República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0702316-2 A2**

BRPI0702316A2

(22) Data de Depósito: 30/05/2007
(43) Data da Publicação: 20/01/2009
(RPI 1985)

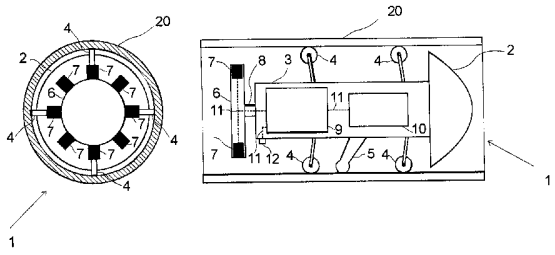
(51) Int.Cl.:
G01M 3/38 (2009.01)

(54) Título: **PIG DETECTOR DE VAZAMENTOS POR INFRAVERMELHO**

(73) Titular(es): Petróleo Brasileiro S/A - PETROBRAS

(72) Inventor(es): Claudio Soligo Camerini, Daniel Almeida Camerini, Jean Pierre Von Der Weild, José Augusto Pereira da Silva, Miguel de Andrade Freitas

(57) Resumo: PIG DETECTOR DE VAZAMENTOS POR INFRAVERMELHO. A presente invenção refere-se a um pig detector de vazamentos por infravermelho (1) utilizado para detectar pequenos vazamentos em gasodutos. Tal dispositivo monitora e armazena os registros das variações de intensidade de ondas infravermelhas emitidas pela parede interna da tubulação, em toda sua extensão. O pig detector de vazamentos por infravermelho (1) compreende um dispositivo de propulsão (2), um vaso de pressão (3), um hodômetro (5), uma pluralidade de rodas de sustentação (4), uma coroa (6), uma pluralidade de sensores infravermelhos (7), um dispositivo de fixação da coroa (8), um módulo eletrônico (9), um módulo de armazenamento de energia (10), uma pluralidade de condutores elétricos (11) e um conector elétrico (12). O pig detector de vazamentos por infravermelho (1) é deslocado pela força que a pressão de bombeamento do fluido exerce sobre o dispositivo de propulsão (2). As informações coletadas pelo pig detector de vazamentos por infravermelho (1) são armazenados para posterior análise em laboratório, onde o perfil térmico completo do gasoduto pode ser visualizado e analisado, o que permite a localização dos pontos de vazamentos.



PI0702316-2

PIG DETECTOR DE VAZAMENTOS POR INFRAVERMELHO

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a um pig detector de vazamentos por infravermelho utilizado para detectar pequenos vazamentos em gasodutos por intermédio do registro das variações de intensidade de ondas infravermelhas emitidas pela parede interna de uma tubulação, em toda sua extensão.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Os gasodutos podem sofrer processos de degradação provocados por corrosão, impactos, fadiga, defeitos de fabricação e erros de operação. Tais processos podem levar a uma falha do duto, caracterizada pelo vazamento de gás para o exterior.

Atualmente diferentes sistemas de detecção de vazamentos **"on line"**, que utilizam transdutores tais como acústico e de pressão, têm sido instalados e testados nos mais diversos tipos de tubulações. Porém, estes sistemas de monitoração não são eficientes quando os vazamentos são pequenos. Devido às atenuações que o sinal do vazamento sofre ao longo do duto, os transdutores não são capazes de detectá-los. Uma solução alternativa é deslocar o sensor para perto da origem do vazamento, por intermédio de um dispositivo de inspeção interna de tubulações conhecido pelos especialistas por sua denominação na língua inglesa ***"pig"***. O pig é um dispositivo utilizado para diversas finalidades, tais como remoção de líquidos em linha de gás e remoção de depósitos sólidos e pastosos em linhas de escoamento de óleo ou para realizar medições locais nas citadas linhas; nesses casos é denominado pig instrumentado. O pig não necessita de propulsão própria, já que é conduzido pelo deslocamento do próprio fluido que escoa na tubulação.

A detecção do local onde existe vazamento é de extrema importância, pois as tubulações que apresentam pequenos vazamentos precisam ser rapidamente reparadas para que se minimizem os riscos de

acidentes, danos pessoais, ambientais, sociais e perdas materiais.

Existem algumas opções de escolha dos equipamentos para inspecionar os processos de degradação dos gasodutos tais como pigs geométricos, magnéticos e de ultra-som. No entanto tais dispositivos não são capazes de detectar pequenos vazamentos, ou seja, de diferenciar uma condição de degradação de uma situação em que já houve a falha.

Os vazamentos de gases altamente pressurizados, por superfícies metálicas, são caracterizados pela rápida expansão de volume e conseqüente resfriamento da região do vazamento. Com o tempo a perda de calor se propaga e é capaz de resfriar uma região em torno do furo com área suficientemente grande para que seja detectada por um sensor que consiga detectar a variação de temperatura localizada.

A presente invenção refere-se a um pig detector de vazamentos por infravermelho para inspeção interna de gasodutos (pig instrumentado) capaz de detectar variações de intensidade de ondas infravermelhas ao longo do gasoduto de forma a identificar o ponto de vazamento pela sua perda de calor.

O dispositivo é equipado com uma coroa radial de sensores de ondas infravermelhas a qual registra as temperaturas, por intermédio das variações das intensidades de radiações, emitidas ao longo da parede do gasoduto.

TÉCNICA RELACIONADA

Os atuais sistemas de detecção de vazamentos que monitoram continuamente o gasoduto não são capazes de detectar a existência de pequenos vazamentos na linha. Devido às atenuações que o sinal do vazamento sofre ao longo do duto, os transdutores não são capazes de detectá-los. Uma solução alternativa é deslocar o sensor para perto da origem do vazamento, através de um pig. Com relação aos métodos e dispositivos para detecção de vazamentos que utilizam pigs, estes podem ser separados em dois grupos. O primeiro grupo abrange os dispositivos

que utilizam transdutores acústicos ou de pressão e o segundo grupo abrange os dispositivos que utilizam transdutores de temperatura.

Com relação ao primeiro grupo de dispositivos para detectar a existência de vazamentos em tubulações podem ser citados os documentos de patente **JP 58042946** e **US 6339953 B1.**

O documento de patente japonesa **JP 58042946** descreve um dispositivo para detecção de vazamento de fluidos em dutos, o qual compreende um pig com três seções. Na primeira seção é fixado um microfone detector de ultra-sons que capta o ruído provocado pelos vazamentos. As informações coletadas são armazenadas em dispositivos eletrônicos para posterior análise. O dispositivo reivindicado pelo documento de patente japonesa **JP 58042946** apresenta o inconveniente de ser pouco eficiente para a detecção de pequenos vazamentos e há grande possibilidade de alarmes falsos gerados por ruídos sonoros, normalmente encontrados em tubulações.

O documento de patente norte-americana **US 6339953 B1** descreve um método para um dispositivo para detecção de vazamento de fluidos em dutos, o qual compreende um corpo que é introduzido na tubulação por intermédio de um umbilical. Tal corpo isola uma seção do duto e aplica uma pressão nessa seção isolada. A pressão é monitorada externamente e, em função da sua taxa de redução, é feita a detecção do vazamento. O dispositivo reivindicado pelo documento de patente norte-americana **US 6,339,953 B1** apresenta os inconvenientes da limitação da distância alcançada pelo umbilical e da dificuldade de seu manuseio.

Com relação ao segundo grupo de dispositivos para detectar a existência de vazamentos em tubulações, podem ser citados os documentos de patente **US 3483734** e **US 3771350**.

O documento de patente norte-americana **US 3483734** descreve um dispositivo para detecção de vazamento de fluidos em tubulações, o qual, na sua concretização preferida, compreende um pig o qual possui um

conjunto de sensores de temperatura que estão em contato com as paredes da tubulação.

Os sensores registram a variação de temperatura e os dados são armazenados em um dispositivo magnético para posterior leitura.

O dispositivo reivindicado pelo documento de patente norte-americana **US 3483734** possui inércia térmica, o que limita a velocidade máxima útil na qual o pig pode se deslocar no interior da tubulação sob pena de comprometer a resolução da medição e não detectar completamente pequenos vazamentos. Há também uma dificuldade em se realizar o acoplamento adequado com a parede da tubulação sem gerar calor por atrito, o que pode também comprometer a medição. Há ainda a possibilidade da ocorrência de danos mecânicos, causados por impactos contra soldas, amassamentos, ou mesmo pelo simples deslocamento do pig.

O documento de patente norte-americana **US 3771350** descreve um pig instrumentado com uma câmera de infravermelho que, integrada a um sistema ótico de espelhos, registra a variação de temperatura da parede da tubulação. Este método apresenta complicações devido à dificuldade de ser implantada na prática, tanto pela montagem complexa quanto pelo armazenamento de dados.

O sensor com espelho rotativo, descrito no documento de patente norte-americana **US 3771350**, requer uma velocidade angular que garanta uma rotação completa em tempo inferior ao que o pig leva para percorrer a distância correspondente ao diâmetro do espelho. Existe, portanto, uma forte limitação quanto à velocidade máxima para a utilização do dispositivo descrito no documento de patente norte-americana **US 3771350**. Deve-se notar que em muitos gasodutos não é possível parar a produção ou mesmo reduzir a vazão da linha para se fazer uma inspeção. A isto é somado o próprio efeito de pistão do pig que comprime o gás transportado e produz surtos de velocidade muito superiores à vazão média.

A presente invenção apresenta um pig detector de vazamentos por infravermelho para detecção de vazamentos de gás em tubulações, pig este cuja inovação está no uso de uma coroa de sensores infravermelhos.

Os sensores infravermelhos apresentam vantagens significativas no desempenho e eficiência do dispositivo. A primeira é que o sensor não precisa entrar em contato físico com o duto, o que preserva sua integridade já que assim não sofre esforços físicos de atrito, arraste e impactos contra a face da parede interna do duto. A segunda é que o sensor apresenta rápida resposta temporal, ou seja, ele é sensível a rápidas e repentinas variações de temperatura, uma qualidade imprescindível em sensores para aplicação em pigs instrumentados, pois estes se deslocam em altas velocidades, principalmente em gasodutos. A terceira é a alta sensibilidade do sensor infravermelho, que pode detectar pequenas variações de temperatura.

O pig detector de vazamentos por infravermelho também pode ser equipado com sensores adicionais para medição de outras variáveis de interesse no escoamento do gás.

As tecnologias de pig instrumentados para detecção de vazamento existentes no mercado não apresentam este tipo de tecnologia que se mostra como pioneira na área.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Refere-se a presente invenção a um pig detector de vazamentos por infravermelho utilizado para detectar pequenos vazamentos em gasodutos. Tal dispositivo monitora e armazena os registros das variações de intensidade de ondas infravermelhas emitidas pela parede interna da tubulação, em toda sua extensão.

O dispositivo compreende um vaso de pressão o qual abriga um módulo eletrônico e um módulo de armazenamento de energia. A esse vaso de pressão são conectados um elemento de propulsão, uma coroa, com uma pluralidade de sensores infravermelhos, um hodômetro e uma

pluralidade de rodas de sustentação. O dispositivo detector é deslocado pela força que a pressão de bombeamento do fluido exerce sobre o dispositivo de propulsão.

As informações coletadas pelo dispositivo detector são armazenadas para posterior análise em laboratório, onde o perfil térmico completo do gasoduto pode ser visualizado e analisado, o que permite a localização dos pontos de vazamentos.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A **Figura 1** é uma representação esquemática de uma concretização preferida para o pig detector de vazamentos por infravermelho.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA CONCRETIZAÇÃO PREFERIDA DA INVENÇÃO

A invenção será agora apresentada mais detalhadamente, em conjunto com a Figura 1 a qual, meramente a título de exemplo, acompanha o presente relatório, do qual é parte integrante.

A Figura 1 apresenta o pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)**, o qual compreende um dispositivo de propulsão **(2)**, um vaso de pressão **(3)**, uma pluralidade de rodas de sustentação **(4)**, um hodômetro **(5)**, uma coroa **(6)**, uma pluralidade de sensores infravermelhos **(7)**, um dispositivo de fixação da coroa **(8)**, um módulo eletrônico **(9)**, um módulo de armazenamento de energia **(10)**, uma pluralidade de condutores elétricos **(11)** e um conector elétrico **(12)**. O pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)** está representado no interior de uma tubulação **(20)** a ser inspecionada, para facilitar o entendimento da sua descrição.

O pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)** percorre a tubulação **(20)**, impulsionado pelo fluido que escoa no seu interior.

O dispositivo de propulsão **(2)** tem por função deslocar o pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)** pela tubulação **(20)** a ser inspecionada. Para isso, o dispositivo de propulsão **(2)** possui uma

geometria adequada para ser impulsionado pelo fluido e deslocar o pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)**.

O vaso de pressão **(3)** tem por função sustentar todos os componentes externos do pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)** e proteger todos os seus componentes internos.

Os componentes externos são um hodômetro **(5)**, uma pluralidade de rodas de sustentação **(4)**, uma coroa **(6)**, um dispositivo de fixação da coroa **(8)**, uma pluralidade de sensores infravermelhos **(7)** e um conector elétrico **(12)**. O hodômetro **(5)** tem por função registrar o espaço percorrido pelo pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)**.

A pluralidade de rodas de sustentação **(4)** tem por função sustentar o pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)** e mantê-lo centralizado em relação à tubulação **(20)**.

A coroa **(6)** tem por função sustentar uma pluralidade de sensores infravermelhos **(7)** os quais tem por função detectar e registrar as variações das emissões de infravermelho das paredes da tubulação **(20)**.

O dispositivo de fixação da coroa **(8)** tem por função fixar a coroa **(6)** ao vaso de pressão **(3)**. O conector elétrico **(12)** tem por função conectar um módulo eletrônico **(9)** a um dispositivo externo para programação e coleta de dados o qual não faz parte da presente invenção.

Os componentes internos ao vaso de pressão **(3)** são um módulo eletrônico **(9)**, um módulo de armazenamento de energia **(10)** e uma pluralidade de condutores elétricos **(11)**.

O módulo eletrônico **(9)** tem por função registrar e armazenar os dados coletados pela pluralidade de sensores infravermelhos **(7)** e pelo hodômetro **(5)**.

O módulo de armazenamento de energia **(10)** tem por função prover energia para o funcionamento do módulo eletrônico **(9)**, dos sensores infravermelhos **(7)** e do hodômetro **(5)**.

A pluralidade de condutores elétricos **(11)** tem por função conectar

eletricamente os sensores infravermelhos **(7)**, o hodômetro **(5)**, o conector elétrico **(12)** e o módulo de armazenamento de energia **(10)** ao módulo eletrônico **(9)**.

Para a realização da inspeção de uma tubulação **(20)** o pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)** é lançado e percorre o trecho a ser inspecionado, impulsionado pelo próprio fluido transportado pela tubulação **(20)**. Os sensores infravermelhos **(7)** detectam as variações das emissões de infravermelho das paredes da tubulação **(20)**. Tais emissões são proporcionais às temperaturas das paredes da tubulação **(20)**. O sinal gerado por cada um dos sensores infravermelhos **(7)** é registrado e armazenado pelo módulo eletrônico **(9)** juntamente com o sinal do hodômetro **(5)** o qual gera uma referencia de posição a qual é associada ao registro da temperatura. Os dados são armazenados pelo módulo eletrônico **(9)** para posterior análise em laboratório onde o perfil térmico completo do gasoduto pode ser visualizado e analisado, o que permite a localização dos pontos de vazamentos. Os dados armazenados no módulo eletrônico **(9)** são transmitidos, por intermédio do conector elétrico **(12)**, a um sistema de monitoração que interpretará os resultados e transmitirá as informações aos operadores.

O pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)** pode incorporar ainda sensores acústicos, sensores de pressão e quaisquer outros sensores de forma que possam ser coletadas outras informações a respeito do escoamento do fluido no interior da tubulação **(20)**.

Os componentes que integram o pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)**, objeto da presente invenção, empregam materiais e meios de fixação conhecidos no estado da técnica. Assim, os componentes do pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)** podem ser construídos em aço carbono, aço inox, ou qualquer material não metálico, com as propriedades físico-químicas necessárias às funções desempenhadas. Outrossim, os componentes do pig detector de

vazamentos por infravermelho **(1)** podem ser fixados por colagem, soldagem ou qualquer outro meio de fixação conhecido do estado da técnica.

É importante observar que as formas, as dimensões e o posicionamento relativo entre os componentes do pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)** não podem ser considerados como limitantes da presente invenção e são apresentados com o intuito de mostrar a viabilidade de sua concretização. Assim, na concretização apresentada são utilizados oito sensores infravermelhos **(7)** e oito rodas de sustentação **(4)**. No entanto, o número de unidades utilizadas para quaisquer dos componentes não pode ser considerado como um fator restritivo ao objeto da presente invenção.

Cabe ressaltar que o pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)** utiliza componentes conhecidos no estado da técnica. Assim, o módulo eletrônico **(9)** utiliza placas de circuito impresso, microprocessadores, conversores, memórias e outros componentes disponíveis no mercado. Os sensores infravermelhos **(7)**, bem como o hodômetro **(5)**, também são itens comerciais.

Cabe ressaltar ainda que, embora para a fabricação e montagem do pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)** seja empregado componentes conhecidos no estado da técnica, o arranjo agora proposto constitui um conjunto novo e inovador.

A invenção foi aqui descrita em relação à sua concretização preferida, não estando, porém, a ela limitada. Assim, a presente invenção está apenas limitada ao conteúdo das reivindicações que seguem, as quais a definem em todo seu conteúdo.

REIVINDICAÇÕES

1-. PIG DETECTOR DE VAZAMENTOS POR INFRAVERMELHO, caracterizado por compreender um arranjo específico dos seguintes componentes:

- um dispositivo de propulsão **(2)** o qual tem por função deslocar o pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)** pela tubulação **(20)** a ser inspecionada;
- um vaso de pressão **(3)** o qual tem por função sustentar todos os componentes externos do pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)** e proteger todos os seus componentes internos;
- um hodômetro **(5)** o qual tem por função registrar o espaço percorrido pelo pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)**;
- uma pluralidade de rodas de sustentação **(4)** as quais têm por função sustentar o pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)** e mantê-lo centralizado em relação à tubulação **(20)**;
- uma coroa **(6)** a qual tem por função sustentar uma pluralidade de sensores infravermelhos **(7)**;
- uma pluralidade de sensores infravermelhos **(7)** os quais tem por função detectar as variações das emissões de infravermelho das paredes da tubulação **(20)**;
- um dispositivo de fixação da coroa **(8)** o qual tem por função fixar a coroa **(6)** ao vaso de pressão **(3)**;
- um módulo eletrônico **(9)** o qual tem por função registrar e armazenar os dados coletados pela pluralidade de sensores infravermelhos **(7)** e pelo hodômetro **(5)**;
- um módulo de armazenamento de energia **(10)** o qual tem por função prover energia para o funcionamento do módulo eletrônico **(9)**, dos sensores infravermelhos **(7)** e do hodômetro **(5)**;
- um conector elétrico **(12)** o qual tem por função conectar o módulo eletrônico **(9)** a um dispositivo externo para programação e coleta

de dados;

- uma pluralidade de condutores elétricos **(11)** os quais têm por função conectar eletricamente os sensores infravermelhos **(7)**, o hodômetro **(5)**, conector elétrico **(12)** e o módulo de armazenamento de energia **(10)** ao módulo eletrônico **(9)**.

2-. PIG DETECTOR DE VAZAMENTOS POR INFRAVERMELHO, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** compreender adicionalmente a incorporação de uma pluralidade de sensores acústicos.

3-. PIG DETECTOR DE VAZAMENTOS POR INFRAVERMELHO, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** compreender adicionalmente a incorporação de uma pluralidade de sensores de pressão.

4-. PIG DETECTOR DE VAZAMENTOS POR INFRAVERMELHO, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** compreender adicionalmente a incorporação de uma pluralidade de sensores acústicos e uma pluralidade de sensores de pressão.

5-. PIG DETECTOR DE VAZAMENTOS POR INFRAVERMELHO, de acordo com as reivindicações 1, 2 3 ou 4, **caracterizado por** os dados armazenados no módulo eletrônico **(9)** serem transmitidos, por intermédio do conector elétrico **(12)**, a um sistema de monitoração que interpretará os resultados e transmitirá as informações aos operadores.

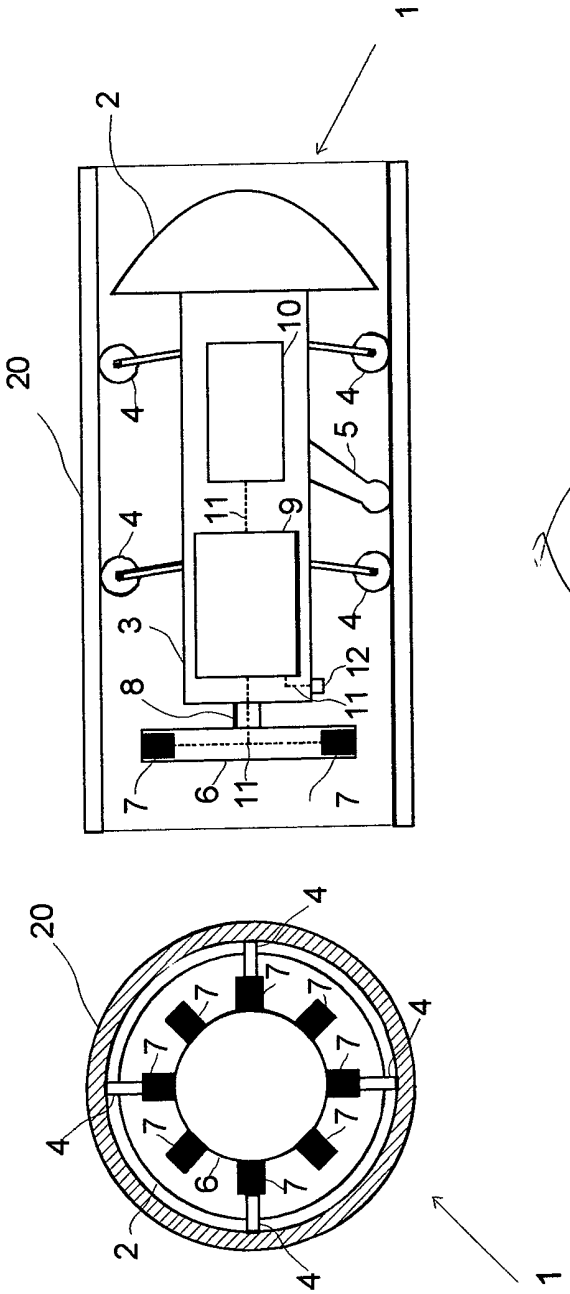


FIG. 1

PI 0702316-2

RESUMO

PIG DETECTOR DE VAZAMENTOS POR INFRAVERMELHO

A presente invenção refere-se a um pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)** utilizado para detectar pequenos vazamentos em gasodutos. Tal dispositivo monitora e armazena os registros das variações de intensidade de ondas infravermelhas emitidas pela parede interna da tubulação, em toda sua extensão.

O pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)** compreende um dispositivo de propulsão **(2)**, um vaso de pressão **(3)**, um hodômetro **(5)**, uma pluralidade de rodas de sustentação **(4)**, uma coroa **(6)**, uma pluralidade de sensores infravermelhos **(7)**, um dispositivo de fixação da coroa **(8)**, um módulo eletrônico **(9)**, um módulo de armazenamento de energia **(10)**, uma pluralidade de condutores elétricos **(11)** e um conector elétrico **(12)**.

O pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)** é deslocado pela força que a pressão de bombeamento do fluido exerce sobre o dispositivo de propulsão **(2)**.

As informações coletadas pelo pig detector de vazamentos por infravermelho **(1)** são armazenados para posterior análise em laboratório, onde o perfil térmico completo do gasoduto pode ser visualizado e analisado, o que permite a localização dos pontos de vazamentos.