

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: <b>2006.07.11</b>	(73) Titular(es): <b>THALES</b> <b>45 RUE DE VILLIERS 92200 NEUILLY SUR SEINE</b> <b>FR</b>
(30) Prioridade(s): <b>2005.07.13 FR 0552175</b>	
(43) Data de publicação do pedido: <b>2008.03.26</b>	(72) Inventor(es): <b>MICHEL LEVEQUE</b> <b>FR</b> <b>ERIC VOURCH</b> <b>FR</b> <b>JACQUES MAUREL</b> <b>FR</b>
(45) Data e BPI da concessão: <b>2014.12.31</b> <b>067/2015</b>	(74) Mandatário: <b>JOÃO LUÍS PEREIRA GARCIA</b> <b>RUA CASTILHO, 167 2º 1070-050 LISBOA</b> <b>PT</b>

(54) Epígrafe: **ANTENA DE REDE CON REFLECTOR(ES) CONFORMADO(S), ALTAMENTE RECONFIGURÁVEL EM ÓRBITA**

(57) Resumo:

UMA ANTENA DE REDE A REFLECTOR(ES) (AR) COMPREENDE I) UMA REDE (RS) DE PELO MENOS DUAS FONTES (S1-S5), EM QUE UMA É FONTE CENTRAL (S1), DISPOSTAS E LOCALIZADAS DE FORMA QUE EMITAM E/OU RECEBAM UNS FEIXES (F1-F5) NUMAS DIRECÇÕES ESCOLHIDAS, II) UNS MEIOS DE FORMAÇÃO DE FEIXES RESPONSÁVEIS POR CONTROLAR A AMPLITUDE E A FASE DE CADA UMA DAS FONTES ATRAVÉS DE LEIS DE AMPLITUDE/FASE APLICADAS SOBRE OS SEUS ACESSOS E DE ASSEGURAR UM NÍVEL DE AMPLIFICAÇÃO APROPRIADO, COM A FINALIDADE DE CADA FONTE (S1-S5) EMITA UM DIAGRAMA DE RADIAÇÃO ESCOLHIDO (QUE CONSTITUI UM FEIXE E QUE COMPREENDE UM LÓBULO PRINCIPAL) DESTINADO A COBRIR UMA ZONA ESCOLHIDA (Z1-Z5), E III) PELO MENOS UM REFLECTOR (RC) FORNECIDO DE UMA SUPERFÍCIE (SU); APROPRIADA PARA REFLECTIR OS FEIXES PROPORCIONADOS PELAS FONTES E/OU DESTINADOS A ESTAS E CONFORMADO DE FORMA TRIDIMENSIONAL DE FORMA QUE REFLECTA O FEIXE PROPORCIONADO POR CADA FONTE (S1-S5) ESTENDENDO A SUA ENERGIA DE FORMA QUE CUBRA A ZONA ASSOCIADA ESCOLHIDA, QUE LÓBULO PRINCIPAL DO DIAGRAMA DE RADIAÇÃO ASSOCIADO À FONTE CENTRAL (S1) DEFINA UMA COBERTURA PRIMÁRIA (CP) QUE ENGLOBA INTEGRALMENTE CADA ZONA DE COBERTURA ACTIVA (ZC1, ZC2) DA ANTENA (AR), DEFORME DIMENSÕES ESCOLHIDAS, E QUE O LÓBULO PRINCIPAL DO DIAGRAMA DE RADIAÇÃO ASSOCIADO A CADA FONTE NO CENTRAL (S2-S5) RECOBRE PELO MENOS PARCIALMENTE A COBERTURA PRIMÁRIA (CP).

**RESUMO****ANTENA DE REDE CON REFLECTOR(ES) CONFORMADO(S), ALTAMENTE RECONFIGURÁVEL EM ÓRBITA**

Uma antena de rede a reflector(es) (AR) compreende i) uma rede (RS) de pelo menos duas fontes (S1-S5), em que uma é fonte central (S1), dispostas e localizadas de forma que emitam e/ou recebam uns feixes (F1-F5) numas direcções escolhidas, ii) uns meios de formação de feixes responsáveis por controlar a amplitude e a fase de cada uma das fontes através de leis de amplitude/fase aplicadas sobre os seus acessos e de assegurar um nível de amplificação apropriado, com a finalidade de cada fonte (S1-S5) emita um diagrama de radiação escolhido (que constitui um feixe e que compreende um lóbulo principal) destinado a cobrir uma zona escolhida (Z1-Z5), e iii) pelo menos um reflector (RC) fornecido de uma superfície (SU); apropriada para reflectir os feixes proporcionados pelas fontes e/ou destinados a estas e conformado de forma tridimensional de forma que reflecta o feixe proporcionado por cada fonte (S1-S5) estendendo a sua energia de forma que cubra a zona associada escolhida, que lóbulo principal do diagrama de radiação associado à fonte central (S1) defina uma cobertura primária (CP) que engloba integralmente cada zona de cobertura activa (ZC1, ZC2) da antena (AR), deforme dimensões escolhidas, e que o lóbulo principal do diagrama de radiação associado a cada fonte no central (S2-S5) recobre pelo menos parcialmente a cobertura primária (CP).

## DESCRIÇÃO

### **ANTENA DE REDE CON REFLECTOR(ES) CONFORMADO(S), ALTAMENTE RECONFIGURÁVEL EM ÓRBITA**

A invenção refere-se às antenas de redes com reflector(es), embarcadas em satélites e destinadas a transmitir e/ou receber uns feixes de ondas electromagnéticas.

Entende neste caso por "antena de rede com reflector(es)" uma antena composta de um conjunto de fontes (ou elementos radiantes), que definem uma rede, e de um ou vários reflectores.

As antenas de redes com reflectores antes mencionadas são particularmente interessantes devido a que permitem formar e posicionar um ou vários feixes radiantes para uma ou várias coberturas dadas. Esta formação de feixes é realizada mediante o controlo da amplitude e/ou da fase nas fontes.

A capacidade de modificar a posição e a forma das coberturas em órbita (duplamente reconfigurável) é particularmente interessante principalmente para ter em conta a evolução do tráfego, para tomar o relevo de um satélite avariado, ou no caso de mudança de posição sobre o arco orbital com conservação do balanço da ligação sobre uma zona determinada. Com a finalidade de permitir que seja duplamente reconfigurável, as três soluções apresentadas no presente documento a seguir são as mais frequentemente utilizadas.

Uma primeira solução consiste em utilizar uma antena de rede activa de radiação directa (ou DRA), isto é, desprovida de reflector. Este tipo de antena de rede oferece uma muito boa capacidade de ser duplamente reconfigurável, mas necessita um grande número de controlos

o que transforma frequentemente em proibitivo o seu custo e o seu peso. Além disso, na emissão, o reduzido rendimento do amplificador que está associado a cada um dos controlos da DRA induz uma dissipação frequentemente incontornável.

Uma segunda solução consiste em utilizar uma rede de fontes no plano focal ou na proximidade do plano focal de um reflector parabólico não conformado (ou FAFR). Esta solução descreve-se principalmente no documento de patente US 4.965.587. Com a finalidade de cobrir uma zona determinada, a rede de fontes dimensiona-se de forma que cada uma das fontes contribua para uma parte da cobertura total. A posição das fontes está directamente ligada à zona a cobrir. É determinada de forma geométrica aplicando o princípio de reflexão sobre o reflector. Devem otimizar-se as leis de amplitude/fase dos diferentes controlos para se combinarem os feixes proporcionados pelas fontes dando um diagrama de radiação adaptado a cada zona a cobrir. Caso não se pretenda cobrir mais do que uma das zonas, previstas inicialmente, não se utiliza mais do que a parte da rede correspondente. A dinâmica de amplitude aplicada aos elementos radiantes é importante, o que torna frequentemente necessário, na emissão, a utilização de um dispositivo de equilibrado da potência entre os amplificadores (denominado MPA).

O facto de que cada uma das fontes esteja directamente ligada a uma parte da cobertura, por um lado, impõe uma redundância nos amplificadores com a finalidade de evitar a perda desta zona no caso de avaria parcial e, por outro lado, induz um número de fontes (e frequentemente de controlos) directamente ligado ao tamanho da cobertura. A arquitectura de formação dos feixes transforma-se assim em particularmente complexa, induz umas perdas suplementares ligadas à presença do MPA e implica um volume e massa bastante elevados.

Uma terceira solução, variante da segunda, propôs-se

no documento de patente US 2004/0222932. Consiste em colocar uma rede de fontes no plano focal de um reflector cuja superfície reflectante esteja conformada de forma que aumente a zona de cobertura para cada feixe apresenta um diagrama de radiação "plano" no lóbulo principal proporcionado pela fonte elemental. O princípio continua sendo o mesmo que o descrito no presente documento anteriormente, não fazendo cada fonte mais do que contribuir para uma parte da cobertura. Devido à ampliação dos feixes elementares introduzida pela conformação do reflector, pode assim reduzir-se o número de fontes necessárias na amostragem da cobertura, o que permite diminuir o número dos controlos da antena.

Nenhuma solução conhecida dá uma satisfação completa em termos de custo e/ou de peso e/ou de simplicidade dos controlos e/ou de capacidade de ser reconfigurável em órbita, a invenção tem assim por objectivo melhorar a situação.

Propõe com esta finalidade uma antena de rede com reflector(es) que compreende i) uma rede de pelo menos duas fontes, em que uma fonte se denomina central, dispostas e localizadas de forma que emitam (ou recebam) uns feixes de ondas electromagnéticas numas direcções escolhidas, ii) uns meios de formação de feixes que permitam controlar a amplitude e a fase de cada uma das fontes através de leis de amplitude/fase aplicadas sobre os seus acessos e de assegurar um nível de amplificação apropriado, com a finalidade de que cada fonte emita um diagrama de radiação escolhido (que constitui um feixe que compreende um lóbulo principal) destinado a cobrir uma zona escolhida, e iii) um ou vários reflectores responsáveis por reflectir os feixes proporcionados pelas fontes (ou em direcção destas fontes).

Esta antena de rede com reflector(es) caracteriza-se pelo facto de que:

- a superfície de pelo menos um dos seus reflectores está conformada de forma tridimensional (3D) de forma que reflecta o feixe que se lhe proporciona por cada fonte estendendo a sua energia com a finalidade de que cubra a zona associada escolhida, que o lóbulo principal do diagrama de radiação associado à fonte central defina uma cobertura denominada primária que engloba integralmente cada zona de cobertura activa da antena, de forma e dimensões escolhidas, e que o lóbulo principal do diagrama de radiação associado a cada fonte não central recubra pelo menos parcialmente a cobertura primária, e
- os seus meios de formação de feixes são responsáveis por aplicar aos acessos da rede de fontes uma lei de amplitude e/ou de fase escolhida de forma que a combinação dos feixes proporcionados pelas fontes da rede defina cada uma de umas zonas de cobertura activa da antena.

A antena de rede com reflector(es) segundo a invenção pode compreender outras características que se podem tomar separadamente ou em combinação, e principalmente:

- as suas fontes podem-se localizar ou então no plano focal do reflector, ou quer fora deste, em qualquer forma diante do reflector;
- as fontes podem estar constituídas por um elemento radiante de não importa o tipo (por exemplo de corneta circular ou rectangular, elemento impresso (ou "patch"), ranhura ou hélice) que funcione em emissão e/ou em recepção e em não importa que tipo de polarização;
- a superfície de um dos seus reflectores apresenta preferentemente uma forma geral de tipo paraboloide conformada de forma tridimensional;
- um pelo menos dos seus reflectores pode compreender um mecanismo de registo responsável por modificar a

posição do lóbulo principal associado à fonte central da rede.

Surgirão outras características e vantagens da invenção com o exame da descrição detalhada a seguir, e de as figuras anexas, em que:

- a figura 1 ilustra de forma muito esquemática e funcional um exemplo de realização de uma antena de rede com reflector(es) segundo a invenção, e
- a figura 2 ilustra de forma esquemática o princípio de formação de zonas de cobertura activa através de uma antena de rede com reflector(es) segundo o presente inventor.

As figuras anexas poderiam servir não apenas para completar a invenção, mas também contribuir a sua definição, se for o caso.

Faz-se referência inicialmente à figura 1 para descrever uma antena de rede com reflector(es) AR segundo a invenção.

Doravante, considera-se a título de exemplo não limitativo que a antena de rede com reflector(es) AR está dedicada à transmissão apenas de feixes de ondas electromagnéticas, que não compreende mais do que um único reflector AR, que a sua rede RS não compreende mais do que cinco fontes SI ( $i=1$  a 5) e que não oferece mais do que duas zonas de cobertura activa (ZC1 e ZC2). No entanto, a invenção não está limitada a esta aplicação. Com efeito, a antena de rede com reflector(es) segundo a invenção pode funcionar em transmissão, ou em recepção, ou inclusive em transmissão e em recepção, e/ou pode compreender vários reflectores, e/ou poder compreender uma rede composta de um número qualquer de fontes, e/ou pode oferecer mais do que duas zonas de cobertura activas. Uma antena desse tipo tem como disposição principal estar embarcada num satélite de telecomunicação.

Uma antena (de rede com reflector(es)) AR segundo a

invenção compreende inicialmente uma rede RS constituída por pelo menos duas fontes  $S_i$  dispostas e localizadas de forma que proporcionem uns feixes de ondas electromagnéticas  $F_i$  (que compreende uns sinais) numas direcções escolhidas. O número  $N$  de fontes  $S_i$  da rede RS, o posicionamento das fontes  $S_i$  em relação umas com as outras, o tipo de fontes  $S_i$  e as orientações respectivas das fontes  $S_i$  se escolhem em função da missão que se atribui à antena AR. Considera-se doravante, a título de exemplo não limitativo, que o número  $N$  de fontes  $S_i$  é igual a 5 ( $i = 1$  a 5), mas este número  $N$  pode tomar não importa qual o valor superior ou igual a dois.

Entre as fontes  $S_i$ , uma (neste caso  $S_1$ ) denomina-se central, por exemplo devido a que se encontra colocada substancialmente em metade da rede RS.

Cada fonte  $S_i$  da rede RS pode estar constituída por um elemento radiante de não importa qual o tipo, e por exemplo uma corneta circular ou rectangular, um "patch" (elemento impresso), uma "ranhura" ou uma hélice, podendo funcionar em emissão e/ou em recepção e em não importa que tipo de polarização.

A antena AR compreende igualmente um módulo de formação de feixes MFF responsável por aplicar umas leis de amplitude e/ou de fase e de amplificar de forma apropriada os sinais de cada uma das  $N$  fontes  $S_i$  da rede RS, com a finalidade de que cada fonte  $S_i$  emita um diagrama de radiação escolhido (que constitui um feixe  $F_i$  e que compreende um lóbulo principal) destinado a cobrir uma zona escolhida  $Z_i$ . É possível pôr em prática com esta finalidade todas as técnicas de aplicação de leis de amplitude/fase e amplificação conhecidas para o especialista na técnica.

A antena AR compreende igualmente um reflector RC fornecido de uma superfície SU constituída de forma tridimensional (3D). Esta conformação em 3D, que se apresenta na forma de buracos e de ressaltos colocados em

locais escolhidos da superfície SU, destina-se a reflectir o feixe  $F_i$  que é proporcionado por cada fonte  $S_i$  enquanto se desenvolve a sua energia de forma, numa primeira parte, que cubra a zona escolhida  $Z_i$  associada, numa segunda parte, que o lóbulo principal do diagrama de radiação associado à fonte central  $S_1$  defina uma cobertura denominada primária CP que engloba integralmente cada zona de cobertura activa  $ZC_j$  da antena AR, de forma e dimensões escolhidas, e numa terceira parte, que o lóbulo principal do diagrama de radiação associado a cada fonte não central  $S_i$  ( $i \neq 1$ ), e assim cada zona  $Z_i$  ( $i \neq 1$ ), recubra pelo menos parcialmente a cobertura primária CP à altura da zona  $ZIC_i$  de intersecção.

Entende-se neste caso por "zona de cobertura activa" uma zona em que as ondas electromagnéticas transmitidas pela antena AR devem-se poder receber através de um receptor apropriado.

A zona  $Z_1$  (definida pelo lóbulo principal do diagrama de radiação proveniente da fonte central  $S_1$  da rede RS) define assim uma cobertura denominada primária CP. Cada ponto desta cobertura primária CP localiza-se assim em pelo menos uma zona de intersecção  $ZIC_i$ , e preferentemente em várias zonas de intersecção  $ZIC_i$ . Noutros termos, cada ponto da cobertura primária CP está coberto pelo lóbulo principal do feixe  $F_1$  da fonte central  $S_1$  e por um ou vários lóbulos principais dos feixes  $F_i$  ( $i \neq 1$ ) associados a outras fontes  $S_i$  ( $i \neq 1$ ) da rede RS.

A componente da antena no interior da cobertura primária CP associa-se desse modo grandemente ao de uma rede de radiação directa (DRA).

Como foi indicado no presente documento anteriormente, é no interior da cobertura primária CP onde se podem definir as zonas de cobertura activa  $ZC_j$  da antena AR através de umas leis e amplificações aplicadas mediante o módulo de formação de feixes MFF. No exemplo não limitativo

ilustrado na figura 2, a antena AR é concebida de forma que ofereça duas zonas de cobertura activa ZC1 e ZC2 ( $j = 1$  ou  $2$ ). No entanto, a antena AR poderia ser concebida de forma que ofereça mais de duas zonas de cobertura activa ZCj, ou então uma única.

A conformação do reflector RC que permite ampliar os feixes  $F_i$  calcula-se em função da missão, sendo que é esta a que vai definir a envolvente da cobertura primária CP que deve conter as diferentes zonas de cobertura activa ZCj da antena AR. É possível determinar por exemplo a conformação 3D através de funções polinómicas (por exemplo do tipo Spline ou Zernike) aplicadas à superfície de reflexão inicial de tipo parabolóide, com a ajuda de programas adaptados (por exemplo do tipo POS4). Em função da missão, as fontes  $S_i$  colocam-se ou então no plano focal do reflector RC, ou então fora deste plano focal.

O reflector RC pode compreender um mecanismo de registo (não representado nas figuras) destinado a modificar a posição do lóbulo principal que se associa à fonte central  $S_1$  da rede AR.

A antena AR segundo a invenção está particularmente bem adaptada, mesmo que de forma não limitativa:

- a uma cobertura em modo foco simples de elevada necessidade de ser reconfigurável, por exemplo no caso de um satélite reconfigurável em função da sua posição orbital, e
- às missões multi-foco em grandes coberturas, por exemplo no caso de uma amostragem de tipo CONUS através de zonas de cobertura activa (ou focos) de  $0,4^\circ$  de diâmetro.

Graças à invenção, a disposição da rede de fontes está amplamente descorrelacionada com a cobertura da antena porque é a conformação 3D da superfície do reflector a que define a cobertura primária CP no interior da que se pode definir não importa o número de focos (ou zonas de

cobertura activa ZCj) de não importa qual a forma. Isto permite limitar consideravelmente o tamanho da rede e o número de fontes e em consequência isto permite reduzir notavelmente o peso e a complexidade dos controlos com relação a uma solução convencional de reflector parabólico ou com relação a uma solução do tipo DRA.

Por outro lado, não estando já ligada uma fonte à elaboração de uma pequena parte de uma zona de cobertura activa, como no caso de uma solução convencional de reflector parabólico, pode-se obter uma redundância natural através da rede de fontes, embora as consequências de uma avaria parcial estão limitadas.

Além disso, ao reduzir o tamanho da rede de fontes reduzem-se as aberrações de des-focalização, induzem-se naturalmente uns níveis de lóbulos secundários mais baixos (e assim melhores relações C/I) comparadas com as obtidas com uma solução convencional de reflector parabólico. A utilização de reduzidas relações entre a distância focal do sistema de reflector e o diâmetro do reflector principal facilita-se então (principalmente relativamente à implantação num satélite).

A invenção combina desse modo as vantagens de uma antena de tipo DRA (rede de radiação directa), a saber uma elevada capacidade para ser reconfigurável e uma redundância natural, e as vantagens de uma antena de tipo FAFR, a saber uma elevada directividade obtida graças à superfície conformada do reflector, enquanto se evitam os inconvenientes destes dois tipos de antenas, a saber o número muito grande de controlos que contribui amplamente ao peso e ao custo, a perda de eficácia ligada aos lóbulos das redes no caso de uma antena DRA, a perda de cobertura em caso de avarias e o tamanho da rede de fontes função da cobertura desenhada no caso de uma antena FAFR.

A invenção não se limita aos modos de realização de antena de rede com reflector(es) descritos anteriormente,

somente a título de exemplo, mas sim que engloba todas as variantes que possa conceber o especialista na técnica no âmbito das reivindicações que se seguem.

Desse modo, em que precede se descreveu um exemplo de antena de rede com reflector(es) segundo a invenção, dedicada à transmissão de ondas electromagnéticas. No entanto, a invenção não está limitada a este exemplo. Aplica-se em efeito igualmente às antenas de redes com reflector(es) que funcionam em recepção, ou em transmissão e em recepção.

**DOCUMENTOS REFERIDOS NA DESCRIÇÃO**

Esta lista de documentos referidos pelo autor do presente pedido de patente foi elaborada apenas para informação do leitor. Não é parte integrante do documento de patente europeia. Não obstante o cuidado na sua elaboração, o IEP não assume qualquer responsabilidade por eventuais erros ou omissões.

**Documentos de patente referidos na descrição**

- US 4965587 A [0006]
- US 20040222932 A [0008]

Lisboa, 23 de Março de 2015

## REIVINDICAÇÕES

1. Antena (AR) de rede com reflector(es), que compreende i) uma rede (RS) de pelo menos duas fontes (Si), em que uma fonte se denomina central (S1), dispostas e localizadas de forma que emitam e/ou recebam uns feixes de ondas electromagnéticas (Fi) numas direcções escolhidas, ii) uns meios de formação de feixes (MFF) dispostos para controlar a amplitude e a fase de cada uma dessas fontes (Si) através de leis de amplitude/fase aplicadas sobre os seus acessos e para assegurar um nível de amplificação apropriado, com a finalidade de que cada fonte (Si) emita um diagrama de radiação escolhido, que constitui um feixe (Fi) e que compreende um lóbulo principal, destinado a cobrir uma zona escolhida (Zi), e iii) pelo menos um reflector (RC) fornecido de uma superfície (SU) apropriada para reflectir os feixes (Fi) proporcionados por essas fontes (Si) e/ou destinados a essas fontes (Si), **caracterizada por:**

- essa superfície (SU) estar constituída de forma tridimensional, que se apresenta na forma de buracos e de ressaltos colocados em locais escolhidos dessa superfície (SU) de forma que reflecta o feixe (Fi) proporcionado por cada fonte (Si) estendendo a sua energia de forma que cubra a zona associada escolhida (Zi), que o lóbulo principal do diagrama de radiação associado a essa fonte central (S1) defina uma cobertura denominada primária (CP) que engloba integralmente cada zona de cobertura activa (ZCj) da antena (AR), de forma e dimensões escolhidas, e que o lóbulo principal do diagrama de radiação associado a cada fonte não central recubra pelo menos parcialmente a cobertura primária (CP), e
- esses meios de formação de feixes estão dispostos para aplicar aos acessos da rede de fontes (Si) uma lei de amplitude e/ou de fase escolhida de forma que a combinação dos feixes (Fi) proporcionados por essas

fontes (Si) defina cada uma dessas zonas de cobertura activa (ZCj).

2. Antena de rede com reflector(es) de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada por**, essa cobertura primária (CP) englobar integralmente pelo menos uma zona de cobertura activa (ZCj).

3. Antena de rede com reflector(es) de acordo com uma das reivindicações 1 e 2, **caracterizada por**, essa cobertura primária (CP) englobar integralmente pelo menos duas zonas de cobertura activa (ZCj).

4. Antena de rede com reflector(es) de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizada por**, essas fontes (Si) se localizarem num plano focal de um desses reflectores (RC).

5. Antena de rede com reflector(es) de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizada por**, essas fontes (Si) se localizarem fora de um plano focal de um desses reflectores (RC).

6. Antena de rede com reflector(es) de acordo com uma das reivindicações 1 a 5, **caracterizada por**, essa superfície (SU) desse reflector (RC) apresentar uma forma geral de tipo paraboloide constituída de forma tridimensional.

7. Antena de rede com reflector(es) de acordo com uma das reivindicações 1 a 6, **caracterizada por**, um pelo menos desses reflectores compreender um mecanismo de registo disposto para modificar a posição do lóbulo principal associado a essa fonte central (S1) da rede (RS).

8. Antena de rede com reflector(es) de acordo com uma das reivindicações 1 a 7, **caracterizada por**, cada uma dessas fontes (Si) estar constituída por um elemento radiante escolhido num grupo que compreende pelo menos uma corneta circular ou rectangular, um elemento impresso, uma ranhura ou uma hélice.

Lisboa, 23 de Março de 2015

