



**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
MINISTÉRIO DA ECONOMIA  
**INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**

CARTA PATENTE Nº BR 102021006974-0

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

**(21) Número do Depósito:** BR 102021006974-0

**(22) Data do Depósito:** 12/04/2021

**(43) Data da Publicação Nacional:** 06/07/2021

**(51) Classificação Internacional:** F02K 3/00.

**(54) Título:** DISPOSITIVO HÍBRIDO AXIAL DE PROPULSÃO A JATO

**(73) Titular:** UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA, Instituição de Ensino e Pesquisa. CGC/CPF: 75095679000149. Endereço: RUA JOÃO NEGRÃO, 280 20 ANDAR, CURITIBA, PR, BRASIL(BR), 80010-200, Brasileira

**(72) Inventor:** CYRO KETZER SAUL.

**Prazo de Validade:** 20 (vinte) anos contados a partir de 12/04/2021, observadas as condições legais

**Expedida em:** 05/04/2022

Assinado digitalmente por:

**Liane Elizabeth Caldeira Lage**

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados



**DISPOSITIVO HÍBRIDO AXIAL DE PROPULSÃO A JATO**

[1]. A presente patente de invenção refere-se a "DISPOSITIVO HÍBRIDO AXIAL DE PROPULSÃO A JATO", mais especificamente de uma configuração de propulsão a jato que combina energias elétrica e térmica, associadas ao conceito de "amplificação de ar", visando a produção de empuxo para movimentação de aeronaves de quaisquer dimensões.

[2]. O conceito de "amplificação de ar" surge em uma patente Japonesa de um ventilador sem pás, proposto por S.Honjiyou e M. Okabe [JPS56167897A de 28/05/1980]. Posteriormente o termo é oficialmente introduzido na patente do Reino Unido de um ventilador similar, sem pás, de P. D. Gammack, F. Nicolas e K.J. Simmonds da Dyson Technology Ltd [GB0717151A de 04/09/2007] que passou a ser conhecido internacionalmente como o ventilador Dyson.

[3]. O efeito de "amplificação de ar" advém da associação da viscosidade do ar ao efeito Coanda, no qual a injeção de fluido na periferia de uma superfície curva (superfície de Coanda) tende a seguir o mesmo percurso curvo da superfície em questão. A movimentação do ar na proximidade da superfície se propaga para as regiões vizinhas devido à efeitos de viscosidade aumentando indiretamente o fluxo de ar na região.

[4]. As turbinas de propulsão a jato convencionais empregadas atualmente estão construídas em torno de um eixo físico central sobre o qual estão montadas aletas para diversas finalidades, compressores, caixas de redução, e outros componentes que giram solidariamente com este eixo físico. A adoção do "turbofan" aumentou consideravelmente a eficiência de funcionamento destes equipamentos, que são amplamente empregados na aviação comercial e militar.

[5]. O Dispositivo Híbrido Axial de Propulsão a Jato (DHAPJ) descrito na presente patente de invenção propõe uma configuração cilíndrica sem eixo físico central que emprega a combinação de energias térmica e elétrica para produzir propulsão a jato. A inexistência do eixo físico central configura o surgimento de um Duto Interno Livre (DIL)(4), por onde o ar admitido misturado aos gases aquecidos de exaustão (2a), formam o jato que produz o empuxo.

[6]. Esta configuração conta com um bocal de admissão (1), por onde o ar frio externo é aspirado, no qual existe uma região de mistura (3) entre o ar frio admitido e os gases aquecidos provenientes da exaustão (2a) de uma ou mais câmaras de combustão (6). Os gases aquecidos de exaustão (2a) são injetados na região de mistura (3) por um ou mais exaustores (2). A configuração da região de mistura (3) faz com que ela se comporte como uma superfície de Coanda. Desta forma os gases aquecidos da exaustão (2a), que se deslocam em alta velocidade, se misturam com o ar frio admitido, transferindo momento linear ( $\vec{p}$ ) e forçando a mistura a se deslocar sobre a superfície de Coanda. A movimentação desta camada de ar induz movimento nas camadas de ar adjacentes, devido à viscosidade, e isto por sua vez produz o efeito de “amplificação de ar” e, portanto, aumenta a vazão dentro do duto (DIL)(4).

[7]. O diagrama esquemático da figura 1 ilustra uma configuração possível do dispositivo (DHAPJ) e a figura 2 mostra uma ilustração dos ângulos de injeção dos gases de exaustão no duto (DIL)(4).

[8]. Visando avaliar e ilustrar o efeito de “amplificação de ar” foi desenvolvida uma simulação de dinâmica dos fluidos computacional (CFD) com o modelo mais simplificado possível. Para isto foi criada uma estrutura em duas dimensões com simetria axial estruturada conforme mostra a figura 3.

[9]. Na configuração utilizada o dispositivo (DHAPJ) tem apenas uma exaustão (2) que se estende por todo o diâmetro e é proveniente de uma única câmara de combustão (6) (não representada). Efeitos térmicos não foram levados em consideração por questões de complexidade do modelo.

[10]. Na estrutura simulada o duto (DIL)(4) está representado e tem as seguintes regiões características. A região de dimensão **a** corresponde à entrada do ar (1) no duto (DIL)(4), a região de dimensão **b** corresponde a saída do exaustor (2) da câmara de combustão única (6) e a dimensão **c** corresponde à saída do duto (DIL)(4). A configuração é puramente cilíndrica sem curvaturas para simplificar a modelagem ao máximo. Desta forma o raio do duto (DIL)(4) é dada pela soma **a + b** ou pela dimensão **c** e seu comprimento é identificado pela dimensão **L**.

[11]. Os gases de exaustão (2a) foram injetados pela região **b** com uma velocidade  $v_0$  visando produzir o efeito de "amplificação de ar" que corresponde a um aumento do fluxo no interior do duto (DIL)(4).

[12]. A simulação foi executada empregando o parâmetro  $b = 0,05$  m,  $a$  variando entre 0,5 e 1,0 m, o comprimento do duto (DIL)(4)  $L$  variando entre 1 e 3 m e a velocidade  $v_0$  de injeção dos gases de exaustão no duto (DIL)(4) mantida em 20 m/s. Os resultados obtidos, mostrados na figura 4, evidenciam a existência uma relação linear entre a razão das dimensões de saída **c** e de injeção  $b(c/b)$  e a razão do fluxo de massa dos gases (kg/s) que saem no bocal de saída (11) ( $Flux_{saída}$ ) e os que são injetados (2a) ( $Flux_{injet}$ ) no duto (DIL)(4) pelo exaustor (2) ( $Flux_{saída} / Flux_{injet}$ ). Como se trata de uma estrutura cilíndrica existe uma correlação direta entre as dimensões **b** e **c** e suas áreas correspondentes.

[13]. O aumento de fluxo de massa observado no bocal de saída (11) varia entre 4,5X(350%) a 8,5X (750%) o fluxo de massa injetado pelo

exaustor (2a), deixando evidente o efeito de aumento de fluxo (“amplificação de ar”) da configuração proposta. Nota-se também que o comprimento do duto (DIL)(4) tem uma influência reduzida no aumento de fluxo.

[14]. Como o empuxo (Newtons) é definido pelo produto do fluxo de massa (kg/s) pela velocidade dos gases (m/s), a razão entre o empuxo produzido no bocal de saída (11) e o empuxo produzido no exaustor (2) também sofre amplificação, conforme mostra a figura 5. Nota-se que a razão dos empuxos é mais afetada pelo comprimento (**L**) do duto (DIL)(4), diminuindo com o aumento de **L**.

[15]. A simulação em questão não leva em consideração o fluxo de ar que será induzido na parte externa do dispositivo (DHAPJ) e nem tampouco a velocidade de deslocamento do dispositivo (DHAPJ) que contribuiria no processo pois a velocidade do ar na entrada do duto (DIL)(4) não seria nula.

[16]. No caso de haver um único exaustor (2), distribuído em torno de toda a circunferência da região de mistura (3) a inclinação entre o ângulo (**a**) de injeção dos gases aquecidos de exaustão (2a) e o eixo do dispositivo (DHAPJ) deve ser menor ou igual a 45°. A angulação lateral da injeção dos gases aquecidos de exaustão (**b**) pode ser efetuada empregando aletas colocadas na saída do exaustor (2) com um ângulo preferencialmente fixo também menor ou igual a 45°. Esta angulação lateral tem como objetivo imprimir rotação aos gases injetados na região de mistura (3), de forma a produzir a rotação dos gases que se deslocam no interior do duto (DIL)(4) produzindo um vórtice, que pode aumentar a captação de ar externo e, portanto, aumentar o empuxo final obtido pelo dispositivo (DHAPJ).

[17]. No caso de haver múltiplos exaustores (2) a inclinação entre o ângulo de injeção dos gases aquecidos de exaustão e o eixo do dispositivo (DHAPJ) deve ser menor ou igual a 45° e pode ser obtida pelo

simples direcionamento do bocal do exaustor (2) de forma adequada. O mesmo pode ser feito no caso da angulação lateral, que também deve ser mantida com ângulo preferencialmente menor ou igual a 45°. Em ambos os casos o emprego de ângulo fixo simplifica o dispositivo (DHAPJ) e reduz o número de peças móveis.

[18]. Em ambos as configurações o sentido de giro impresso aos gases aquecidos de exaustão (2a) e conseqüentemente da mistura de gases que se deslocam dentro do duto (DIL)(4) deve ser oposto ao sentido de rotação do Compressor Radial Anelar Centrífugo(CRAC)(5)visando aumento da captura de gases por ele.

[19]. Esta configuração onde a(s) câmara(s) de combustão (6) está(ão) localizada(s) próximo ao bocal de admissão de ar (1), permite aquecer o bocal de admissão (1) de forma bastante simplificada, evitando desta forma acúmulo de gelo na superfície deste.

[20]. Após a região de mistura (3) existe a entrada de admissão do compressor (CRAC)(5a). Este compressor (CRAC)(5)retira uma parte da mistura de gases que se deslocam na periferia interna do duto (DIL)(4), comprimindo e injetando o mesmo na(s) entrada(s) da(s) câmara(s) de combustão. Em função da configuração construtiva do dispositivo (DHAPJ) da presente patente de invenção a proporção de ar frio é muito maior que a de gases aquecidosde exaustão e, portanto, a temperatura da mistura é muito menor que a temperatura dos gases aquecidos de exaustão (2a)da(s) câmara(s) de combustão (6) e um pouco maior que a temperatura do ar admitido no bocal de admissão (1).

[21]. O compressor (CRAC)(5)deve ser preferencialmente acionado eletronicamente empregando qualquer motor elétrico (7)de peso reduzido e alta eficiência energética disponível no estado da técnica.

[22]. Na(s) câmara(s) de combustão (6) o ar comprimido é misturado ao combustível por quaisquer injetores disponíveis no estado da técnica, e

inflamado empregando qualquer sistema de ignição disponível no estado da técnica. É importante que tanto os injetores quanto os sistemas de ignição possam ser acionados de forma contínua, intermitente ou sequencial visando controlar o empuxo produzido, regular o consumo de combustível de forma a maximizar a eficiência e reduzir a temperatura de operação do dispositivo (DHAPJ).

[23]. Após a entrada do compressor (CRAC) (5a) existe pelo menos uma Turbina Axial Anelar (TAA) (8), que deve apresentar reduzida intromissão no do duto (DIL) (4) e cuja configuração aerodinâmica permita impulsionar pelo menos um gerador elétrico (9) de peso reduzido e alta eficiência energética disponível no estado da técnica. Desta forma parte da energia cinética da mistura gases que circula pelo duto (DIL) (4) pode ser convertida em energia elétrica para realimentar o sistema de acionamento (7) do compressor (CRAC) (5) e outros sistemas aviônicos. Em função de receber uma mistura de gases, ao invés de apenas gases de combustão (2a), como ocorre na maioria das turbinas convencionais, a(s) turbina(s) (TAA) (8) pode(m) operar em temperaturas muito menores que as temperaturas de operação das turbinas de aviação convencionais. A turbina (TAA) (8), no caso de ser única, deve girar preferencialmente em sentido oposto ao do compressor (CRAC) (5) visando reduzir o momento angular total ( $\vec{L}$ ) do dispositivo (DHAPJ). Idealmente o momento angular total do dispositivo (DHAPJ) deveria ser nulo ( $\vec{L} = 0$ ) e isto pode ser obtido mediante o controle das velocidades de rotação do compressor (CRAC) (5) e da turbina (TAA) (8). No caso de serem múltiplas turbinas (TAA) (8) o sentido de rotação pode ser diverso, mas também deve ser tal que minimize o momento angular total ( $\vec{L}$ ) do dispositivo (DHAPJ). Esta redução do momento angular total, no caso de múltiplas turbinas (TAA) (8) e seus geradores associados (9) pode ser obtida empregando elementos com diferentes momentos

de inércia ( $I$ ) ou diferentes velocidades de rotação ( $w$ ) em módulo e/ou sentido.

[24]. O sistema de controle e gerenciamento (10) do dispositivo (DHAPJ) é responsável por administrar o acionamento do motor elétrico (7) que impulsiona o compressor (CRAC)(5), regulando a pressão dos gases injetados na câmara de combustão (6), assim como regula a injeção e ignição de combustível na(s) câmara(s) de combustão, visando controlar o empuxo gerado pelo dispositivo (DHAPJ). Este dispositivo também controla o gerador de energia (9) associado a(s) turbina(s) (TAA)(8). Desta forma o gerenciamento do sistema pode ajustar o momento angular total ( $\vec{L}$ ) do dispositivo (DHAPJ) visando minimizá-lo.

[25]. O bocal de saída (11) é configurado para proteger a parte posterior da(s) turbina(s) (TAA)(8) sem apresentar obstrução ao fluxo de gases no interior do duto (DIL)(4).

[26]. A configuração construtiva apresentada na presente patente de invenção tem diversas vantagens em relação às configurações construtivas convencionais, dentre as quais podem ser citadas:

- O grande raio do compressor (CRAC)(5) imprime maior velocidade aos gases no processo de compressão e, portanto, permite alcançar maior taxa de compressão dos gases para injeção na(s) câmara(s) de combustão.
- A configuração da entrada de ar (5a) do compressor (CRAC)(5) reduz a probabilidade de ingestão de objetos estranhos que se desloquem no interior do duto interno livre podendo facilmente ser protegida com uma tela sem aumento de impedância dentro do duto (DIL)(4).
- No caso de uma ou mais turbinas(TAA)(8) o maior raio implica na obtenção de maior torque para geração de energia elétrica.

- A mistura de gases (3) que ocorre dentro do duto (DIL)(4) permite que a(s) turbina(s) (TAA)(8) operem em temperaturas bastante reduzidas em comparação com as turbinas convencionais.
- A existência do duto (DIL)(4) reduz a consideravelmente chance de danos no caso de ingestão de objetos estranhos.

### ESTADO DA TÉCNICA

[27]. JPS56167897A – “Fan” – Ventilador - Esta patente de 1980 é a primeira a empregar o conceito de amplificação de ar sem usar o termo. Este ventilador opera pela ejeção de ar na borda de um anel de maneira a produzir vento sem empregar aletas diretamente. O ar injetado na borda do anel induz movimento ao ar que circunda produzindo a ventilação. As aletas que impulsionam o ar para posterior ejeção na borda estão dentro da base do ventilador.

[28]. GB2452593A – “A fan” – Um ventilador – Esta patente de 2007 também trata de um ventilador sem pás. Esta patente, que é muito semelhante à anterior, e é a primeira a mencionar o termo amplificação de ar que ocorre devido a ejeção do ar na borda do anel do ventilador sobre uma superfície de Coanda. Da mesma forma que a anterior o ar que é injetado na borda no anel é pressurizado internamente usando um ventilador de alta potência. Como o anterior neste o fluxo de ar ejetado na borda do anel induz o movimento do ar vizinho produzindo a ventilação. Este ventilador é mundialmente conhecido como Ventilador Dyson.

[29]. US 2020/0324891 A1 – “Adaptive vertical take-off and landing propulsion system” – Sistema de propulsão para um Sistema adaptável de decolagem e pouso vertical – Esta aplicação de patente de 2020 descreve um sistema de propulsão aviônico para decolagem e pouso vertical empregando o conceito de amplificação de ar cunhado na patente do Ventilador Dyson, que foi substituído por “Aumento de

Empuxo" ("thrustaugmentation"). A diferença básica do ventilador Dyson está na aplicação do fluxo aumentado de empuxo para movimentar uma aeronave. Neste pedido de patente o fluxo ar sob pressão é criado empregando um compressor axial e injetado mediante tubulações nas estruturas (equivalentes ao anel do ventilador Dyson) que produzem o empuxo. Estas estruturas podem ser giradas de forma a produzir empuxo em diferentes direções, permitindo desta forma a decolagem e o pouso vertical da aeronave.

### DESCRIÇÃO DETALHADA DOS DESENHOS

[30]. Os diagramas esquemáticos das configurações do dispositivo apresentadas a seguir são meras ilustrações de possíveis configurações da técnica associada à presente patente de invenção, e não podem ser consideradas como limitações à abrangência da mesma.

[31]. A figura 1 mostra uma vista em corte transversal esquemática de um dispositivo (DHAPJ) contendo múltiplas câmaras de combustão (6) e exaustores individuais (2). Nesta figura estão representados o bocal de admissão (1), por onde o ar frio entra no dispositivo (DHAPJ), os exaustores (2), que injetam os gases de exaustão (2a) provenientes das câmaras de combustão (6) na região de mistura (3), localizada dentro do duto (DIL)(4). Na região de mistura (3) ocorre a mistura entre o ar frio admitido pelo bocal (1) com os gases de exaustão (2a). Nesta região de mistura (3) a curvatura interna do dispositivo (DHAPJ) é uma superfície de Coanda sobre a qual ocorre o efeito de "amplificação de ar". O duto (DIL)(4) corresponde ao espaço vazio que atravessa todo o dispositivo (DHAPJ), existente em função da inexistência de um eixo físico no dispositivo (DHAPJ). O compressor (CRAC)(5), acionado eletricamente por um motor adequado (7) captura (5a) uma fração dos gases que se deslocam no interior do duto(DIL)(4). O compressor comprime e aquece adiabaticamente os gases para injeção na(s) câmara(s) de combustão (6). Os injetores e elementos de ignição (não

representados) estão localizados na entrada da câmara de combustão). A(s) turbina(s) (TAA)(8) estão localizadas a uma distância adequada após a admissão de ar (5a) do compressor (5), com pequena intromissão no duto (4), servem para capturar uma parte da energia cinética dos gases que viajam pelo duto (DIL)(4) e convertendo em energia elétrica através de um ou mais geradores elétricos (9). O sistema de gerenciamento e controle (10) controla o acionamento do motor elétrico (7) do compressor (CRAC)(5), os injetores de combustível e elementos de ignição (não representados), o gerador elétrico (9) da(s) turbina(s) (TAA)(8) e outros elementos aviônicos associados ao dispositivo (DHAPJ). Por último o duto de saída (11) por onde o jato formado sai do dispositivo (DHAPJ).

[32]. A figura 2 apresenta uma representação esquemática do duto de entrada (1) do dispositivo (DHAPJ) onde está representado apenas um exaustor (2), por questão de simplicidade da representação. O vetor na saída do bocal do exaustor (2) indica a orientação e sentido da injeção dos gases de exaustão (2a) na região de mistura (3). O ângulo **a** (alfa) corresponde ao ângulo de injeção dos gases de exaustão (2a) em relação ao eixo do dispositivo (DHAPJ), e o ângulo **b** (beta) corresponde à angulação lateral responsável por imprimir uma rotação aos gases que se deslocam no interior do duto (DIL)(4).

[33]. A figura 3 mostra a estruturação da região bidimensional com simetria axial empregada para uma simulação de dinâmica dos fluidos computacional. A região de dimensão **a** corresponde à entrada do ar (1) no duto (DIL)(4), a região de dimensão **b** corresponde a saída do exaustor (2) da câmara de combustão única (6) e a dimensão **c** corresponde à saída do duto (DIL)(4). A configuração é puramente cilíndrica sem curvaturas para simplificar a modelagem ao máximo. Desta forma o raio do duto (DIL)(4) é dada pela soma **a + b** ou pela dimensão **c** e seu comprimento é identificado pela dimensão **L**.

[34]. A figura 4 apresenta um gráfico do resultado da simulação. No eixo y está a razão entre o fluxo de massa dos gases (kg/s) de saída, que saem no bocal de saída (11), ( $\mathbf{Flux}_{Saída}$ ) e o injetado (2a) pelo exaustor (2) ( $\mathbf{Flux}_{Injet}$ ) no duto (DIL)(4) ( $\mathbf{Flux}_{Saída} / \mathbf{Flux}_{Injet}$ ). No eixo x está a razão dimensional entre a dimensão do bocal de saída (11)  $\mathbf{c}$  e a dimensão do exaustor  $\mathbf{b}$  ( $\mathbf{c/b}$ ). O resultado indica uma relação linear entre ambos, assim como um aumento apreciável do fluxo de massa que ocorre em função do efeito de “amplificação de ar”. O comprimento ( $\mathbf{L}$ ) do duto (DIL)(4) tem influência reduzida no aumento de fluxo.

[35]. A figura 5 a apresenta um segundo gráfico do resultado da simulação. No eixo y está a razão entre os empuxos no bocal de saída (11) e no exaustor (2). No eixo x está a razão dimensional entre a dimensão do bocal de saída (11)  $\mathbf{c}$  e a dimensão do exaustor  $\mathbf{b}$  ( $\mathbf{c/b}$ ). O resultado também apresenta uma relação linear entre ambos, um aumento um pouco menor do aumento do empuxo que também ocorre em função do efeito de “amplificação do ar”. O comprimento ( $\mathbf{L}$ ) do duto (DIL)(4) tem influência no aumento de empuxo, reduzindo o mesmo com o aumento do comprimento .

## REIVINDICAÇÕES

1. “DISPOSITIVO HÍBRIDO AXIAL DE PROPUSÃO A JATO”, caracterizado pelo fato de empregar uma configuração cilíndrica sem eixo físico central capaz de combinar energias térmica e elétrica para produzir propulsão a jato, sendo composta por um bocal de admissão de ar (1), uma região de mistura (3) entre o ar frio admitido e os gases da exaustão (2a) da(s) câmara(s) de combustão (6), um Compressor Radial Anelar Centrífugo (CRAC)(5) impulsionado por um motor elétrico (7), pelo menos uma câmara de combustão (6) contendo injetores de combustível/elementos de ignição, e pelo menos uma Turbina Axial Anelar (TAA)(8) associada a um ou mais geradores elétricos (9), um bocal de saída (11) de gases de propulsão, e um sistema de controle e gerenciamento dos diversos componentes (10).
2. “DISPOSITIVO HÍBRIDO AXIAL DE PROPUSÃO A JATO”, que de acordo com a reivindicação 1, é caracterizado pelo fato da ausência do eixo físico central caracterizar a existência de um duto interno livre (DIL)(4) apresentando reduzida impedância fluídica entre os bocais de entrada (1) e de saída (11).
3. “DISPOSITIVO HÍBRIDO AXIAL DE PROPUSÃO A JATO”, que de acordo com a reivindicação 2, é caracterizado pelo fato da relação entre a área total da seção de exaustão (2) na região de mistura (3) e a área de saída (11) do duto (DIL)(4) ser aquela que maximiza o aumento de fluxo de gases no interior do duto (DIL)(4) (“amplificação de ar”).
4. “DISPOSITIVO HÍBRIDO AXIAL DE PROPUSÃO A JATO”, que de acordo com a reivindicação 1, é caracterizado pelo fato de apresentar uma região de mistura (3) entre o ar frio, admitido pelo bocal de admissão (1), e os gases

de exaustão (2a) da(s) câmara(s) de combustão (6), que está localizada na parede interna do bocal de admissão (1), na entrada do duto (DIL)(4), compondo uma superfície de Coanda.

5. “DISPOSITIVO HÍBRIDO AXIAL DE PROPUSÃO A JATO”, que de acordo com a reivindicação 4, é caracterizado pelo fato dos gases da(s) câmara(s) de combustão (6) ser(em) injetado(s) (2a) por um ou múltiplos exaustores (2) em um ângulo ( $\alpha$ ) preferencialmente menor ou igual a  $45^\circ$  em relação ao eixo central do duto (DIL)(4), podendo também ser(em) injetado(s) lateralmente em um ângulo ( $\beta$ ) também menor ou igual a  $45^\circ$  em relação ao eixo central do duto (DIL)(4), possibilitando a indução de rotação nos gases que se deslocam no interior do duto (DIL)(4).

6. “DISPOSITIVO HÍBRIDO AXIAL DE PROPUSÃO A JATO”, que de acordo com a reivindicação 1, é caracterizado pelo fato da injeção de ar comprimido na(s) câmara(s) de combustão (6) ser efetuada por um compressor (CRAC)(5), impulsionado por um motor elétrico (7) de peso reduzido e alta eficiência energética disponível no estado da técnica, cuja admissão (5a) está localizada na parede interna do duto (DIL)(4) a uma distância adequada da região de mistura dos gases (3).

7. “DISPOSITIVO HÍBRIDO AXIAL DE PROPUSÃO A JATO”, que de acordo com a reivindicação 1, é caracterizado pelo fato da câmara de combustão (6) poder ser única, estando distribuída radialmente no corpo do dispositivo (DHAPJ), apresentando uma exaustão única (2), também distribuída radialmente na região de mistura do dispositivo (DHAPJ), ou ser múltipla, contendo exaustores individuais (2) distribuídos radialmente na região de mistura (3) do dispositivo (DHAPJ).

8. “DISPOSITIVO HÍBRIDO AXIAL DE PROPUSÃO A JATO”, que de acordo com a reivindicação 7, é caracterizado pelo fato da câmara de combustão (6) conter múltiplos injetores de combustível / elementos de ignição adequadamente distribuídos ao longo da câmara única ou individualmente colocados nas câmaras de combustão (6) independentes.

9. “DISPOSITIVO HÍBRIDO AXIAL DE PROPUSÃO A JATO”, que de acordo com a reivindicação 7, é caracterizado pelo fato do processo de injeção/ignição na câmara de combustão (6) poder ser efetuado de forma contínua, intermitente ou sequencial visando maximizar a eficiência e reduzir a temperatura de operação do dispositivo (DHAPJ).

10. “DISPOSITIVO HÍBRIDO AXIAL DE PROPUSÃO A JATO”, que de acordo com a reivindicação 1, é caracterizado pelo fato da turbina (TAA) (8), podendo esta ser única ou múltipla, apresentar reduzida intromissão no do duto (DIL)(4) e estar associada a um gerador elétrico (9) de peso reduzido e alta eficiência energética disponível no estado da técnica.

11. “DISPOSITIVO HÍBRIDO AXIAL DE PROPUSÃO A JATO”, que de acordo com a reivindicação 10, é caracterizado pelo fato do gerador elétrico (9) associada a turbina (TAA)(8) produzir energia para realimentar o motor de acionamento (7) do compressor (CRAC)(5) e outros sistemas aviônicos.

12. “DISPOSITIVO HÍBRIDO AXIAL DE PROPUSÃO A JATO”, que de acordo com a reivindicação 10, é caracterizado pelo fato da rotação da turbina (TAA)(8) ser preferencialmente em sentido oposto ao do compressor (CRAC)(5) visando minimizar o momento angular ( $\vec{L} \rightarrow 0$ ) do dispositivo (DHAPJ). No caso de múltiplas turbinas (TAA)(8) os sentidos de rotação podem ser diversos, mas o momento angular total ( $\vec{L}$ ) deste conjunto deve ser tal que minimize o momento angular total do dispositivo (DHAPJ) ( $\vec{L} \rightarrow 0$ ).

13. “DISPOSITIVO HÍBRIDO AXIAL DE PROPUSÃO A JATO”, que de acordo com a reivindicação 1, é caracterizado pelo fato do sistema de controle e gerenciamento (10) administrar o acionamento (7) do compressor (CRAC)(5), dos injetores de combustível / elementos de ignição e da energia produzida no(s) gerador(es)(9) da(s) turbina(s) (TAA)(8).

14. “DISPOSITIVO HÍBRIDO AXIAL DE PROPUSÃO A JATO”, que de acordo com a reivindicação 13, é caracterizado pelo fato do sistema de controle e gerenciamento (10) permitir o ajuste das velocidades de operação do compressor (CRAC)(5) e da(s) turbina(s) (TAA)(8) de forma a minimizar o momento angular total do dispositivo (DHAPJ) ( $\vec{L} \rightarrow 0$ ).

15. “DISPOSITIVO HÍBRIDO AXIAL DE PROPUSÃO A JATO”, que de acordo com a reivindicação 1, é caracterizado pelo fato do bocal de saída (11) ser configurado de forma a proteger a parte posterior da(s) turbina(s) (TAA)(8) e apresentar obstrução mínima ao fluxo no interior do duto (DIL)(4).

FIGURAS

Figura 1

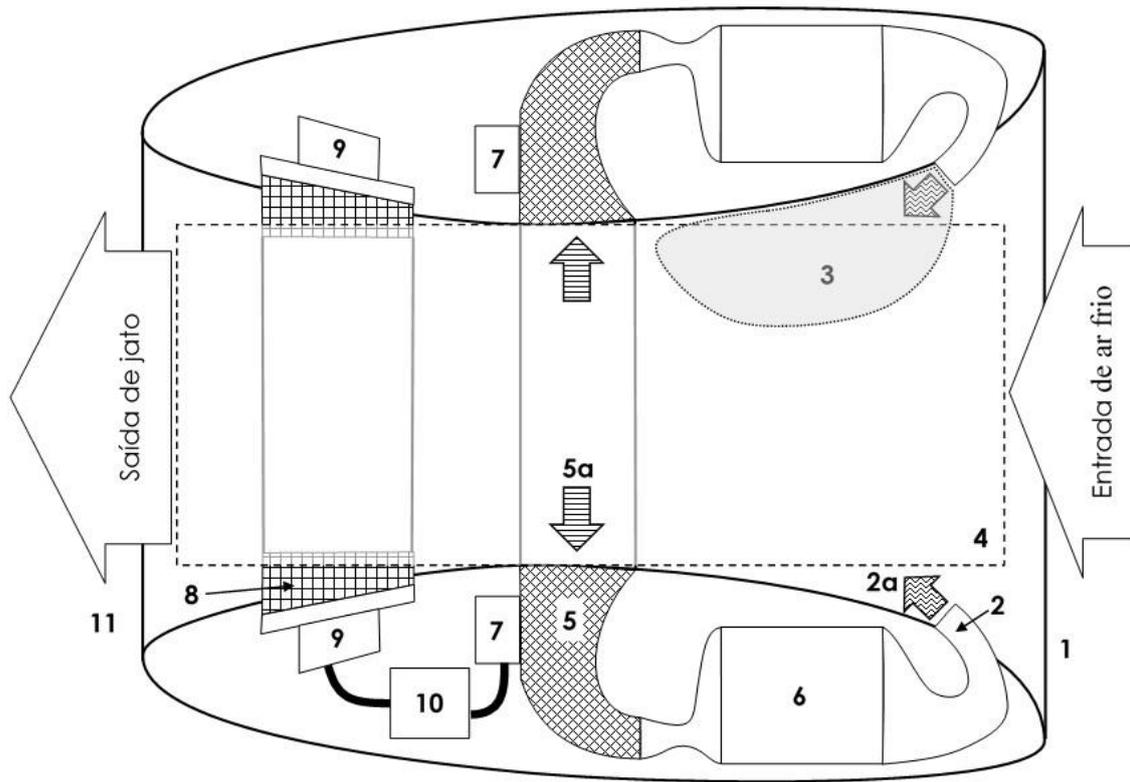


Figura 2

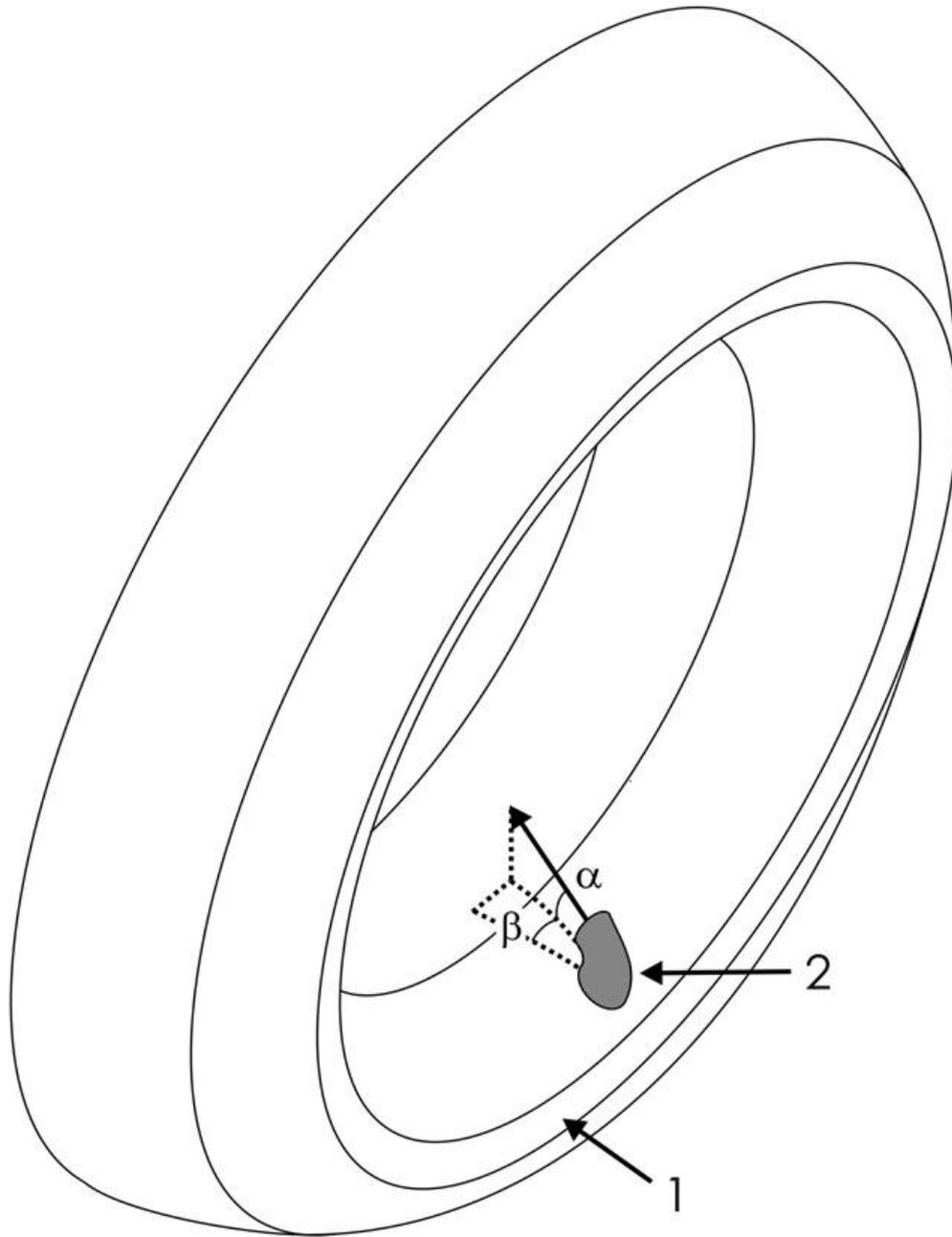


Figura 3

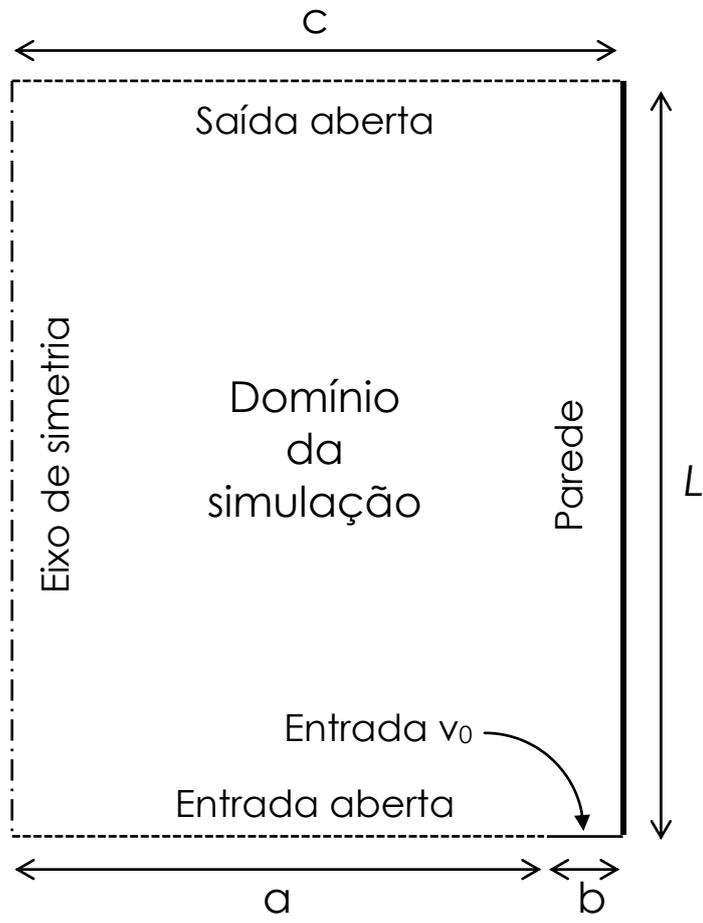


Figura 4

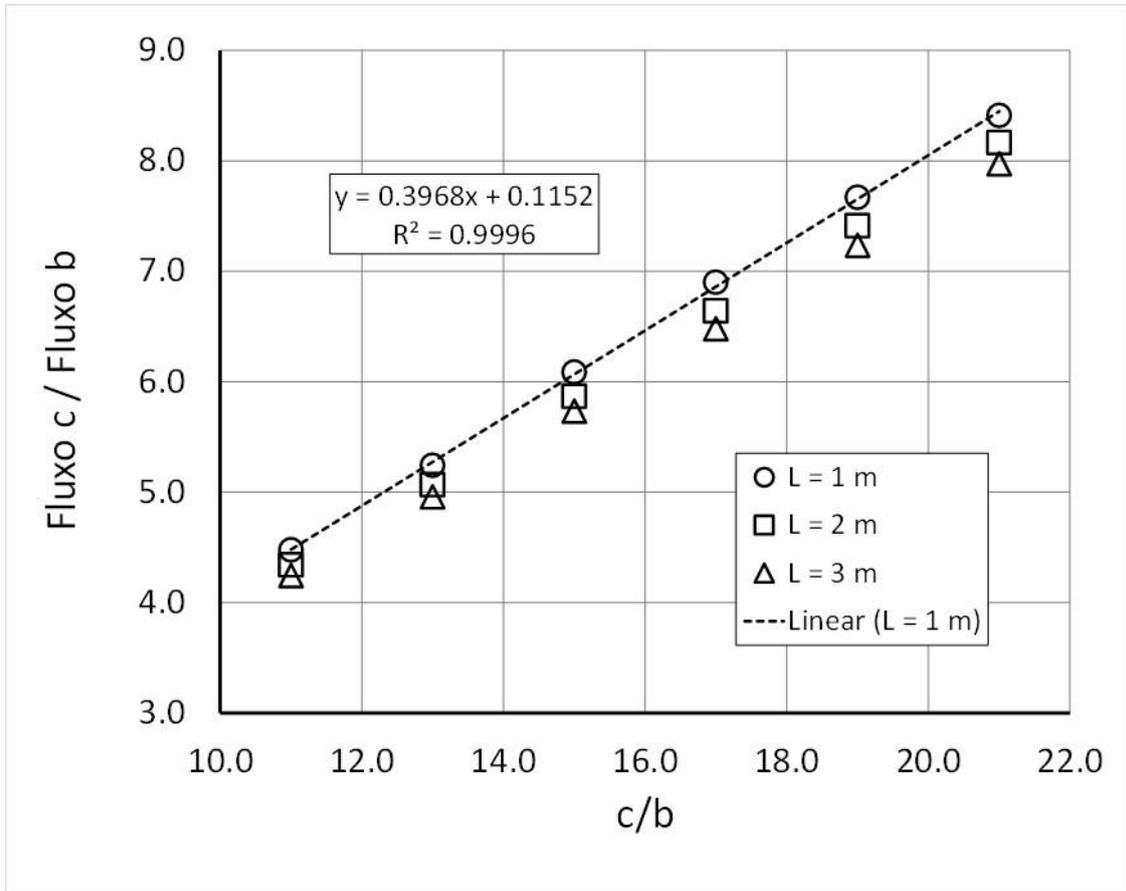


Figura 5

