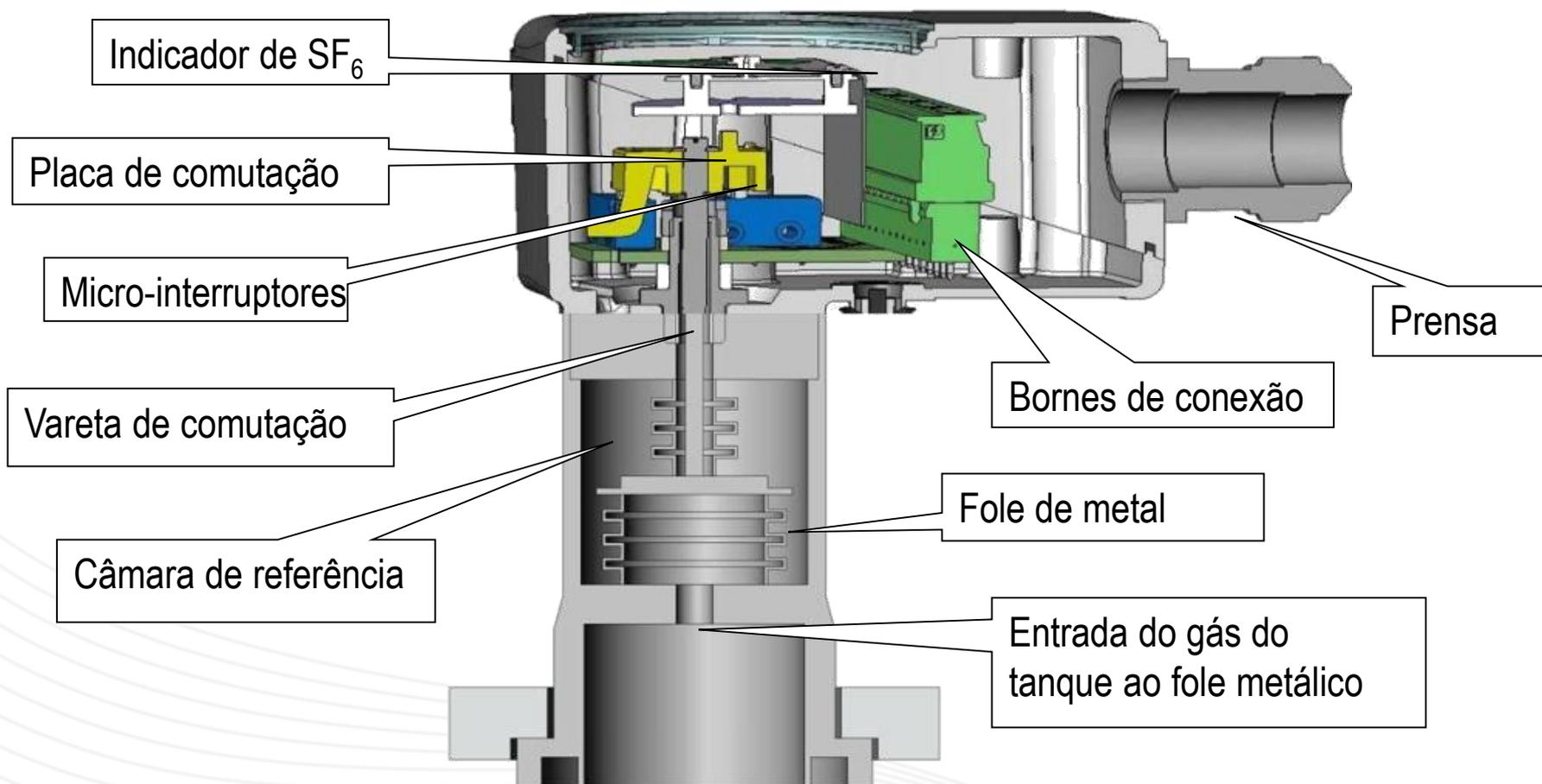
A diferença na quantidade de moléculas (um vazamento no compartimento de gás) permite que as moléculas da câmara de referência empurrem o fole até o limite inferior:

- 1ª alarme = Preenchido
- 2ª alarme = Nível Mínimo de Isolamento
- 3ª alarme = Nível de Bloqueio (para disjuntores)

# Monitor de Densidade



## ■ Monitor de Densidade com Câmara de Referência



# Monitor de Densidade



## ■ Características adicionais



**Tipo 87x6**

- Precisão 10 kPa, -30 a +50°C
- Excelente resistência a vibrações
- IP67 com membrana de ventilação Gore-Tex®
- Faixa de temperatura:
  - Padrão: -40° a +80°C
  - Opcional: -60° a +80°C

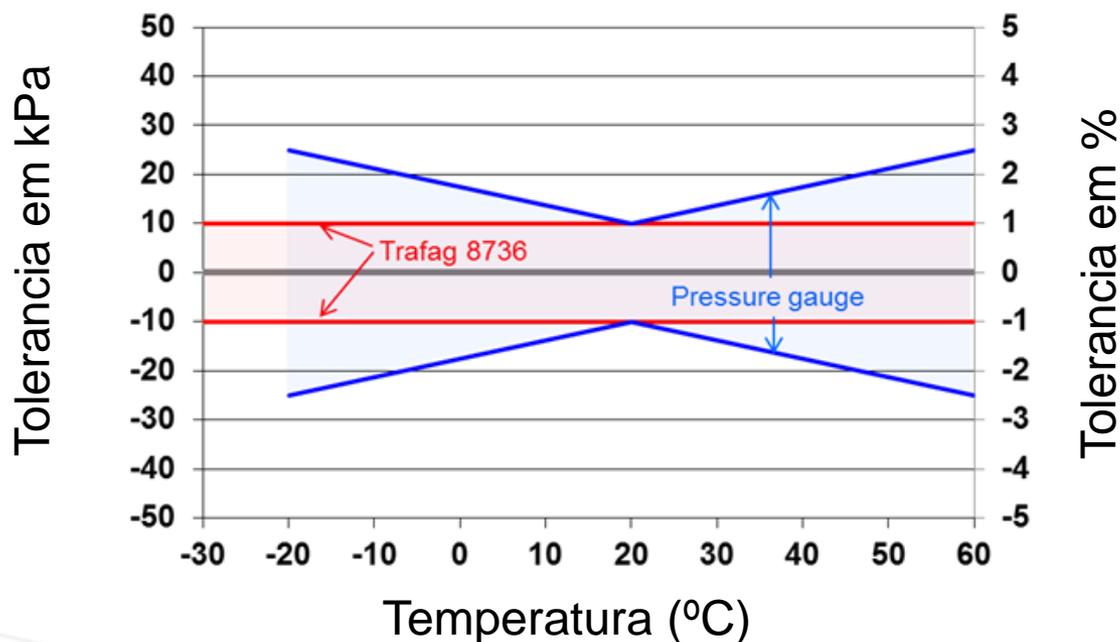
# Monitor de Densidade



- A precisão dos dispositivos Trafag independe da temperatura

Trafag: 10 kPa máximo

Manômetro: 25 kPa típico



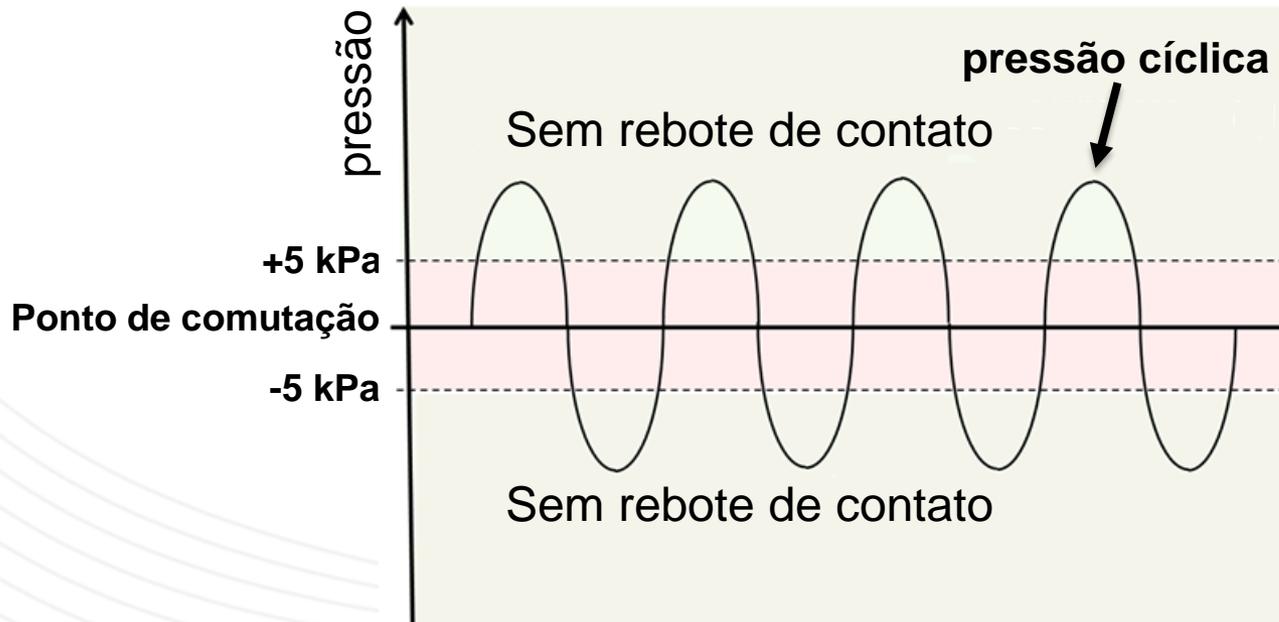
2ª Vantagem → **Precisão 2,5 vezes superior ao manômetro**

# Monitor de Densidade

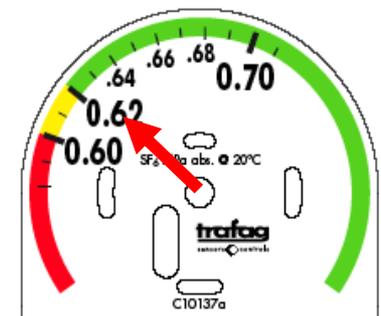


- Excelente resistência a vibrações e golpes

- Com uma vibração de 4G entre 5 e 100Hz, não há rebote de contato quando a pressão está apenas a 5 kPa do ponto de ajuste



Vibração 4G / 5 a 10Hz



# Monitor de Densidade



## ■ Excelente resistência a vibrações e golpes

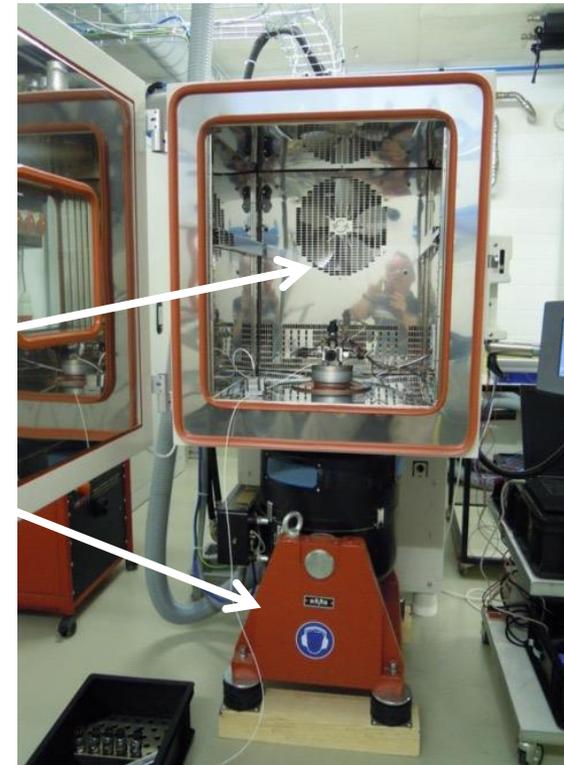
### Resistência a golpes

50G, 10.000 vezes na direção X e Z  
depois dos ensaios

Câmara climática

Máquina de choque

Equipamento de ensaio de  
choque e vibração da Trafag



**3ª Vantagem →** **Rendimento estável em manobras de grande vibração depois de mais de 10.000 ciclos**

# Monitor de Densidade



- Excelente resistência a vibrações e golpes

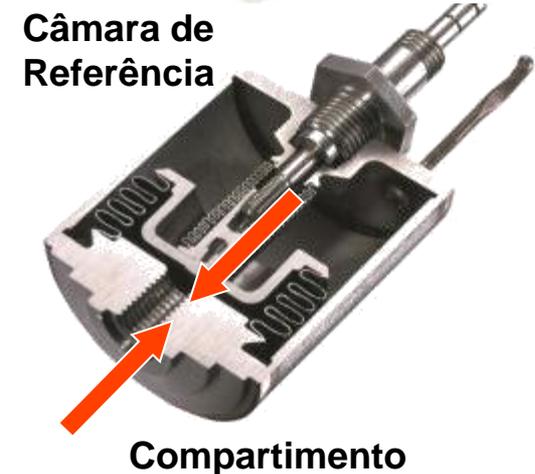
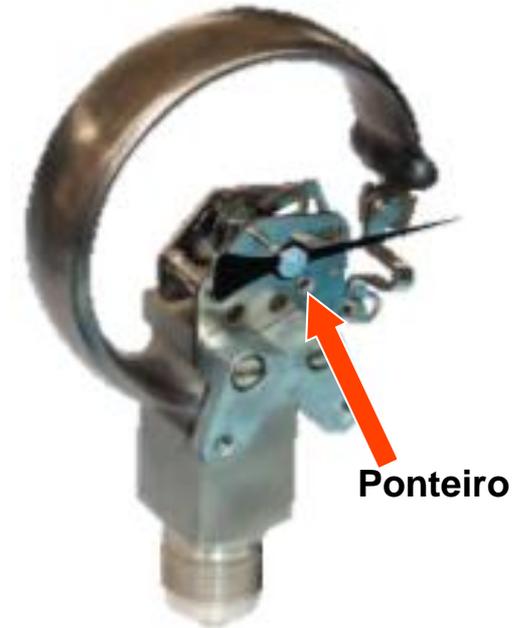
## Manômetro

- O ponteiro vibra fortemente depois do choque
- Ao vibrar o ponteiro provoca o rebote do contato

## Desenho Trafag

- Não é o ponteiro, e sim a vareta de comutação que ativa o interruptor, assim a vibração do ponteiro não tem efeito e a vareta do interruptor não vibra.
- Nenhum rebote de contato.

4ª Vantagem → **Não há falsos alarmes provocados por rebote de contato**



# Monitor de Densidade



- Não é necessário o uso de óleo
- Solução para manômetros: enchimento com óleo para amortizar as vibrações.
- Devido a sua resistência a vibrações, o monitor de densidade Trafag não necessita estar preenchido com óleo para amortizar as vibrações.



**5ª Vantagem** → **Não há problemas de vazamento de óleo, não há problemas dielétricos.**

# Monitor de Densidade



- **Durabilidade estendida devido à excelência na fabricação**
  - Mais de 30 anos em produção
  - Câmara de referência completamente hermética aos gases
  - São feitos vários testes de vazamento com Hélio durante o processo de produção
  - 100% à prova de vazamentos



Máquina de solda a laser para monitores de densidade

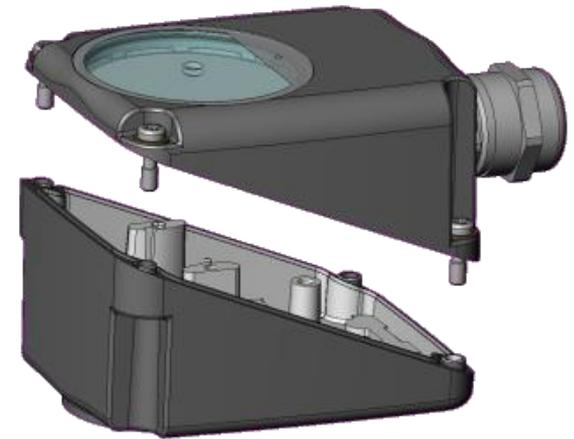
# Monitor de Densidade



## ■ Proteção dos elementos

### Carcaça

- Carcaça de alumínio fundido a pressão (sem cobre), com revestimento anti-poeira
- Junta de selagem
- Grau de proteção IP67
- Ventilação incorporada Gore-Tex® para permitir a respiração e evitar a condensação



### Opcional:

- Cobertura de espuma isolante



6ª Vantagem →

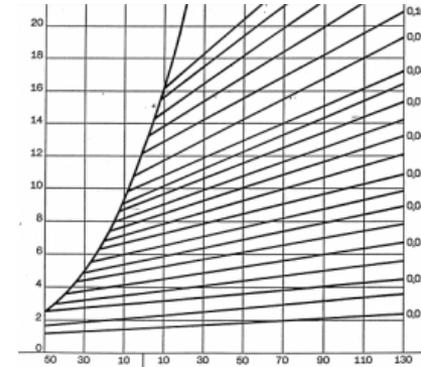
**Um único modelo tanto para ambientes internos como externos**

# Monitor de Densidade



## ■ Faixa de temperatura

- Padrão: -40° a 80°C
- Opcional: -60° a 80°C



## ■ Características disponíveis para baixas temperaturas

- Alarme de liquefação de SF6
- Não há alarme devido à liquefação parcial de SF6
- Permite o uso sem restrições do quadro de distribuição



**7ª Vantagem** → **Ampla faixa de temperatura**

# Monitor de Densidade



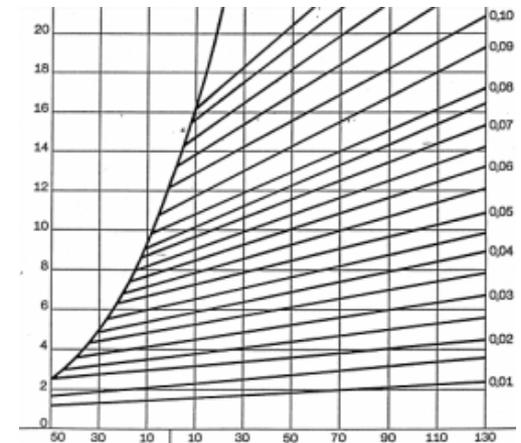
## ■ Aplicação para mistura de gases

### Mistura do gás de referência

A Trafag pode preencher a câmara de referência com qualquer gás (ex.  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $CF_4$ ).



Por princípio, o monitor segue as isócoras da mistura gasosa.



**8ª Vantagem** → **Mesma precisão com todas as misturas gasosas**

# Monitor de Densidade



## ■ Projetos a grandes altitudes

### Medição em altura

- O princípio de medição da Trafag independe da pressão ambiental.
- Alguns manômetros medem pressão relativa, o que produz um erro de 31 kPa a uma altura de 3000m quando estes tenham sido calibrados ao nível do mar.



**9ª Vantagem** → **Pode-se utilizar o mesmo monitor de densidade tanto ao nível do mar quanto a grandes altitudes. A precisão do ponto de comutação não é afetada.**

# Monitor de Densidade



- Calibração de fábrica
- Cada monitor de densidade e cada ponto de comutação é calibrado a  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$  e a  $+50^{\circ}\text{C}$ .  
A maioria dos equipamentos de pressão é calibrada somente a  $20^{\circ}\text{C}$ !
- Trafag garante  $\pm 10$  kPa para  $-30^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$ .
- Protocolo de ensaios disponível.



TESTREPORT DENSITY-CONTROLLER TRAFAG AG

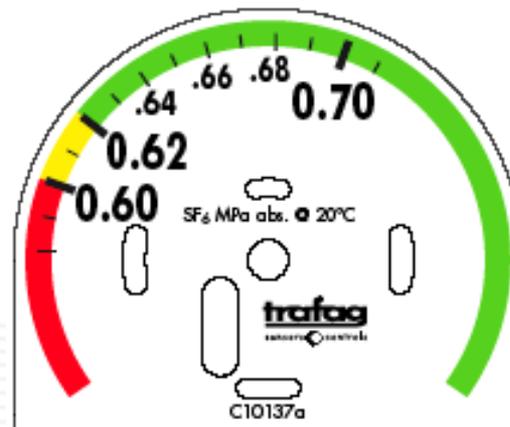
TESTREPORT DENSITY-CONTROLLER TRAFAG AG

number	temp	Switch 1	Switch 2	Switch 3	Switch 4
	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
2201305	50.0	700	710	720	730
	20.0	631	633	640	611
	-20.0	516	515	522	490
2201306	50.0	700	710	720	730
	20.0	631	633	640	611
	-20.0	516	515	522	490
2201307	50.0	700	710	720	730
	20.0	631	633	640	611
	-20.0	516	515	522	490
2201308	50.0	700	710	720	730
	20.0	631	633	640	611
	-20.0	516	515	522	490

# Monitor de Densidade



- Dial personalizado
- A esfera do dial indica a faixa mais importante **ampliada**
- O ponteiro indica a pressão teórica do SF6 em MPa, kPa, Bar ou PSI
- A esfera do dial pode ser personalizada para cada cliente.



# Monitor de Densidade



- Faixa crítica ampliada



10ª Vantagem → Excelente legibilidade na faixa crítica

# Monitor de Densidade



- Indicador de baixa pressão (opcional para 87x6)

## Indicador de pressão relativa

- Monitoramento da pressão de enchimento para transporte
- Monitoramento durante o enchimento com gás
- Indicação do vácuo



# Monitor de Densidade



- Microinterruptores da mais alta qualidade

## Microinterruptores de ação instantânea

- 1 milhão de ciclos de comutação garantidos
- Os microinterruptores de ação rápida são muito mais resistentes às vibrações que os interruptores magnéticos. Seu acionamento requer força, que não está disponível com um ponteiro em um tubo de bourdon, mas está disponível a partir de um fole com vários cm<sup>2</sup> de área de pressão ativa.
- Até 4 microinterruptores disponíveis por monitor

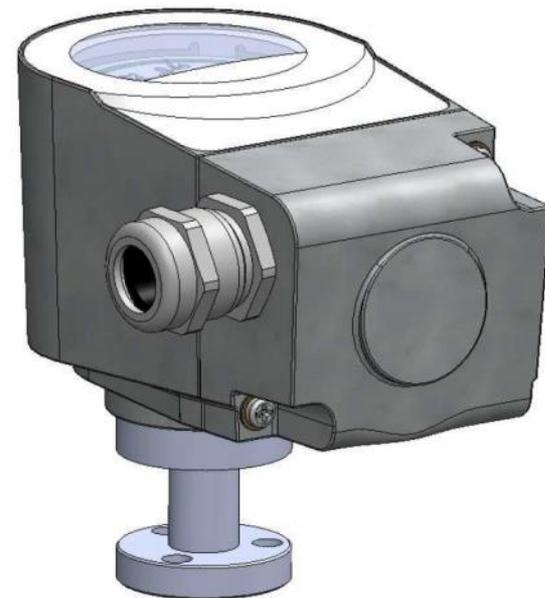
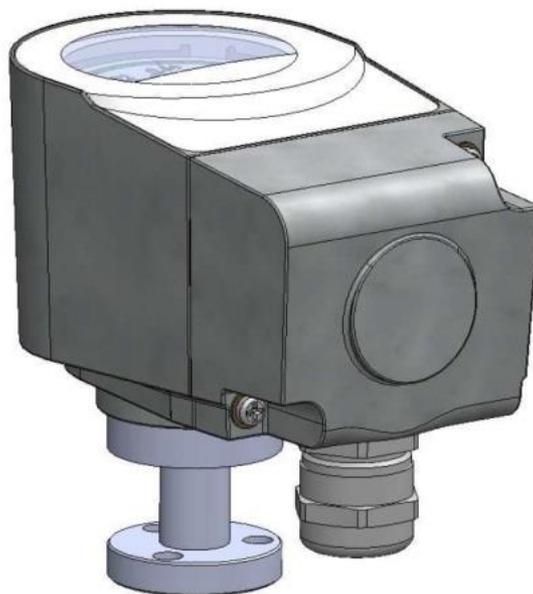


**11ª Vantagem** → **Sem falsos alarmes devido a rebotes do contato**

# Monitor de Densidade



- Posição da entrada do cabo – Diferentes versões para 87x7



# Monitor de Densidade



- Cabeamento simples - 87x6 – 87x7
- A borneira interna é facilmente removível
- A conexão direta elimina os conectores elétricos



**12ª Vantagem → Cabeamento fácil e seguro**

# Vantagens do monitor da Trafag sobre outros indicadores tradicionais



- Compara a densidade e não necessita de compensação de temperatura.
- Ponto de ação mais preciso (1% frente a 2,5%).
- Maior resistência a impactos e vibrações.
- Não necessita de óleo, evitando assim problemas com vazamentos.
- Não há rebote de contatos.
- Independe da altura sobre o nível do mar.
- Faixa de temperatura estendida: -60°C a +80°C.
- Pode ser utilizado com qualquer mistura gasosa (sob encomenda).
- Possibilidade de alarme em caso de liquefação do SF6 (sob encomenda).
- Rastreamento da densidade do gás SF6: completamente imune a mudanças na pressão atmosférica.
- Desenho mais legível.
- Cabeamento simples dentro do monitor, eliminando os conectores elétricos.

# Sensor de Densidade de Gás



- **Sensor de Densidade Eletrônico 8774**
- Inovador - Medição da densidade do gás de forma direta e única (patenteada)
- Versátil – Sinais de saída em mA ou RS 485 / Modbus
- Qualidade comprovada em campo
  - mais de 20 anos de experiência
  - mais de 20.000 instalações.



# Sensor de Densidade de Gás



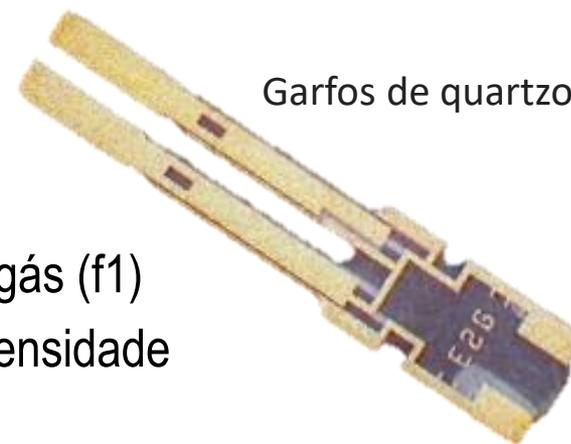
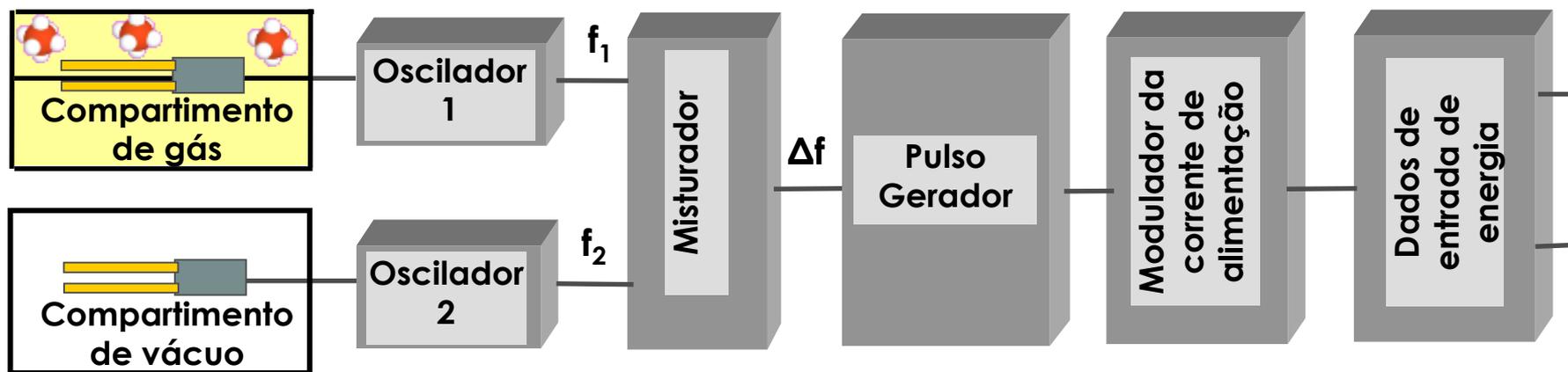
- **Por que utilizar instrumentos eletrônicos para a monitoramento da densidade do gás?**
- As regulamentações atuais e futuras podem requerer que os operadores de comutadores reportem as fugas de SF<sub>6</sub> por medição contínua.
- Análise de tendência para a manutenção preventiva de instalações críticas
- Análise de tendência para instalações antigas e reconcondicionadas com maior risco de fugas.
- Os dispositivos eletrônicos oferecem uma precisão maior.



# Sensor de Densidade de Gás



## ■ Esquema

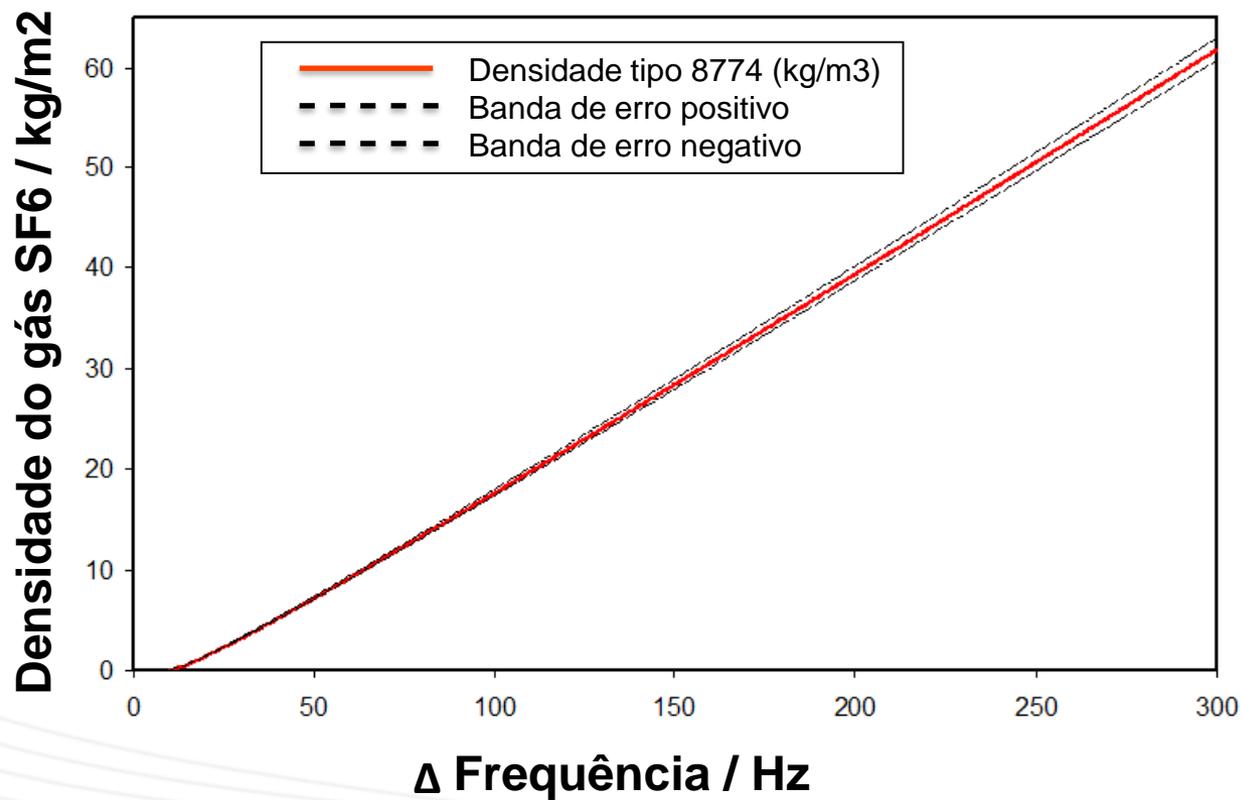


- Um diapasão ressonante a 32,6 kHz em vácuo ( $f_2$ )
- Alteração da frequência dependendo da densidade do gás ( $f_1$ )
- A diferença da frequência  $\Delta f = f_2 - f_1$  é proporcional à densidade do gás (viscosidade dinâmica)

# Sensor de Densidade de Gás



## ■ Exatidão



# Sensor de Densidade de Gás



## ■ Sensor de Densidade real vs. Sensor de Pressão + Temperatura

Parâmetro	Importância do parâmetro	Sensor de densidade real	Sensor de pressão + temperatura
Fabricante	😊	Trafag	Wika e muitos outros
Exatidão	++	+++	+
Sem desvio	+++	+++	+
Sem recalibração	++	+++	?
Independência da temperatura	+++	+++	+

# Monitor de Densidade de Gás Híbrido



- Monitor mecânico com sinal eletrônico integrado em um só equipamento



## Eletrônico

Sensor de  
densidade 8774

+



## Mecânico

Monitor de  
densidade 87X6

=



## Híbrido

Monitor de  
densidade 878X

# Monitor de Densidade de Gás Híbrido



## ■ Vantagens do Conceito Híbrido

- Uma só conexão ao compartimento
  - Medida direta da densidade do gás (patenteado)
  - Monitor de Densidade de Gás altamente confiável
  - Sem calibração necessária do sensor
  - Diferentes sinais de saída disponíveis
  - Desenho compacto
  - Funcionamento independente da parte mecânica e do sensor de densidade
- 
- **Sinais de saída disponíveis para o sensor**
    - Saída analógica 6.5 a 20mA
    - Saída de pulsos digitais
    - RS485 Modbus

# Monitor de Densidade de Gás Híbrido



## ■ Monitor de densidade híbrido 879X

- Comutação exata segundo isócoras em todas as temperaturas
- Sinal de saída digital contínuo (RS485 / Modbus) para:
  - Pressão de SF6 a 20°C
  - Densidade de SF6
  - Pressão de SF6 não compensada
  - Temperatura
- No máximo 3 microinterruptores
- Sem rebotes de contato
- À prova de vibrações e golpes
- Proteção IP65
- Livre de manutenção

**Com seu sinal online, o monitor híbrido de densidade contribui com a segurança do quadro de distribuição que é um requisito prévio para uma rede inteligente.**

# Monitor de Densidade de Gás Híbrido



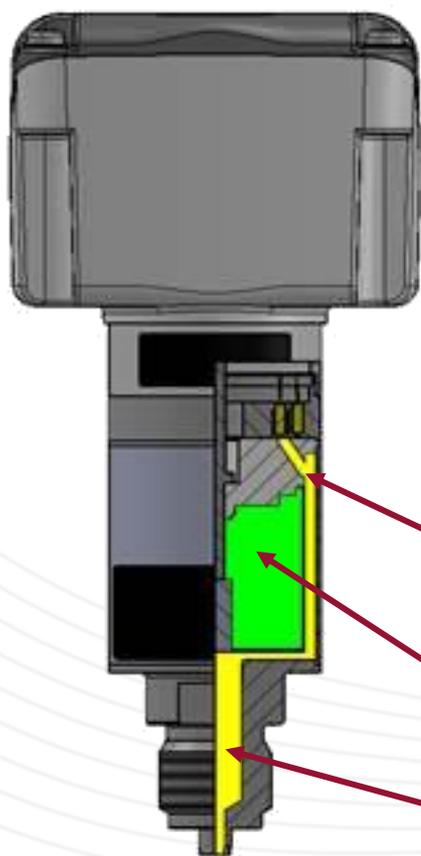
## ■ Operação independente

O gás do compartimento controlado (zona amarela) está em contato direto com a câmara de referência (2.) e o sensor de densidade (3.)

Portanto, o funcionamento da parte mecânica do GDM e o sensor de densidade são independentes.

### **Nota:**

O gás na câmara de referência do GDM (zona verde) é do mesmo tipo ou mistura que o do compartimento de gás (zona amarela).



3. Entrada de gás ao sensor  
(sinal elétrico de densidade)

2. Câmara de Referência  
(monitoramento mecânico)

1. Conexão ao compartimento

Monitor Híbrido de Densidade

# Trafag é o fabricante nº 1 da Europa de monitores de densidade de gás



**SIEMENS**

**ABB**



**HYUNDAI**  
HEAVY INDUSTRIES CO.,LTD.

 **MITSUBISHI**  
**ELECTRIC**

**TOSHIBA**

**XD** 西安西电高压开关有限责任公司  
XIAN XD HIGH VOLTAGE APPARATUS CO.,LTD.



**ЭНЕРГОМАШ**



**CHINT** 正泰®

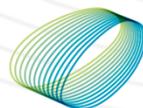
**Sieyuan** 思源电气



**PARS SWITCH CO**



**Электроапарат**

 **arteche**

 **HYOSUNG**

**UETM**

**trafag**  
sensors  controls



**Obrigado por sua Atenção**

Para mais informações:

**Roberto Brandt**

**Diretor de Vendas**

**Roberto.Brandt@engemet.com**

**11 97543-0772 / 11 5073-5222**

