

(12) PEDIDO INTERNACIONAL PUBLICADO SOB O TRATADO DE COOPERAÇÃO EM MATÉRIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organização Mundial da Propriedade Intelectual  
Secretaria Internacional



(10) Número de Publicação Internacional  
**WO 2012/174624 A1**

(43) Data de Publicação Internacional  
27 de Dezembro de 2012 (27.12.2012) W I P O I P C T

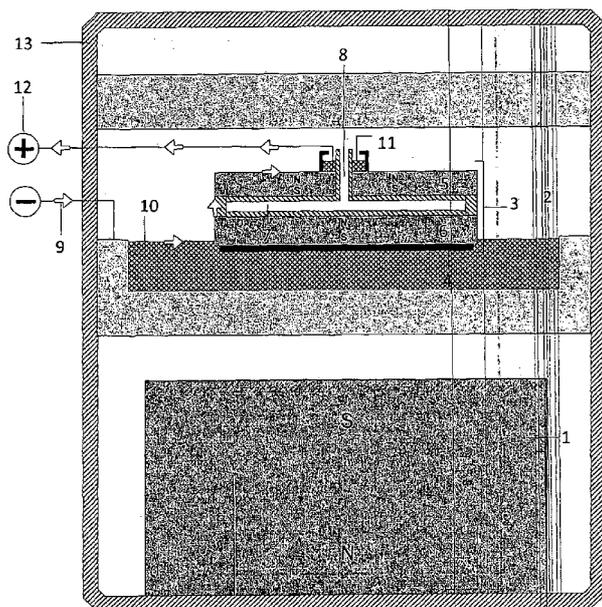
- (51) Classificação Internacional de Patentes :  
*F16C 39/06* (2006.01) *F16C 32/04* (2006.01)
- (21) Número do Pedido Internacional :  
PCT/BR20 12/000202
- (22) Data do Depósito Internacional :  
20 de Junho de 2012 (20.06.2012)
- (25) Língua de Depósito Internacional : Português
- (26) Língua de Publicação : Português
- (30) Dados Relativos à Prioridade :  
PI 1103 100-0  
20 de Junho de 2011 (20.06.2011) BR
- (71) Requerentes (para todos os Estados designados, exceto US) : **UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO** [BR/BR]; Av. Prof. Moraes Rego, 1235 -, Cidade Universitária - Recife -PE, CEP: 50670-901 (BR). **CBPF - CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS** [BR/BR]; Rua Doutor Xavier Sigaud, 150 - Urca, Rio de Janeiro, CEP:22290-18 (BR).
- (72) Inventores; e
- (75) Inventores/Requerentes (para US unicamente) : **GERSON SILVA, Paiva** [BR/BR]; Av. Prado Júnior, 335 Apto. 1103, Copacabana - Rio de Janeiro - RJ, CEP: 23550-101 (BR). **CAHVES PINTO FURTADO, Nelson César** [BR/BR]; Av. Pasteur, 214, Apto.. 1106 Setubals - Urca, Rio de Janeiro, CEP:22290-240 (BR). **TAFT, Carlton Anthony** [BR/BR]; Rua Kjalma Ulrich 229-/105, Copacabana Rio de Janeiro, CEP:2207 1-020 (BR). **PAVÃO, Antonio Carlos** [BR/BR]; Rua Vereador Luis Cavalcanti, 174, Várzea - Recife - PE, CEP:50741-210 (BR).

(Continua na página seguinte)

(54) Title : THRUST-STABILISED MAGNETIC LEVITATION ULTRACENTRIFUGE

(54) Título : ULTRACENTRÍFUGA DE LEVITAÇÃO MAGNÉTICA ESTABILIZADA POR EMPUXO

Figura 1



(57) Abstract : A thrust-stabilised magnetic levitation ultracentrifuge comprises a magnetic levitation homopolar motor formed by a lower cylindrical magnet (1) that carries two parallel bismuth or graphite cylinders (2) with a rotor (3) located in a vacuum therebetween and comprising a lower electrically insulating disk (4) and two parallel cylindrical magnets (5 and 6) made of NbFeB (neodymium, iron and boron) or AlNiCo (aluminium, nickel and cobalt) interconnected by a hollow steel cylinder (7), the inside of which is in communication with the outside through a central vertical channel (8) located inside the upper magnet, and through which the sample to be centrifuged is injected and withdrawn, rotation being caused by the influence of the magnetic field on the electric current (9) that flows through the mercury or gallium (10) that fills the inside of the upper metal recipient (11) up to the positive pole (12) attached to the metal frame (13). The present invention is applicable in the fields of centrifuges and ultracentrifuges for industrial or domestic use.

(57) Resumo :

(Continua na página seguinte)



WO 2012/174624 A1

- (81) **Estados Designados** (*sem indicação contrária, para todos os tipos de proteção nacional existentes*) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Estados Designados** (*sem indicação contrária, para todos os tipos de proteção regional existentes*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasiático (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), Europeu (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Publicado:**
- *com relatório de pesquisa internacional (Art. 21(3))*

Ultracentrífuga de levitação magnética estabilizada por empuxo, constituída por um motor homopolar de levitação magnética formado por um ímã cilíndrico inferior (1), apresentando sobre si dois cilindros paralelos de bismuto ou grafite (2), entre os quais se situa, no vácuo, um rotor (3) constituído por um disco isolante elétrico inferior (4) e por dois ímãs cilíndricos paralelos (5 e 6) de NbFeB (neodímio, ferro e boro) ou AlNiCo (alumínio, níquel e cobalto) unidos entre si por meio de um cilindro oco de aço (7), cuja parte interna se comunica com o exterior através de um canal central vertical (8) dentro do ímã superior, por onde se injeta e se retira a amostra a ser centrifugada, que gira devido ao efeito do campo magnético sobre a corrente (9) elétrica que percorre o mercúrio ou gálio (10), o rotor (3) e o recipiente metálico (11) superior contendo mercúrio ou gálio até atingir o pólo positivo (12) solidário à carcaça metálica (13). A presente invenção tem aplicação nas áreas de centrífugas e ultracentrífugas para uso industrial ou doméstico

## ULTRACENTRÍFUGA DE LEVITAÇÃO MAGNÉTICA ESTABILIZADA POR EMPUXO

### Campo de Invenção

5

A presente invenção tem aplicação nas áreas de centrífugas e ultracentrífugas para uso industrial ou doméstico.

10 A presente invenção refere-se a uma ultracentrífuga constituída por um motor homopolar usado para centrifugar e separar os constituintes de soluções líquidas, coloidais ou radioisótopos.

### Antecedentes

15 As centrífugas e ultracentrífugas usadas industrialmente giram em torno de um eixo mecânico que gera uma força centrífuga relativa com capacidade de sedimentar sólidos de líquidos ou líquidos imiscíveis de diferentes densidades, separando-os.

20 Após certo tempo de uso, estas exigem manutenção dos seus mancais devido ao desgaste causado pelo atrito entre o rotor e as peças fixas do motor. Além disso, têm velocidades limitadas, também pelo motivo anterior. Alguns modelos de motores ou ultracentrífugas de levitação magnética comerciais têm seu funcionamento baseado na repulsão de ímãs de pólos iguais para suspender o rotor das partes fixas (estator) na região dos seus mancais (Patente n° BR **0804447-3**) ou pela combinação  
25 de mancais de ímãs permanentes com bobinas que geram campos magnéticos produzidos por correntes elétricas com a finalidade de controlar e estabilizar a levitação do rotor (Patente n° US **3512852j**; Patente n° US **4585282**; Patente n° US **3888553**). O grande problema dos motores de levitação magnética anteriores é que a estabilização do rotor utiliza  
30 exclusivamente bobinas de fios condutores controlados por circuitos eletrônicos que consomem energia na estabilização do rotor, neutralizando variações da inclinação do rotor durante o seu giro. Oscilações no eixo de giro do rotor (presseção do rotor como ocorre com o pião de brinquedo ao reduzir a sua velocidade de giro), devem-se a não homogeneidade  
35 intrínsecas dos materiais, causando desbalanceamento do rotor. Oscilação no rotor durante a sua rotação pode também ocorrer quando o motor é deslocado de um lugar para o outro ou quando há mudanças de nivelamento da superfície ou quando a superfície é abalada ou sofre vibração. Caso haja um destes fatores acima o rotor em alta velocidade e

em levitação pode tocar o estator acidentalmente resultando em destruição do motor. O problema da estabilização de giro de levitação por campos eletromagnéticos é que o circuito que o comanda, além de complexo, consome muita energia para estabilizar o rotor. Além disso, caso haja uma pane no circuito eletrônico que comanda a estabilização, o rotor levitante em alta velocidade poderá bater no estator causando destruição no motor caso haja vibração ou deslocamento do motor como um todo.

Além disso, outro inconveniente é o tempo de resposta a perturbações de giro do rotor. Em grandes velocidades o circuito eletrônico não poderá responder a rápidas oscilações do eixo, podendo resultar em acidentes.

O problema acima pode ser evitado pela combinação de ímãs permanentes e materiais que naturalmente repelem ímãs e ao mesmo tempo é líquido e moldável, como o mercúrio e o gálio, que também atuam como condutor de eletricidade, garantindo estabilidade ao rotor levitante pela adição do empuxo entre a base do rotor metal líquido (mercúrio ou gálio). O empuxo é uma força que dá sustentação ao avião e estabiliza os navios sobre o mar. Neste caso, o rotor levitará pelas forças de repulsão magnética (pólos de mesmo tipo) e terá sua estabilidade garantida pela força de empuxo em sua base. Esta última contrabalanceará instantaneamente qualquer desequilíbrio sofrido pelo rotor durante o seu giro pelo princípio de ação e reação, amortecendo-o e a necessidade de gasto de energia como acontece com a estabilização eletrônica.

Em termos simples, a presente invenção utiliza o mesmo princípio das centrífugas, com a diferença de que não gira em torno de um eixo mecânico, mas sim de um eixo magnético estabilizado pelo empuxo resultando em maior economia tanto em manutenção quanto em energia e reduzindo possíveis acidentes causados por instabilidades no giro do rotor levitante.

### Objetivos

O objetivo desta invenção é criar uma ultracentrífuga com baixo índice de manutenção (alta disponibilidade e mantenedibilidade), que exija menos energia e complete seu trabalho com mais rapidez e eficiência.

### Solução

A engenharia apresentada nesta invenção considera a solução da frequente manutenção dos mancais devido ao atrito citado e o consumo elevado de energia.

5 Esta invenção apresenta os metais líquidos à temperatura ambiente (por exemplo: mercúrio ou gálio) como solução das eventuais instabilidades presentes pelo rotor levitante durante o giro graças ao efeito de empuxo na região de interface entre a base do rotor e o metal líquido. Ocorre uma levitação e uma estabilidade baseadas na repulsão entre ímãs de NdFeB ou AlNiCo e materiais líquidos altamente diamagnéticos como o  
10 mercúrio ou o gálio.

O consumo de energia e o atrito são amenizados pela presença do mercúrio e o gálio como condutor elétrico entre a parte móvel (rotor) e a parte fixa do motor, que também atua como amortecedor ou estabilizador de eventuais oscilações na inclinação do eixo de giro do rotor pelo efeito da ação e reação causado pelo empuxo entre a base do rotor e  
15  $\Psi$ mercúrio ou gálio em fase líquida impedindo possíveis acidentes.

### Descrição Detalhada

20 A disponibilidade de ímãs de grande força (NdFeB - Liga de Neodímio, Ferro e Boro; AlNiCo - Liga de Alumínio, Níquel, Cobalto) torna possível a construção deste pequeno e económico aparelho de flutuação de ar, com o grafite e o bismuto como ímãs diamagnéticos. Materiais diamagnéticos repelem ambos os pólos magnéticos. A força da gravidade  
25 que age sobre ele é quase completamente anulada pela força de atração de um ímã que se encontra na parte inferior do motor. Duas placas de grafite ou bismuto, uma acima e outra abaixo do ímã NdFeB ou AlNiCo, força este último a manter uma posição de equilíbrio estável, já que ambos os pólos do ímã são repelidos pelas placas de grafite ou bismuto  
30 (diamagnetismo).

Nas figuras 1 e 2 os numerais se referem a:

1. Ímã cilíndrico inferior;
2. Cilindros paralelos de grafite pirolítico ou bismuto;
3. Rotor constituído por dois ímãs cilíndricos de NbFeB ou AlNiCo;
- 35 4. Isolante elétrico inferior.
5. e 6. ímãs cilíndricos paralelos de NbFeB (Neodímio, Ferro e Boro)
7. Cilindro oco de aço (compartimento da ambstra);
8. Canal central dentro do ímã superior;
9. Corrente elétrica;

10. Mercúrio e o gálio;
11. Recipiente metálico superior contendo mercúrio e o gálio;
12. Pólo positivo da bateria;
13. Carcaça feita de cobre, alumínio, latão ou material plástico

5

Na Figura 2 vê-se, respectivamente, a vista inferior (em corte) e superior (com um rasgo no cilindro superior de grafite pirolítico ou bismuto para melhor visualização do rotor).

10 A invenção é constituída por um motor homopolar de levitação magnética formado por um ímã cilíndrico inferior (1), apresentando sobre si dois cilindros paralelos de bismuto ou grafite (2), entre os quais se situa, no vácuo, um rotor (3) constituído por um disco isolante elétrico inferior (4) e por dois ímãs cilíndricos paralelos (5 e 6) de NbFeB (Neodímio, Ferro e Boro) ou AlNiCo (Alumínio, Níquel e Cobalto) unidos entre si por meio de  
15 um cilindro oco de aço (7), cuja parte interna se comunica com o exterior através de um canal central vertical (8) dentro do ímã superior, por onde se injeta e se retira a amostra a ser centrifugada, que gira devido ao efeito do campo magnético sobre a corrente (9) elétrica que percorre o mercúrio ou gálio (10), o rotor (3) e o recipiente metálico (11) superior contendo  
20 mercúrio ou gálio até atingir o pólo positivo (12) solidário à carcaça metálica (13).

## REIVINDICAÇÕES

- 5 1. ULTRACENTRÍFUGA DE LEVITAÇÃO MAGNÉTICA, ESTABILIZADA  
POR EMPUXO caracterizada por conter um motor homopolar de levitação  
magnética formado por um ímã cilíndrico inferior (1), apresentando sobre si dois  
cilindros paralelos de bismuto ou grafite (2), entre os quais se situa, no vácuo, um  
rotor (3) constituído por um disco isolante elétrico inferior (4) e por dois imãs  
10 cilíndricos paralelos (5 e 6) unidos entre si por meio de um cilindro oco de aço (7),  
cuja parte interna se comunica com o exterior através de um canal axial vertical  
(8) dentro do ímã superior e o recipiente metálico (11) superior preenchido com  
um metal líquido até atingir o pólo positivo (12) solidário à carcaça metálica (13).
- 15 2. ULTRACENTRÍFUGA DE LEVITAÇÃO MAGNÉTICA ESTABILIZADA  
POR EMPUXO conforme reivindicação 1 caracterizada pelos dois imãs  
cilíndricos paralelos (5 e 6) serem de NbFeB (Neodímio, Ferro e Boro) ou de  
AlNiCo (Alumínio, Níquel e Cobalto).
- 20 3. ULTRACENTRÍFUGA DE LEVITAÇÃO MAGNÉTICA ESTABILIZADA  
POR EMPUXO conforme reivindicação 1 ou 2 caracterizada pelo recipiente  
metálico (11) superior conter mercúrio.
- 25 4. ULTRACENTRÍFUGA DE LEVITAÇÃO MAGNÉTICA ESTABILIZADA  
POR EMPUXO conforme reivindicação 1 ou 2 caracterizada pelo recipiente  
metálico (11) superior conter gálio.

Figura 1

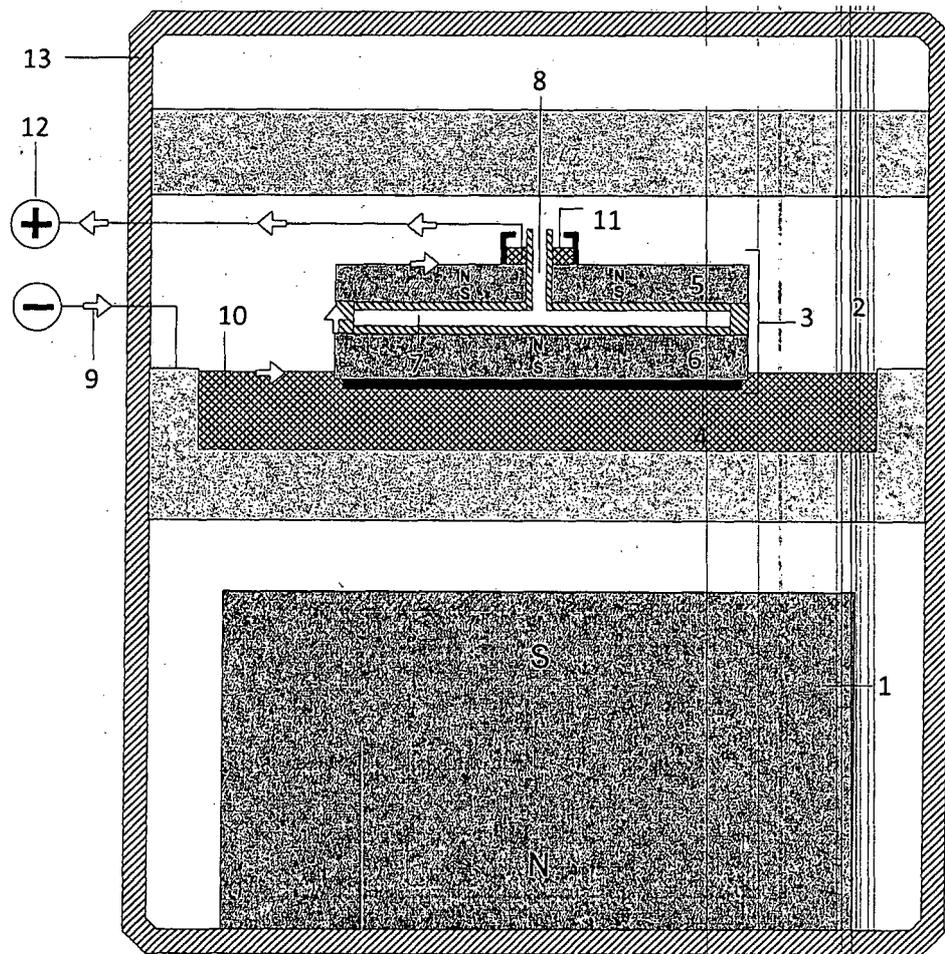
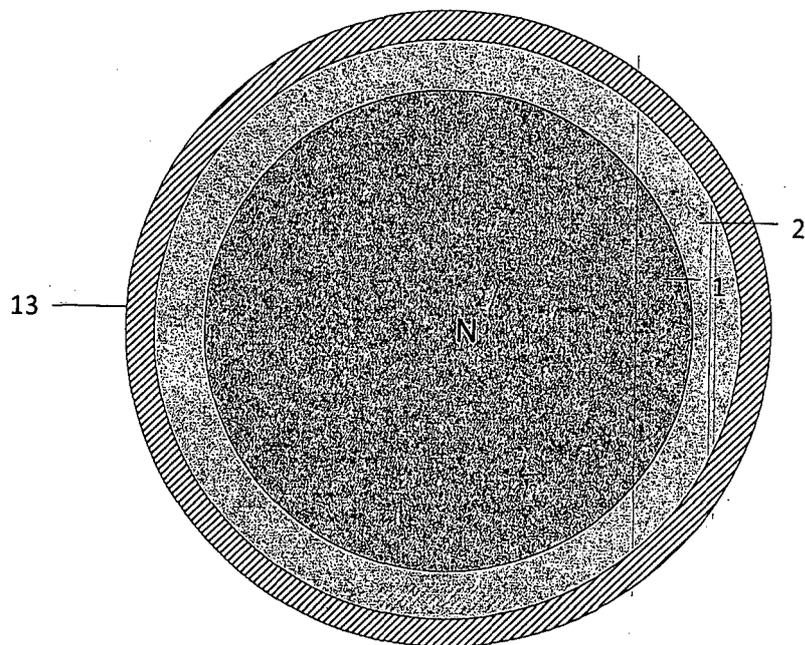
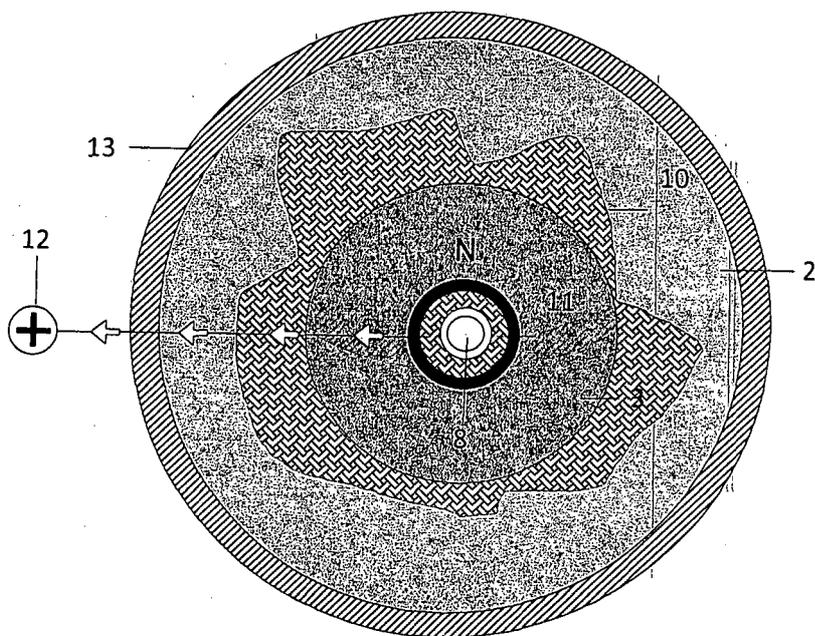


Figura 2

Vista inferior (em corte horizontal)



Vista superior (com rasgo)



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/BR2012/000202

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <b>F16C39/06 (2006.01), F16C32/04 (2006.01)</b>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) <b>IPC2006: F16C 39/06; F16C 32/04</b>		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <b>Banco de Patentes do INPI; SINPI</b>		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) <b>EPODOC; ESPACENET</b>		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<b>BR PI0804447 A2 (BATISTA JULIO CESAR [BR])</b> <b>13 July 2010 (2010-07-13)</b>	<b>1 a 4</b>
A	----- <b>US 3512852 A (ATOMIC ENERGY COMMISSION)</b> <b>19 May 1970 (1970-05-19)</b>	<b>1 a 4</b>
A	----- <b>US 4585282 A (BOSLEY ROBERT W)</b> <b>29 April 1986 (1986-04-29)</b> -----	<b>1 a 4</b>
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
* Special categories of cited documents:		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date		"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)		"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search <b>01 October 2012</b>	Date of mailing of the international search report <b>10 October 2012</b>	
Name and mailing address of the ISA/ BR <b>INPI</b> INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL Rua Sao Bento n° 1, 17° andar cep: 20090-010, Centro - Rio de Janeiro/RJ Facsimile No. +55 21 3037-3663	Authorized officer <b>Edson dos Santos Fiúza</b> Telephone No. +55 21 3037-3493/3742	

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.

**PCT/BR20 12/000202**

**BR. PI0804447A2**

**2010-07-13**

**None**

-----  
**US 3512852 A**

-----  
**1970-05-19**

-----  
**None**

-----  
**US 4585282 A**

-----  
**1986-04-29**

-----  
**None**

**RELATÓRIO DE PESQUISA INTERNACIONAL**

Depósito internacional N°

**PCT/BR20 12/000202**

**A. CLASSIFICAÇÃO DO OBJETO**

**F16C39/06 (2006.01), F16C32/04 (2006.01)**

De acordo com a Classificação Internacional de Patentes (IPC) ou conforme a classificação nacional e IPC

**B. DOMÍNIOS ABRANGIDOS PELA PESQUISA**

Documentação mínima pesquisada (sistema de classificação seguido pelo símbolo da classificação)

**IPC2006: F16C 39/06; F16C 32/04**

Documentação adicional pesquisada, além da mínima, na medida em que tais documentos estão incluídos nos domínios pesquisados

**Banco de Patentes do INPI; SINPI**

Base de dados eletrônica consultada durante a pesquisa internacional (nome da base de dados e, se necessário, termos usados na pesquisa)

**EPODOC; ESPACENET**

**C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES**

Categoria*	Documentos citados, com indicação de partes relevantes, se apropriado	Relevante para as reivindicações N°
A	<b>BR PI0804447 A2 (BATISTA JULIO CESAR [BR]) 13 julho 2010 (2010-07-13)</b> -----	<b>1 a 4</b>
A	<b>US 3512852 A (ATOMIC ENERGY COMMISSION) 19 maio 1970 (1970-05-19)</b> -----	<b>1 a 4</b>
A	<b>US 4585282 A (BOSLEY ROBERT W) 29 abril 1986 (1986-04-29)</b> -----	<b>1 a 4</b>

Documentos adicionais estão listados na continuação do quadro C

Ver o anexo de famílias das patentes

\* Categorias especiais dos documentos citados:

"A" documento que define o estado geral da técnica, mas não é considerado de particular relevância.

"E" pedido ou patente anterior, mas publicada após ou na data do depósito internacional

"L" documento que pode lançar dúvida na(s) reivindicação(ões) de prioridade ou na qual é citado para determinar a data de outra citação ou por outra razão especial

"O" documento referente a uma divulgação oral, uso, exibição ou por outros meios.

"P" documento publicado antes do depósito internacional, porém posterior a data de prioridade reivindicada.

"T" documento publicado depois da data de depósito internacional, ou de prioridade e que não conflita com o depósito, porém citado para entender o princípio ou teoria na qual se baseia a invenção.

"X" documento de particular relevância, a invenção reivindicada não pode ser considerada nova e não pode ser considerada envolver uma atividade inventiva quando o documento é considerado isoladamente.

"Y" documento de particular relevância; a invenção reivindicada não pode ser considerada envolver atividade inventiva quando o documento é combinado com um outro documento ou mais de um, tal combinação sendo óbvia para um técnico no assunto.

"&" documento membro da mesma família de patentes.

Data da conclusão da pesquisa internacional

**01 Outubro de 2012**

Data do envio do relatório de pesquisa internacional:

**10 10 12**

Nome e endereço postal da ISA/BR



**INSTITUTO NACIONAL DA  
PROPRIEDADE INDUSTRIAL**  
Rua Sao Bento n° 1, 17° andar  
cep: 20090-010, Centro - Rio de Janeiro/RJ  
+55 21 3037-3663

N° de fax:

Funcionário autorizado

**Edson dos Santos Fiúza**

N° de telefone:

**+55 21 3037-3493/3742**

**RELATÓRIO DE PESQUISA INTERNACIONAL**  
Informação relativa a membros da família de patentes

Depósito internacional N°  
**PCT/BR201 2/000202**

Documentos de patente citados no relatório de pesquisa	Data de publicação	Memhro(s) da família de patentes	Data de publicação
<b>BR PI0804447 A2</b> -----	<b>201 0-07- 13</b> -----	<b>Nenhum</b> -----	-----
<b>US 35 12852 A</b> -----	<b>1970-05- 19</b> -----	<b>Nenhum</b> -----	-----
<b>US 4585282 A</b> -----	<b>1986-04-29</b> -----	<b>Nenhum</b> -----	-----