



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102018077363-1 A2



(22) Data do Depósito: 28/12/2018

(43) Data da Publicação Nacional: 07/07/2020

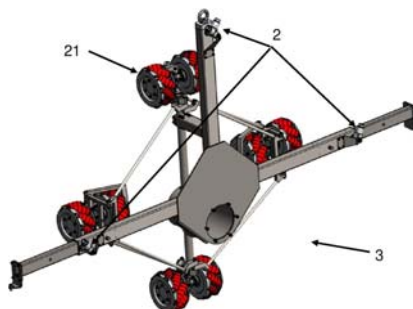
(54) Título: ROBÔ DE CABOS APLICADO AO PROCESSO DE REVESTIMENTO

(51) Int. Cl.: B05B 13/02; B05B 15/60.

(71) Depositante(es): PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS; SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL - DEPARTAMENTO REGIONAL DE SANTA CATARINA.

(72) Inventor(es): ANDRE KOEBSCH; ANDRÉ MARCON ZANATTA; ARIEL PAULO REZENDE; ISMAEL JOSÉ SECCO; WALTER KAPP.

(57) Resumo: ROBÔ DE CABOS APLICADO AO PROCESSO DE REVESTIMENTO A presente invenção está relacionada a um sistema de pintura automatizado em navios de petróleo, sendo executado por uma plataforma móvel e um braço oscilador. O conjunto somente funciona devido ao controle de cabos, bobinas e rodas. Essa abordagem visa a pintura de grandes paredes verticais. A suspensão da plataforma de pintura usa quatro cabos, cada um ligado a um pivô na plataforma móvel e dois pivôs fixos mais quatro bobinadores. Os bobinadores contêm um servo motor em rede serial síncrona. Os cabos são feitos em polietileno de peso reduzido. Cada cabo está ligado a um bobinador de forma exclusiva. A suspensão é realizada com o auxílio de duas gruas adaptadas e a inicialização através de acréscimo de um guindaste do tipo girafa.



“ROBÔ DE CABOS APLICADO AO PROCESSO DE REVESTIMENTO”

CAMPO DA INVENÇÃO

[0001] A presente invenção está relacionada a tecnologias de equipamentos para embarcações e plataformas de petróleo, além manutenção de edificações. Mais particularmente, a presente invenção está relacionada a tecnologia de pintura automatizada por robôs.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[0002] O estado da técnica relacionado à pintura em superfícies verticais, independente da forma que realiza a pintura, utilizam dispositivos que, em geral, respeitam os mesmos princípios de tracionamento e suspensão através de cabos.

[0003] Usualmente, empregam-se dois cabos com um motor para tracioná-los e que utilizam contrapesos para balancear o peso do sistema suspenso, encontrando-se inúmeras publicações no campo. O autor e inventor Patricio Gonzalez Vivo desenvolveu um dispositivo de pintura de forma suspensa por dois cabos, cada cabo sendo tracionado por motores localizado nas laterais da porção superior do sistema. Os cabos ao passarem pelos motores utilizam contrapesos. O dispositivo revelado é controlado via software através de scripts e permite desenhar imagens numa parede vertical, aonde o dispositivo está suspenso. A movimentação do dispositivo se dá pelo tracionamento direto dos cabos. O seu trabalho foi divulgado na internet em página própria, com vídeos e detalhes da construção. O autor chamou seu invento de VPlotter.

[0004] A invenção intitulada como ARDUINO XY PLOTTER

DRAWING ROBOT, revela um dispositivo de pintura suspenso por dois cabos, cada cabo sendo tracionado por um motor localizado em uma porção lateral superior do sistema. O dispositivo revelado é controlado por um software que permite o desenho de uma imagem na superfície vertical na qual o dispositivo está suspenso. O movimento do dispositivo suspenso é realizado pelo tracionamento dos cabos que o sustentam, também utilizando contrapesos.

[0005] A invenção intitulada como Hektor Spray Robot, disponível e publicada na internet, revela um dispositivo de pintura suspenso por dois cabos, cada cabo sendo tracionado por um motor localizado em uma porção lateral superior do sistema. O dispositivo revelado é controlado por um software que permite o desenho de uma imagem por meio de pintura por spray na superfície vertical na qual o dispositivo está suspenso. O movimento do dispositivo suspenso é realizado pelo tracionamento dos cabos que o sustentam utilizando contrapeso.

[0006] Tais desenvolvimentos, portanto, são aplicados a pequenas áreas, em geral para a produção de desenhos e imagens, e não pintura, ou revestimento de grandes áreas superficiais metálicas.

[0007] Para os casos de manutenção ou inspeção de grandes superfícies planas verticais, ela é realizada por meio da construção de acesso, este sendo andaimes ou alpinismo. Para a realização de pintura, há a necessidade de o colaborador acessar o local de realização da pintura.

[0008] Para a construção naval o acesso é realizado por andaimes, visto que o trabalho é realizado em dique seco. Este acesso é economicamente dispendioso e moroso. Além disso, envolve riscos de segurança do trabalho.

[0009] Existe a necessidade de reproduzir a forma de pintura

realizada pelo colaborador. Isso significa, que existem variáveis na execução do trabalho e que devem ser atendidas. Uma delas é a forma linear de aplicação do sistema de pintura. O movimento praticado pelo colaborador, considerado o mais eficaz, normalmente é do tipo retilíneo (horizontal ou vertical) com parada de aplicação nas extremidades. Pois, nestes pontos de extremidade, a velocidade na inversão do movimento é zero e, com isso, poder-se-ia ter uma sobre espessura do esquema de pintura. Para prevenir essa sobre espessura, a pistola de aplicação da tinta tem seu mecanismo interrompido até o retorno a sua velocidade de aplicação normal.

[00010] No caso dos sistemas atualmente existentes, sejam aqueles que utilizam cabos do tipo correias ou aqueles que empregam cabos dentados ou cabos com esferas, persiste o problema da existência de folgas que condenam a precisão de movimentação do sistema.

[00011] Uma tentativa para superar tais problemas é adicionar mais dois cabos ao sistema, o que incorre em uma série de fatores novos a serem levados em conta, como o controle de movimentação, parametrização de velocidade e aceleração.

[00012] Ainda, no caso de utilização de apenas dois pontos de ancoragem, tais como nos sistemas já existentes, o risco de o dispositivo pendular promover o rompimento de um dos cabos é grande, sendo uma das consequências do rompimento sobrecarregar o ponto de ancoragem restante levando a queda eminente do dispositivo.

[00013] Como será mais bem detalhado a seguir, a presente invenção visa a solução dos problemas do estado da técnica acima descritos de forma prática e eficiente.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[00014] A abordagem do presente pedido, visa e consiste na utilização de uma plataforma suspensa móvel em cabos controlados, permitindo um campo de varredura superficial amplo com uma infraestrutura modular leve.

[00015] A plataforma móvel suspensa é posicionada pelos cabos, com seu sistema de suspensão deslocadas sobre rodas *Mecanum* livres que se comportam como esferas.

[00016] O sistema basicamente funciona através de cabos, que mantém o conjunto suspenso em paredes verticais ou horizontais, onde o conjunto fica “grudado” nas paredes através de uma base magnética localizada nas rodas.

[00017] Na seção de bobinas, o sistema proposto contém servo motores em rede serial síncrona, cabos em polietileno de ultra peso molecular, bases magnéticas e freio magnético.

[00018] A varredura de grandes superfícies para inspeção requer uma infraestrutura de posicionamento automatizado, que é normalmente fixa na fábrica. Porém no caso de construção de cascos de navios, este tipo de infraestrutura é tão grande que se torna inviável economicamente. Então, para estes casos usa-se algo móvel sobre a peça, no caso o casco.

[00019] A estratégia adotada para que os obstáculos perturbem o mínimo possível o processo de pintura é descer sem pintar e subir pintando, de maneira que os principais obstáculos serão encarados como uma descida de degraus no processo.

[00020] A velocidade de movimentação deve ser tal que atenda à uma velocidade mínima de processo. Essa velocidade mínima pode ser em torno de 105 m² por hora.

[00021] As rodas em conjunto com o sistema de suspensão

foram projetadas para reduzir ao máximo perdas de revestimento durante o processo de pintura.

[00022] As principais vantagens da invenção da concretização proposta da invenção é maior agilidade na aplicação de revestimentos, uniformidade na camada aplicada, velocidade no processo, possibilidade do controle da velocidade de aplicação, possibilidade da localização do ponto de aplicação do revestimento durante sua trajetória, controle do torque durante a movimentação linear, possibilidade de variação do ângulo de aplicação de -45° à $+45^{\circ}$, possibilidade de regulagem da pistola a superfície a ser revestida, possibilidade de ajuste da pistola em relação ao centro de giro do braço.

[00023] A velocidade de aplicação do revestimento varia normalmente entre 150 m²/h à 430 m²/h

[00024] A invenção possibilita dispensar a construção de andaimes sobre o mar assim como o número de trabalhadores e a exposição em meios insalubres. Entretanto, é necessário um andaime pequeno para instalar a plataforma de pintura.

[00025] Há aumento na confiabilidade do processo, pois garante uma espessura de pintura homogênea e repetitividade, além de evitar desperdícios com impacto ao meio ambiente.

[00026] Além da indústria de Petróleo e gás, essa tecnologia pode ser aplicada a construção civil.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[00027] A descrição detalhada apresentada adiante faz referência às figuras anexas e seus respectivos números de referência.

[00028] A **figuras 1** ilustra a disposição da plataforma de pintura,

suspenso por quatro cabos, cada cabo em um bobinador, localizado em uma parede vertical.

[00029] A **figura 2** ilustra o efetuator de processo, em detalhes os pontos para ancoragem.

[00030] As **figuras 3A à 3F** ilustram em detalhes o bobinador.

[00031] A **figura 4** ilustra a disposição de uma grua, em vista lateral, que será de ponto de ancoragem da plataforma de pintura.

[00032] A **figura 5** ilustra uma grua, um guindaste tipo girafa e a plataforma de pintura.

[00033] A **figura 6** ilustra a plataforma de pintura suspensa pelas duas gruas, e a área efetiva de pintura.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[00034] O objetivo da presente invenção é utilizar um tipo de configuração de cabeamento para suspender uma plataforma móvel, desenvolvida para acoplar um mecanismo oscilatório que realiza o processo de pintura, e não somente isso, promover o deslocamento rápido e preciso para garantir a qualidade da pintura em costado de navios, mas não se restringindo a essa aplicação.

[00035] Para melhor compreensão da invenção, iremos ilustra-la por meio da descrição que se segue, que constitui uma concretização preferencial da invenção. Como ficará evidente para qualquer técnico no assunto, no entanto, a invenção não está limitada a essa concretização particular.

[00036] A presente invenção, relacionada a disposição de cabos para suspensão da plataforma móvel (3), tem novidade pois é posicionada por quatro cabos, com seu sistema de suspensão deslocadas sobre rodas "Mecanum" (21) livres que se comportam como esferas. Tem dois pivôs fixos no caso na altura do convés, que

será a base da estrutura que suspende a plataforma móvel suspensa, e quatro pivôs móveis nas extremidades da plataforma móvel. O controle dos cabos é realizado por quatro bobinadores (19) distintos que trabalham independentes, todos têm avaliação em tempo real da tensão presente no seu respectivo cabo, possibilitando assim que seja realizada a correção da trajetória em tempo real levando em consideração fatores como a elasticidade do cabo, o fator de atrito dos bobinadores e a variação da carga no sistema.

[00037] A plataforma móvel (3) destinada a receber o mecanismo oscilatório, deve ser instalada através de içamento utilizando duas guias (20), pois o conjunto possui 180kg. Além disso, a instalação da plataforma móvel (3) no costado requer um guindaste tipo girafa (14).

[00038] A plataforma móvel (3) suspensa é posicionada pelos cabos, com seu sistema de suspensão deslocadas sobre rodas “Mecanum” livres que se comportam como esferas.

[00039] O princípio, mostrado na figura 1, baseia-se no posicionamento de uma plataforma móvel (3) suspensa por quatro cabos. Terão dois pivôs fixos (1) no caso na altura do convés, que será a base da estrutura que suspende a plataforma móvel suspensa, e três pivôs móveis (2) nas extremidades da plataforma móvel suspensa (3). Essa plataforma móvel suspensa irá transportar um braço aplicador do revestimento ou tinta, com dinâmica de varredura adequada ao processo de pintura.

[00040] Esse conjunto (22) de plataforma móvel suspensa e mecanismo oscilador será o efetuator de processo (8) do projeto.

[00041] A conexão destes 6 pontos, dois no casco representado por (1) e quatro na plataforma móvel representado por (2), no caso este se encontra suspenso, se dá por meio de quatro cabos que

comporão três triângulos com dois lados concorrentes. Assim os dois primeiros cabos (4) e (5) saem dos bobinadores 1 e 2 concorrentemente no mesmo ponto projetado no plano 2D do casco, até dois pivôs móveis na plataforma móvel suspensa.

[00042] O 3º “terceiro” (6) e 4º “quarto” cabo (7) saem do ponto concorrente dos bobinadores 3 e 4. O cabo 3 (6) chega a um ponto concorrente com o cabo 2 e o 4º “quarto” ponto chega ao 3º “terceiro” ponto de suspensão da plataforma móvel suspensa.

[00043] O mecanismo bobinador, figuras 3A à 3F, é o conjunto responsável pelo posicionamento da plataforma móvel na parede. Usa-se o conceito de bobinador preciso com apenas uma camada de cabo no tambor, e o deslocamento axial do tambor puxado por um fuso trapezoidal estático. Nas Figuras 3A à 3F é mostrado dimensional de um bobinador com detalhes técnicos.

[00044] Além do mecanismo bobinador de uma camada o conjunto bobinador conta ainda com uma célula de carga para medição da força aplicada no cabo e compensação do comprimento livre entre o bobinador e a plataforma. Este recurso é necessário nesta solução cinemática redundante de quatro cabos controlando três graus de liberdade (X, Y e A), com a medição da carga iremos compensar a deformação dos cabos, pois as forças variam muito conforme a posição da plataforma na área de trabalho. No dimensionamento geral deste sistema a carga nos cabos calculada varia desde 4 N até 3.545 kN. A carga máxima representa 16% da carga de ruptura garantida dos cabos.

[00045] Na figura 4 tem-se uma grua em vista lateral, servindo de ponto pivô de 2 cabos. O mecanismo de içamento para o robô de cabos é um conjunto de uma grua, com dois apoios adicionais (10), um alinhado com a lança da grua (11) e outro inclinado para o lado

dos cabos do robô, conforme mostrado na Figura 5. Neste caso, trabalhando em compressão, a fim de que o robô possa ser instalado mesmo junto a obstáculos laterais com o casario e as bases dos guindastes da plataforma. A grua tem um quadro base com rodas para transporte pelo convés até o ponto de instalação, tem pés roscados para apoiar direto ao piso levantando as rodas do contato com o chão. A lança da grua (11) usa os bobinadores de cabos (guinchos) como contrapeso, de maneira que essa aplica seu peso no pivô do quadro base da grua. O quadro base tem integrado o painel de controle, que atua como lastro do lado oposto ao pivô da grua, de maneira a trazer o centro de gravidade sobre a área entre as rodas.

[00046] Com o conjunto da grua pré-montada de acordo com a disposição indicada na Figura 4, deve-se posicionar o conjunto, usando ainda as rodas até próximo do guarda corpo (9) sobre o costado. Deve-se tomar cuidado para parar suavemente o conjunto pois o centro de gravidade desta configuração está alto e afrente, quase sobre as rodas debaixo da lança. O que faz com que o conjunto tombe facilmente. Se este conjunto for solto e topar contra o bordo falso (12), ele provavelmente tombará sobre o guarda corpo (9) e se precipitará em direção ao mar (13).

[00047] Para lançamento do conjunto (22) da plataforma móvel e o mecanismo oscilador, desde o convés até o costado da plataforma é necessário o auxílio de um guindaste manual tipo girafa (14), pois o conjunto tem uma massa de 180 kg, sendo içado pelo cabo de lançamento da plataforma de pintura (15).

[00048] Devido ao risco do trabalho com este tipo de esforço próximo ao guarda corpo, e pelo fato de nem toda a extensão do costado é coberta por guindastes na plataforma, especialmente na região escolhida para teste, onde não há alcance no guindaste, o

procedimento de lançamento deve ser feito usando os próprios bobinadores do robô. Para que haja capacidade de içamento nos bobinadores para o lançamento, o lançamento deverá ser realizado próximo a uma das guas (20), normalmente estando à 5,5 m e bem distante da outra. A figura 5 ilustra essa distância próxima a uma das guas.

[00049] A figura 6 mostra o conjunto bobinador-grua (17) tanto do lado esquerdo quanto direito em operação. É mostrado também o limiar da faixa vertical de pintura e faixa final na horizontal (18). Como exemplo é mostrado a área efetiva de pintura, no caso $17 \times 51 \text{ m}^2$.

[00050] Informamos que o uso do sistema de cabos, guas e bobinadores não se restringem a concretização aqui mostrada, podendo elas serem usadas em quaisquer aplicações.

REIVINDICAÇÕES

1. "ROBÔ DE CABOS APLICADO AO PROCESSO DE REVESTIMENTO **caracterizado por** compreender:

- dois pivôs fixos (1),
- quatro pivôs móveis (2),
- quatro cabos (4) (5) (6) e (7),
- quatro bobinadores (19),
- um efetuator de processo (8) ou conjunto plataforma móvel e mecanismo oscilador (22),
- duas guias (20),
- uma unidade eletrônica de controle,

2. ROBÔ DE CABOS, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelos cabos serem de material polietileno de peso reduzido, sendo dois-à-dois cabos ligados a cada um dos pivôs fixos que estão na altura do convés do navio, e que suspendem a plataforma móvel (3) conectados aos pivôs móveis (2),

3. ROBÔ DE CABOS, de acordo com a reivindicação 1 e 2, caracterizado pela movimentação da plataforma móvel (3) ser realizado pelos bobinadores (19) que atuam nos cabos (4) (5) (6) e (7), através de uma unidade eletrônica de controle, controlada via software (programa de computador),

4. ROBÔ DE CABOS, de acordo com a reivindicação 1 à 3, caracterizado pelos bobinadores (19) serem instalados nas guias (20), e as guias conterem dois apoios adicionais (10), um alinhado com a lança da grua (11) e outro inclinado para o lado dos cabos do robô,

5. ROBÔ DE CABOS, de acordo com a reivindicação 1 à 4, caracterizado por cada bobinador (19) conter uma célula de carga para medição da força aplicada no cabo e a compensação do comprimento livre entre o bobinador (19) e a plataforma móvel (3), e

também cada um conter um servo motor em rede serial síncrona,
6. ROBÔ DE CABOS, de acordo com a reivindicação 1 à 5,
caracterizado pela inicialização do sistema ocorrer através de um
guindaste do tipo girafa (14) e duas guias (20).

FIGURAS

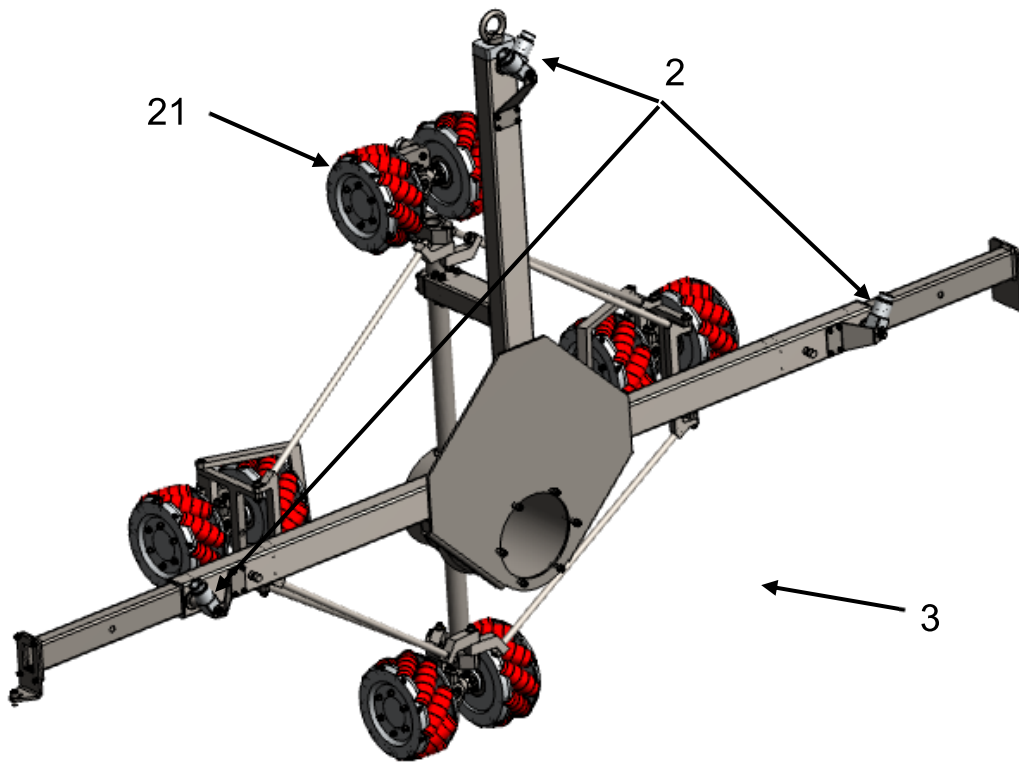
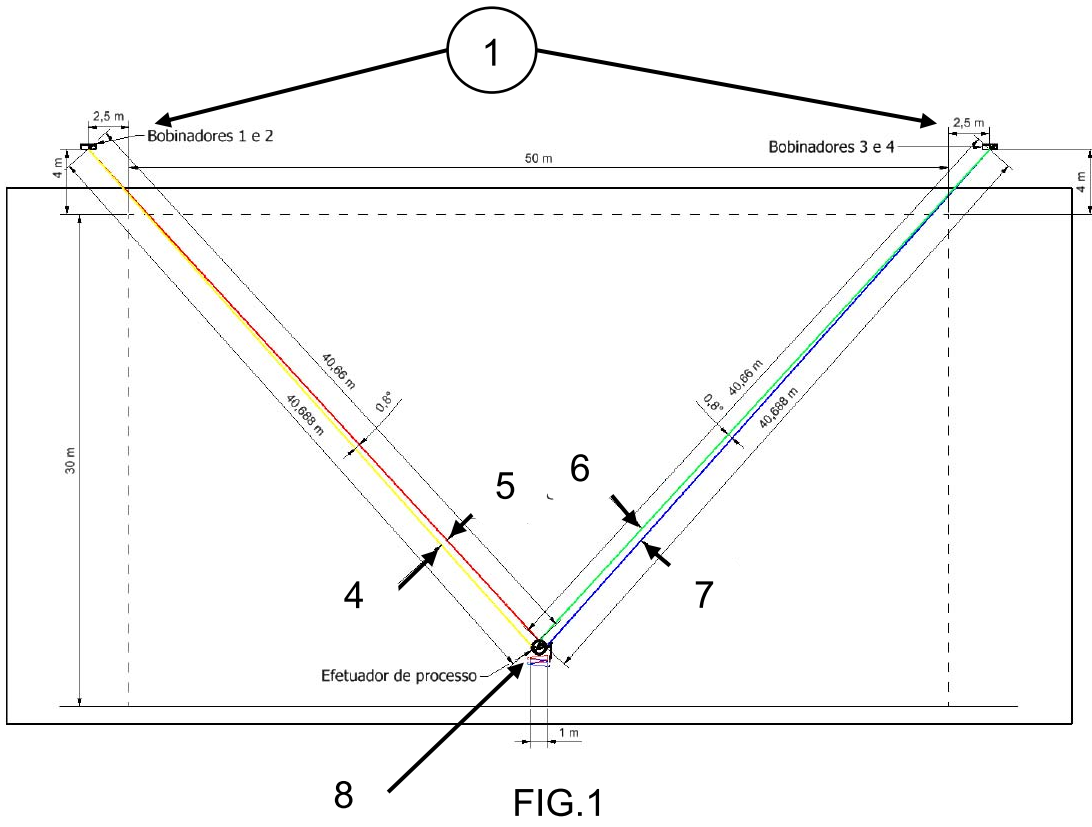


FIG. 2

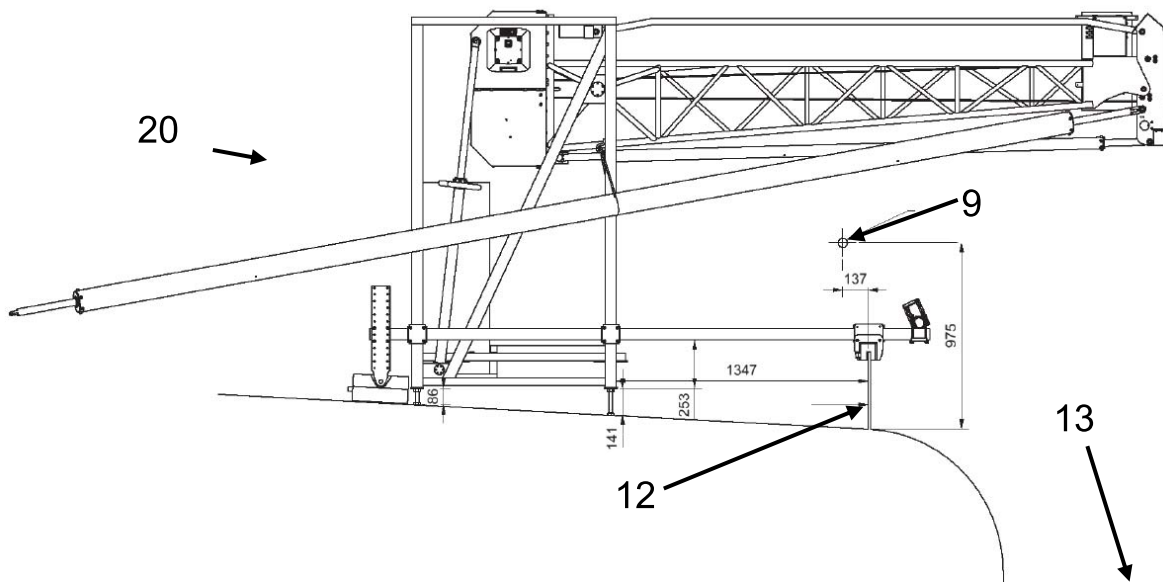
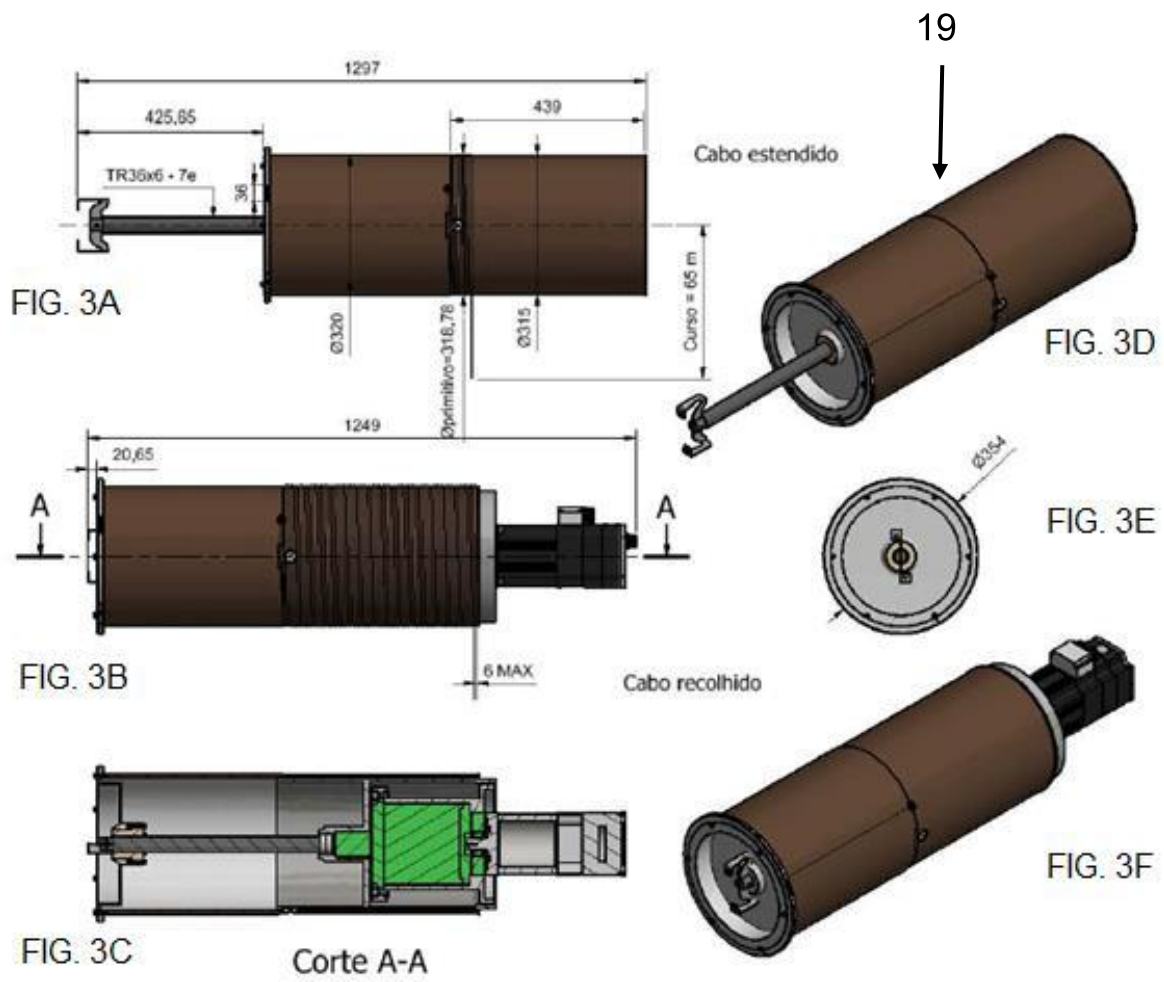
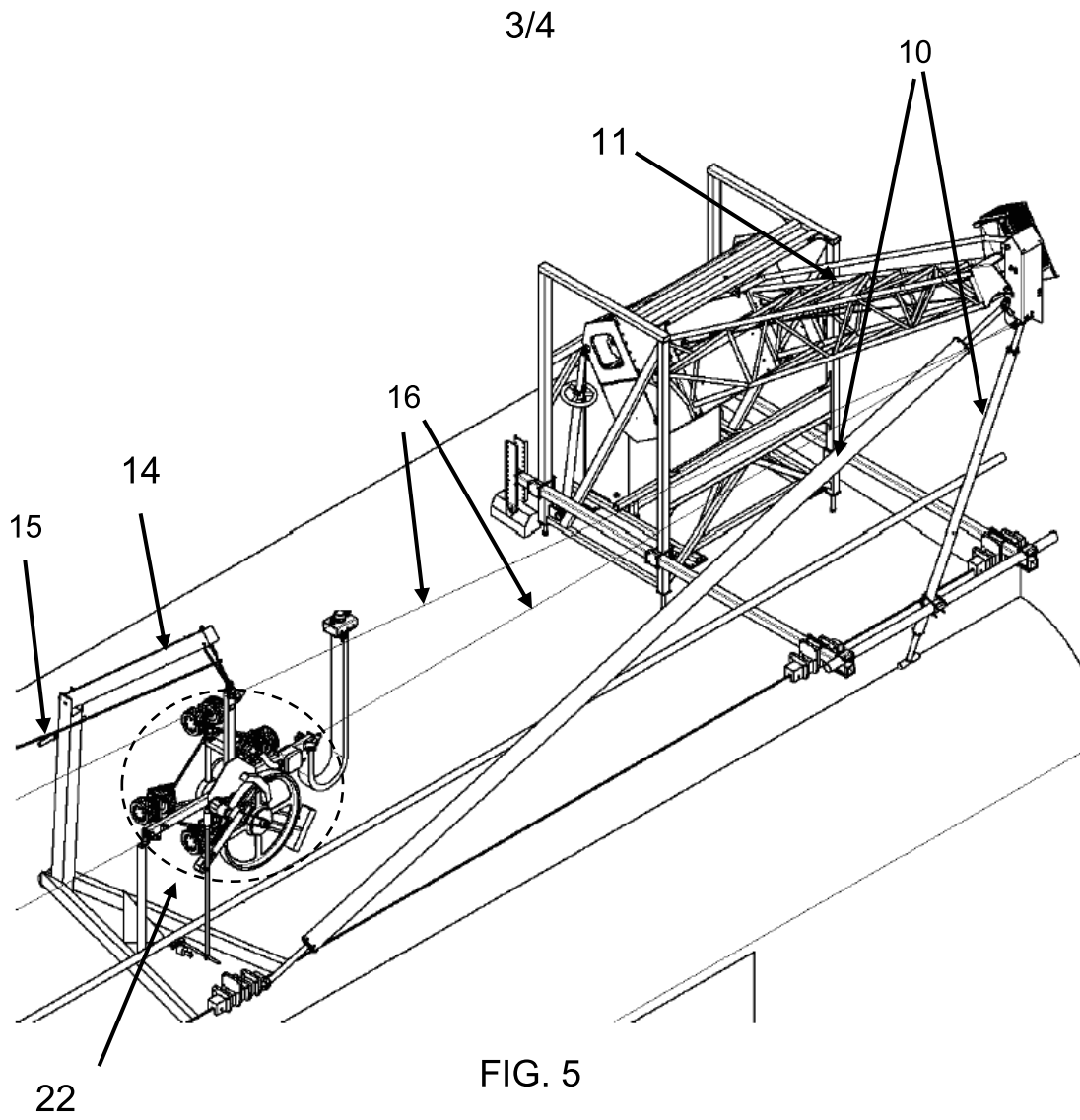


FIG. 4



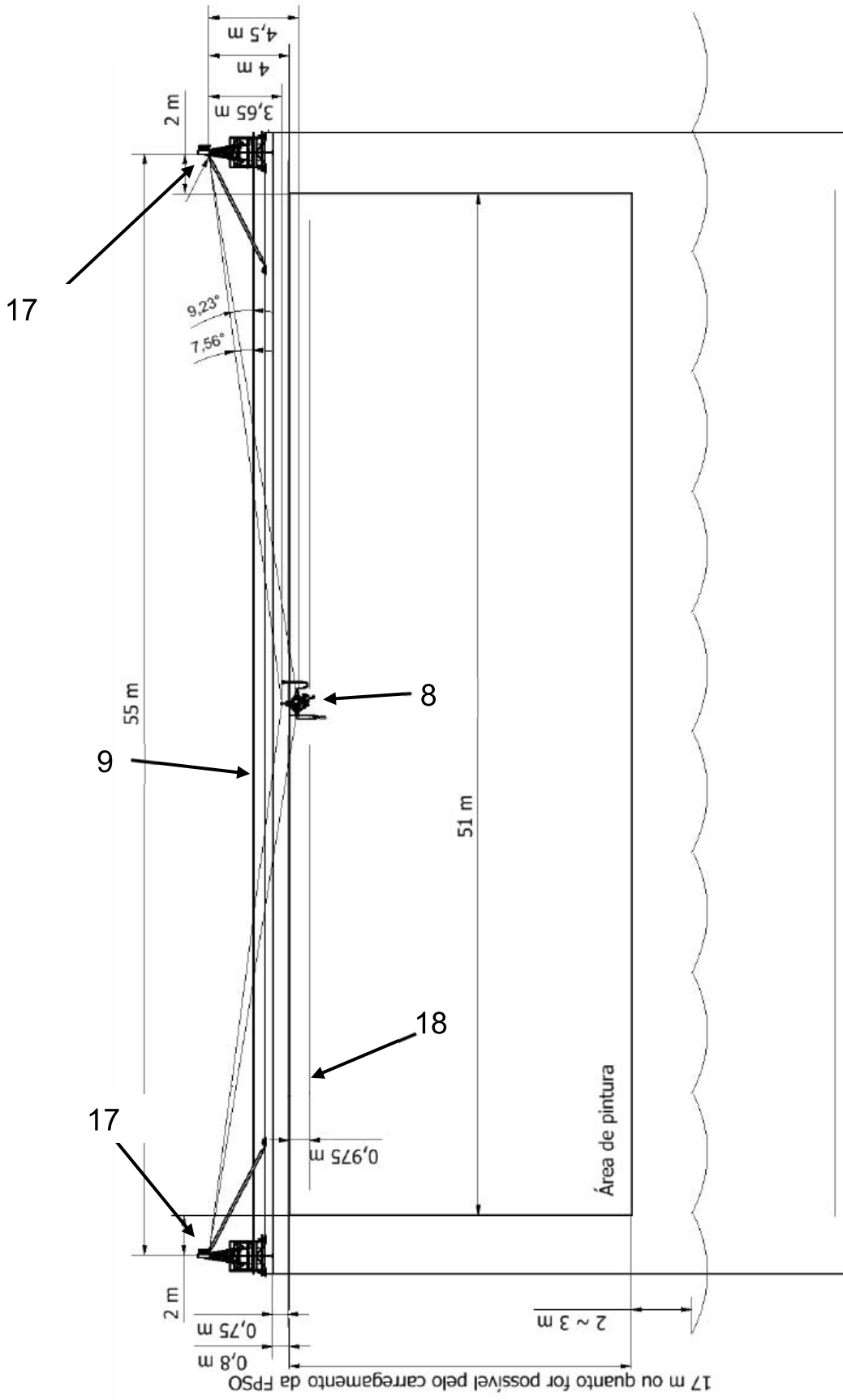


FIG. 6

RESUMO

“ROBÔ DE CABOS APLICADO AO PROCESSO DE REVESTIMENTO”

A presente invenção está relacionada a um sistema de pintura automatizado em navios de petróleo, sendo executado por uma plataforma móvel e um braço oscilador. O conjunto somente funciona devido ao controle de cabos, bobinas e rodas. Essa abordagem visa a pintura de grandes paredes verticais. A suspensão da plataforma de pintura usa quatro cabos, cada um ligado a um pivô na plataforma móvel e dois pivôs fixos mais quatro bobinadores. Os bobinadores contém um servo motor em rede serial síncrona. Os cabos são feitos em polietileno de peso reduzido. Cada cabo está ligado a um bobinador de forma exclusiva. A suspensão é realizada com o auxílio de duas guias adaptadas e a inicialização através de acréscimo de um guindaste do tipo girafa.