



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

O PROJETO GALILEO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
PIBIC/INPE – CNPq/MCT

Viviane Cassol Marques (RSU/CIE/INPE – MCT, Bolsista)
E-mail: viviane@lacesm.ufsm.br

Dr. Otavio Santos Cupertino Durão (DMC/INPE – MCT, Orientador)
E-mail: durao@dem.inpe.br

Dr. Nelson Jorge Schuch (CRSPE/INPE – MCT, Co-Orientador)
E-mail: njschuch@lacesm.ufsm.br

Santa Maria, Julho de 2006



DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Bolsista:

Viviane Cassol Marques
Acadêmica de Engenharia Mecânica
Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT-UFSM
Centro de Tecnologia – CT/UFSM
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Processo:

Processo CNPq N° 105400/2005-0

Orientador:

Dr. Otavio Santos Cupertino Durão
Departamento de Mecânica Espacial e Controle – DMC/INPE – MCT

Co-Orientador:

Dr. Nelson Jorge Schuch
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE – MCT

Colaboradores:

Jean Paulo Guarnieri – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Silvano Lucas Prochnow – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Local de Trabalho/Execução do projeto:

Laboratório de Mecânica Fina, Mecatrônica e Antenas – LAMEC/CRSPE/INPE
–MCT, no âmbito da parceria: INPE/MCT – UFSM, através do Laboratório de
Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT/ UFSM



SUMÁRIO

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO _____	2
RESUMO _____	7
CAPÍTULO 1 _____	8
INTRODUÇÃO _____	8
OBJETIVOS DO PROJETO _____	9
CAPÍTULO 2 – SISTEMA GPS _____	10
2.1 ASPECTOS GERAIS _____	10
2.1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS _____	10
2.1.2 O SISTEMA TRANSIT _____	11
2.1.2.1 HISTÓRIA _____	11
2.1.2.2 DESCRIÇÃO _____	12
2.1.2.2.2 OPERAÇÃO DO SISTEMA _____	14
2.1.3 A QUALQUER TEMPO E EM QUALQUER LUGAR _____	15
2.1.4 SEGMENTOS DO SISTEMA _____	17
2.1.4.1 SEGMENTO ESPACIAL _____	17
2.1.4.2 SEGMENTO DE CONTROLE _____	18
2.1.4.3 SEGMENTO DE USUÁRIOS _____	20
2.2 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA GPS _____	21
2.2.1 POSIÇÃO _____	21
2.2.1.1 POR CÓDIGO _____	23
2.2.1.2 POR FASE _____	23
2.3 GPS DIFERENCIAL _____	24
2.3.1 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DGPS _____	24
2.3.2 DGPS NO MUNDO _____	26
2.4 FATORES QUE DIMINUEM A PRECISÃO _____	28



2.4.1 ERRO DE GEOMETRIA DOS SATÉLITES	28
2.4.2 ERROS DE CÓDIGO	30
2.4.3 ERROS DE SISTEMA	30
2.4.3.1 ERRO DOS RELÓGIOS DOS SATÉLITES	30
2.4.3.2 ERRO DOS RELÓGIOS DOS RECEPTORES	31
2.4.3.3 ERRO NAS EFEMÉRIDES DOS SATÉLITES	32
2.4.4 ERROS DEVIDO AOS EFEITOS DA ATMOSFERA	33
2.4.4.1 ATRASO IONOSFÉRICO	33
2.4.4.1 ATRASO TROPOSFÉRICO	35
2.4.5 ERROS RELACIONADOS AO RECEPTOR	39
2.4.5.1 MULTICAMINHO	39
2.4.5.2 RUIDO NOS RECEPTORES	40
CAPÍTULO 3 – SISTEMA GALILEO	41
3.1 INTRODUÇÃO	41
3.2 ASPECTOS POLÍTICOS E PROGRAMÁTICOS	42
3.2.1 A ESTRATÉGIA EUROPÉIA SOBRE O SISTEMA DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITES	42
3.2.2 ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS	44
3.2.3 CAPACIDADE DE OPERAÇÃO COM OUTROS SISTEMAS	45
3.2.4 CERTIFICAÇÃO E PADRONIZAÇÃO	47
3.2.4.1 CERTIFICAÇÃO	47
3.2.4.2 PADRONIZAÇÃO	47
3.2.5 GARANTIA DOS SERVIÇOS OFERECIDOS	48
3.3 SERVIÇOS OFERECIDOS PELO GALILEO	50
3.3.1 GALILEO SATELLITE-ONLY SERVICES	51
3.3.1.1 GALILEO OPEN SERVICE (OS)	52
3.3.1.2 COMMERCIAL SERVICE (CS)	54
3.3.1.3 SAFETY OF LIFE SERVICE (SoL)	55
3.3.1.4 PUBLIC REGULATED SERVICE (PRS)	57
3.3.1.5 GALILEO SUPPORT TO THE SEARCH AND RESCUE SERVICE (SAR)	60



3.3.2 SERVIÇOS LOCALMENTE AJUDADOS	62
3.3.3 SERVIÇOS DO EGNOS	65
3.3.4 SERVIÇOS COMBINADOS	66
3.4 SISTEMA GALILEO	67
3.4.1 COMPONENTE GLOBAL	69
3.4.1.1 SEGMENTO ESPACIAL	69
3.4.1.2 SINAL NO ESPAÇO (SIS)	71
3.4.1.3 SEGMENTO DE SOLO	73
3.4.2 COMPONENTES LOCAIS	76
3.4.3 EGNOS	79
3.4.4 SEGMENTO DO USUÁRIO	80
3.4.5 GALILEO EXTERNO - COMPONENTES RELACIONADOS AO SISTEMA	82
3.4.5.1 COMPONENTES REGIONAIS NÃO EUROPEUS	82
3.4.5.2 SISTEMAS DE PROCURA E RESGATE	82
CAPÍTULO 4 – COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS	85
4.1 INTRODUÇÃO	85
4.2 DIFERENÇAS DE SISTEMA	86
4.2.1 SEGMENTO ESPACIAL	86
4.2.2 SINAIS	89
4.3 VANTAGENS OFERECIDAS PELO GALILEO	91
4.4 SERVIÇOS COMBINADOS	91
4.4.1 SERVIÇOS RESULTANTES DA COMBINAÇÃO DO GALILEO COM OUTROS SISTEMAS GNSS	91
4.4.2 SERVIÇOS RESULTANTES DA COMBINAÇÃO DO GALILEO COM OUTROS SISTEMAS NÃO-GNSS	93
4.5 O FUTURO DO GNSS: GALILEO + GPS	96
4.6 POSSÍVEIS OPORTUNIDADES DE PARTICIPAÇÃO DO BRASIL NO SISTEMA GALILEO	97
CAPÍTULO 5	100
CONCLUSÃO	100



AGRADECIMENTOS _____	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	102
ATIVIDADES COMPLEMENTARES – PARTICIPAÇÃO E APRESENTAÇÃO EM CONGRESSOS E EM SEMINÁRIOS _____	104
ANEXO I _____	106
ANEXO II _____	109
ANEXO III _____	116



RESUMO

Este Relatório visa descrever as atividades de Iniciação Científica e Tecnológica vinculada ao Programa PIBIC/INPE–CNPq–MCT, desenvolvidas pela bolsista **Viviane Cassol Marques**, acadêmica do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, durante o período de **Agosto de 2005 à Julho de 2006**, no Projeto “**O Projeto Galileo: Uma Análise Comparativa**”, junto ao Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE–MCT, executadas no âmbito da parceria: INPE/MCT – UFSM, através do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria. As atividades foram realizadas no Laboratório de Mecânica Fina, Mecatrônica e Antenas – LAMEC/LACESM/CRSPE/INPE–MCT, em Santa Maria, RS.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Este Relatório é basicamente composto pelo estudo dos sistemas GPS, GLONASS e Galileo e de uma comparação entre estes sistemas para que fosse possível ser efetuada uma análise das vantagens do Sistema Galileo.

Primeiramente foi feita uma extensa revisão bibliográfica referente à Navegação por Satélites, dando maior ênfase aos sistemas GPS e Galileo.

No Capítulo 2 deste Relatório é mostrado um estudo sobre o Sistema GPS, explicando seu funcionamento, a divisão deste Sistema mostrando as partes componentes de cada segmento, tanto espacial, de controle quanto o segmento do usuário. Teremos um retrospecto histórico da primeira tentativa de navegação por satélites, que foi o sistema TRANSIT e uma explanação sobre o funcionamento do GPS Diferencial e suas aplicações.

O Sistema Galileo é descrito no Capítulo 3. Mostramos a divisão dos serviços que serão oferecidos, os quais são bem diferentes do GPS, e que podemos citar como sendo o “Galileo Satellite-Only Services”, Serviços Galileo localmente ajudados, Serviços oferecidos pelo EGNOS e Serviços combinados com o Galileo.

As comparações entre os sistemas são discutidas no Capítulo 4, fazendo comparações e, logo depois, mostrando as vantagens do Sistema Galileo e demonstrando a melhoria que o GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélites) terá quando estes dois principais sistemas de navegação por satélites forem utilizados ao mesmo tempo.

No final do Relatório são relacionados, os trabalhos apresentados pela bolsista em congressos e seminários de iniciação e científica e tecnológicos.

OBJETIVOS DO PROJETO

Este Projeto de Pesquisa tem como objetivo fazer uma comparação entre o novo Sistema Global de Posicionamento por Satélites, Galileo, que está em fase de implantação e desenvolvimento pela União Européia – UE – sob responsabilidade de European Space Agency – ESA – e sistemas existentes como o GPS, principalmente, e o Sistema GLONASS, na medida do possível.

O Sistema Galileo prevê colocar em órbita 30 (trinta) satélites até 2008 e a expectativa é que a rede de satélites ajude a controlar o tráfego marítimo, rodoviário e principalmente aéreo, além de sincronizar a transmissão de dados entre computadores. Em dezembro de 2005 foi lançado o primeiro satélite a bordo de um foguete Soyus, no Cazaquistão, chamado GIOVE A. A missão deste primeiro satélite é assegurar as frequências, validar novas tecnologias para uso operacional, caracterizar o ambiente de radiação das órbitas da Terra e possibilitar experimentos com sinais reais.

O Sistema GPS está completo e em pleno funcionamento, com 27 (vinte e sete) satélites, sendo que 3 (três) destes são reserva, enquanto o GLONASS ainda hoje não está plenamente implantado.

Outro importante objetivo deste trabalho é a identificação de possíveis oportunidades de participação do Brasil no Sistema Galileo.

CAPÍTULO 2

SISTEMA GPS

2.1 ASPECTOS GERAIS

2.1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Por ocasião da Guerra Fria os americanos buscavam um sistema que resolvesse os dois principais problemas apresentados pelo antigo sistema de posicionamento global, o Transit, que tinha como princípio a definição da latitude e longitude, ou seja, operava somente no modo bidimensional. Tais problemas eram:

- Grande intervalo de tempo na cobertura por parte dos satélites (nominalmente a defasagem era de 90 minutos, exigindo interpolação para intervalos menores):
- Baixa precisão de navegação.

Para resolver estes problemas o Departamento de Defesa dos Estados Unidos (Department of Defense – DoD), valeu-se de pesquisas em geodésica e eletrônica dos principais centros americanos, como o Instituto Tecnológico de Massachussets (Massachussets Institute of Technology – MIT) para desenvolver o que viria a ser o atual Sistema de Posicionamento Global (Global Positioning System – GPS).

Este sistema está especificado para fornecer as coordenadas bi ou tridimensionais de pontos no terreno, bem como a velocidade e a direção de deslocamentos entre pontos, em qualquer tempo e em qualquer lugar.

2.1.2 O SISTEMA TRANSIT

O Sistema TRANSIT, também conhecido como NAVSAT – Navy Navigation Satellite System, foi o primeiro sistema de navegação por satélites, usado de modo operacional. O sistema foi usado primeiramente pela Marinha dos Estados Unidos – United States Navy, para obter informações de localização com acurácia que seriam utilizados em cálculos de balística para lançamento de mísseis pelos submarinos. Foi usado também como um sistema de navegação geral pela marinha, tão bom quanto às avaliações geodésicas e hidrográficas.

2.1.2.1 HISTÓRIA

O sistema foi desenvolvido pela Universidade Johns Hopkins, no Laboratório de Física Aplicada da Marinha dos Estados Unidos. Os primeiros testes bem sucedidos do sistema ocorreram em 1960. Os satélites (conhecidos como satélites OSCAR ou NOVA) usados neste sistema foram posicionados em órbitas polares baixas, a uma altitude de 1.100 Km, com um período orbital de aproximadamente 106 minutos. Uma constelação de cinco satélites foi requerida para fornecer a cobertura global. Quando o sistema estava operacional, pelo menos dez satélites – um reserva para cada satélite na constelação básica – eram usualmente mantidos em órbita.

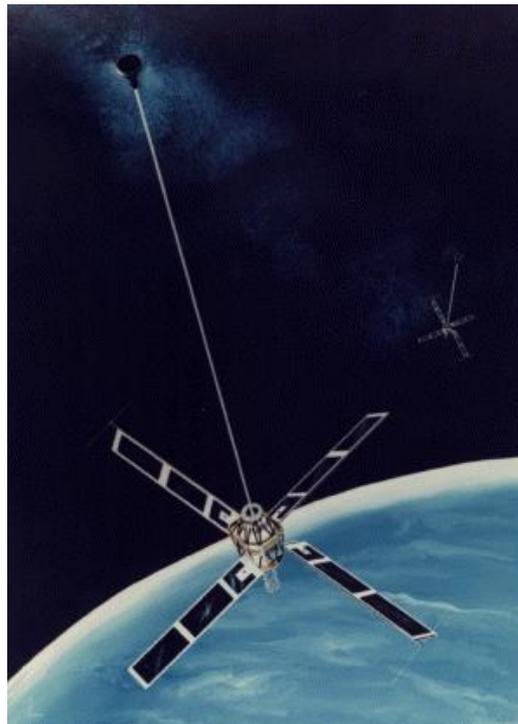


Figura 2.1 – Imagem dos satélites TRANSIT

Fonte: <http://www.fas.org/spp/military/program/nav/transit.htm>

O Sistema TRANSIT se tornou obsoleto após o surgimento do GPS, e parou de funcionar em 1996. As melhorias na eletrônica permitiram que o sistema GPS pudesse resolver eficazmente vários problemas de uma só vez, desse modo reduzindo muito a complexidade da dedução do posicionamento. Além disso, o sistema GPS usa mais satélites dos que eram utilizados no sistema TRANSIT, permitindo assim que este sistema possa ser usado continuamente, além de que o TRANSIT fornecia apenas uma medida a cada hora ou mais.

2.1.2.2 DESCRIÇÃO

Os satélites do sistema TRANSIT transmitiam um sinal contínuo que incluía o tempo preciso, que era tão bom quanto os parâmetros orbitais dos satélites. Os navios mediam este sinal e usavam os dados dos parâmetros orbitais para calcular a localização do satélite em qualquer outro ponto ou tempo.

À medida que um satélite se aproximava de um receptor na terra, a frequência recebida seria maior que a frequência transmitida devido ao Efeito Doppler, mas quando passava sobre a própria frequência caía repentinamente. Se a velocidade de transferência da informação que acompanhada a mensagem, que garante a transferência sem erros para o destino desejado, dos satélites fosse alta o deslocamento da frequência de aproximação e afastamento nem seria percebido, mas com o satélite sendo captado de apenas um lado haveria algum momento onde a escala não estaria mudando e o deslocamento da frequência ocorreria mais lentamente.

O Laboratório de Física Aplicada da Universidade Johns Hopkins era o principal contratante do primeiro sistema de navegação, TRANSIT (1961 – 63), o qual foi desenvolvido no Parque de Canoga, CA por Ramo-Wooldridge div de TRW para a classe do SSBN de Lafayette. Como não existia, até o momento, nenhum computador que passasse pelo compartimento de entrada dos submarinos, um novo computador foi projetado, chamado de AN/UYK-1. Foi construído com cantos arredondados para caber através do compartimento de entrada e tinha uma altura de aproximadamente cinco pés e selado para ser impermeável.

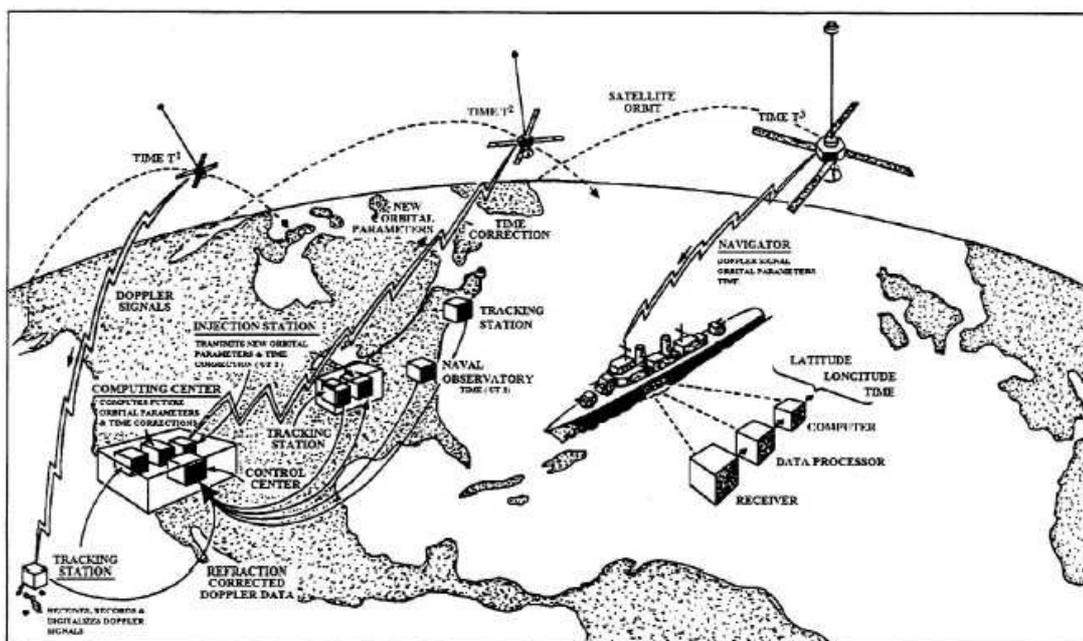


Figura 2.2 – Sistema de Navegação TRANSIT

Fonte: http://www.tpub.com/content/et/14090/css/14090_16.htm

2.1.2.2 OPERAÇÃO DO SISTEMA

Durante uma passagem do satélite, um receptor receberia os parâmetros orbitais e as mensagens encriptadas do satélite. Estas mensagens eram injetadas regularmente na memória de cada satélite do observatório naval e retransmitido aos satélites continuamente através da modulação da frequência. O receptor media (considerando o efeito de deslocamento Doppler) a frequência recebida em intervalos e enviava estes dados ao computador AN/UYK-1. O computador (que tinha 8.192 palavras na memória de núcleo de ferro de 16 bits) recebia informações também do sistema de navegação inercial do navio (SINS), uma leitura da latitude e da longitude.

O programa que computava a correção da posição do submarino ajustava estes valores de latitude e longitude, enviados pelo sistema de navegação inercial, minimizando os desvios. No AN/UYK-1, este processo levava aproximadamente 15 minutos para ser executado. O sistema do AN/UYK-1 não teve nenhuma memória de acesso aleatória periférica disponível. Com o sistema operando por completo, instruções de sub-rotinas micro programadas, os dados e as aplicações tiveram de caber dentro de palavras de 8K no núcleo da memória, uma façanha notável quando comparada aos demais computadores em operação na época. A exatidão posicional real foi classificada como "segredo superior" por muitos anos.

Com as ferramentas disponíveis naquele tempo foi possível que o sistema fornecesse uma exatidão de aproximadamente 200 metros e também sincronização do tempo de aproximadamente 50 microssegundos.

As órbitas dos satélites TRANSIT foram escolhidas para cobrir todo o globo terrestre, sendo que orbitavam pelos pólos e ficavam espalhados ao redor do equador. Somente um satélite era visível em toda uma dada longitude, os reparos poderiam ser feitos somente quando esse satélite terminasse uma outra órbita. No equador este poderia ser o tempo orbital para executar os reparos, se o mesmo satélite fosse visível em duas passagens consecutivas (recorde que a Terra gira 15 graus por hora e os navios junto com ela) e podia realizar-se até diversas horas de reparo com este recurso. Nas latitudes médias o atraso era de aproximadamente uma hora ou duas. O objetivo

principal do sistema TRANSIT era atualizar os valores das latitudes e longitudes sem atrasos para o lançamento dos mísseis pelos submarinos e, para isto, trabalhou muito bem, desde que os submarinos fizessem exames e reparos periódicos para restaurar suas plataformas inerciais da orientação. O sistema TRANSIT falhou ao tentar fornecer valores de velocidades e medidas em tempo real de posicionamento. Além de não fornecer valores precisos para navegação em tempo real, o TRANSIT não podia fornecer valores de altitudes, portanto era inútil para navegação aérea. O TRANSIT foi o caminho que levou aos novos sistemas que calculam as coordenadas em tempo real com alta precisão como o sistema GPS.

2.1.3 A QUALQUER TEMPO E EM QUALQUER LUGAR – A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS SATÉLITES GPS

A constelação de satélites GPS foi projetada para cumprir as finalidades de cálculo da posição, tempo e velocidade das naves americanas em qualquer tempo e em qualquer lugar. Para isso, é necessário que, em qualquer tempo e em qualquer lugar existam, pelo menos, 4 satélites visíveis para a antena, para que possam ser encontradas as 4 incógnitas desejadas, que são, as coordenadas X, Y e Z (latitude, longitude e altitude) do satélite mais o termo do erro dos relógios. Assim a constelação foi prevista como sendo distribuída em 6 planos orbitais defasados entre si de 6° e todos com 55° de inclinação em relação ao plano do Equador. Existem 4 satélites em cada plano orbital, defasados entre si de 90° , perfazendo um total de 24 satélites. Atualmente este número é maior pois já foram lançados alguns satélites de substituição [2].

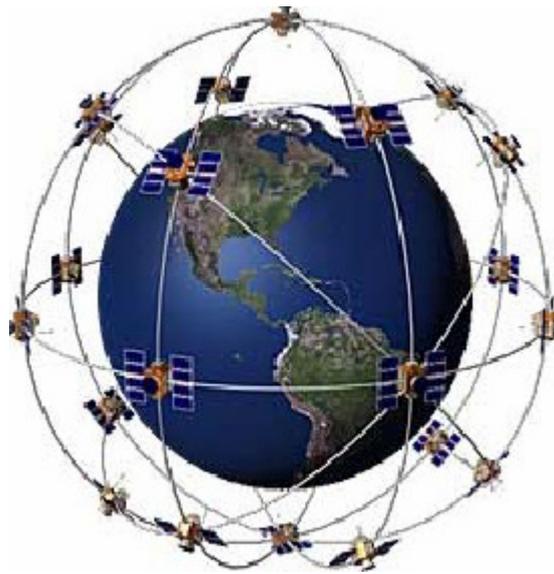


Figura 2.3 – Distribuição espacial dos satélites GPS

Fonte: <http://www.garmin.com/aboutGPS>

Considerando-se um ângulo útil mínimo de elevação para a utilização dos satélites, chamado de máscara, de 15° consegue-se de 4 a 8 satélites observáveis simultaneamente, diminuindo este ângulo para 10° pode-se ocasionalmente ter 10 satélites visíveis e diminuindo ainda mais este valor para 5° esse número aumenta para 12. Deve-se ressaltar, porém, que máscaras muito baixas devem ser evitadas pelo alto ruído nas observações, com consequência direta na precisão das medidas.

Essa boa cobertura também é possível, além do número e da distribuição espacial dos satélites, pela sua altura em relação à superfície da Terra, que é de aproximadamente 20200 Km, permitindo grande expansão no horizonte local, visualizando satélites até mesmo em hemisférios diferentes [2].

2.1.4 SEGMENTOS DO SISTEMA

O sistema GPS consiste de três segmentos

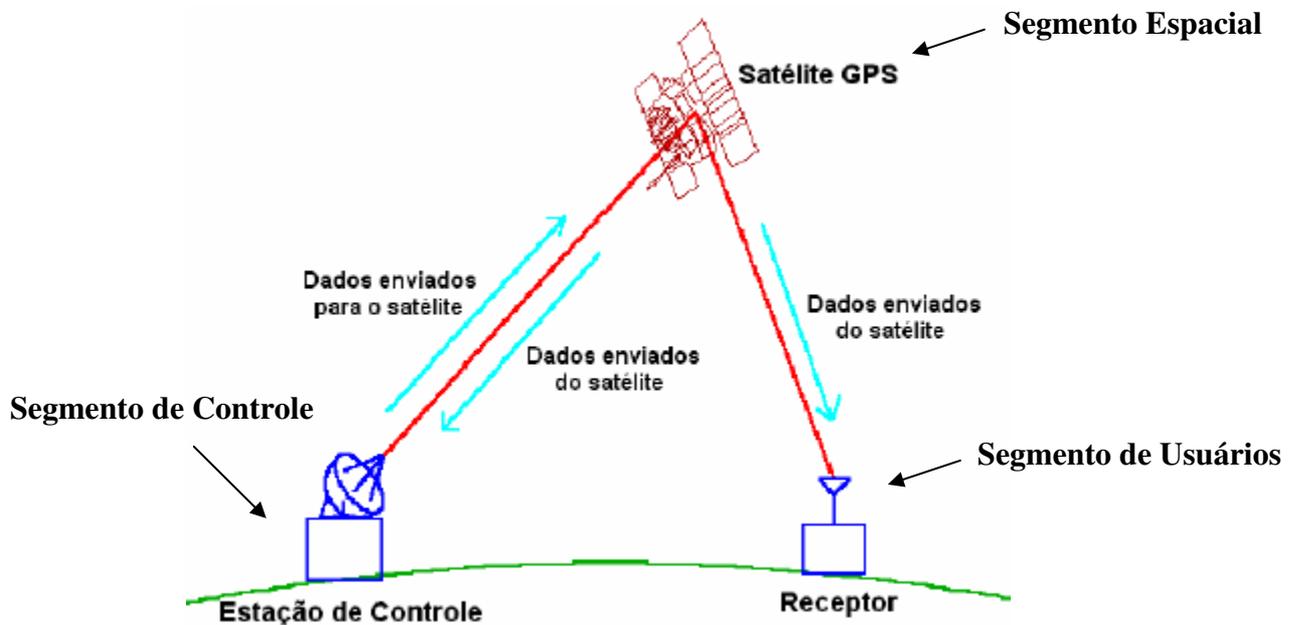


Figura 2.4 – Segmentos do sistema GPS

Fonte: http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html

2.1.4.1 SEGMENTO ESPACIAL

É o segmento formado pelos satélites. Os primeiros satélites pesavam cerca de 1300 Kg e os seguintes tiveram seu peso reduzido sensivelmente para algo em torno de 850 Kg.

Um satélite GPS é composto basicamente por relógios atômicos de césio e rubídio, antenas e painéis solares, para navegação e suprimento de energia e retrofoguetes, para ajuste de órbita, estrutura, computador de bordo e equipamentos de rádio frequência. Os satélites mais modernos já possuem relógios de hidrogênio, equipamentos para comunicação entre satélites e equipamentos de navegação inercial.

O período dos satélites é de 12 horas siderais, isto é, em 12 horas siderais cada satélite ocupa a mesma posição relativamente à Terra com defasagem de

aproximadamente 3 minutos e 56 segundos em relação ao dia solar médio, que corresponde ao tempo contado pelos relógios comuns.

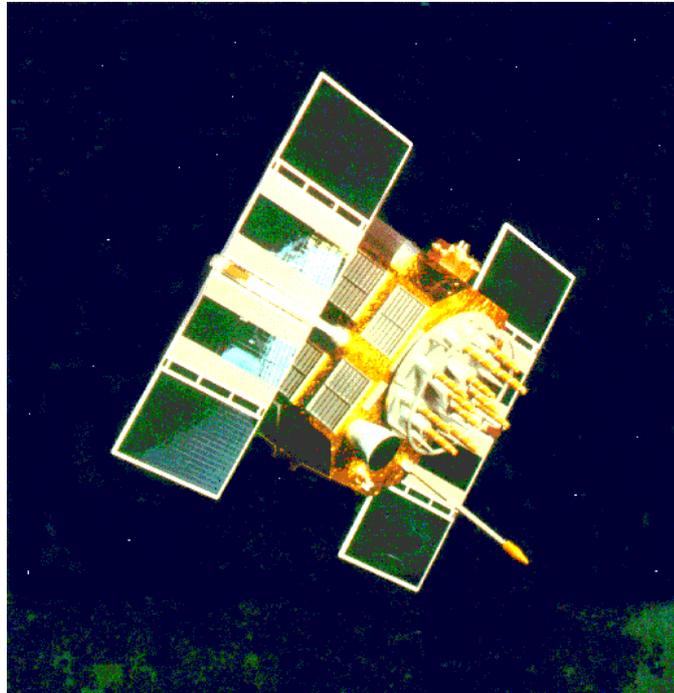


Figura 2.5 – Aspecto externo geral de um satélite GPS

Fonte: http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html

2.1.4.2 SEGMENTO DE CONTROLE

É o segmento responsável pela verificação e manutenção constante das órbitas e pela atualização das efemérides que são continuamente transmitidas.

Este segmento é composto pela Estação de Controle principal, chamada Master, localizada na base de Schriever Air Force (antiga Falcon Air Force), Colorado, Estados Unidos. Juntamente com essa existem mais cinco estações de monitoramento AAF – que são de propriedade da Força Aérea Americana – ao redor do globo terrestre, localizadas no Colorado Springs, Havaí, Kwajalein – Pacífico Norte, Diego Garcia – Oceano Índico e Ascención Island – Atlântico Sul.

Distribuição das estações de controle

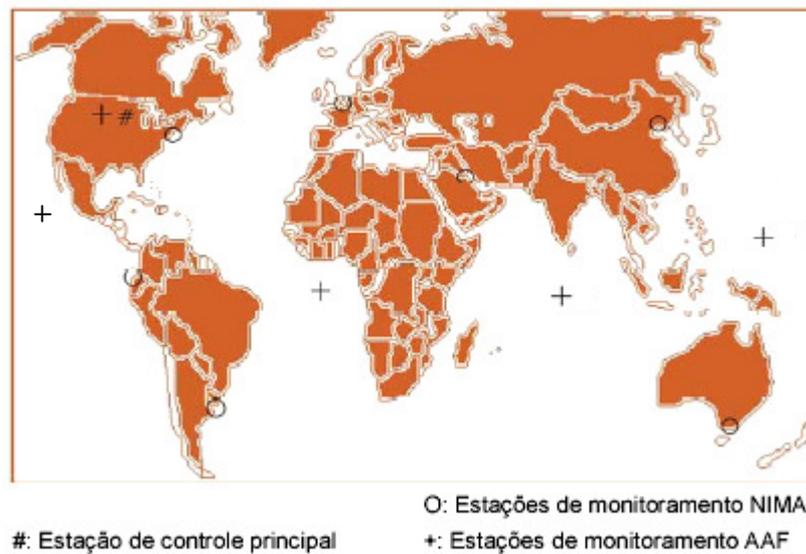


Figura 2.6 – Localização das Estações de Controle no mundo

A Estação Master recebe os dados oriundos das estações de monitoramento, tais estações possuem posição conhecida com alta precisão, possuem relógios altamente precisos e medem continuamente a distância a todos os satélites visíveis. A Estação Master, então, calcula as efemérides e parâmetros de relógio para todos os satélites. Esses dados são passados para uma das 3 estações de controle (em Kwajalein, Diego Garcia e Ascención Island) para serem repassadas aos satélites e formarem as efemérides transmitidas nas mensagens de navegação dos satélites. Essas atualizações são feitas de 2 a 3 vezes ao dia, caso contrário as efemérides ficam com a precisão prejudicada. Este segmento também tinha a função de controlar o nível de SA (Selective Availability), ou seja, controlar a imprecisão induzida do sistema através de interferências em relógios e efemérides.

2.1.4.3 SEGMENTO DE USUÁRIOS

Neste segmento encontra-se toda a gama de receptores, tanto civis como militares.

Os receptores GPS coletam dados enviados pelos satélites, transformando-os em coordenadas, distâncias, tempo, deslocamento e velocidade através de processamento em tempo real ou pós-processados.

Além de receber e decodificar os sinais dos satélites, os receptores são verdadeiros computadores que permitem várias opções: referências; sistemas de medidas; sistemas de coordenadas; armazenamento de dados; troca de dados com outro receptor ou com um computador; etc. Alguns desses modelos possuem arquivos com mapas gravados em sua memória [4].



Figura 2.7 – Exemplos de vários tipos de receptores existentes

Fonte: <http://www.garmin.com> e <http://www.ashtec.com>

2.2 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA GPS

2.2.1 POSIÇÃO – O PRINCÍPIO GEOMÉTRICO DO POSICIONAMENTO POR SATÉLITES

O sistema GPS foi projetado para fornecer a posição expressa, por exemplo, através da latitude, longitude e altitude ou as suas correspondentes em uma projeção plana.

O sistema primário com que o GPS trabalha são as coordenadas cartesianas (X, Y e Z), referenciadas ao Sistema Geodésico Mundial 84 (WGS – 84) que é definido, entre outros parâmetros, pelas dimensões de um elipsóide de referência, ou seja, por seus semi-eixos maior e menor.

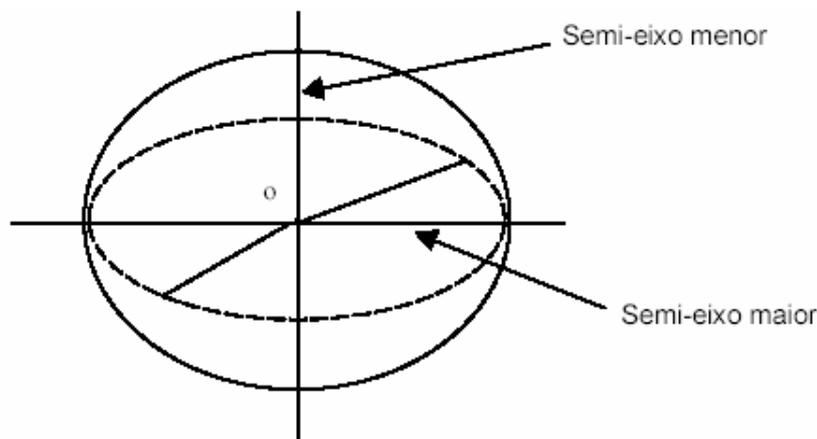


Figura 2.8 – Modelo elipsoidal que define o formato da Terra

A posição do receptor é calculada através de um processo de intersecção no espaço tridimensional, através da distância medida receptor-satélite e das coordenadas conhecidas do satélite. Para este cálculo é preciso considerar os satélites “congelados”, ou seja, parados no instante da medida. Entre uma medida e outra há um intervalo configurado pelo operador que implica na precisão das coordenadas para a antena do receptor.

Para a fixação planimétrica da posição (coordenadas incógnitas X e Y da antena do receptor), dois satélites são suficientes, e, para a fixação altimétrica (coordenadas incógnitas X, Y e Z da antena do receptor), são necessários três satélites, onde, cada satélite gera uma equação para resolver uma das incógnitas. Em ambos os casos existe a necessidade de um satélite adicional para resolver o erro relativo ao oscilador (relógio) do satélite e do receptor, em relação ao tempo GPS.

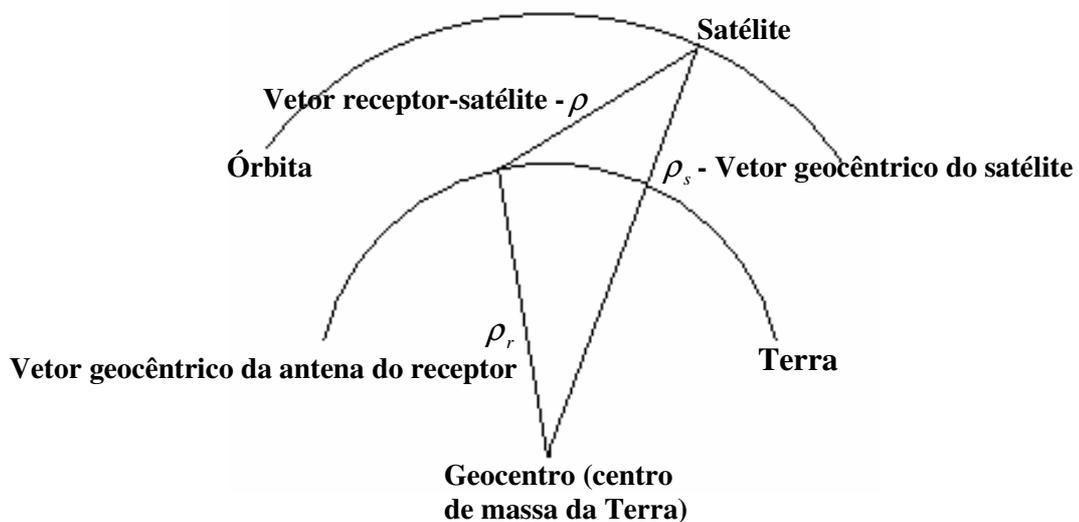


Figura 2.9 – Princípio geométrico vetorial do posicionamento por satélites

As coordenadas espaciais relativas ao vetor ρ_s podem ser calculadas a partir das efemérides transmitidas por cada um dos satélites.

As coordenadas espaciais relativas ao vetor ρ_r são os valores a determinar, portando, o sistema deve resolver o problema do vetor ρ para, por diferença de vetores, obter o valor do anterior.

É evidente a necessidade de se conhecer a distância receptor-satélite, cuja precisão na medida, juntamente com a precisão das coordenadas conhecidas dos satélites, influencia diretamente na precisão das coordenadas a serem calculadas. Essa distância pode ser calculada, basicamente, de duas formas, que são: por código e por fase [2].

2.2.1.1 POR CÓDIGO

A distância é calculada através da medida de tempo que um sinal codificado leva para chegar ao receptor depois de deixar o satélite. Esse sinal é gerado pelo satélite através de relógios atômicos e comparado a uma réplica no receptor, caso o sincronismo não seja perfeito é utilizado um satélite adicional para a correção. Conhecido este tempo de “viagem” do sinal, o produto dele pela sua velocidade de propagação (que é a velocidade da luz, por ser uma onda eletromagnética), resulta na distância receptor-satélite.

$$V = \frac{d}{t} \qquad d = V \cdot t$$

A medida da distância por código é a projetada originalmente pelo sistema, pela sua maior operacionalidade.

2.2.1.1 POR FASE

A distância é calculada através do conhecimento do número de ciclos inteiros da onda portadora entre o satélite e o receptor, este valor multiplicado ao comprimento da onda fornece a distância receptor-satélite. Deve-se somar o valor fracionário pelo fato de que essa distância não é exata em número de ciclos inteiros.

Este modo de calcular a distância receptor-satélite é mais exato mas menos operacional.

A precisão com que o sistema consegue fixar a posição da antena na Terra depende, basicamente, de três fatores:

- Precisão da distância receptor-satélite medida;
- Precisão da posição dos satélites;
- Geometria espacial entre a antena e os satélites.

2.3 GPS DIFERENCIAL – DGPS

GPS diferencial é o nome dado ao método pelo qual se determina a diferença entre a posição informada pelo sistema de posicionamento global e a verdadeira posição geográfica.

O DGPS surgiu com a necessidade de uma melhoria na qualidade e precisão. Atualmente existem dois tipos de DGPS, o Real Time e o Invert DGPS (DGPS pós-processado).

O modo pelo qual acontece a identificação do Real Time se faz por interfaces acopladas ao receptor GPS (o modelo de receptor deve possuir esta opção) e por um sistema fixo constituído de uma estação base.

O DGPS de pós processamento utiliza a técnica de correção num segundo estágio, analisando e corrigindo as coordenadas com as informações através de uma estação-base num processamento posterior, geralmente utilizando-se de um computador pessoal.

Sabe-se que, a posição informada pelo GPS está dentro de uma esfera de precisão, podendo variar entre 20 e 30 metros (banda civil). Com o DGPS este erro pode ser reduzido de alguns metros a poucos centímetros, dependendo da estação utilizada [1].

2.3.1 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DGPS

Os sinais de correção diferenciais são transmitidos por vários rádio-faróis, que são estações DGPS estáticas com sua posição precisamente calibrada e calculada. Estas estações transmitem um sinal dizendo o erro de cada satélite do sistema GPS. Isto é feito da seguinte maneira: elas calculam a distância da estação a um determinado satélite e depois medem, através de um GPS padrão, a distância naquele momento. A estação compara o valor calculado e o valor medido e determina a diferença. Esta diferença, que é aumentada pela SA, é obtida para cada satélite e transmitida na portadora do rádio-farol para os receptores DGPS na área coberta pela estação. Estes,

sintonizando o rádio-farol, decodificam o sinal e informam ao GPS, que somará o valor medido com a diferença indicada pelo DGPS e passa a usar um valor exato. Com esta tecnologia, o erro de posição será menor que 5 metros e o erro de velocidade cairá para menos de 0,1Kt.

Tabela 2.1 – Estações DGPS espalhadas pelo Brasil

Tabela de Estações DGPS

Nome	Frequência	Latitude	Longitude
Canivete	310.0	N00.30	W50.25
São Marcos	300.0	S02.29	W44.18
Calcanhar	305.0	S05.10	W35.29
Aracaju	320.0	S10.58	W37.02
Abrolhos	290.0	S17.58	W38.42
São Tome	300.0	S22.02	W41.03
Ilha Rasa	315.0	S23.04	W43.09
Moela	305.0	S24.03	W46.15
Santa Marta	310.0	S28.36	W48.48
Rio Grande	290.0	S32.09	W52.06



Fonte: <http://www.gpsglobal.com.br/Artigos/Dgps.html>

A frequência de trabalho do rádio-farol é muito baixa (faixa de 300 KHz), com propagação reduzida (até cerca de 100 milhas) e muito ruidosa. A recepção do sinal depende das condições atmosféricas e da qualidade do receptor e da antena.

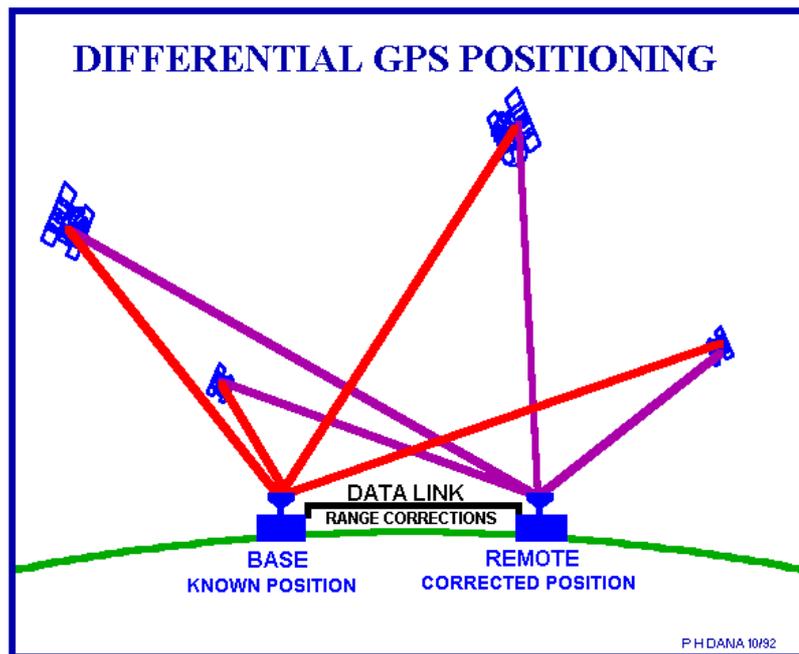


Figura 2.10 – Princípio de funcionamento do sistema DGPS

Fonte: http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html

2.3.2 DGPS NO MUNDO

Atualmente a FAA (Federal Aviation Administratio) está dedicando uma atenção especial ao WAAS (Sistema de Aumento de Área Ampla) e ao LAAS (Sistema de Aumento de Área Local).

O LAAS trabalha basicamente pelo princípio exemplificado anteriormente, atua numa pequena área, porém com uma excelente precisão.

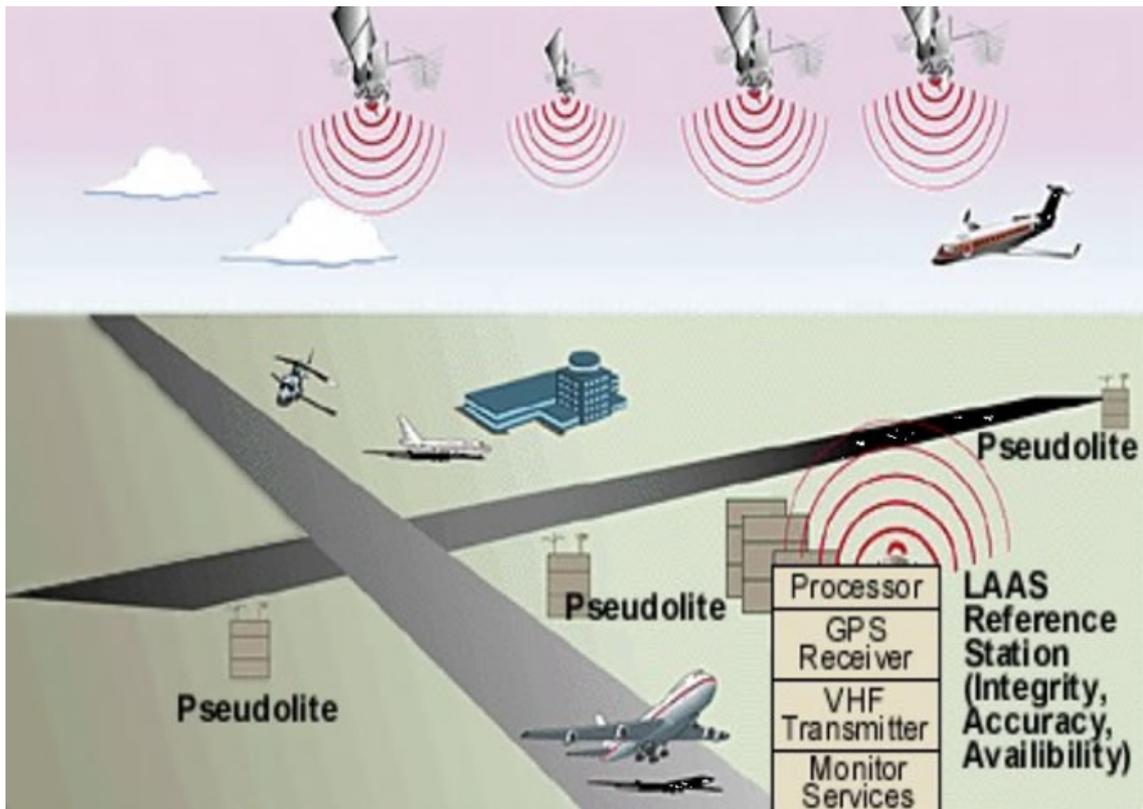


Figura 2.11 – Arquitetura do sistema de aumento de área local

Fonte: <http://waas.stanford.edu/research/laas.htm>

O WAAS consiste numa rede de estações DGPS ligadas a uma estação de controle no solo e a um satélite geoestático. Os pontos de rede trocam informações entre si e as enviam para a estação transmissora de solo. Os sinais com as variações diferenciais (erros) são enviados ao satélite geoestático através de uma estação terrestre (Ground Earth Station), este satélite se encarregará de retransmiti-los aos receptores GPS (com a devida interface DGPS).

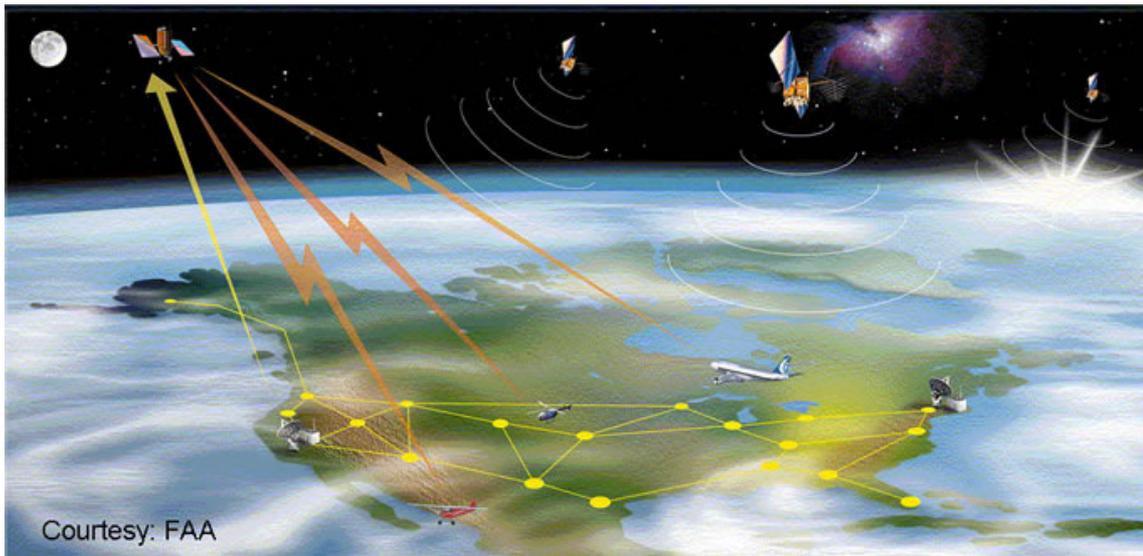


Figura 2.12 – Arquitetura do sistema de aumento de área ampla

Fonte: http://www.gyotan.com/i_mode/WAAS-t1.jpg

A FAA em parceria com empresas norte-americanas está testando nos Estados Unidos esse sistema. Assim que o WAAS estiver concluído e totalmente homologado, é prevista uma possível extinção de outros meios de navegação em rota e sistemas ILS para pouso, pois sua precisão cumpre as exigências para uma aproximação de Categoria I (200 pés de teto e 800 metros de visibilidade).

2.4 FATORES QUE DIMINUEM A PRECISÃO

2.4.1 ERRO DE GEOMETRIA DOS SATÉLITES

Também conhecido como diluição geométrica da precisão (GDOP) e visibilidade, significa que as variações dos erros do sistema GPS são ampliados pelas diferenças de alcance entre os vetores do receptor aos satélites. O volume formado pelos vetores que vão desde o receptor até os satélites é inversamente proporcional ao GDOP, ou seja, quanto maior o volume menor será o erro causado pela geometria dos satélites.

Componentes que variam com o GDOP:

PDOP = diluição da precisão da determinação tridimensional.

HDOP = diluição da precisão da determinação do posicionamento horizontal (latitude, longitude).

VDOP = diluição da precisão da determinação do posicionamento vertical (altura).

TDOP = diluição da precisão da determinação do tempo.

Quando cada um destes termos de GDOP é computado individualmente, eles se formam por covariâncias e mesmo assim não são independentes um do outro. Um TDOP elevado (diluição da precisão da determinação do tempo), por exemplo, causa erros de pulso e de disparo no receptor que resultam eventualmente em erros aumentados da posição.

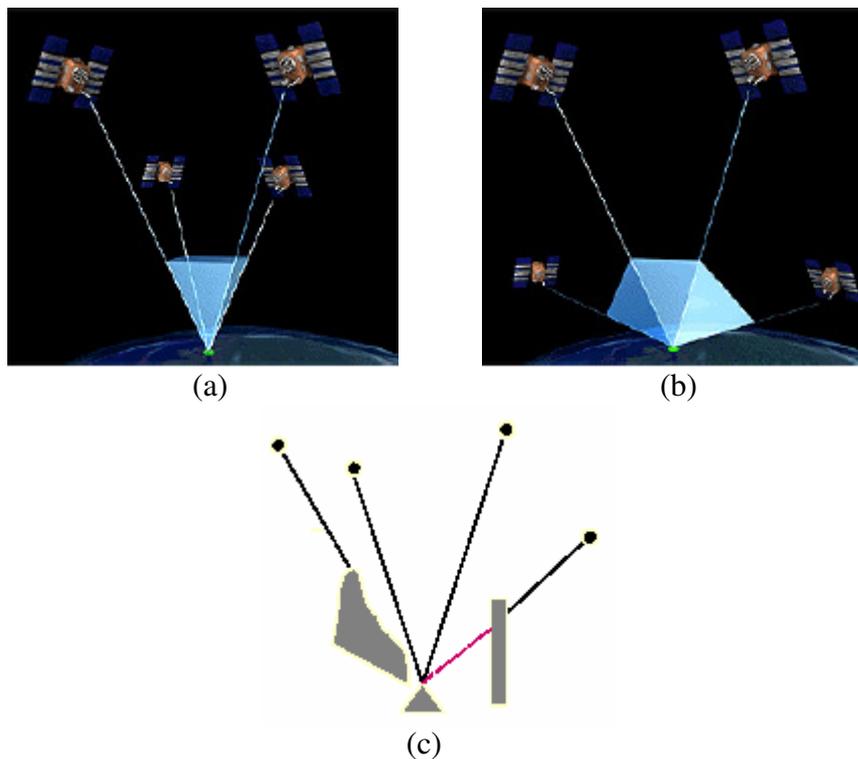


Figura 2.13 – Exemplos de GDOP – (a) Alto GDOP, (b) Baixo GDOP, (c) Baixo GDOP, mas dois satélites estão sem visibilidade

Fonte: <http://www.topconps.com/gpstutorial/Chapter3.html>

2.4.2 ERROS DE CÓDIGO

O GPS disponibiliza dois tipos de serviços que são conhecidos como:

- Standard Positioning Service - SPS (Serviço de posicionamento padrão)
- Precision Positioning Service – PPS (Serviço de posicionamento preciso)

O sistema disponível para todos os usuários no mundo é o SPS. Este sistema permite que o usuário utilize-se do sistema GPS sem que tenha que pagar qualquer taxa para utilizá-lo. Até maio de 2000 era responsável pela baixa precisão das medidas, mas em 1 de maio de 2000 o governo americano desativou o código Selective Availability - SA propiciando significativa melhora na precisão das medidas.

- Precisão Horizontal / Vertical: Com código SA: 100m e 156m respectivamente

Sem código SA: em torno de 10m

- Código Anti Spoofing - AS: processo criptográfico do código P que o sistema utiliza para evitar imitações, impedindo que os dados gravados forneçam coordenadas bem precisas.

- Código CA: faz parte de um conjunto de códigos que permite a rápida distinção dos sinais recebidos de vários satélites e é responsável pelos usuários receberem medidas de distâncias que permitem atingir a precisão definida no SPS. CA é abreviatura de Coarse Acquisition.

- Código P: É utilizado pelas forças armadas americanas e usuários autorizados. Pelo comprimento de onda que são transmitidos os dados, a precisão é superior aquela obtida com o código Coarse Acquisition (C/A) [1].

2.4.3 ERROS DE SISTEMA

2.4.3.1 ERRO DOS RELÓGIOS DOS SATÉLITES

Os receptores GPS determinam sua posição tridimensional através de medidas de tempo dos sinais enviados de, no mínimo, quatro satélites. Consequentemente é vital se conhecer a época da transmissão e recepção dos dados muito precisamente. Em um

caso ideal, os satélites transmitiriam seus posicionamentos com seu tempo exatamente sincronizado com o tempo GPS. Entretanto, na realidade há sempre um pequeno erro de sincronismo (polarização e tração) entre o relógio do satélite e o relógio do sistema. O contrabalanço pode ser na escala de milissegundos. Usando um polinômio de segunda ordem, sendo que seus coeficientes são incluídos nas transmissões das mensagens de navegação, o usuário poderá minimizar o efeito do erro no relógio do satélite. Como a precisão de transmissão da mensagem é limitada, podem existir erros residuais nos resultados. Estes erros residuais correspondem, em unidades de distância, menos que 1,5 metros.

Dois receptores visualizando os mesmos satélites observam exatamente os mesmos erros dos relógios. Conseqüentemente um GPS diferencial de qualquer tipo elimina completamente esta fonte de erro. Erros nos relógios dos satélites são independentes da distância que separa a estação de referência e o usuário. No posicionamento absoluto a aplicação de correções precisas em tempo real (fornecido pela IGS e outras organizações) em lugar de transmissão de mensagens minimizará os efeitos dos erros dos relógios [3].

2.4.3.2 ERRO DOS RELÓGIOS DOS RECEPTORES

Relógios de receptores GPS, justamente como os relógios dos satélites, não são perfeitamente sincronizados com o tempo GPS. Além disso, os osciladores de quartzo, mais baratos, usados nos receptores são bem menos precisos que a frequência atômica usada nos relógios dos satélites. Os ajustes necessários nos relógios dos receptores podem variar desde dezenas de nanosegundos até muitos milissegundos ou mais dependendo da sincronização e das técnicas de navegação usadas. Em GPS diferencial e em posicionamentos absolutos os erros nos relógios dos receptores (coeficientes polinomiais) são estimados juntamente com as coordenadas fornecidas por alguma das estações de solo.

2.4.3.3 ERRO NAS EFEMÉRIDES DOS SATÉLITES

Erros nas órbitas dos satélites GPS são causados por um imperfeito modelamento da dinâmica dos satélites. As efemérides transmitidas possuem, tipicamente acurácia de 3 metros [IGS, 2001]. O GPS diferencial sobre linhas de base curta elimina erros de órbita com um alto grau de confiabilidade, escolhendo o ponto que melhor posiciona o usuário usando efemérides precisas. Diferentemente dos erros de relógio, erros residuais nas efemérides dos satélites dependem do comprimento da linha de base entre a estação de referência e a estação afastada (receptor do usuário). Para estações extensamente afastadas (e.g., WADGPS) estes erros são desiguais devido ao seu comportamento de Spatial Decorrelation, que significa, quanto maior a distância entre as estações maiores serão os erros. O posicionamento do satélite pós-processado possui o mesmo erro em ambas as referências, mas eles possuirão diferentes erros em suas respectivas escalas de cálculos devido a diferenças em seus ângulos de visão. O erro real depende do erro de orientação do vetor das efemérides, no espaço, relativo à escala do vetor desde cada uma das duas estações até o satélite [3].

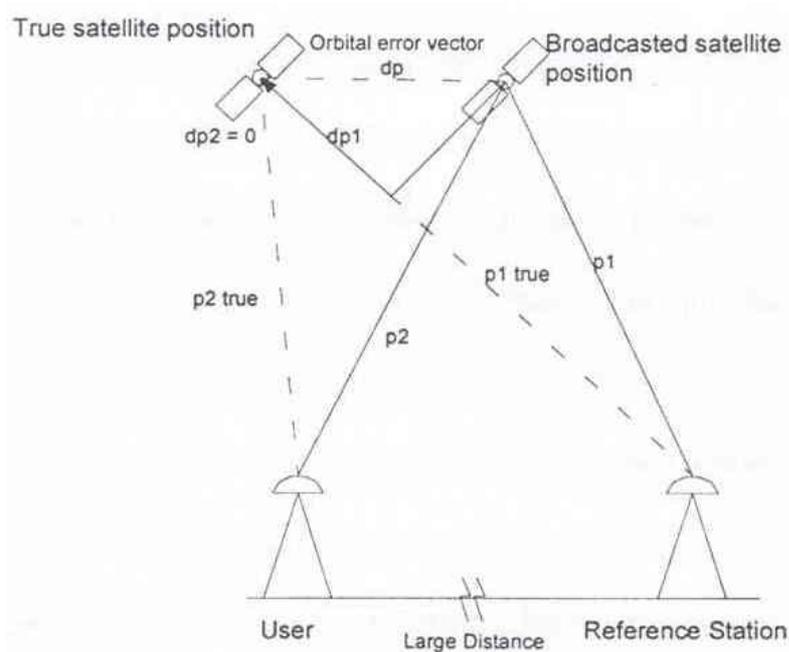


Figura 2.14 – Erro nas efemérides dos satélites em estações com grande afastamento [Abousalem, 1996]

A estação de referência calcula as correções contendo a compensação do erro da componente dp_1 . Neste exemplo mostrado acima, representando uma situação extrema, o erro de órbita não causa erro de posicionamento no caso de um receptor remoto ($dp_2=0$) porque o vetor dp é essencialmente ortogonal à linha do vetor ao receptor do usuário. Quando, instintivamente, aplicamos as correções de entrada da estação de base, na realidade, introduzimos erros nas medidas locais. Com o aumento da distância de separação entre a estação de referência e o usuário, a diferença no ângulo de visão se torna demasiado grande, ocorrendo assim a diferença entre os erros de escala computados. O erro é aproximadamente proporcional a distância à estação de referência.

2.4.4 ERROS DEVIDO AOS EFEITOS DA ATMOSFERA

Sinais transmitidos por satélites GPS passam através da atmosfera terrestre antes de alcançarem a antena do receptor. Durante esta viagem, os sinais interagem com partículas carregadas, também com átomos neutros e moléculas. Devido a estas interações, a velocidade e a direção da propagação variam, pois, os sinais são refratados. Sinais recebidos nos pontos finais de longas linhas de base precisam viajar através de diferentes caminhos através da ionosfera e troposfera, resultando em efeitos de atrasos diferentes [3].

2.4.4.1 ATRASO IONOSFÉRICO

O índice vertical total de elétrons (TEC – Total Electron Content) na ionosfera (parte da atmosfera que reside de 50 a 1000 Km) varia com a posição. Os ângulos de elevação dos satélites são diferentes para observações de receptores em posições diferentes. Estes dois fatores (TEC e ângulo de elevação) afetam principalmente o atraso ionosférico. O atraso vertical varia de poucos metros a 10-20 metros e algumas vezes mais. Este atraso vertical deve ser multiplicado por um “fator de desvio” que

esclareça o ângulo de incidência com que o sinal GPS penetra na ionosfera. O fator de desvio é a relação de atraso por qualquer ângulo de elevação ao atraso vertical, que varia desde 1,0 a 90 graus à aproximadamente 3,0 a 5 graus.

O atraso ionosférico varia com o tempo. TEC varia durante o dia, alcançando um valor máximo aproximadamente às 14:00 horas, no horário local. O valor de TEC também varia com o número de manchas solares, dentro de um período de aproximadamente onze anos. No ano de 2000 o ciclo de manchas solares atingiu uma máxima amplitude, este efeito agora está se tornando mais fraco, encontrando uma amplitude mínima por volta de 2006-2007.

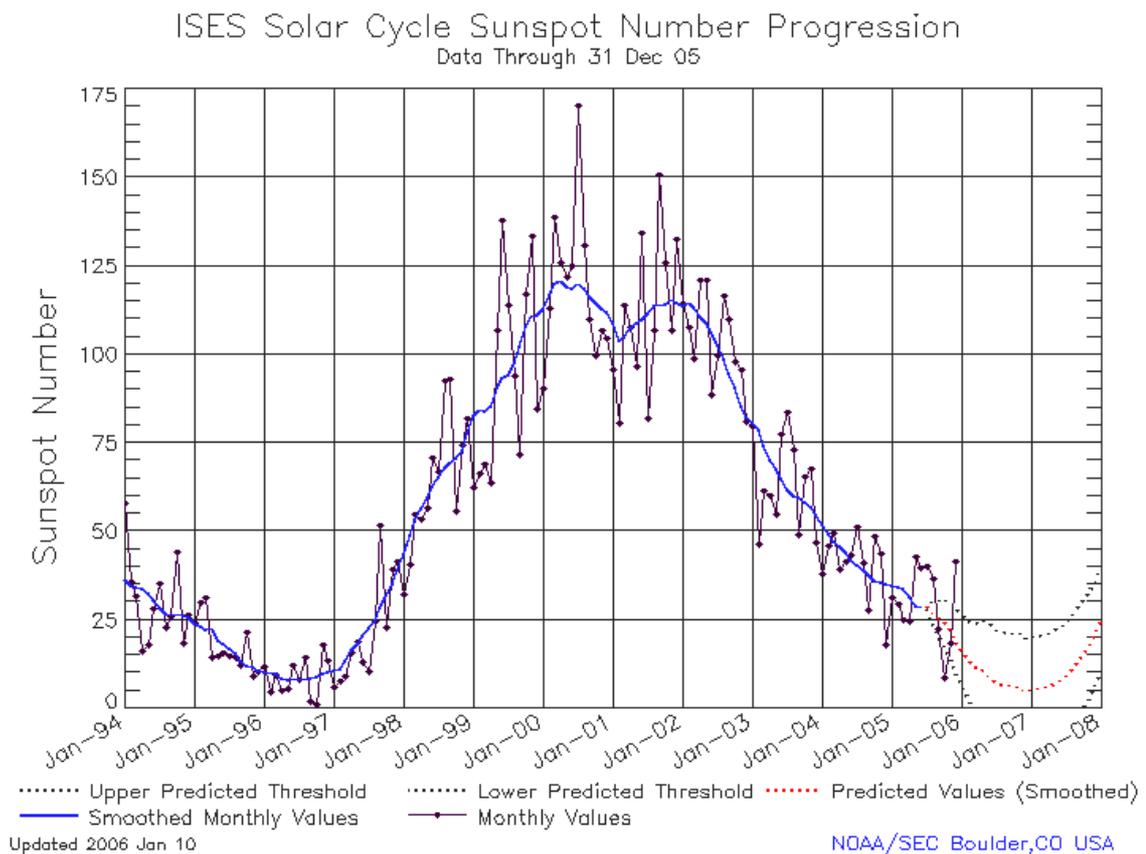


Figura 2.15 – Progressão do Ciclo Solar
Fonte: <http://www.sec.noaa.gov/SolarCycle/>

O atraso vertical ionosférico possui valores típicos como os dos dias “quietos”, consulte na figura anterior. Durante as tempestades a ionosfera pode se multiplicar e alcançar níveis extremos.

Existem duas maneiras de minimizar o atraso ionosférico: uma é medindo-o, e a outra maneira é modelando-o. A ionosfera é um meio dispersivo para as ondas de rádio, isto é, seu índice refrativo é uma função da frequência. Consequentemente é possível medir e remover quase que totalmente o efeito deste atraso usando receptores de frequência dupla. Com receptores de frequência única é preciso nos apoiarmos em diferentes modelos ionosféricos, que dão informações para remover de 50-80% do atraso ionosférico. Tais modelos são resolvidos pelo padrão Klobuchar, transmitido pelos satélites GPS, o modelo Bent, o IRI 95 (International Reference Ionosphere 1995), entre outros, estão sendo usados recentemente para medir o fluxo solar ou para fazer médias mensais para a predição do TEC. Estes modelos estão trabalhando completamente bem em regiões com latitudes desde ± 20 a ± 60 graus, mas são pobres em fazer prognósticos nas regiões equatorial e polar.

A curta linha de base convencionalmente usada no sistema GPS diferencial reduz os erros ionosféricos eficazmente. Por outro lado, em caso de regiões com grandes separações, este erro tende a aumentar. O erro ionosférico, ao contrário do erro orbital, não se comporta linearmente sobre grandes distâncias. O erro no cálculo da distância pode variar entre 200 a 1000 km dependendo da atividade ionosférica.

2.4.4.1 ATRASO TROPOSFÉRICO

A troposfera é a parte mais baixa da atmosfera, fica entre 0-9 a 16 km. Esta é a região onde “o tempo acontece”. Como os sinais GPS atravessam a troposfera sua velocidade e direção de propagação mudam, elas são refratadas. Devido ao fato que a velocidade dos sinais em um meio não ionizado (atmosfera neutra) é menor que aquele no vácuo, os sinais GPS são atrasados. Condições meteorológicas, como pressão, temperatura e umidade da troposfera determinam o índice refrativo do ar e por consequência a refratividade.

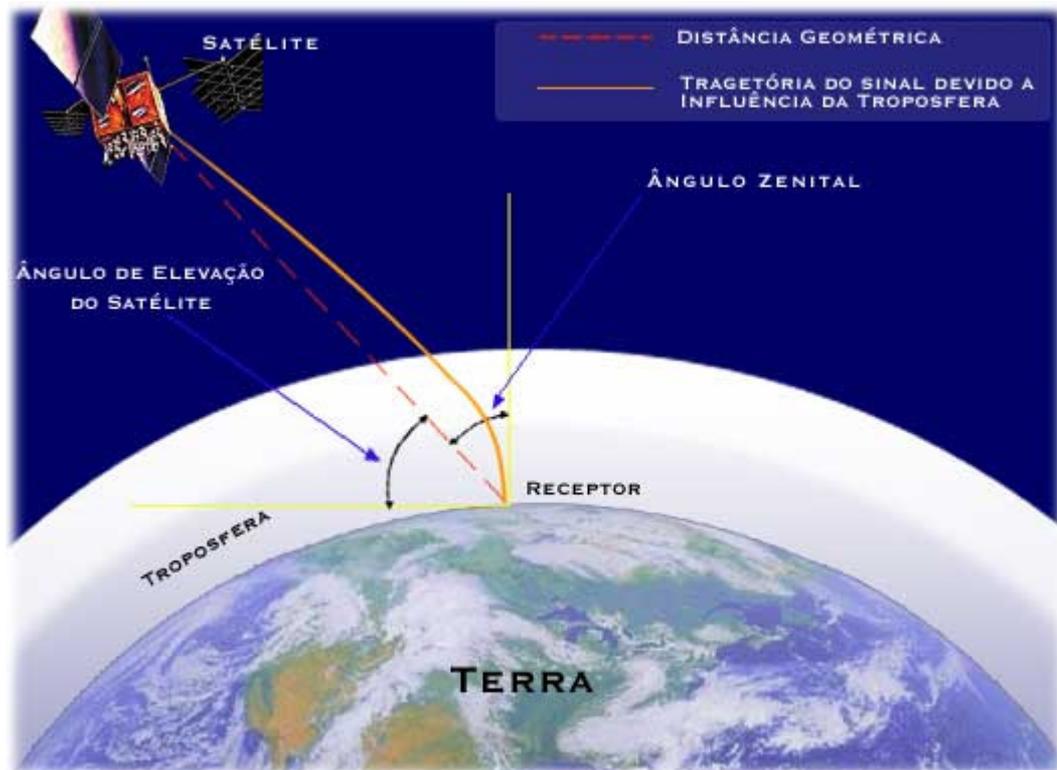


Figura 2.16 – Esquema ilustrativo de um sinal de radiofrequência propagando-se na atmosfera, desde um satélite até um receptor localizado na superfície terrestre. O Atraso Troposférico é a diferença entre a trajetória curva (traço contínuo) e a distância geométrica (traço intermitente) devido à diminuição da velocidade de propagação e o aumento da curvatura da trajetória do sinal causados pela influência dos gases que se concentram na baixa atmosfera terrestre.

Fonte: <http://satelite.cptec.inpe.br/htmldocs/ztd/nota.htm>

A atmosfera neutra é um meio não dispersivo até aproximadamente 30 GHz (ignorando efeitos de ressonância devido ao vapor d'água), conseqüentemente o atraso troposférico não pode ser medido diretamente, é preciso ter um modelo. A componente hidrostática tipicamente é responsável por 90% do atraso.

- Componente Hidrostática (ZHD - Zenithal Hydrostatic Delay) é a componente do Atraso Troposférico gerada pela influência da atmosfera hidrostática, principalmente pela influência do nitrogênio e do oxigênio. Este atraso é de aproximadamente 2,3m e varia conforme a latitude e a pressão atmosférica, apresentando pequena variação temporal.

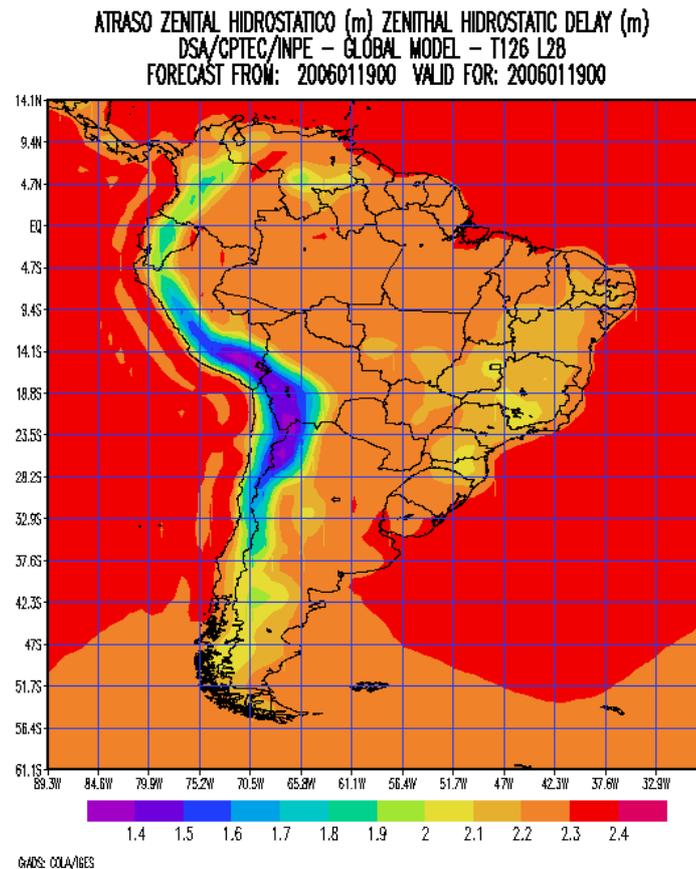


Figura 2.17 – Exemplo da variação do atraso zenital hidrostático

Fonte: http://satelite.cptec.inpe.br/htmldocs/ztd/hidro_txt.htm

- Componente Úmida: (ZWD - Zenithal Wet Delay) é a componente do Atraso Troposférico gerada pela influência do vapor d'água atmosférico. Ela é menor que a influência da componente hidrostática, representando cerca de 10% do Atraso Troposférico. Porém, sua variação temporal e espacial é muito maior, chegando a 20% em poucas horas.

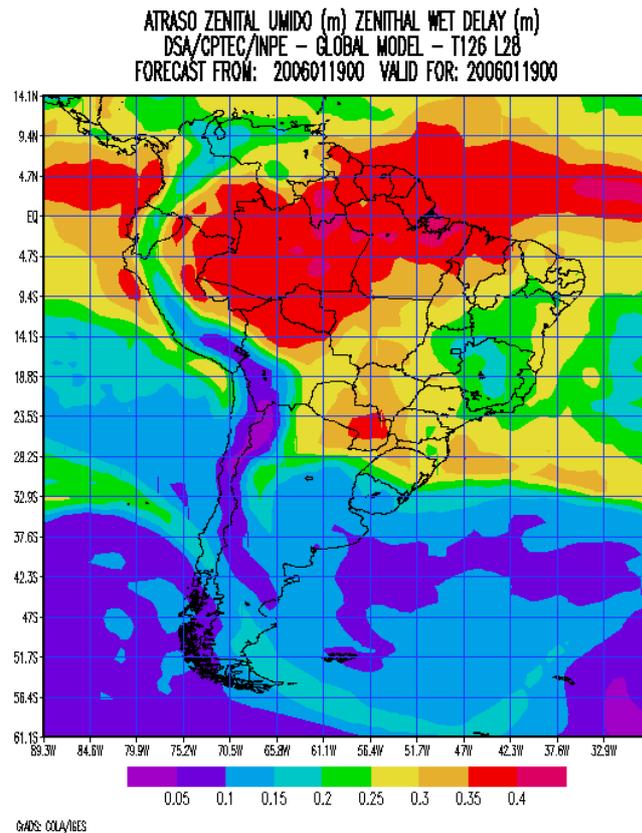


Figura 2.18 – Exemplo da variação do atraso zenital úmido

Fonte: http://satelite.cptec.inpe.br/htmldocs/ztd/umida_txt.htm

Grandes distâncias de separação entre os receptores, no caso de GPS diferencial, causam aumento do erro no cálculo da pressão, temperatura e umidade na troposfera, conseqüentemente os resultados do atraso variam de estação para estação. Em uma rede de estações de referência DGPS (WAAS), algoritmos devem calcular para ambos, ionosférico e troposférico, os efeitos de decorrelação, ou seja, aumento do erro, para evitar erros atmosféricos residuais.

2.4.5 ERROS RELACIONADOS AO RECEPTOR

2.4.5.1 MULTICAMINHO

Multicaminho é causado por sinais estranhos refletidos em objetos metálicos, no solo ou na superfícies de água próximos à antena. Este problema trás inúmeros efeitos: pode causar interferência na direção real do sinal e o sinal refletido conduzindo à medida mais ruidosa, ou pode confundir o caminho a seguir pelos equipamentos eletrônicos resultando em medidas erradas da soma entre a distância do satélite ao refletor e a distância do refletor a antena. Os erros de multicaminho são únicos para cada estação e não podem ser removidos através de técnicas diferenciais. Em estações de referência, o local de instalação da antena deve ser cuidadosamente escolhido para evitar ambientes refletivos. Em estações de usuários, especialmente em aplicações cinemáticas é frequentemente impossível evitar ambientes com um efeito de multicaminho forte.

Fabricantes de receptores GPS e de antenas estão sempre adiante trazendo novos projetos e novas ferramentas para suavizar o efeito do multicaminho. Pode-se reduzir o efeito de multicaminho do solo sobre a antena através da instalação da antena em superfícies planas ou com um anel bloqueador à terra. Técnicas padrões para calcular o ganho de antenas estão sendo desenvolvidas para favorecer a redução da sensibilidade da antena ao multicaminho em ângulos de elevação baixos. A aplicação de materiais que absorvem micro-ondas nas superfícies da antena pode reduzir o efeito do multicaminho. Os fabricantes obtiveram sucesso com uma redução eficiente usando um correlacionador de sinais para afastar o sinal indesejado, rejeitando longos atrasos de multicaminho que poderiam ser erroneamente seguidos.

Há também soluções em software para minimizar o efeito de multicaminho incluindo aplicações de máscaras nos ângulos de elevação e estimação de multicaminho usando técnicas de filtragem. Outra aproximação desenvolvida por Bisnath e Langely evita a técnica de estimar o erro de multicaminho; em vez disso eles retiram a influência das observações afetadas [3].

2.4.5.2 RUÍDO NOS RECEPTORES

O ruído nos receptores é também uma característica única referente a cada receptor de GPS individual. O ruído primeiramente aparece por limitações eletrônicas do receptor. Também pode ser resultado de um ruído térmico interceptado pela antena, um ruído do oscilador do receptor e/ou outros componentes do aparelho. Ruídos nos receptores são tipicamente proporcionais à extensão da onda do sinal recebido. De acordo com o tipo e características do receptor, o ruído pode variar em níveis de 0,1 a 1% da extensão da onda, para medidas de pseudorange em códigos C/A o ruído varia entre 0,3 a 3m. O efeito deste erro pode ser suavizado usando equipamentos avançados, especialmente em conjunto com estações de referência DGPS.

CAPÍTULO 3

SISTEMA GALILEO

3.1 INTRODUÇÃO

O Galileo será a contribuição europeia para o Sistema de Navegação Global por Satélites (GNSS). O Galileo terá uma infra-estrutura global que compreenderá uma constelação de satélites em Órbita Média Terrestre (Medium Earth Orbit – MEO) e será associado a um segmento de solo. O Programa Galileo também inclui o desenvolvimento de equipamentos para usuários, aplicações e serviços. Galileo é definido para operar juntamente com os demais sistemas de rádio navegação globais existentes. Este sistema é totalmente civil, operado sob ordens de controle público.

Neste momento, o Programa Galileo está sendo controlado e financiado pela Comissão Europeia (EC) e pela Agência Espacial Europeia (ESA), sob o mandato dos Estados Membros.

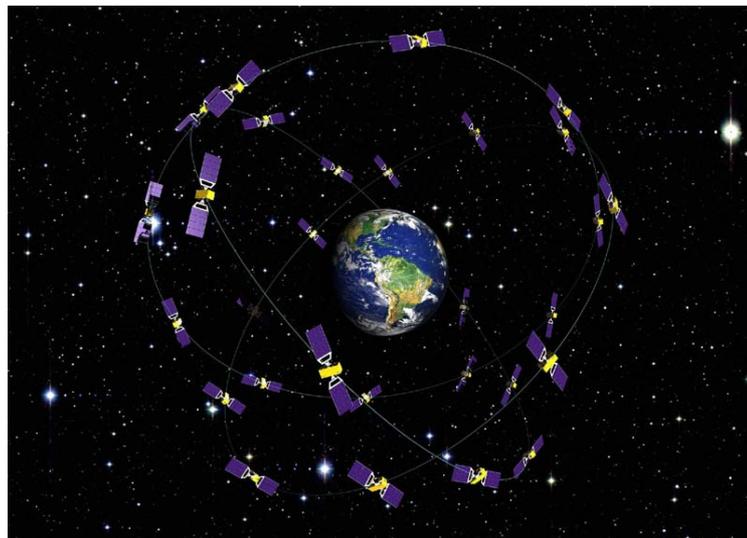


Figura 3.1 – Distribuição espacial dos satélites Galileo

Fonte: <http://www.esa.int/esa-mm/mmg.pl?collection=Navigation&type=I>

3.2 ASPECTOS POLÍTICOS E PROGRAMÁTICOS

3.2.1 A ESTRATÉGIA EUROPÉIA SOBRE O SISTEMA DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITES

O sistema Galileo será distribuído mundialmente e fornecerá seus serviços com ótima qualidade para a maioria das aplicações civis como, navegação por satélite, posicionamento e determinação do tempo, este sistema será também parte integrante da Rede Européia de Transportes (TEN). Muitos serviços de segurança críticos, em áreas de transporte e numerosas aplicações comerciais poderão dispor de mais esta infraestrutura.



Figura 3.2 – Visão geral do sistema de controle do Galileo

Fonte: http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/programme/index_en.htm

Os sistemas de radio navegação de auxílio terrestre existentes são difundidos por toda a Europa e, para cada tipo de transporte, é utilizado um sistema diferente sem uma

política coordenada. Um potencial Plano de Rádio Navegação Europeu (ERNP) está em elaboração para encorajar meios de um comum acesso europeu à rádio navegação, posicionamento e determinação do tempo através de todas as modalidades do transporte, estes sistemas depois de implementados na Europa também podem ser utilizados em outros países. As comunidades da aviação e marinha já são bem organizadas em um nível global neste respeito, mas em outras comunidades, o suporte ainda é nos padrões nacionais. Neste contexto o Sistema de Navegação por Satélites é o elemento chave para o ERNP devido ao seu caráter multimodal e supranacional.

O principal interesse dos usuários do corrente sistema de navegação por satélites, é a falta de confiabilidade e vulnerabilidade do sinal de navegação. Muitos casos de interrupção do serviço vêm sendo relatados ano após ano, que possuem diferentes origens, incluindo interfaces intencionais, falhas de satélites, recusa ou degradação do sinal. Neste contexto, o Galileo contribuirá significativamente na redução destes defeitos, através da transmissão de sinais de navegação adicionais independentes em diferentes bandas.

Identificando a importância estratégica da navegação por satélites, as potenciais aplicações e as deficiências do corrente sistema GNSS, a Europa decidiu pelo desenvolvimento do seu próprio sistema GNSS com novas potencialidades, que poderá ser utilizado mundialmente e que está sendo construído e projetado através de uma integração com os Estados Membros.

Este sistema estará sendo desenvolvido em aproximadamente duas etapas:

- Um Serviço de Navegação Geoestacionário com Cobertura Européia (EGNOS) foi o primeiro passo europeu no ramo da navegação por satélites, que está em serviço desde 2004. A Europa construiu o EGNOS para complementar os sistemas GPS e o russo GLONASS, ele executa um aviso da integridade das constelações dos sistemas GPS e GLONASS. O serviço de previsão do controle da qualidade é essencial para aplicações de segurança crítica. O EGNOS também pode melhorar a acuracidade dos sistemas GPS E GLONASS através de medidas e correções diferenciais, iniciativas similares estão sendo desenvolvidas nos Estados Unidos com o sistema WAAS e no Japão com o sistema MSAS. A Organização Internacional de Aviação Civil
-

(ICAO) e o Sistema Internacional de Correções Diferenciais (SBAS) garantem os padrões para a interoperabilidade de todos estes sistemas a nível de usuário. Além de seu propósito operacional específico os europeus SBAS e EGNOS são instrumentos que não somente transmite experiência no desenvolvimento de tecnologias para GNSS como também, o mais importante, na introdução dos serviços operacionais ao Galileo.

- O Galileo é o segundo passo. O sistema EGNOS fornece benefícios adiantados, mas não fornece um nível suficiente de controle sobre o GNSS à Europa e o Galileo representa o objetivo para uma autonomia nesta área tecnológica, estratégica e crucial. Assim, será possível fornecer a estabilidade requerida para investimentos nestas áreas e erguer as indústrias em segmentos de mercado inovativos, tanto na Europa como em outros países. Galileo também oferecerá juntamente com o Open Service, semelhante ao serviço civil do GPS, novas ferramentas de aperfeiçoamento e garantia dos serviços, e assim criando as circunstâncias para responder as obrigações impostas a situações críticas, segurança da vida, ou aplicações comerciais. Os serviços do Galileo estão sendo projetados para ser inteiramente compatível e interoperável, a nível de usuário, com os outros sistemas GNSS disponíveis, com nenhuma modalidade de falha comum entre os sistemas, esta combinação entre o sistema Galileo e outros sistemas GNSS oferecerá melhores desempenhos para todos os gêneros de comunidades de usuários globalmente distribuídos.

Esta estratégia é refletida nas comunicações sobre o Galileo pela Comissão Européia, e na resolução do Conselho da União Européia que frisa o objetivo da autonomia para o benefício de todas as sociedades e economias.

3.2.2 ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

Estudos anteriores, englobando GALA, Geminius, análises de custo benefício do Galileo e o plano de negócios para o Galileo, analisaram as possibilidades de mercado futuro e identificaram fontes potenciais de rendimento. O aspecto econômico é a chave

que direciona o programa Galileo e as atividades da consolidação desta missão, somente com esta abordagem a Europa, principalmente, e os demais Estados Membros terão um sistema auto sustentável que induzirá importantes benefícios sociais e para os usuários.

3.2.3 CAPACIDADE DE OPERAÇÃO COM OUTROS SISTEMAS

O Galileo está sendo definido para ser um sistema independente, mas, ao mesmo tempo, seu projeto é otimizado para ser utilizado com outros sistemas, de forma especial o sistema GPS.

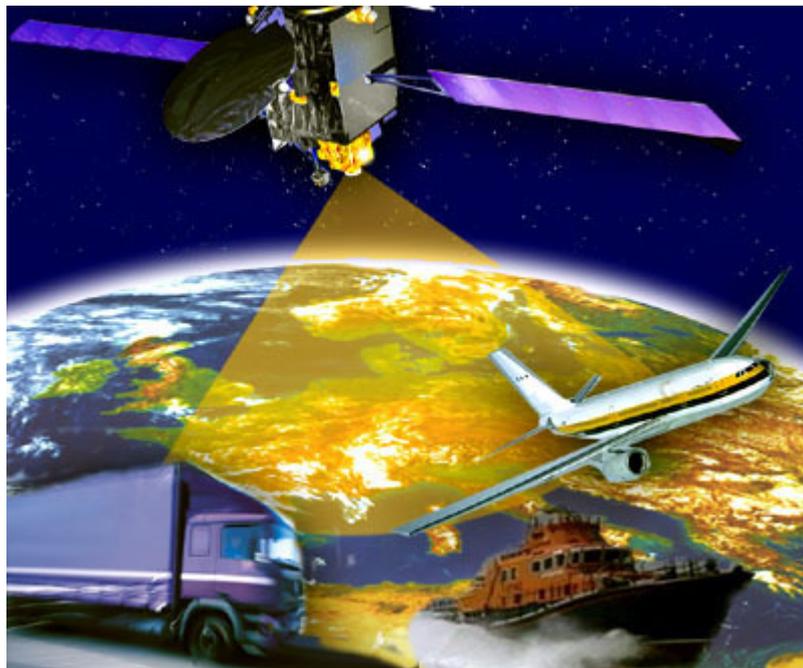


Figura 3.3 – Esquema dos serviços que serão oferecidos pelo Sistema Galileo
Fonte: www.esa.int/esa-mm/mmg.pl?b=b&type=I&collection=Navigation&start=3

O que motivou a facilitação do uso do Galileo com os demais sistemas são as exigências dos usuários e o objetivo de ganhar acesso ao futuro mercado GNSS, as principais razões são:

- Os sistemas de navegação por satélites apresentam alguns obstáculos tecnológicos, que impedem que se encontre com as exigências totais identificadas pelos usuários logo, o cruzamento dos dados de todos os sistemas GNSS existentes pode colaborar para que se tenha uma maior confiabilidade nos sinais recebidos pelo usuário.
- A chegada, atrasada, do Galileo no avançado mercado de navegação por satélites, dominado pelas aplicações do sistema GPS.

Conseqüentemente, os três principais objetivos da capacidade de operação com outros sistemas foram identificados como os seguintes:

- Facilitar a operação do Galileo com os demais sistemas GNSS a nível de recepção, que é refletido no estudo e escolha de:
 - a) Freqüências do Galileo;
 - b) Estrutura do sinal;
 - c) Estrutura da referência do tempo;
 - d) Referência geodésica.
- Avaliar o uso combinado com outros sistemas não GNSS, semelhante aos sistemas de navegação de solo ou redes de comunicação móveis, capacitar a redução das deficiências no GNSS através do fornecimento de serviços de combinação de posicionamento.
- Facilitar o uso do Galileo com sistemas de telecomunicações, fornecendo juntamente serviços de navegação e comunicação. Esta é uma funcionalidade adicional que:
 - a) Possibilita o aprimoramento da capacidade de comunicação;
 - b) Facilita a geração de valor adicional em serviços ao GNSS, semelhante aos serviços de localização baseada, com uma forte influência na infraestrutura de marketing do GNSS.

O uso combinado do Galileo com todos estes sistemas introduzira a possibilidade de interoperabilidade requerida, não somente nos componentes globais do Galileo, mas também no projeto dos componentes locais e equipamentos de usuários.

3.2.4 CERTIFICAÇÃO E PADRONIZAÇÃO

3.2.4.1 CERTIFICAÇÃO

Certificação é um processo através do qual um grupo de especialistas irá conceder os padrões que o sistema necessita para a sua regularização. Este processo de padronização, focado principalmente nos serviços de entrega do sinal do Galileo, não irão sobrepor nem substituirão os projetos tradicionais usados por diferentes comunidades de usuários ao contrário, é um pré-requisito primordial, principalmente para a aviação ou marinha. Estas comunidades específicas possuem sua própria análise de segurança, e fornecem a descrição das especificações particulares em termos de meio ambiente e equipamentos de usuários.

O projeto de certificação que será desenvolvido pelo Galileo terá cobertura sobre todo o ciclo de vida do sistema, incluindo o projeto do sistema, implementação e durante as fases de operação que fornecerão a garantia de qualidade.

Um mecanismo de certificação será proposto aos Estados Membros que envolverão todos participantes do projeto de Galileo inclusive os usuários, os órgãos reguladores e os serviços de fornecedor/operador.

O sistema Galileo está sendo projetado, construído e operado para executar o mais elevado desempenho padrão e também desenvolverá um certificado de garantia a ser oferecido às comunidades de usuário com interesse especial em tal característica. Nesta estrutura, a certificação do sistema aumentará a segurança do usuário no desempenho de entrega do sinal do sistema e auxiliará na base de um esquema da garantia.

3.2.4.2 PADRONIZAÇÃO

A introdução de um ambicioso sistema como o Galileo, que oferecerá um serviço global para diferentes tipos de usuários, requer uma atividade significativa no domínio da padronização.

A Europa já possui muitas atividades com respeito à padronização do Galileo e continuará com esta atitude pro ativa para o desenvolvimento dos padrões com as devidas consideração e motivações de diferentes comunidades de usuários (segurança, interoperabilidade, considerações comerciais).

Este trabalho responsabiliza-se em dar continuidade na identificação das partes envolvidas e instalação dos planos de ação específicos para o suporte e desenvolvimento dos padrões levando em conta cada caso. Em geral, os esquemas são completamente complexos com numerosos níveis de responsabilidade, que algumas vezes se sobrepõem, e que, com muita frequência, são envolvidas em cooperações internacionais com vários níveis de interesses políticos. Ações já estão sendo lançadas nos domínios da aeronáutica e marinha que beneficiam para uma identificação mais clara do sistema de padronização na Organização Nacional de Aviação Civil (ICAO) e Organização Internacional da Marinha (IMO). Finalmente outras comunidades que provavelmente usarão o Galileo em operações vinculadas aos telefones celulares e terão o posicionamento baseado em fornecedores de serviço em geral estão também iniciando sua participação no desenvolvimento de padrões, contribuindo, assim, na promoção do Galileo.

Sinal global reconhecido e receptores de usuários padrão serão essenciais para uma aceitação global deste novo sistema de navegação por satélites e permitirá uma rápida adaptação do sistema para todas as comunidades de usuários.

3.2.5 GARANTIA DOS SERVIÇOS OFERECIDOS

Os serviços oferecidos pelo Galileo resultam do processamento de uma combinação de sinais, feito pelo terminal do usuário, sob certas condições normais do ambiente (interferência não intencional, baixo multicaminho, etc)

Encarar que uma garantia será oferecida para todas as aplicações, devido que uma interrupção do serviço teria significativos impactos tanto em serviços de segurança da vida como na economia, resulta na maior diferenciação entre o Galileo e o GPS.



Figura 3.4 – Antena de 25 metros do Observatório de Chilbolton

Fonte: www.esa.int/esa-mm/mmg.pl?b=b&type=I&collection=Navigation&start=1

A tarefa comum entre os empreendedores e discussões com os corpos reguladores apropriados iniciaram o processo da certificação a respeito de ambos os sinais do Galileo, sinal no espaço e terminais dos usuários.

A Companhia de Operação do Galileo (GOC) executará o fornecimento da qualidade do sinal no espaço executando os serviços específicos para o usuário em nível final. Um acordo ou contrato será concluído entre o operador e os usuários ou, em certos casos com os fornecedores de serviços terceirizados, em que, a qualidade do sinal no espaço será garantida pelo GOC com certas especificações definidas na interface do documento de controle. Nos casos em que o sinal no espaço (SIS) não se encontrar com determinadas margens da exatidão, o GOC fornecerá avisos aos usuários.

O sistema gravará os status do sinal no espaço (SIS). Se os SIS caem abaixo dos padrões especificados, as gravações poderão ser investigadas para ajudar a encontrar a causa do problema.

No caso dos serviços abertos, que será acessível a todos os usuários sem nenhum controle do GOC, nenhuma garantia contratual é prevista, pois, este serviço será usado para aplicações do mercado maciço, a Companhia de Operação do Galileo (GOC) esforçar-se-á para evitar o rompimento do serviço e fornecerá o sinal aberto com desempenho aproximado.

3.3 SERVIÇOS OFERECIDOS PELO GALILEO

A definição dos serviços oferecidos pelo Galileo é baseada em uma revisão detalhada das necessidades dos usuários e análises de mercado. Haverão vários serviços oferecidos de forma independente pelo Galileo e outros serviços resultantes de uma combinação entre o Galileo e outros sistemas. Isto conduz a classificação dos serviços oferecidos pelo Galileo em quatro categorias:

1) Galileo Satellite-Only Services

Estes serviços serão fornecidos globalmente e independentemente de outros sistemas, através da combinação de sinais transmitidos pelos satélites Galileo. Há uma larga escala de possíveis aplicações com diferentes requerimentos operacionais que podem ser agrupados em cinco serviços de referência, mostrados abaixo:

- Galileo Open Service (OS)
- Safety of Life (SoL)
- Commercial Service (CS)
- Public Regulated Service (PRS)
- Support to Search and Rescue Service (SAR)

2) Serviços Galileo localmente ajudados

O Galileo Satellite-Only Services pode ser aprimorado através da utilização de bases locais que irão diminuir ainda mais os erros. O resultado será a provisão de serviços locais.

3) Serviços oferecidos pelo EGNOS

O sistema EGNOS fornece uma melhoria nos serviços oferecidos pelo GPS e GLONASS sobre a Europa desde 2004. Este serviço permitiu obter-se uma experiência para o desenvolvimento de melhores aplicações para o Galileo. Os serviços oferecidos pelo EGNOS serão combinados com os Galileo Satellite-Only Services. Com isso irá permitir níveis de desempenho melhores e poderá ser usado em diferentes tipos de uso com integridade das informações de navegação.

4) *Serviços combinados com o Galileo*

Todos os serviços mencionados acima serão combinados com serviços oferecidos por outros sistemas de navegação ou comunicação existentes. Esta possibilidade irá aprimorar a disponibilidade dos serviços GNSS a nível de usuário e ampliará o número de aplicações. O resultado será a provisão de serviços combinados.



Figura 3.5 – Visão geral dos serviços do Galileo

Fonte: <http://www.hispasat.com/Detail.aspx?sectionsId=22&lang=es>

3.3.1 GALILEO SATELLITE-ONLY SERVICES

Os serviços do Galileo serão referenciados pela Estrutura Internacional de Referência Terrestre (ITRF) e pelo sistema de Coordenadas Universais do Tempo

(UTC), isto é importante para a interoperabilidade com outros sistemas GNSS, principalmente o GPS.

As estatísticas de desempenho do Galileo Satellite-Only Services serão expressas a nível de usuário levando em conta também a contribuição do receptor (ruídos, falhas, etc). Usuários equipados com receptores Galileo (ou que tenham funcionalidade com o Galileo em seus terminais), que possuam os mínimos requerimentos operacionais, podem conseguir um desempenho específico sob condições normais, com nenhuma interferência intencional, nenhuma interferência excepcional, nenhuma atividade ionosférica ou troposférica excepcional, um ângulo de máscara de 10° e ambiente com baixa influência de multicaminho nos sinais.

3.3.1.1 GALILEO OPEN SERVICE (OS)

Propósito

O Galileo Open Service fornecerá informações para posicionamento, velocidade e sincronização do tempo que poderão ser acessadas gratuitamente. Este serviço é adequado para o mercado de aplicações maciças, semelhante aos utilizados nos sistemas de navegação de automóveis e em telefones celulares. Os serviços de sincronização do tempo podem ser utilizados em aplicações semelhantes às sincronizações de redes ou aplicações científicas.

Desempenho e Características

Os objetivos do desempenho, em termos de posicionamento e acuracidade, serão competitivos com os demais GNSS existentes e avanços planejados para o futuro. Além do que, este serviço também poderá trabalhar em operação conjunta com os demais GNSS.

Tabela 3.1 – Desempenho dos serviços para o Galileo Open Service (posicionamento)

		<i>Open Service (positioning)</i>	
<i>Type of Receiver</i>	<i>Carriers</i>	<i>Single Frequency</i>	<i>Dual-Frequency</i>
	<i>Computes Integrity</i>	<i>No</i>	
	<i>Ionospheric correction</i>	<i>Based on simple model</i>	<i>Based on dual-frequency measurements</i>
<i>Coverage</i>		<i>Global</i>	
<i>Accuracy (95%)</i>		<i>H: 15 m V: 35 m</i>	<i>H: 4 m V: 8m</i>
<i>Integrity</i>	<i>Alarm Limit</i>	<i>Not Applicable</i>	
	<i>Time-To-Alarm</i>		
	<i>Integrity risk</i>		
<i>Availability</i>		<i>99.8 %</i>	

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

Tabela 3.2 – Desempenho dos serviços para o Galileo Open Service (sincronização do tempo)

	<i>Open Service (timing)</i>
<i>Carriers</i>	<i>Three- Frequency</i>
<i>Coverage</i>	<i>Global</i>
<i>Timing Accuracy wrt UTC/TAI</i>	<i>30 nsec</i>
<i>Availability</i>	<i>99.8 %</i>

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

O Anexo I inclui as definições para todos os parâmetros de desempenho usados nas tabelas acima e em todas as demais tabelas que se referem aos serviços oferecidos pelo Galileo.

Implementação

Os sinais do Galileo Open Service serão separados em duas frequências para permitir a correção dos erros induzidos pelos efeitos da ionosfera através da diferenciação das medidas feitas em cada uma das frequências. Cada frequência de navegação incluirá dois revestimentos nos códigos dos sinais transmitidos (na fase ou quadratura). Dados serão adicionados a um dos revestimentos do código enquanto o outro sinal, com revestimento “piloto”, possuirá dados menos precisos e com medidas de navegação mais robustas. A definição da precisão dos sinais do Open Service é demonstrada no Anexo II.

3.3.1.2 COMMERCIAL SERVICE (CS)

Propósito

O Commercial Service permitirá o desenvolvimento de aplicações profissionais, portanto possuirão um melhor desempenho de navegação e valores adicionais aos dados quando comparado com o Galileo Open Service. As aplicações previstas para esta modalidade de serviços serão baseadas em:

- Disseminação dos dados com uma velocidade de 500 bps, para adicionar valor aos serviços;
- Emissão de dois sinais, separados em frequências como nos sinais Open Service que facilitam aplicações avançadas como na integração de redes de comunicação por rádio, fornecendo alta acuracidade de posicionamento e navegação.

Desempenho e Características

A Companhia de Operação do Galileo (GOC) determinará o nível de desempenho que poderá ser oferecido para cada serviço comercial juntamente com uma verificação das demandas da indústria e das necessidades do consumidor.

O Commercial Service será um serviço de acesso controlado, operado por representantes dos Fornecedores de Serviços Comerciais após a liberação de uma licença, de acordo entre estes fornecedores e o GOC.

Os fornecedores dos serviços comerciais tomarão decisões sobre os serviços oferecidos: integridade dos dados, correções diferenciais para áreas locais, etc, que dependerão das características finais de outros serviços oferecidos pelo Galileo.

Implementação

Os sinais do Commercial Service serão os mesmos do Open Service mais dois sinais encriptados (revestimentos no código e nos dados), na banda “E6”, mais detalhes são encontrados no Anexo II.

3.3.1.3 SAFETY OF LIFE SERVICE (SoL)

Propósito

Os mercados alvo do Safety of Life Service são os usuários de segurança crítica, por exemplo, marinha, aviação e trens, que pertencem a aplicações ou operações que requerem níveis severos de desempenho.

Este serviço fornecerá altos níveis de desempenho globalmente, satisfazendo as necessidades das comunidades de usuários e aumentando a segurança, especialmente em áreas onde o fornecimento de serviço pela tradicional infra-estrutura de solo não é eficaz. Um serviço oferecido mundialmente aumentará a eficiência de companhias que operam em bases globais, como companhias de aviação e companhias marítimas transoceânicas.

Desempenho e Características

Com respeito ao Safety of Life Service, há certos níveis de serviço, que são estipulados em vários campos internacionais de transporte, e outros que são práticas recomendadas (como Padronização e Práticas Recomendadas -SARPS- pelo ICAO). Há um nível muito específico de serviços para o Galileo, que será necessário para cumprir com a legislação aplicável para todos os domínios considerados do transporte e padrões existentes.

Este serviço será oferecido abertamente e o sistema terá a capacidade de autenticar o sinal (através de uma assinatura digital) para assegurar aos usuários que o

sinal que foi aceito é o sinal real do Galileo. Esta ferramenta do sistema que será ativada se requerida pelo usuário, deve ser transparente, igual para todos os usuários e não introduzirá nenhuma degradação ao desempenho.

O fornecimento de informações de integridade a nível global é a principal característica deste serviço. O SoL será fornecido globalmente de acordo com o desempenho indicado na tabela abaixo. Estas especificações incluem dois níveis de cobertura, duas condições de risco de exposição e são adequados a várias aplicações em diferentes domínios de transporte, por exemplo, ar, pouso, marítimo e trilhos de trem:

- O Nível Crítico se refere às operações com cobertura de tempo críticos como, por exemplo, no domínio da aviação em operações de aproximação de aeronaves com orientação vertical.
- O Nível não Crítico se refere às operações onde não é necessário uma cobertura do tempo tão crítica semelhante a navegação em mar aberto no domínio marítimo.

Tabela 3.3 – Desempenho dos serviços para o Galileo Safety of Life Service

		<i>Safety-Of-Life Service</i>	
<i>Type of Receiver</i>	<i>Carriers</i>	<i>Three Frequencies</i>	
	<i>Computes Integrity</i>	<i>Yes</i>	
	<i>Ionospheric correction</i>	<i>Based on dual-frequency measurements</i>	
<i>Coverage</i>		<i>Global</i>	
		Critical level	Non-critical level
<i>Accuracy (95%)</i>		<i>H: 4 m V: 8 m</i>	<i>H: 220 m</i>
<i>Integrity</i>	<i>Alarm Limit</i>	<i>H: 12 V 20 m</i>	<i>H: 556 m</i>
	<i>Time-To-Alarm</i>	<i>6 seconds</i>	<i>10 seconds</i>
	<i>Integrity risk</i>	<i>3.5x10⁻⁷ / 150 s</i>	<i>10⁻⁷/hour</i>
<i>Continuity Risk</i>		<i>10⁻⁵/15 s</i>	<i>10⁻⁴/hour – 10⁻⁸/hour</i>
<i>Certification/Liability</i>		<i>Yes</i>	
<i>Availability of integrity</i>		<i>99.5%</i>	
<i>Availability of accuracy</i>		<i>99.8 %</i>	

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

Os sinais do serviço SoL ocuparão as bandas E5a+E5b e L1. A tabela 3.3 indica o nível de desempenho que pode ser alcançado usando somente as frequências L1 e E5b. O Galileo oferecerá um robusto serviço para a comunidade especializada em segurança da vida oferecendo, também, alternativas de serviços para modos de operação degradados (quando uma ou duas frequências não estiverem disponíveis devido às interferências).

Implementação

Os sinais do Safety of Life Service serão separados em frequências para melhorar a robustez à interferência, e permitir a correção dos erros induzidos pelos efeitos da ionosfera através da diferenciação das medidas vindos de cada uma das frequências. Cada frequência de navegação incluirá dois revestimentos nos códigos dos sinais (na fase ou quadratura) Dados serão adicionados a um dos revestimentos do código enquanto o outro sinal, com revestimento “piloto”, possuirá dados menos precisos e com medidas de navegação mais robustas. Os dados de integridade serão transmitidos nas bandas L1 e E5b. A definição da precisão dos sinais do Safety of Life Service é demonstrada no Anexo II.

3.3.1.4 PUBLIC REGULATED SERVICE (PRS)

Propósito

O PRS fornecerá o maior nível de proteção contra ameaças aos sinais do Galileo que é disponível para os serviços abertos (OS, CS e SoL), através do uso de tecnologias apropriadas para a suavização das interferências.

A necessidade do Public Regulated Service resulta de uma análise das ameaças ao sistema Galileo e à identificação de problemas na infra-estrutura onde houver rompimento do sinal no espaço através de terroristas econômicos, agências subversivas ou hostis podendo resultar em danos e redução da segurança nacional, aplicação da lei, atividades de segurança ou econômica dentro de uma área geográfica significante.

O objetivo do PRS é fornecer a probabilidade de disponibilidade contínua, na presença de ameaças de interferência, àqueles usuários que necessitam. As aplicações típicas incluem:

a) Nível de Transporte Europeu

- Aplicação da lei (EUROPOL, Serviço Europeu Ainti-Fraude – OLAF);
- Serviços de segurança (Agência de Segurança Marítima) ou Serviços de Emergência (forças mantenedoras da paz ou intervenções humanitárias);

b) Nível dos Estados Membros

- Aplicação da lei;
- Serviços de Inteligência.

A introdução de tecnologias para a suavização de interferências transmitidas será feito com uma responsabilidade que assegure que o acesso a estas tecnologias seja adequadamente controlado, prevenindo o seu mau uso contra os interesses dos Estados Membros. O acesso ao PRS será controlado através de sistemas de gerência chaves aprovado pelos governantes dos Estados Membros.

Desempenho e Características

O acesso ao PRS será controlado por autoridades que serão previamente definidas, através de sinais encriptados e chaves distribuídas apropriadamente.

Tabela 3.4 – Desempenho dos serviços para o Galileo Public Regulated Service

		<i>Public-Regulated Service</i>
<i>Type of Receiver</i>	<i>Carriers</i>	<i>Dual-Frequency</i>
	<i>Computes Integrity</i>	<i>Yes</i>
	<i>Ionospheric correction</i>	<i>Based on dual-frequency measurements</i>
<i>Coverage</i>		<i>Global</i>
<i>Accuracy (95%)</i>		<i>H: 6.5 m V: 12 m</i>
<i>Integrity</i>	<i>Alarm Limit</i>	<i>H:20-V:35</i>
	<i>Time-To-Alarm</i>	<i>10 s</i>
	<i>Integrity risk</i>	<i>$3.5 \times 10^{-7}/150 \text{ sec}$</i>
<i>Continuity Risk</i>		<i>$10^{-5}/15 \text{ s}$</i>
<i>Timing Accuracy w.r.t. UTC/TAI</i>		<i>100 nsec</i>
<i>Availability</i>		<i>99.5 %</i>

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

Implementação

Os sinais do Public Regulated Service serão permanentemente transmitidos em frequências separadas como nos demais serviços abertos do Galileo Satellite-Only. Estes sinais utilizarão amplas bandas para que possam ser resistentes as interferências involuntárias ou interferências maliciosas e, então oferecer uma melhor continuidade do serviço.

O uso do PRS será restrito a categorias de usuários claramente identificadas e autorizadas pela União Européia e estados participantes. Os Estados Membros serão usuários autorizados através da implementação de técnicas de controles apropriados. Os Estados Membros manterão o controle e a distribuição de receptores.

3.3.1.5 GALILEO SUPPORT TO THE SEARCH AND RESCUE SERVICE (SAR)

Propósito

O Galileo Support to the Search and Rescue Service representa a contribuição da Europa com as cooperativas internacionais COSPAS-SARSAT que se empenham em campanhas humanitárias com atividades de procura e resgate. O SAR irá:

- Preencher os requerimentos e regulamentos da Organização Internacional da Marinha (IMO) – através da detecção de Rádio Faróis Indicadores de Posicionamentos de Emergência (EPIRBs), do Serviço de Segurança Marítimo Global de Perigo e da Organização Internacional de Aviação Civil (ICAO) – através da detecção de Terminais de Localização de Emergências (ELTs);
- Ser compatível com os sistemas COSPAS-SARSAT e contribuir eficientemente com estes esforços internacionais de procura e resgate.

Desempenho e Características

O SAR permitirá importantes melhoramentos nos sistemas existentes do COSPAS-SARSAT:

- Recepção de mensagens de socorro mais próximas do tempo real transmitidas de qualquer lugar na Terra (atualmente, o tempo de espera é na média de uma hora);
 - Localização precisa dos alertas (representando poucos metros com receptores Galileo equipados com EPIRBs e ELTs, enquanto as especificações correntes tem acuracidade de 5 km em relação a localização correta);
 - Detecção por múltiplos satélites para evitar bloqueios terrestres em condições severas;
-

- Aumentar a disponibilidade do segmento espacial (27 satélites com Média Órbita Terrestre no alto de 4 satélites de Baixa Órbita Terrestre e mais 3 satélites Geoestacionários no corrente sistema).

Além disso, o SAR introduzirá uma nova função, que será uma ligação de retorno entre o operador do Galileo Support to the Search and Rescue Service e o rádio farol que emitiu o sinal de socorro, através disso facilitará as operações de resgate e ajudará a identificar e rejeitar alertas falsos.

Tabela 3.5 – Desempenho dos serviços para o Galileo Support to the Search and Rescue Service

<i>Galileo support to Search and Rescue Service (SAR/Galileo)</i>	
Capacity	Each satellite shall relay signals from up to 150 simultaneous active beacons
Forward System Latency Time	The communication from beacons to SAR ground stations shall allow for the detection and location of a distress transmission in less than 10 min. The latency time goes from beacon first activation to distress location determination.
Quality of Service	Bit Error Rate $< 10^{-5}$ for communication link: beacon to SAR ground station
Acknowledgment Data Rate	6 messages of 100 bits each, per minute
Availability	$> 99.8\%$

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

Implementação

O transmissor que emite as respostas para o sistema de procura e salvamento nos satélites Galileo detecta os alertas de socorro enviados de algum rádio farol do COSPAS-SARSAT sendo o alerta emitido nas bandas de 406 – 406.1 MHz, e transmite estas informações para uma estação de solo dedicada na banda “L6”.

Os Centros de Missão de Controle (MCC) do COSPAS-SARSAT realizam a determinação da posição do rádio farol de onde foi feito o pedido de socorro, uma vez que foram detectados pelos segmentos de solo dedicados.

3.3.2 SERVIÇOS LOCALMENTE AJUDADOS

Os serviços Galileo Open, Commercial, Safety of Life e Public Regulated serão, quando necessário, aprimorados por meio de Componentes Locais do Galileo para satisfazer a demanda dos usuários que necessitam níveis maiores de acuracidade, integridade, disponibilidade e comunicação sobre áreas locais. Os Componentes Locais do Galileo, que consistirá de todos os Elementos Locais do Galileo, faz parte do projeto de definição total do Galileo e, semelhante ao programa Galileo, inclui o projeto e desenvolvimento de alguns poucos elementos locais selecionados para experimentos em ordem de determinação e demonstração da obtenção do desempenho dos Serviços Locais.

Enquanto que os Componentes Locais do Galileo fazem parte do projeto de definição total do Galileo, sua distribuição não é incluída dentro da fase da distribuição do núcleo do sistema Galileo. No entanto, é provável que ambos, GOC e fornecedores de serviços externos, distribuirão os Elementos Locais em escala global e juntamente com isso oferecerão serviços “regulados” e “não regulados” para uma ampla variedade de usuários.

Através da definição dos padrões de desempenho dos Elementos Locais do Galileo poderá também ser possível oferecer garantia dos serviços prestados por estes elementos. Garantia semelhante a dos serviços locais será provavelmente usada nos serviços “regulados” pelo GOC, que seria usado como gabarito de entrada nos fóruns baseados nos domínios (estradas, trilhos, aeronáutica, marinha, etc). É provável que ambos, GOC e fornecedores de serviços externos, entregarão serviços semelhantes aos usuários finais que virão tipicamente das comunidades de usuário bem estabelecidas com padrões e regulamentações existentes, e que requerem uma garantia dos serviços locais oferecidos pelo Galileo (tipicamente Safety of Life).

Os serviços locais “não regulados” são próprios para serem usados em estabelecimentos autônomos com fornecedores de serviço externos, para utilização puramente em demandas comerciais que não possuem exigências de desempenho estritamente definidas ou necessidade de garantia para os serviços locais do Galileo.

A precisa distribuição, associada ao desempenho e funcionalidade dos Elementos Locais será dirigida pelo usuário, necessidades de mercado, regulamentações públicas, fatores econômicos e a proliferação de redes existentes (como DGPS – GPS Diferencial, GSM – Sistema Global de Comunicação por Celulares) que depende bastante de uma infra-estrutura e funcionalidade requerida pelos Elementos Locais do Galileo. No entanto, as quatro principais categorias de serviços onde os Elementos Locais serão parte integrante podem ser definidas usando bases específicas de funcionalidade.

I. Serviços Locais de Navegação de Precisão: Os Elementos Locais do Galileo têm a condição de oferecer um código com correções diferenciais que normalmente alcançam uma acuracidade de posicionamento melhor que 1 metro. Além disso, estes elementos locais têm o potencial de melhorar os limites do alarme de integridade a um nível a ser determinado com uma associação à hora de alarme (TTA) de até 1 segundo.

II. Serviços Locais de Navegação de Alta Precisão: A exploração da técnica da Definição da Ambigüidade de Três Portadoras (TCAR) com os Elementos Locais do Galileo permitirá aos usuários a determinação do seu posicionamento com erros abaixo de 10 centímetros. A função da integridade deste serviço é exatamente como a do citado acima anteriormente.

III. Serviço de Navegação Localmente Ajudado: Através da redução da quantidade de informação para ser decodificado no usuário final, é possível aperfeiçoar a disponibilidade do Sinal no Espaço (SIS) pelo melhoramento do Tempo ao Primeiro Reparo (TTFF), especialmente quando consideramos aplicações que operam em ambientes de difícil acesso (como canais urbanos e aplicações internas). Este desempenho pode ser ainda aperfeiçoado através do uso de Tons Piloto adicionais que existem nos sinais abertos do Galileo. Este serviço é amarrado semelhante às técnicas de comunicação (como GSM/UMTS – Sistema Global de Comunicação por Celulares/Sistema de Telecomunicação Universal por Celulares) devido à necessidade de níveis elevados de comunicações (veja a Tabela 3.6).

IV. Serviços Locais para Aumento da Disponibilidade: As estações locais de transmissão aos satélites, como sinais (pseudolite), também serão usadas quando necessários para aumentar a disponibilidade de qualquer serviço Galileo em uma área local definida. O desempenho do posicionamento será aperfeiçoado através do melhoramento da geometria dos satélites e pelo fato de que os sinais pseudolite não serão sujeitos ao mesmo nível de distorção do ambiente. Melhorar a disponibilidade será desejável em ambientes restritos (como os urbanos) e para cenários que requerem um alto nível de disponibilidade (como em pouso de aviões).

Estes serviços de elevado desempenho mencionados anteriormente serão entregues após um exame das considerações para este pedido. Os Componentes Locais do Galileo oferecerão meios de se alcançar a sinergia entre os domínios da comunicação e posicionamento necessários para ser totalmente compatível às necessidades combinadas das várias aplicações dos usuários, dessa forma é possível capturar a máxima parte do mercado possível. Tal necessidade e interesse no valor adicionado mútuo causado por tal combinação vêm sendo expressos em todos os fóruns com usuários sobre os serviços Galileo. O potencial de melhoramento do desempenho é bem demonstrado quando o exemplo de UMTS é usado, com este processo a entrega de vídeos, voz e/ou dados pode ser da forma bi-direcional com uma capacidade de até 2 Mbps em comparação com o sistema do Galileo que poderá oferecer uma capacidade de transmissão de somente 500 bps nos serviços comerciais. Conseqüentemente será feito exame de cada esforço para assegurar a harmonização da posição e comunicação usando os Componentes Locais do Galileo ao alcance.

A tabela abaixo indica o desempenho típico que é provável para ser requerido/esperado pelos códigos diferenciais, portadora e técnicas ajudadas internamente sob condições aproximadas de ambiente.

Tabela 3.6 – Desempenho dos serviços combinados do Galileo e os Elementos Locais

<i>Type of Local Elements</i>	Broadcast of differential corrections	Broadcast of differential corrections	Indoor Assisted Users
<i>Accuracy (95%)</i>	< 1 m	< 10 cm	50 m (TBC)
<i>Integrity TTA</i>	up to 1 second	TBD	TBD
<i>Integrity Alarm Limit</i>	TBD	TBD	TBD
<i>Availability</i>	99-99.95 (TBD)	99-99.9 (TBD)	99-99.9 (TBD)
<i>Communications</i>	Broadcast	Single/bi-directional data	Single/bi-directional data and voice

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

Quase todos os Elementos Locais do Galileo e terminais de usuários associados poderão incluir qualquer GNSS adicional (como GPS e GLONASS) e potencialmente bases terrestres de posicionamento (como E-OTD – Melhorado-Observação Diferencial do Tempo) e, em consequência, os serviços locais oferecidos serão usados para serviços combinados. Em tais exemplos quando os serviços combinados estão sendo oferecidos longitudinalmente associados ao Galileo Local com serviços de garantia, esta garantia será relacionada somente para o desempenho do Galileo, e não aos sistemas adicionais incluídos como partes dos serviços.

3.3.3 SERVIÇOS DO EGNOS

EGNOS fornece um serviço multimodal e civil às diferentes categorias de usuários europeus, ou seja: público geral/usuários do mercado maciço, usuários especialistas e usuários de segurança crítica. Por esta perspectiva, EGNOS é uma ferramenta para o desenvolvimento de aplicações futuras para o Galileo.

EGNOS fornece três tipos de serviços:

- Serviço de revestimento: Os satélites geoestacionários do EGNOS são adicionais ao GPS – com revestimento do código de origem.
- Correções diferenciais de área ampla: EGNOS aperfeiçoa a acuracidade do GPS e GLONASS fornecendo correções diferenciais.
- Integridade: EGNOS executa um aviso do mau funcionamento do sistema (integridade), para as constelações do GPS e GLONASS. O

fornecimento deste serviço de controle de qualidade é essencial para aplicações de segurança crítica.

Os serviços EGNOS são um serviço civil oferecido abertamente. Ainda que os serviços EGNOS sejam condicionados a disponibilidade do GPS, é previsto que um relacionamento contratual seja estabelecido entre o Fornecedor do Serviço e alguns usuários para que o serviço de garantia possa ser dado.

O desempenho dos serviços EGNOS e a área de cobertura são definidos no Anexo III.

A combinação do Galileo Safety of Life Service com os serviços EGNOS é de interesse especial. Este serviço combinado oferecerá informações de integridade independente e complementar das constelações Galileo e GPS respectivamente, assim poderá suportar, por exemplo, a precisão necessária para operações de aproximação no domínio da aviação, evitando modos de falhas comuns entre os sistemas, e permitir a racionalização da tradicional infra-estrutura terrestre de rádio navegação.

3.3.4 SERVIÇOS COMBINADOS

Propósito

O Galileo está sendo projetado para ser interoperável com outros sistemas para que seja possível ser usado, em um grande número de exemplos, como parte dos serviços combinados. A identificação dos serviços combinados é necessária para:

- Encontrar a maior demanda de aplicações dos usuários.
- Reduzir os defeitos no sistema de navegação por satélites.
- Fornecer soluções robustas para aplicações que requerem muito do sistema por razões de segurança e/ou proteção.
- Acesso ao futuro mercado GNSS.
- Possibilitar e expandir novas oportunidades de mercado.

O papel exato que a garantia dos serviços Galileo podem oferecer dentro dos serviços combinados com outros sistemas necessita ser elaborado baseado sobre as características específicas destes serviços.

No caso de garantia dos serviços combinados, tais serviços provavelmente serão regulados pelo GOC e possuirão responsabilidade somente no desempenho do Galileo e, será entregue dentro de uma conjunção com os serviços externos fornecidos aos usuários finais os quais tipicamente são vindos de comunidades de usuários com padrões e regulamentações existentes.

O fornecimento de serviços externos pode também estabelecer serviços combinados com estações autônomas não reguladas para usuários com serviços não garantidos em bases puramente comerciais.

3.4 SISTEMA GALILEO

A arquitetura do Galileo é resultante das atividades de projeto do sistema que tem sido dirigida pela definição dos serviços vistos nas seções anteriores. A arquitetura deste estágio do projeto tem sido determinada para ser flexível em:

- Ser adaptável a mudanças de missões requeridas.
- Permitir uma gradual implementação dos serviços descritos na seção 3.3.
- Permitir a transação das mudanças de configuração dos elementos de sistema.

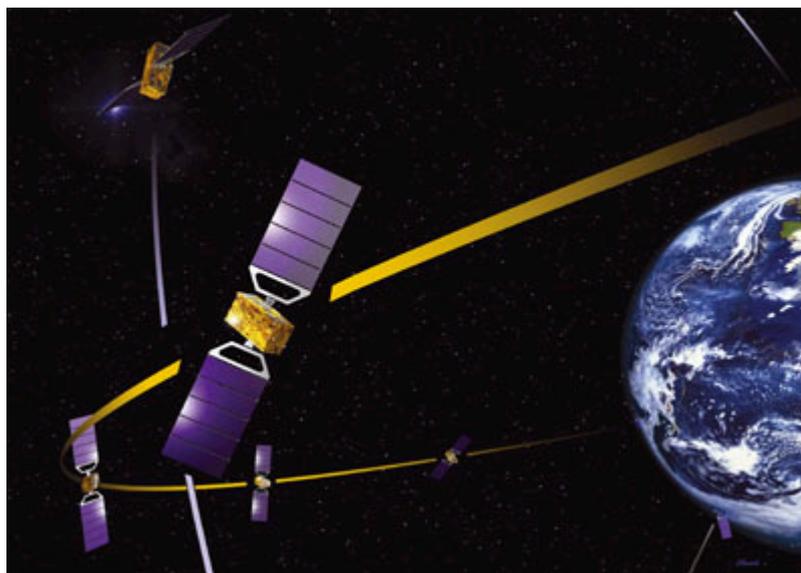


Figura 3.6 – Órbita dos satélites Galileo

Fonte: <http://www.esa.int/esa-mm/mmg.pl?b=b&type=I&mission=Galileo&start=2>

Diferentes partes da infra-estrutura do Galileo são necessárias para fornecer todos os tipos de serviços descritos na seção 3.3. Conforme a participação de cada parte da infra-estrutura para o suprimento dos serviços, o sistema Galileo tem sido agrupado dentro das seguintes categorias:

- Componente Global

O Componente Global é o núcleo da infra-estrutura do sistema Galileo que contém todos os elementos necessários para fornecer o Galileo Satellite-Only Services descrito na seção 3.3.1.

- Componente Local

O Componente Local é parte integrante do projeto Galileo e é necessária para fornecer os serviços de assistência localizada descrito na seção 3.3.2. O programa Galileo inclui o desenvolvimento de alguns experimentos com Elementos Locais selecionados para validar o desempenho e as interfaces entre o núcleo do sistema e estes acréscimos locais.

- EGNOS

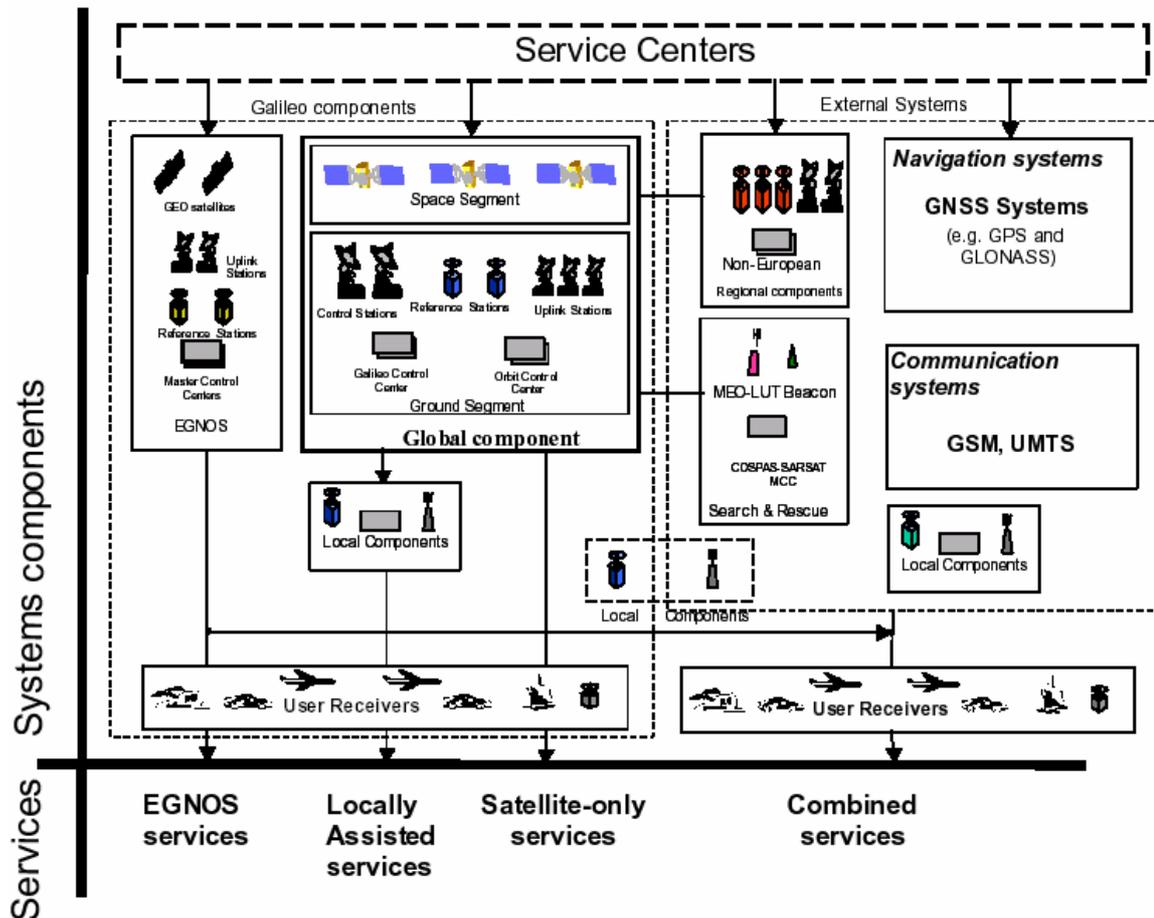
O sistema EGNOS é a infra-estrutura necessária para fornecer os serviços descritos na seção 3.3.3. Após o pleno funcionamento do sistema Galileo, o sistema EGNOS será mantido em funcionamento independentemente para evitar modalidades comuns de falhas.

- Segmento de Usuário

O Segmento de Usuário é o componente do sistema que receberá e processará os sinais Galileo e os sinais vindos de outros sistemas obtidos pelos serviços Galileo.

- Galileo Externo – componentes de sistema relacionados

Os serviços de Integridade dos Segmentos Europeus e o Sistema de Procura e Salvamento, possuirão interfaces com o Componente Global.



Figuras 3.7 – Componentes dos sistemas traçados de acordo com os serviços
 Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

3.4.1 COMPONENTE GLOBAL

A infra-estrutura descrita nesta seção permite o fornecimento do Galileo Satellite Only Services. É compreendido do segmento espacial que possuirá 27 satélites ativos mais 3 satélites reserva, e será associado ao segmento de solo.

3.4.1.1 SEGMENTO ESPACIAL

O Segmento Espacial do Galileo será compreendido de uma constelação com um total de 30 satélites MEO, dos quais 3 serão reservas. Os satélites incluem:

- Uma plataforma
- Uma carga útil para o sistema de navegação
- Uma carga útil para o sistema de Procura e Resgate

Cada satélite transmitirá sinais de tempo precisos, juntamente com a sincronização do relógio, efemérides das órbitas e outros dados. A constelação dos satélites vem sendo otimizada para ter as seguintes especificações nominais da constelação:

- Órbita circular com semi-eixo maior de 29.994 km (que corresponde a 23.616 km de altitude);
- Inclinação orbital de 56°;
- Três planos orbitais igualmente espaçados;
- Nove satélites operacionais em, igualmente espaçados em cada plano;
- Um satélite reserva (também em operação) em cada plano.



Figuras 3.8 – Satélite Galileo orbitando ao redor da Terra

Fonte: http://www.esa.int/esaNA/SEM5KHXEM4E_galileo_0.html

Parâmetros orbitais e de constelação do Galileo e GPS são diferentes. A qualquer tempo e em qualquer lugar na Terra o número máximo de satélites visíveis para cada sistema é calculado para ser:

Tabela 3.7 – Número máximo de satélites visíveis para vários ângulos de máscara

Receiver elevation masking angle	Number of visible Galileo satellites	Number of visible GPS satellites	Total
5°	13	12	25
10°	11	10	21
15°	9	8	17

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

3.4.1.2 SINAL NO ESPAÇO (SIS)

Dez sinais para navegação e um de Procura e Salvamento (SAR) serão fornecidos pela constelação de satélites. De acordo com as regulamentações da União Internacional de Telecomunicações (ITU), os sinais de navegação do Galileo serão emitidos em bandas alocadas no RNSS, e o sinal SAR será transmitido em uma das bandas de frequência reservadas para serviços de emergência (1544 – 1545 MHz).

A seguir a descrição dos mapas de emissão dos sinais de navegação do Galileo:

- 4 sinais serão transmitidos na frequência de abrangência 1164 – 1215 MHz (E5a – E5b);
- 3 sinais serão transmitidos na frequência de abrangência 1260 – 1300 MHz (E6);
- 3 sinais serão transmitidos na frequência de abrangência 1559 – 1591 MHz (L1).

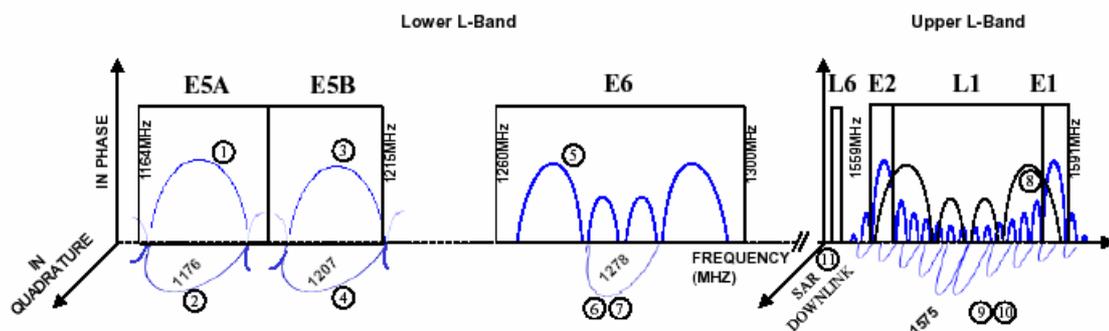


Figura 3.9 – Descrição dos sinais no espaço do Galileo

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

Cada sinal de navegação consiste de um código de revestimento e dados. Há diferentes tipos de revestimento do código e diferentes tipos de dados, que podem ser usados pelos sinais do Galileo.

Revestimento do código

O revestimento do código é uma seqüência de -1 e +1 com características específicas no domínio do tempo (comprimento do código) e freqüência. Existe uma única seqüência para cada sinal vindo de um dado satélite. O revestimento do código somente é publicamente conhecido, quando o código é realmente publicado, ou conhecido somente por usuários autorizados, quando o código é encriptado.

Existem três tipos de revestimentos para os códigos:

- Revestimento do código de acesso aberto (sabido publicamente, não encriptado);
- Revestimento do código encriptado com encriptação comercial;
- Revestimento do código encriptado com encriptação governamental.

Dados

Há cinco tipos de dados:

- Dados de navegação básica;
- Dados de integridade;
- Dados comerciais;
- Dados para o Public Regulated Service;
- Dados para Procura e Salvamento.

Existem dados de acesso aberto (como dados de navegação, dados de integridade, dados SAR) ou com acesso protegido (como dados comerciais que usam encriptação comercial, dados PRS que usam encriptação governamental).

Distribuição dos serviços dentro dos sinais do Galileo

Ambos, os revestimentos dos códigos e os dados das portadoras, necessitam de informações específicas para serviços específicos. Entre os dez sinais de navegação:

- 6 serão determinados para OS e SoL (sinais 1,2,3,4,9,10 da figura 3.3);
-

- 2 serão determinados especificamente para CS (sinais 6,7 da figura 3.3);
- 2 serão determinados especificamente para PRS (sinais 5,8 da figura 3.3).

A tabela 3.8 resume as características dos sinais de navegação e sua distribuição por serviços:

Tabela 3.8 – Características dos sinais de navegação e sua distribuição por serviços

Signal s id.	Frequen- cias	Navigation Services				Signals characteristics	
		OS	CS	SoL	PRS	Ranging Code Type	Data Type ¹⁸
1,2,3, 4,9 and 10	E5a E5b L1	X	X	X		Open Access	Navigation data Integrity data SAR data ¹⁹ , Commercial data ²⁰
6, 7	E6		X			Commercial encryption	Commercial data
5,8	E6 L1				X	Governmental encryption	PRS data

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

Nota:

As mensagens SAR de pedido de ajuda (pedidos de ajuda emitido por radio faróis aos operadores SAR) serão detectados pelos satélites Galileo na banda 406 – 406.1 MHz, e então retransmitidas a receptores dedicados em estações de solo na banda de 1544 – 1545 MHz, também chamada de L6 (abaixo da banda de navegação E2). Os dados SAR, vindos de operadores SAR aos radio faróis que emitiram o pedido de ajuda, serão usados como alertas de reconhecimento e coordenação de equipes de resgate, e será encaixado nos dados de navegação dos sinais de serviço aberto emitidos na banda L1.

3.4.1.3 SEGMENTO DE SOLO

As duas funções básicas do Segmento de Solo serão, o controle dos satélites e as missões de controle. O controle dos satélites inclui a administração da constelação

através de monitoramento e controle usando o TT&C (Informações de Telemetria & Comando). Missões de controle controlam globalmente as funções do núcleo das missões de navegação (determinação da órbita, sincronização dos relógios) e determina e dissemina (através dos satélites MEO) informações de integridade (mensagens de alerta dentro dos requerimentos do tempo de alarme) em bases globais. As propriedades do segmento de solo são os seguintes:

- O Centro de Controle do Galileo é o coração do sistema e inclui todos os controles e facilidades de processamento. A principal função do Centro de Controle inclui a Determinação das Órbitas, a Sincronização do Tempo, a determinação global da integridade dos satélites, manutenção do tempo no sistema Galileo, monitoramento e controle dos satélites e os serviços necessários para fornecer estes, e as varias tarefas de manutenção.
 - As Estações de Sensores do Galileo coletam os dados de navegação vindos dos satélites Galileo assim como informações meteorológicas e outras informações ambientais requeridas. Estas informações são repassadas ao Centro de Controle do Galileo para processamento.
 - As Estações Galileo com ligações de alta velocidade incluem a separação das estações de duas maneiras, informações, telemetria e comando na banda S; e missões especificamente próximas às ligações de alta velocidade na banda C, e nas Estações de Sensores do Galileo.
 - Missões em Estações de ligações de altas velocidades com somente uma missão próximas às altas ligações ocorrem na banda C.
 - Rede de Comunicação de Área Global fornece uma rede ligada a todos os elementos do sistema ao redor do mundo.
-

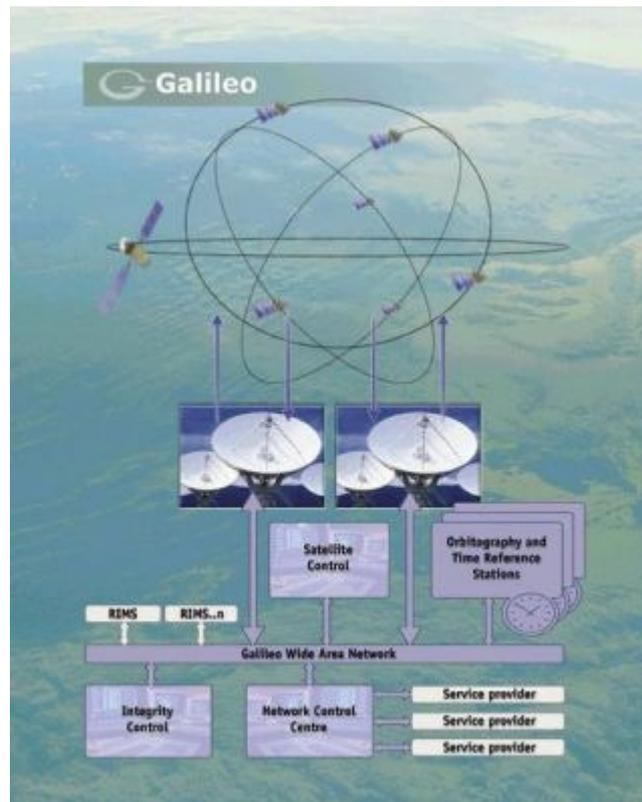


Figura 3.10 – Esquema do Segmento de Solo do Sistema Galileo

Fonte: http://www.esa.int/esaCP/GGGWXGE3KCC_Improving_1.html#subhead1

Além disso, uma Central de Serviços será implementada com o objetivo de fornecer uma interface aos usuários e dar valor aos serviços adicionais fornecidos por edições programáticas e comerciais. Quando apropriado, para diferentes categorias de serviços, este centro executará funções como fornecer:

- Informações, garantia de desempenho e dados arquivados;
- Informações do desempenho do sistema Galileo no momento e para o futuro;
- Subscrição e acesso a gerência de chaves de acesso;
- Informações de certificação e licenças;
- Interface com componentes locais não europeus;
- Interface com o fornecimento de serviços de procura e resgate;
- Interface com o fornecimento de serviços comerciais do Galileo;

3.4.2 COMPONENTES LOCAIS

Os Componentes Locais do Galileo, que é composto de todos os Elementos Locais Galileo, é parte integrante da definição global do Galileo e, deste modo, inclui o projeto e desenvolvimento de alguns Elementos Locais experimentais baseados sobre funcionalidades específicas necessárias para ir de encontro aos requerimentos dos serviços associados.

Os Elementos Locais Galileo fornecerão, quando necessário, um melhoramento no desempenho do sistema e a possibilidade do uso combinado do Galileo com outros sistemas GNSS, bases terrestres de posicionamento e sistemas de comunicação em bases locais (como sistemas diferenciais GNSS, Loran-C, e UMTS) para uma ampla variedade de usuários.

A fim de cumprir com os requerimentos necessários para as quatro principais categorias de serviços discutidas na seção 3.3.3, as seguintes funcionalidades de sistema são requeridas para os correspondentes Elementos Locais:

I. Elementos Locais de Navegação de Precisão: Fornecerão correção diferencial dos sinais (por exemplo, através da transmissão de dados via rádio ou por GSM ou UMTS) que os terminais dos usuários poderão usar para ajustar o alcance efetivo de cada satélite e assim corrigir erros de efemérides e nos relógios, compensar os erros causados pela troposfera e, no caso das frequências do sinal, erros devido ao atraso causado pela ionosfera. Será possível também melhorar a qualidade das informações de integridade tanto em termos do Limite de Alarme quanto do TTA. É esperado que existam formatos de sinais (RTCM, RTCA) que serão adaptáveis para acomodar todos os dados adicionais do Galileo.

II. Elementos Locais de Navegação de Alta Precisão: Fornecerão correção diferencial dos sinais (por exemplo, através da transmissão de dados via rádio ou por GSM ou UMTS) com Correção de Ambigüidade de Três Portadoras (TCAR) que os terminais dos usuários poderão usar para ajustar o alcance efetivo de cada satélite e assim corrigir erros de efemérides e nos relógios, compensar os erros causados pela troposfera e ionosfera. Do mesmo modo, é

esperado que existam formatos de sinais (RTCM, RTCA) que serão adaptáveis para acomodar todos os dados adicionais do Galileo.

III. Elementos de Navegação Localmente Ajudado: Pode ser por meio de uma ou das duas funcionalidades de comunicação (por exemplo, por GSM ou UMTS) e irá ajudar o usuário final a determinar seu posicionamento em ambientes de difícil acesso. Com a utilização de um terminal do usuário de acesso central localizado em um meio onde ocorra o menor nível de desvios dos sinais que receberá as informações dos satélites (como efemérides e Doppler) poderá ser usadas para reduzir o tempo ao primeiro reparo, possibilitará a determinação da posição muito mais rapidamente através dos sinais dos satélites recentemente adquiridos do que de qualquer outra maneira. Em um serviço de acesso central, dois meios de comunicação são necessários para possibilitar o recebimento das informações da pseudorange no terminal do usuário, primeiramente é transmitido a uma central de facilidade de processamento, onde a posição é computada para só então ser retransmitida ao terminal do usuário no campo. Em ambos os casos, os Tons Pilotos adicionais nos sinais do Galileo Open Service podem melhorar ainda mais o desempenho do sistema.

IV. Elementos Locais para Aumento da Disponibilidade: Fornecerá suplementação local através da transmissão de sinais (pseudolite) que o terminal do usuário pode usar como se fosse um satélite Galileo adicional para compensar o satélite que não é visível sob campos de vista restritos ou cenários que requerem alta disponibilidade. Esta variedade de informações locais disponibiliza também, de maneira nominal, um nível de qualidade mais elevado do que aqueles recebidos dos satélites Galileo, quando sujeitos aos mesmos níveis de distorções ambientes.

A fim de testar, validar e demonstrar o aperfeiçoamento do desempenho de entrega de cada um destes Elementos Locais citados, será necessário desenvolver, associado aos terminais dos usuários, apropriadas funcionalidades adicionais necessárias para interagir apropriadamente com os Elementos Locais. O relacionamento

entre o núcleo de recebimento do Galileo e os Elementos Locais e ao, de fato, sistema externo complementar com suas funcionalidades é representado na figura 3.4, e as necessidades serão também consideradas quando forem definidos os vários sistemas complementares nos terminais dos usuários que serão produzidos como parte integrante da fase de desenvolvimento e validação do programa Galileo. Esta é uma particularidade de casos quando existe um relacionamento com Serviços Locais para Aumento da Disponibilidade, como requerem uma sinergia entre o Receptor Galileo, os Elementos Locais associados e o método de comunicação (GSM/UMTS), são tipicamente combinados, a nível do terminal do usuário, como um aparelho de telefone móvel.

Em ordem, para maximizar e facilitar a implementação, uso e benefício de todos os Elementos Locais do Galileo, Documentos de Controle de Interface (ICD's) serão definidos entre o “núcleo” do sistema Galileo e os sistemas externos, em particular sistemas de comunicação por celular, com os UMTS, que tem sido identificado como tendo um papel importante em fornecer aumento da qualidade local para os serviços Galileo baseados em satélites.

Por um lado, a existência de Elementos Locais Galileo, e por outro lado, a proliferação da infra-estrutura de comunicação por celulares, oferece uma maior oportunidade para projetar aplicações baseadas na sinergia de duas funções básicas (transmissão de dados de navegação). Consequentemente, tal sinergia permitirá o desenvolvimento direto de parte do mercado para o Galileo.

Este será o caso também para a definição das Centrais de Serviço, que podem fornecer as comunidades de usuários, através dos Elementos Locais, um valor adicional aos serviços e dados (como planejamento de parada dos satélites, melhoramento das efemérides/predições dos relógios).

Com os Elementos Locais sendo globalmente proliferados, existirá também a possibilidade de se usar a qualidade dos SIS recebidos pelos Elementos Locais para ajudar na identificação e isolamento de interferências oriundas dos sinais SIS vindos dos satélites Galileo. Esta funcionalidade adicional poderá ser um ótimo benefício para o Galileo e sem dúvida ao GNSS, pois os sinais são muito fracos e tal particularidade é

suscetível a muitas formas de interferência que degrada o desempenho e, pior ainda, pode danificá-lo totalmente e, portanto merece uma investigação adicional.

3.4.3 EGNOS

EGNOS é composto de quatro segmentos: segmento de solo, segmento do espaço, segmento do usuário e facilidades de suporte.

- O Segmento de Solo EGNOS consiste dos GNSS (GPS, GLONASS, GEO), Estações de monitoramento do Revestimento e Integridade (chamadas RIMS), que são conectadas a bases de processamento de dados chamados de Centro de Controle de Missão (MCC). O MCC determina a integridade, correções diferenciais de Pseudorange para cada satélite monitorado, atrasos ionosféricos e gera efemérides para os satélites GEO. Esta informação é enviada as Estações Terrestres de Navegação pela Terra (NLES), que adicionarão os Revestimentos de Sinais e enviarão estes dados aos satélites GEO. Estes satélites interligados recebem os dados na Ligação 1 do GPS (L1), frequência com uma modulação e esquema de código similar ao do GPS. Todos os componentes do segmento de solo são interconectados através da Larga Área da Rede de Comunicações (EWAN) do EGNOS;
 - O Segmento do Espaço EGNOS é composto de transmissores geoestacionários com cobertura global. O sistema EGNOS AOC é baseado no INMARSAT-3, AOR-E e IOR, e nos transmissores de navegação ESA ARTEMIS;
 - O Segmento do Usuário EGNOS consiste de um receptor padrão EGNOS, que verifica o desempenho do Sinal no Espaço (SIS), e protótipos de equipamentos para usuários de aviação civil, aplicações terrestres e marítimas. Esses equipamentos protótipos serão usados para validar e eventualmente certificar o EGNOS para as diferentes aplicações consideradas;
 - As facilidades de suporte do EGNOS incluem a Plataforma de Verificação de Desenvolvimento (DVP), as Aplicações Específicas de
-

Qualificação de Facilidades (ASQF) e a Avaliação de Desempenho e Facilidade de Verificação Geral do Sistema (PACF). Estas facilidades são necessárias para o suporte do Desempenho do Sistema, Operações e Qualificação.

Os elementos EGNOS irão possuir funcionalidades independentes dos componentes globais Galileo para evitar modalidades comuns de falhas.

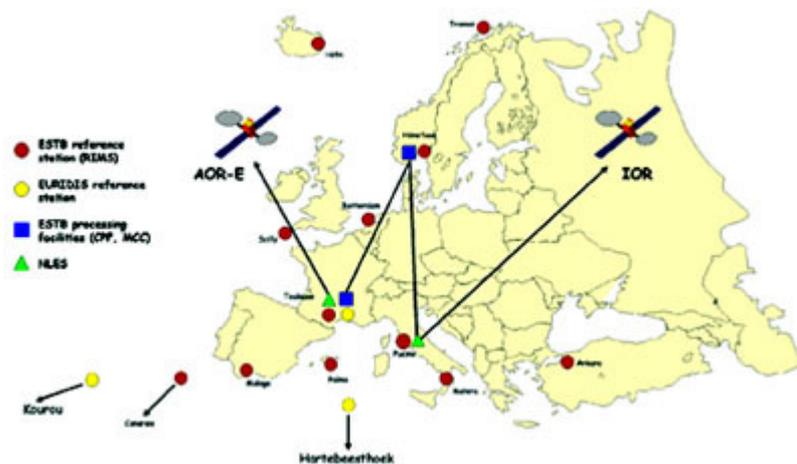


Figura 3.11 – Esquema do Sistema EGNOS

Fonte: http://esamultimedia.esa.int/docs/egnosc/estb/esaEG/ASEJA9UG0SC_estb_1.html

3.4.4 SEGMENTO DO USUÁRIO

O Segmento do Usuário será a família de diferentes tipos de receptores de usuários, com diferentes capacidades de uso dos sinais Galileo que irão executar os diferentes serviços do Galileo.

Para beneficiar completamente todos os serviços Galileo (global, local e combinado), os usuários devem ser equipados com **terminais** multifuncionais adequados. As **funções** executadas nos terminais dos usuários são as mostradas a seguir:

- Função 1: receber diretamente os Sinais no Espaço Galileo (**receptor Galileo**);

- Função 2: ter acesso aos serviços fornecidos por componentes regionais e locais;
- Função 3: ser interoperável com outros sistemas.

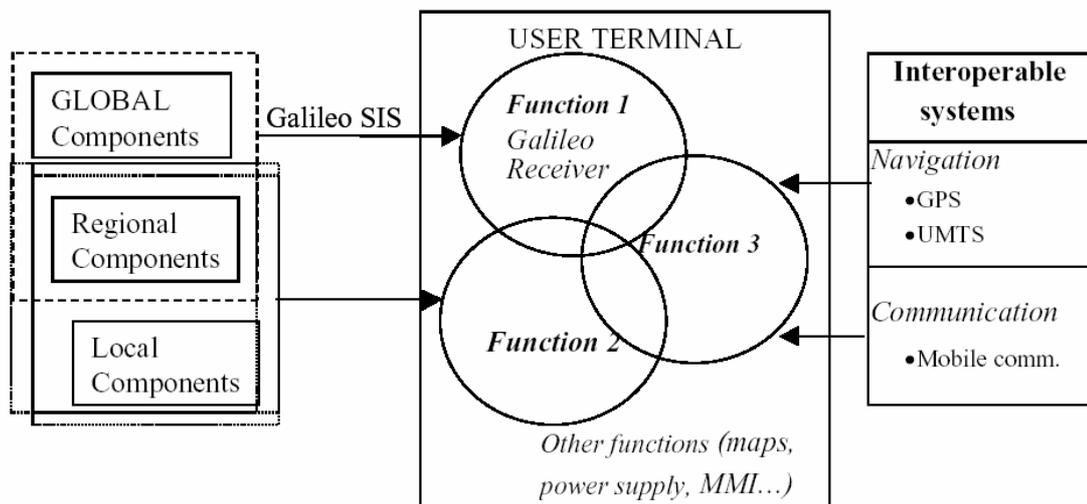


Figura 3.12 – Terminal receptor de usuários
Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

Como com os Componentes Locais do Galileo, os receptores Galileo serão projetados e construídos como parte integrante da Fase de Desenvolvimento do Galileo. Todas as características de desempenho dos serviços Galileo serão referenciadas às características de desempenho destes receptores, e como tal todos os desenvolvimentos subsequentes nos receptores dos usuários terão que corresponder às mesmas características de desempenho com os mesmos níveis de serviço sendo alcançados.

A primeira função é executada pelo receptor Galileo, que será constituído de uma linha de base de alguns terminais. A segunda e terceira funções serão opcionais e dependerão das necessidades de aplicações. Algumas destas funções poderão ser desempenhadas tecnicamente pelo mesmo componente físico. Por exemplo, a interoperabilidade com o GPS e a recepção dos SIS Galileo podem ser desempenhadas por um mesmo receptor combinado. Além do que, a recepção de dados dos componentes locais e a interoperabilidade com os UMTS podem ser desempenhadas por um mesmo componente de hardware.

Como o desempenho de diferentes serviços Galileo é definido pelo nível do usuário, alguns terminais padrão serão desenvolvidos para demonstrar o alcance de desempenho.

3.4.5 GALILEO EXTERNO - COMPONENTES RELACIONADOS AO SISTEMA

3.4.5.1 COMPONENTES REGIONAIS NÃO EUROPEUS

Se as regiões não europeias escolhem suplementar o Galileo com um sistema de integridade global, Componentes Regionais, que consistem de segmentos do solo dedicados à determinação da integridade do Galileo, poderão ser instalados sobre suas áreas específicas estes componentes para complementar o desempenho do Galileo. A distribuição, operação e financiamento destes componentes serão feitos sob responsabilidade dos respectivos fornecedores de serviços regionais. Os dados de integridade regional poderão ser enviados ao segmento de solo do Galileo por ligações de alta qualidade aos satélites juntamente com dados Galileo e outros serviços fornecidos.

3.4.5.2 SISTEMAS DE PROCURA E RESGATE

O serviço SAR Galileo é um suporte aos sistemas internacionais COSPAS-SARSAT. A missão completa do SAR consiste:

- *Um Segmento do Usuário* (chamado de faróis de pedido de socorro) que, em caso de situações de perigo transmite uma mensagem de alerta, na banda de 406 – 406.1 MHz;
 - *Um Segmento do Espaço*, que detecta as mensagens de alerta transmitidas pelos faróis de pedido de socorro, e retransmite-as globalmente em uma parcela (100 kHz) na banda 1544 – 1545 MHz;
-

- ***Um Segmento de Solo dedicado***, chamados Terminais Locais de Usuários (LUTs), que recebem e processam os alertas retransmitidos pelo Segmento do Espaço. Os LUTs são projetados para receber as mensagens de alerta retransmitidas pelos satélites LEO (LEOLUTs), satélites GEO (GEOLUTs) ou satélites MEO (MEOLUTs) como os satélites Galileo;
- ***Central de Controle das Missões***, que valida as informações de alerta e distribui estas mensagens as Equipes de Resgate dos Centros de Coordenação de Resgate.

A contribuição do serviço SAR Galileo às missões internacionais consiste em:

- Uma carga útil do SAR a bordo dos satélites Galileo;
 - O projeto de estações receptoras de solo (MEOLUTs). Aproximadamente cinco MEOLUTs serão adequadamente implementados ao redor do planeta garantindo um desempenho suficiente para uma cobertura global;
 - A introdução de uma nova função (uma ligação de retorno das equipes de resgate com os receptores que transmitiram os alertas de socorro). Esta mensagem de retorno será elaborada pelo “Fornecedor do Serviço da Ligação de Retorno” (RLSP). Os operadores SAR (RCC) designarão o RLSP, que conectará com o Segmento de Solo do Galileo.
-

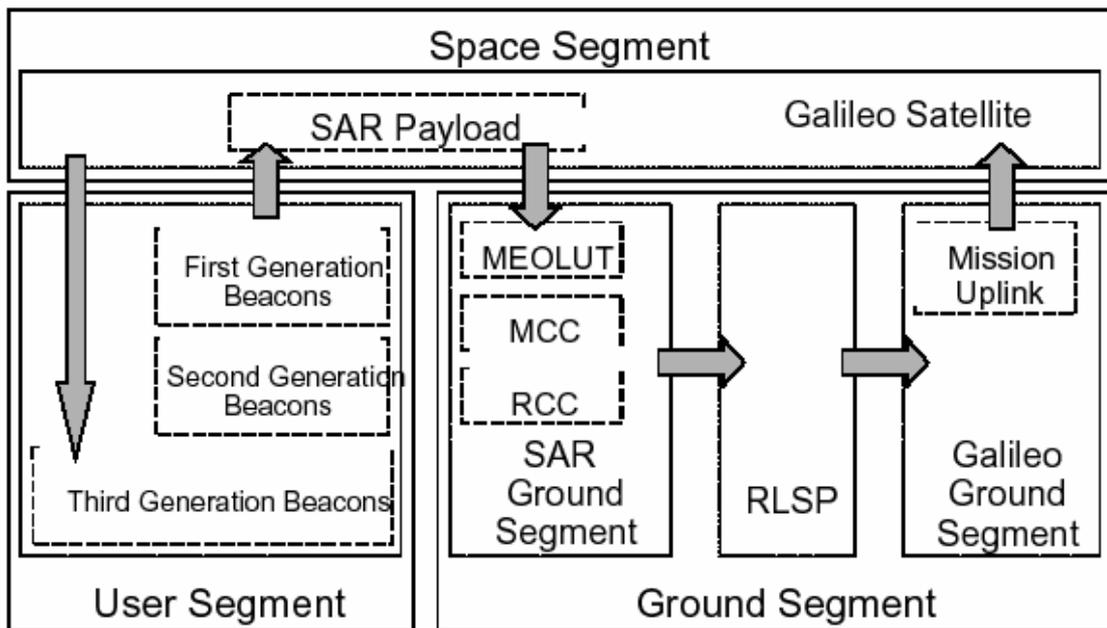


Figura 3.13 – Sistema SAR Galileo

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

First Generation Beacon – farol de pedido de socorro, exterior ao receptor GNSS, localizado pelo efeito Doppler.

Second Generation Beacon – farol de pedido de socorro com o receptor GNSS, e informação da localização inserida nas mensagens de pedido de ajuda.

Third Generation Beacon – como a segunda geração, mais a capacidade de extrair as informações da ligação de retorno vindo juntamente com as mensagens de navegação.

CAPÍTULO 4

COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS

4.1 INTRODUÇÃO

Como outros grandes projetos europeus, por exemplo, o Airbus ou o Ariane, o Galileo terá uma tecnologia avançada que provavelmente irá revolucionar a Sociedade do mesmo modo como o telefone celular tem feito nos últimos anos, ao mesmo tempo em que é anunciado o desenvolvimento de uma nova geração de serviços universais.

Galileo terá recursos para fornecer consideráveis vantagens em muitos setores da economia. No transporte de estrada e de trilho, por exemplo, será possível prever e controlar tempos de viagem, ou melhorar os sistemas automatizados de orientação de veículos, ajudar a reduzir os engarrafamentos no tráfego e diminuir o número de acidentes nas estradas. Entretanto, embora os transportes pela estrada, trilhos, ar e mar sejam os exemplos mais frequentemente utilizados, a radionavegação por satélites é cada vez mais utilizada para beneficiar programas de pesca e agricultura, prospecção de petróleo, atividades de defesa e proteção civil, construção e trabalhos públicos, etc. No campo das telecomunicações, aliada a outras novas tecnologias como o GSM ou UMTS, o Galileo irá aumentar a capacidade do fornecimento de informações de posicionamento tanto quanto o fornecimento de serviços combinados a um alto nível. A função representada pelos sistemas de posicionamento global por satélites em nossas vidas está crescendo consideravelmente.

O real impacto do posicionamento global por satélites é na sociedade e no desenvolvimento industrial, como é o caso de todas as maiores inovações tecnológicas, e se tornará totalmente justificável gradualmente, mesmo que, em muitas aplicações práticas, já sejam possíveis.

No futuro não haverá sistemas de orientação que não envolvam radionavegação por satélites, existem alguns setores do transporte que já são dependentes desta nova

tecnologia, mesmo não estando cientes do fato. Isto é verdade no setor financeiro quando é necessário determinar o tempo exato de transações bancárias. Muitas análises a respeito da radionavegação por satélites a consideram como uma invenção que foi tão significativa quanto a seguinte: da mesma maneira que ninguém hoje em dia pode ignorar a contagem das horas, no futuro ninguém poderá ficar sem saber da sua localização precisa a qualquer tempo e em qualquer lugar.

Quem possuir o controle da constelação de satélites, terá também controle central das tecnologias utilizadas em várias aplicações industriais necessárias para o posicionamento por satélites. A União Européia não tem condições de ficar totalmente envolvida no desenvolvimento destes sistemas que, como já é previsto, será um dos principais setores da indústria no século XXI, ou seja, a Europa se tornará dependente dos sistemas e tecnologias desenvolvidos fora do país para aplicações vitais no direcionamento da sociedade de amanhã.

4.2 DIFERENÇAS DE SISTEMA

4.2.1 SEGMENTO ESPACIAL

A maioria das diferenças entre os sistemas GPS, GLONASS e Galileo estão neste segmento.

O sistema GPS possui 24 satélites divididos igualmente em 6 planos orbitais defasados 6° entre si e todos com uma inclinação de 55° em relação ao Equador, as órbitas estão situadas a aproximadamente 20.200 Km de altura. Atualmente o número de satélites é maior devido ao lançamento de alguns satélites de substituição. Os primeiros satélites pesavam cerca de 1300 Kg mas os seguintes tiveram seu peso reduzido sensivelmente para um algo em torno de 850 Kg, cada um deles é composto basicamente por relógios atômicos de Césio e Rubídio, antenas, painéis solares e retrofoguetes. Os satélites mais modernos já possuem relógios de hidrogênio e equipamentos de navegação inercial.



Figura 4.1 – Satélite GPS

Fonte: <http://www.gpsreview.net/gps-satellite-what-does-it-look-like/>

A constelação do GLONASS, quando estiver totalmente implantada, terá 24 satélites dispostos em três planos orbitais. Cada plano orbital terá 8 satélites em órbita quase circular, com altura de aproximadamente 19.000 km e inclinação de $64,8^\circ$ em relação ao Equador. Até o momento este sistema ainda não foi totalmente implantado e se encontra em fase de degradação.

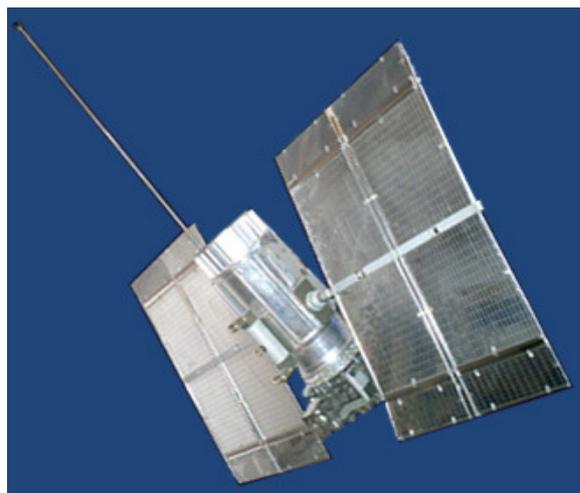


Figura 4.2 – Satélite GLONASS

Fonte: <http://www.spacetoday.org/Satellites/GLONASS.html>

Até 2008 todos os satélites Galileo estarão em órbita e somarão um total de 30 satélites sendo que, 27 deles serão operacionais e 3 reservas, estarão posicionados em três órbitas circulares a 23.616 Km de altitude ao redor da Terra, inclinados de 56° em relação ao Equador. Esta distribuição disponibiliza sinais com boa cobertura até mesmo em regiões de altas latitudes, podendo ser superiores a 75° na região Norte.

Em 28 de dezembro de 2005 foi lançado o primeiro satélite a bordo do foguete Soyus, no Cazaquistão, chamado GIOVE A. A missão deste primeiro satélite é assegurar as frequências, validar novas tecnologias para uso operacional, caracterizar o ambiente de radiação das órbitas da Terra e possibilitar experimentos com sinais reais. O satélite GIOVE A começou a enviar sinal a partir do dia 12 de janeiro de 2006 e a qualidade destes sinais já começou a ser verificados pela ESA. Este satélite como os demais que serão lançados pesam aproximadamente 600 Kg e consomem 700 W de eletricidade suprida por dois painéis solares que giram de tal forma que sempre estarão apontando para o sol, medindo 1,74 m quando abertos.

Os principais elementos da carga útil destes satélites são a sua antena, duas unidades geradoras de sinais, uma capaz de gerar sinais simples do Galileo e a outra capaz de gerar os sinais mais representativos do Galileo e dois relógios atômicos, um de Rubídio e outro de Hidrogênio.



Figura 4.3 – Satélite Galileo

Fonte: esa.int/esa-mm/mmg.pl?b=b&type=I&mission=Galileo&single=y&start=2



Figura 4.4 – Lançamento do 1º Satélite Galileo – GIOVE A

Fonte: esa.int/esa-mm/mmg.pl?b=b&type=I&mission=Galileo&single=y&start=4

4.2.2 SINAIS

Os sistemas GPS e GLONAS são totalmente controlados por militares e possuem apenas duas frequências portadoras L1 e L2 sendo que, a frequência L2 é basicamente utilizada pelos próprios militares e possui uma melhor resolução dos sinais, para os demais usuários é disponibilizada a banda L1 que não possui a mesma resolução e estes sinais podem possuir erros induzidos. Os sinais provenientes de L1 somente podem ser melhorados com o auxílio de sistemas diferenciais.

Tabela 4.1 – Frequência das portadoras do GPS e Galileo

Frequência portadora	GPS	GLONASS
L1	1575,42 MHz	1602,0 – 1615,5 MHz
L2	1227,6 MHz	1246,0 – 1256,5 MHz

O Galileo, por outro lado, é totalmente controlado por entidades civis, ou seja, os sinais não possuem erros induzidos como pode ocorrer com os dados fornecidos pelo

GPS e GLONASS, por serem sistemas de controle militar. O Galileo terá uma série de frequências portadoras, como mostrado abaixo:

- 4 sinais serão transmitidos na frequência de abrangência 1164 – 1215 MHz (E5a – E5b);
- 3 sinais serão transmitidos na frequência de abrangência 1260 – 1300 MHz (E6);
- 3 sinais serão transmitidos na frequência de abrangência 1559 – 1591 MHz (L1).

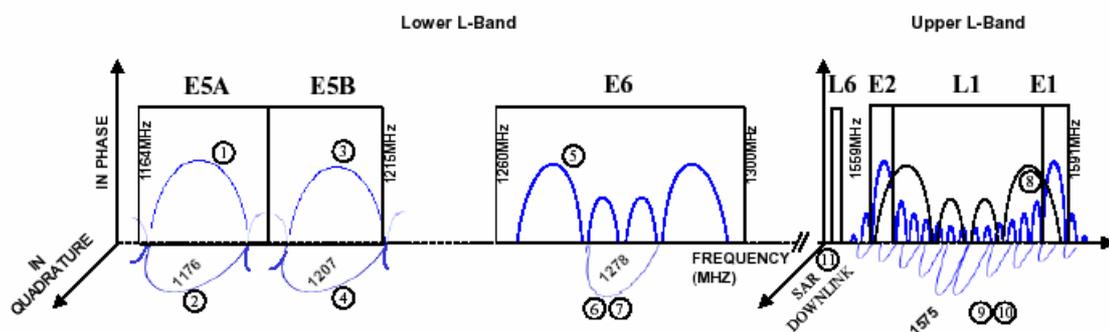


Figura 4.5 – Descrição dos sinais do Galileo
Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

O Galileo Open Service será o serviço básico oferecido a todos os usuários gratuitamente que possuirá precisão horizontal de 4 m e vertical de 8 m, enquanto que o GPS, sem correção diferencial, possui erros de até 20 m. Conforme a necessidade do usuário os sinais do Galileo poderão ser melhorados obtendo-se erros de menos de 1 cm. Praticamente todos os sinais terão certificado de garantia, ou seja, caso ocorra degradação dos sinais por qualquer motivo os usuários serão avisados através de alarmes, o que não é previsto pelo sistema GPS.

O Galileo Public Regulated Service, que será oferecido a todos os Estados Membros, terá garantia de pleno funcionamento do sistema mesmo em momentos de crise.

O Galileo SAR irá disponibilizar a localização de pedidos de socorro com erros de poucos metros às equipes de resgate.

4.3 VANTAGENS OFERECIDAS PELO GALILEO

O Sistema Galileo tem sido projetado e desenvolvido para aplicações não militares, embora, todavia incorpore todas as características de proteção necessárias à segurança. Ao contrario do GPS, que foi projetado essencialmente para uso militar, o sistema Galileo, entretanto disponibiliza, para alguns dos serviços oferecidos, um alto nível de continuidade requerido pelos modernos negócios, em particular com respeito a responsabilidades contratuais.

Este Sistema é baseado na mesma tecnologia que o GPS e oferecerá similar – e possivelmente um mais alto – grau de precisão, graças à estrutura de sua constelação de satélites, a base de controle do solo e o plano de gestão do sistema.

Galileo é mais confiável, pois inclui um sinal com uma “mensagem de integridade” informando ao usuário imediatamente sobre quaisquer erros. Em adição, ao contrário do GPS, será possível receber sinais do Galileo em centros urbanos e regiões localizadas em altas latitudes.

Representa um real serviço publico tanto quanto, uma garantia da continuidade dos serviços fornecidos para aplicações específicas. Os sinais GPS, por outro lado, nos últimos anos, tem estado indisponível por várias ocasiões em bases planejadas ou não planejadas, algumas vezes sem nenhum alerta prévio.

4.4 SERVIÇOS COMBINADOS

4.4.1 SERVIÇOS RESULTANTES DA COMBINAÇÃO DO GALILEO COM OUTROS SISTEMAS GNSS

O mais obvio é se combinar o Galileo com os demais sistemas GNSS existentes, GPS, GLONASS, SBAS (Sistema Diferencial Baseado em Satélites) e GBAS (Sistema Diferencial Baseado em Solo) eles partilham com o Galileo muitas características que irão facilitar uma combinação ao nível do usuário. Em adição, estes sistemas GNSS podem ser melhorados através da utilização de elementos locais.

Desempenho e características

Através da combinação do Galileo com outros sistemas GNSS, o desempenho será aperfeiçoado nos domínios expressados a seguir:

- **Disponibilidade:** Usando como exemplo a combinação do Galileo com os sistemas GPS e SBAS, o número de satélites operacionais será por volta de 60. Em ambientes urbanos normais isto pode resultar em um aumento de disponibilidade de 4 satélites, ou seja um aumento de 40% a mais de 90% de disponibilidade.
- **Acuracidade de Posicionamento:** Aliado ao aumento de disponibilidade em ambientes restritos (urbanos) uma melhor geometria dos satélites é usado para aumentar o desempenho dos cálculos de posicionamento.
- **Integridade:** Sistemas SBAS geram uma variedade de sinais, que fornecerão informações de integridade sobre GPS e GLONASS. Assim se uma aplicação requer a transmissão de informação de integridade dos dois sistemas, pode ser alcançado usando SBAS. Tipicamente, aplicações em Segurança da Vida serão beneficiadas com este serviço adicional.
- **Superabundância:** Através de serviços combinados de sistemas separados e permanentemente independentes, podem ser alcançadas superabundâncias totais. É particularmente importante para aplicações de Segurança da Vida que requerem sistemas com backup total.

Uma primeira avaliação do desempenho dos serviços combinados do Galileo com o GPS mostrou os resultados a seguir (99% de disponibilidade, mundialmente):

Tabela 4.2 – Desempenho dos serviços combinados do Galileo Open Service e GPS

	<i>Galileo OS (10° m.a.¹⁵.) single frequency receiver</i>	<i>Galileo OS + GPS (10° m.a.) single frequency receiver</i>	<i>Galileo OS (10° m.a.) dual frequency receiver</i>	<i>Galileo OS +GPS (10° m.a.) dual frequency receiver</i>	<i>Galileo OS (30° m.a.) single frequency receiver</i>	<i>Galileo OS + GPS (30° m.a.) single frequency receiver</i>
<i>Horizontal accuracy</i>	15	7-11	4	3-4	14-54	11-21
<i>Vertical accuracy</i>	35	13-26	8	6-8	21-81	17-32

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

Implementação

Estudos detalhados das características da combinação dos sistemas serão apresentados por uma estrutura de Empreendimentos Comuns em coordenação com o fornecimento dos serviços.

4.4.2 SERVIÇOS RESULTANTES DA COMBINAÇÃO DO GALILEO COM OUTROS SISTEMAS NÃO-GNSS

Enquanto os demais sistemas GNSS são os candidatos ideais para serem combinados com o Galileo, algumas fraquezas inerentes, como sinais de pouca força e capacidade de comunicação limitada podem somente ser resolvidos através da combinação com outros sistemas de navegação não-GNSS existentes (Loran-C) e sistemas de comunicação (UMTS) ou até mesmo com sensores a bordo (INS). Tais sistemas podem ser agrupados nas seguintes categorias:

Desempenho e características dos serviços combinados para posicionamento

- Outros sistemas de rádio navegação não baseados por satélites (como LORAN-C): Com este sistema é possível oferecer um melhoramento da força dos sinais, que fornecem uma maior penetração em ambientes internos e resistência a interferências. Também é possível oferecer uma capacidade de comunicação limitada (EUROFIX).
 - Redes de comunicação móveis (como GSM, UMTS): Estes sistemas podem ser utilizados como sistemas de posicionamento oferecendo uma capacidade de posicionamento complementar (como o E-OTD) aos usuários em ambientes críticos para a utilização de satélites. Os posicionamentos complementares, calculados por esta rede, são transmitidos quando requerido pelo usuário ou pelo equipamento do usuário e pode ser híbrido com a solução do posicionamento encontrado pelo Galileo, no equipamento do usuário. Em adição, uma solução diferencial resultante da combinação de dois tipos de comunicação (por exemplo, medidas derivadas de Diferenças
-

Observadas do Tempo com Estações Bases GSM) com o Galileo em um receptor híbrido também permitirá uma ampliação do desempenho (acuracidade, disponibilidade) em ambientes críticos.

- Sensores de movimento (como odômetros, INS): Quando combinados em receptores híbridos superam, através de interpolações, interrupções curtas dos sinais Galileo. Esta combinação fornece um aumento da robustez e disponibilidade dos serviços Galileo, especialmente em ambientes urbanos, onde interrupções curtas são rotineiras.

Desempenho e características dos serviços combinados relacionados à comunicação por navegação

- Sistemas de telecomunicação (com UMTS, INMARSAT): A harmonia entre os domínios de posicionamento e comunicação é necessária para ser adaptável às necessidades de combinação para aplicações de usuários (por exemplo, SAR, serviços de emergência, aparelhos de telefone pessoais) permitindo a introdução da tecnologia GNSS em aplicações dos futuros mercados. Neste sentido, os sistemas de comunicação oferecem um significado adicional para a transferência de dados GNSS permitindo um aumento do desempenho de cálculos de posicionamento (como acuracidade) tanto quanto melhorando a disponibilidade de comunicação (como taxas de dados mais elevadas, ligações de dados bidirecionais). Como consequência, os benefícios previstos que a sinergia desta combinação do Galileo com estes sistemas poderá trazer serão triplicados:

- a) Possibilitando um aumento das características das ligações dos dados Galileo autônomos ou com serviços de assistência locais. Este pode ser o caso para um aperfeiçoamento da velocidade dos dados de serviços comerciais ou a otimização da disponibilidade de comunicação com os elementos locais.
 - b) Ampliarão o desempenho que pode ser alcançado usando funcionalidades dos sistemas de comunicação como portador dos dados das mensagens de posicionamento. Esta é a base para o GNSS
-

diferencial ou funcionalidades do GNSS assistido onde, para aplicações particulares, o terminal do usuário pode ser assistido na computação do posicionamento em ambientes difíceis com informações adicionais (por exemplo, efemérides) transmitidas geralmente em ligações de comunicação dedicada. Esta funcionalidade também será aplicável aos elementos locais do Galileo.

c) Possibilitar o fornecimento de valores adicionais aos serviços GNSS através da transmissão de informações adicionais associadas ou dados relacionados à navegação adicionais por sistemas semelhantes (como mapas eletrônicos) a serem transmitidos aos usuários ou a centrais de serviços.

Implementação

Estudos tem sido iniciados com o objetivo de acessar soluções tecnológicas e elaborar os ICDs correspondentes entre o núcleo do sistema Galileo e os sistemas externos para maximizar as facilidades de implementação, uso e benefícios desta combinação.

As soluções podem ser diferentes para alguns serviços Galileo, como nos serviços comerciais, onde será concebido suporte para a integração com os sistemas de comunicação. Além disso, elementos locais específicos poderão ser projetados para alcançar as melhores vantagens para a combinação do Galileo com estes sistemas. O refinamento dos resultados tem sido coordenado com o fornecimento dos serviços.

4.5 O FUTURO DO GNSS: GALILEO + GPS

A grande maioria das aplicações do sistema de navegação por satélites são atualmente baseados no desempenho do GPS, um grande esforço é gasto em tecnologia para integrar as informações derivadas dos satélites com outras numerosas tecnologias, para alcançar melhores precisões de posicionamento com avanço da credibilidade.

Este cenário mudará significativamente em um curto espaço de tempo. EGNOS, um melhoramento europeu para o GPS, iniciou seu funcionamento em 2004 fornecendo este serviço diferencial. Quatro anos depois, a infra-estrutura do sistema global de navegação por satélites (GNSS) foi duplicado com o advento do Galileo. A disponibilidade das duas ou mais constelações, mais que duplicar o numero total de satélites disponíveis no céu, irá melhorar a qualidade dos serviços, aumentando o numero dos potenciais usuários e aplicações.

As características específicas do Galileo irão trazer consigo aumentos significativos. Primeiramente, para áreas urbanas ou aplicações em lugares cobertos, os sinais do Galileo foram projetados para fornecer a disponibilidade dos serviços (transmissão dos dados canalizando-os em linhas, em adição a clássica canalização dos sinais em códigos de pseudo range). Em segundo lugar, os altos e profissionais mercados também serão beneficiados pelas características dos sinais. Três fases de medição pelas portadoras serão essenciais para o desenvolvimento de algoritmos específicos, resultando em acuracidades de centímetros sobre amplas regiões.

As figuras abaixo mostram uma simulação da melhoria da acuracidade de posicionamento (mais de 95% do tempo) trazidos pelo EGNOS e Galileo.

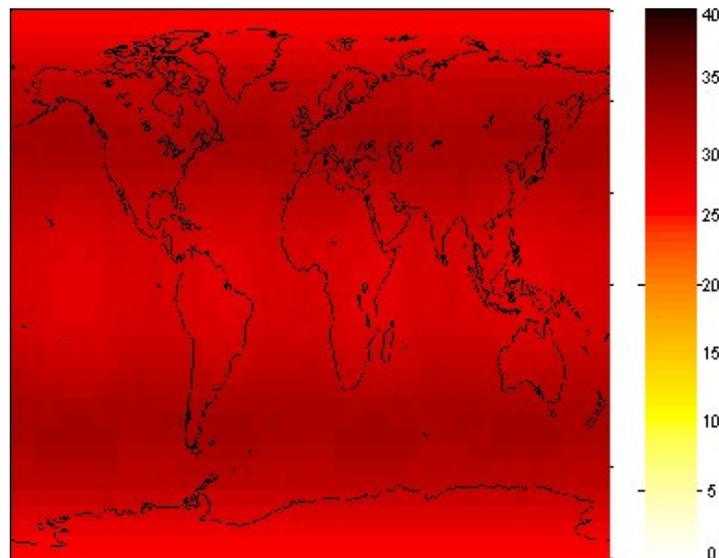


Figura 4.6 – Acuracidade de posicionamento horizontal (95%) alcançada através da constelação GPS somente (em metros) ⁽¹⁾

Fonte: http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/intro/future_en.htm

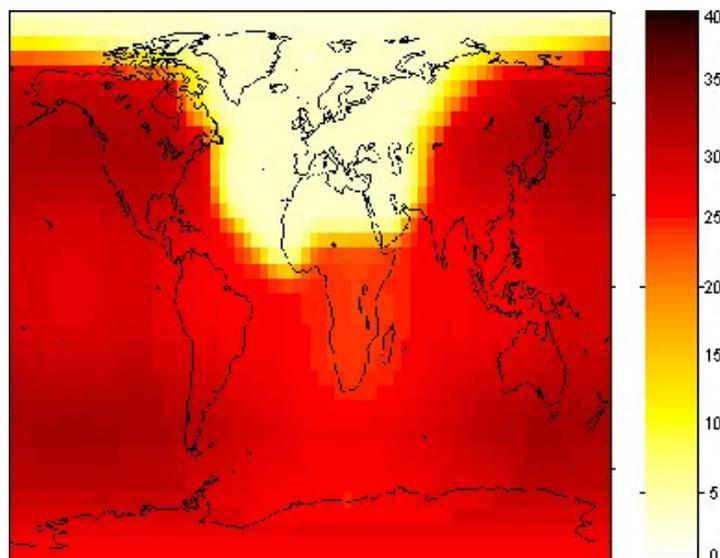


Figura 4.7 – Acuracidade de posicionamento horizontal (95%) alcançada através da constelação GPS ampliada pelo EGNOS (em metros) ⁽¹⁾

Fonte: http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/intro/future_en.htm

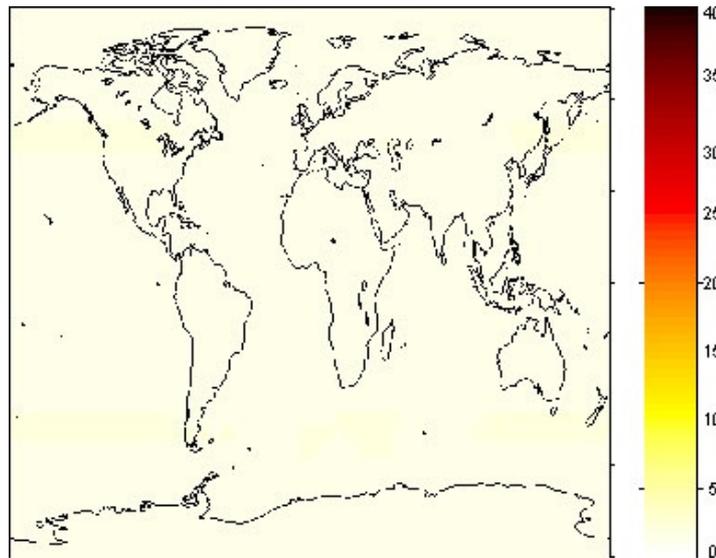


Figura 4.8 – Acuracidade de posicionamento horizontal (95%) alcançada através do uso dos sistemas GPS, EGNOS e Galileo (em metros) ⁽²⁾

Fonte: http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/intro/future_en.htm

⁽¹⁾ A simulação do desempenho do GPS é baseado nos parâmetros de desempenho empírico informados no “Desempenho Padrão do Serviço Padrão de Posicionamento GPS”, Outubro de 2001. Os resultados incluem efeitos atmosféricos e locais.

⁽²⁾ Para esta simulação o desempenho da modernização do GPS foi assumido como sendo igual ao do Galileo. Os resultados incluem efeitos atmosféricos e locais.

4.6 POSSÍVEIS OPORTUNIDADES DE PARTICIPAÇÃO DO BRASIL NO SISTEMA GALILEO

Sobre a participação brasileira no Sistema Galileo, lamentavelmente não obtivemos muitas informações a respeito, o que nos foi informado é que existe um convite da União Européia para que o Brasil participe deste grande projeto.

Até o momento foram formadas duas Comissões com o intuito de verificar as possibilidades de participação brasileira no Sistema e as vantagens oferecidas aos países membros. Através de informações eletrônicas tomou-se conhecimento que as comissões brasileiras são: uma formada pela AEB, liderada pelo Dr. Raimundo Mussi e a outra com a participação da Dr. Tânia Sausen, do CRECTEALC.

Tentamos várias formas de contato com os Responsáveis Brasileiros líderes das duas Comissões para obtermos maiores informações sobre as possibilidades de participação, mas todos sem sucesso.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

Com este Relatório podemos demonstrar as atividades técnicas e científicas desenvolvidas no período de Agosto de 2005 à Junho de 2006 junto ao Laboratório de Mecânica Fina Mecatrônica e Antenas do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais, em Santa Maria, RS. Descrevemos o funcionamento e as características do Sistema de Navegação por Satélites mais utilizado mundialmente, o GPS, e o novo sistema, que está em fase de implantação, o Galileo.

Após a descrição dos dois sistemas de navegação por satélites citados anteriormente foi possível fazer uma comparação entre eles e descrever as principais vantagens do Galileo sobre o GPS quando estiver em pleno funcionamento. Descrevemos as vantagens que os usuários finais obterão quando utilizarem receptores híbridos, ou seja, que recebem os sinais provenientes tanto do GPS quanto do Galileo, devido à maior cobertura, podendo ser usado mesmo em centros urbanos.

Apesar de, até o momento, não termos respostas e acesso a nenhuma informação das pessoas responsáveis pelo lado brasileiro, tanto da AEB-MCT quanto do CRECTEAL, sobre as possibilidades da participação brasileira no Sistema Galileo, seria de grande importância e interessante a participação do Brasil devido às inúmeras vantagens que os Estado Membros possuem em relação aos demais usuários.

Com estas atividades a bolsista desenvolveu habilidades de pesquisa, tanto em trabalhos de grupo como individuais. Os conhecimentos adquiridos nessas pesquisas bibliográficas foram de grande importância, uma vez que estas atividades não são ministradas nas ementas das disciplinas do Curso de Engenharia Mecânica da UFSM. Estes estudos foram importantes para o crescimento profissional e pessoal da bolsista, tanto no aprimoramento técnico como no seu desenvolvimento em áreas de formação pessoal, como liberdades pessoais, auto-estima, autoconfiança, principalmente aprimorando suas habilidades de autodidatismo e liderança.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a meu Orientador, Dr. Otavio Santos Cupertino Durão e a meu Co-Orientador Dr. Nelson Jorge Schuch pelo apoio prestado em todas as dificuldades encontradas no decorrer do trabalho.

Não poderia deixar de mencionar, e agradecer a meus colegas e acadêmicos do curso de Engenharia Mecânica Silvano Lucas Prochnow e Jean Paulo Guarnieri que muito contribuíram no desenvolvimento das atividades.

Meus sinceros agradecimentos ao CRSPE/INPE-MCT e ao CNPq/MCT pela concessão da bolsa e ao Dr. Jose Carlos Becceneri, Coordenador do Programa PIBIC/INPE- CNPq/MCT, que me oportunizou a dar os primeiros passos na pesquisa científica e um grande crescimento pessoal.

Gostaria de agradecer ao apoio recebido pelas Sras. Angelita Tavares, Marta Seeger e Maria Célia, responsáveis pela secretaria do CRSPE/INPE-MCT, e a Professora Damaris K. Pinheiro, que nunca mediu esforços para dar apoio aos alunos de Iniciação Científica vinculados ao LACESM/CT-UFSM também não poderia deixar de agradecer a Sra. Egídia , secretária PIBIC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Fontana, S. P.; **Sistema de Posicionamento Global GPS: A Navegação do Futuro**; Editora Mercado Aberto; Porto Alegre; RS; 2002. 2ª edição.
- [2] Farret, J. C.; **Aspectos Gerais do Sistema de Posicionamento Global GPS**; Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola; Santa Maria; RS.
- [3] Horváth, Tamás; **Performance Comparison of Wide Area Differential GPS Systems**; Department of Geodesy and Geomatics Engineering; University of New Brunswick; Canada; 2002.
- [4] Albuquerque, P. C. G.; Santos, C. C.; **GPS Para Iniciantes**; Mini Curso – XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento; INPE; São José dos Campos; SP; 2003.
- [5] Stuck, B. M.; Kuga, H. K.; **Medindo Distâncias Através de Um Único Receptor GPS**; INPE; São José dos Campos; SP; 2005.
- [6] Gomes, V. M.; Chiaradia, A. P. M.; Prado, A. F. B. A.; **Análise da Mensagem de Navegação Transmitida e da Geometria dos Satélites GPS**; INPE; São José dos Campos; SP; 2000.
- [7] Lago, I. F.; Ferreira, L. D. D.; Krueger, C. P.; **GPS e GLONASS: Aspectos Teóricos e Aplicações Práticas**; Universidade Federal do Paraná; Curso de Pós-graduação em Ciências Geodésicas; Curitiba; PR; 2002.
- [8] European Commission; **Galileo: Mission High Level Definition**; 2002.
- [9] European Commission; **Galileo**; 2000. CD-RM.
- [10] The Institute of Navigation; **National Technical Meeting – Integrating Technology**; San Diego; California; 2002. CD-ROM.
-

[11] Páginas na rede internet:

1. <http://www.mundogeo.com.br/>
 2. <http://www.glonass-center.ru/>
 3. http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html
 4. <http://www.trimble.com/gps/>
 5. <http://tycho.usno.navy.mil/gpsinfo.html>
 6. http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo/index_en.htm
 7. <http://www.environmental-studies.de/Galileo/galileo.html>
 8. <http://www.esa.int/esaNA/index.html>
 9. http://www.cnes.fr/html/455_461_1507.php
 10. <http://www.sec.noaa.gov/SolarCycle/>
 11. http://www.tpub.com/content/et/14090/css/14090_16.htm
 12. <http://www.fas.org/spp/military/program/nav/transit.htm>
 13. [http://en.wikipedia.org/wiki/Transit_\(satellite\)#column-one#column-one](http://en.wikipedia.org/wiki/Transit_(satellite)#column-one#column-one)
-

ATIVIDADES COMPLEMENTARES – PARTICIPAÇÃO E APRESENTAÇÃO EM CONGRESSOS E EM SEMINÁRIOS

Neste período foi possível apresentar os seguintes trabalhos:

- **Título:**

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS DE POSICIONAMENTO GLOBAL GPS, GLONASS E GALILE.

Autores:

Viviane Cassol Marques; Jean P. Guarnieri; Silvano L. Prochnow;
Otávio S. C. Durão; Nelson J. Schuch.

Evento:

XX Jornada Acadêmica Integrada – JAI 2005

Local:

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria/RS

Data:

8 a 10 de Março de 2006

Tipo de participação:

Autora

- **Título:**

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O PROJETO GALILEO E OS DEMAIS SISTEMAS GNSS

Autores:

Viviane Cassol Marques; Jean P. Guarnieri; Silvano L. Prochnow;
Otávio S. C. Durão; Nelson J. Schuch.

Evento:

SICINPE-2006 - Seminário de Iniciação Científica do Inpe



Local:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
São José dos Campos/SP

Data:

11 e 12 de Julho de 2006

Tipo de participação:

Autora

ANEXO I

DEFINIÇÕES

Acuracidade

Neste contexto, acuracidade é um valor estatístico e é definida como o grau de concordância entre a estimativa ou mensuração da posição e/ou velocidade e a posição e/ou velocidade verdadeira do usuário em um dado nível de confiança, em um dado instante de tempo e numa dada localização da área de cobertura.

A acuracidade é geralmente especificada como o erro da posição num nível de confiança de 95%. Há diversas definições de acuracidade de posição, dependendo de cada aplicação em particular:

- **Previsível:** É a acuracidade da solução de um posicionamento efetuado pelo sistema de rádio navegação com respeito às coordenadas geográficas ou geodésicas da Terra.
- **Repetido:** É a acuracidade com que um usuário retorna a uma posição em que as coordenadas já tenham sido calculadas anteriormente com o mesmo sistema de navegação.
- **Relativo:** É a acuracidade com que um usuário determina uma posição relativa a outra posição sem levar em consideração qualquer erro que possa conter com relação as suas verdadeiras posições.
- **Variante:** É a acuracidade com que um usuário pode medir uma posição relativa a outro usuário que utilize o mesmo sistema de navegação ao mesmo tempo.

Uma definição mais específica, que caracterize os erros de sistema no cálculo do posicionamento (não considerando os erros de aplicação de navegação), é feito pela definição de acuracidade do EGNOS que somente leva em conta os erros emitidos aos receptores GNSS padrões.

Limite do Alarme

Representa o máximo valor de erro permitido no posicionamento do usuário antes que um alarme seja disparado dentro de um tempo de alarme específico. Este limite de alarme é dependente de considerações feitas pelo operador, e cada usuário é responsável pela sua determinação para possuir a integridade necessária para uma dada operação com as informações recebidas pelo Galileo SIS.

Frequentemente é referido como HAL (Limite de Alarme Horizontal) e VAL (Limite de Alarme Vertical), e XAL que pode ser usado para HAL ou VAL.

Disponibilidade

A disponibilidade dos Serviços de Navegação é a probabilidade com que o serviço de Posicionamento e o serviço de monitoramento da Integridade (quando aplicável) são disponibilizados e fornecidos, com uma requerida acuracidade, integridade (quando aplicável) e desempenho de continuidade. O serviço será declarado disponível quando a acuracidade e integridade forem maiores ou iguais aos requeridos para a operação e quando for estimado que o sistema esteja disponível durante todo o período necessário para a operação.

Disponibilidade é uma característica de serviço para todos os potenciais usuários durante toda a vida do sistema e então é aplicado somente aos SIS.

Risco de Continuidade

Risco de continuidade é a probabilidade que o sistema tem de não fornecer informações de direção com a acuracidade e integridade requeridas para uma dada operação.

Risco de Integridade

Esta é a probabilidade de que durante o período de operação um erro, não importando a fonte, possa resultar no cálculo de um posicionamento com erros excedentes a um valor máximo permitido, chamado Limite do Alarme, e o usuário não é informado deste problema dentro do tempo de alarme específico.

RAIM

O Monitoramento Autônomo da Integridade do Receptor (RAIM) é a proteção da solução de navegação fornecida pelo receptor do usuário contra erros de posicionamento excedentes ao limite do alarme. O monitoramento da integridade pelo receptor de um usuário consiste no processamento dos sinais recebidos de todos os satélites visíveis. Como mais satélites que o requerido estarão disponíveis para o cálculo do posicionamento, são possível identificar e rejeitar informações errôneas. O RAIM então fornecerá um aviso, quando existirem falhas (por exemplo, quando um erro de posicionamento exceder o limite do alarme). Além disso, se um receptor de usuário utilizar informações adicionais ou medidas de outro sistema de navegação e/ou de outros sensores, então a integridade da solução de navegação, que é fornecida pelo receptor do usuário, aumentará.

Tempo para Alarme

O sistema Tempo para Alarme é definido como o tempo de partida, quando condições de alarme ocorrem, até o momento em que um alarme é disponibilizado à interface do usuário. É o tempo necessário para se detectar as condições de alarme e inclui um componente para este requerimento.

Acuracidade do Sincronismo

A Acuracidade do Sincronismo é relacionada à acuracidade da solução de navegação quando usada para aplicações de tempo. Mede a diferença entre uma escala de tempo estimado à uma escala de referência. Da mesma maneira como para a acuracidade de posicionamento, a acuracidade do sincronismo é também expressada através de estatísticas.

ANEXO II

SINAIS, FREQUÊNCIAS E MAPEAMENTO DOS SERVIÇOS

Descrição do Sinal no Espaço

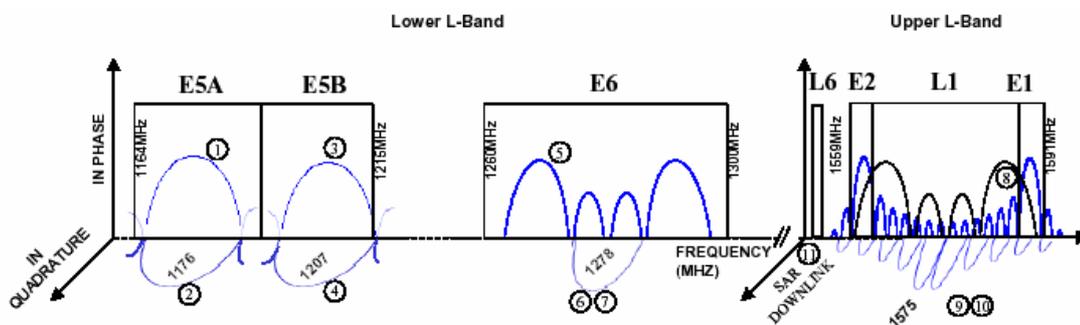


Figura A.1 – Descrição do Sinal no Espaço Galileo

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

Galileo fornecerá 10 sinais nas seguintes escalas de frequências 1164–1215 MHz (E5A e E5B), 1215–1300 MHz (E6) e 1559–1592 MHz (E2-L1-E1), alocadas no Serviço de Rádio Navegação por Satélites (RNSS) em faixas de frequências. Detalhes são descritos abaixo.

Quatro sinais serão transmitidos na banda 1164–1215 MHz:

- Um par de sinais centrados em 1176,450 MHz, na escala de frequências de 1164 – 1188 MHz (E5A):
 - 1 sinal que carrega uma mensagem com baixa taxa de dados (25 bps), é representado pelo sinal ①
 - 1 sinal sem nenhum dado (também chamado de sinal piloto) para aumentar a robustez do sinal à nível do receptor, é representado pelo sinal ②

- Um par de sinais centrados em 1207,140 MHz, na escala de frequências de 1188 – 1215 MHz (E5B):
 - 1 sinal que carrega uma mensagem da navegação de 125 bps, também suporta integridade e dados SAR, é representado pelo sinal ③
 - 1 sinal sem nenhum dado (também chamado de sinal piloto) para aumentar a robustez do sinal à nível do receptor, é representado pelo sinal ④
- Os sinais em E5A e E5B serão gerados coerentemente, consequentemente dando a possibilidade de serem processados juntos para:
 - (1) Aumentar a acuracidade,
 - (2) Redundância (para suavizar a interferência dos DMEs).

Três sinais serão transmitidos na banda 1260–1300 MHz, centrados em 1278,750 MHz.

- 1 sinal com espectro dividido que possui encriptação governamental, definido para aplicações governamentais que requerem uma continuidade dos serviços mesmo em tempos de crise, é representado pelo sinal ⑤
- Um par de sinais protegidos com encriptação comercial fornecendo alta resolução de ambigüidade com potencialidade para aplicações diferenciais, entre elas:
 - 1 sinal que carrega uma mensagem da navegação de 500 bps que suporta um valor adicional referente a dados com propósitos comerciais, é representado pelo sinal ⑥
 - 1 sinal sem nenhum dado (também chamado de sinal piloto) para aumentar a robustez do sinal à nível do receptor, representado pelo sinal ⑦ e é representado pelo mesmo formato de onda que o sinal anterior

Três sinais serão transmitidos na banda 1559–1591 MHz, centrados em 1575,42 MHz.

- 1 sinal com espectro dividido flexível que possui encriptação governamental, definido para aplicações governamentais que requerem uma
-

continuidade dos serviços mesmo em tempos de crise, é representado por dois formatos de onda diferentes (sinal 8)

- Um par de sinais, dentre os quais:
 - 1 sinal que carrega uma mensagem da navegação de 100 bps, também suporta integridade e dados SAR, é representado pelo sinal 9
 - 1 sinal sem nenhum dado (também chamado de sinal piloto) para aumentar a robustez do sinal à nível do receptor, representado pelo sinal 7 e é representado pelo mesmo formato de onda que o sinal anterior 10

A tabela A.1 resume as características de todos os sinais. As taxas de dados estão ainda sob a consolidação através de estudos de projeto do Galileo realizados pela ESA.

Tabela A.1 – Características dos sinais Galileo

Id do Sinal	Sinal	Frequência central	Modulação	Taxa de quebra	Cód. de encrip.	Taxa de dados	Encriptação dos dados
1	Sinal de dados E5A	1176 MHz	BPSK (10)	10 Mcps	Não	50sps 25bps	Não
2	Sinal piloto E5A	1176 MHz	BPSK (10)	10 Mcps	Não	Não dados	Não dados
3	Sinal de dados E5B	1207 MHz	BPSK (10)	10 Mcps	Não	250sps 125bps	Não
4	Sinal piloto E5B	1207 MHz	BPSK (10)	10 Mcps	Não	Não dados	Não dados
5	Sinal espectro dividido E6	1278 MHz	BOC (10,5)	5 Mcps	Sim-aprov governam	250sps 125bps	Sim
6	Sinal dados comercial E6	1278 MHz	BPSK (5)	5 Mcps	Sim - comercial	1000sps 500bps	Sim
7	Sinal piloto comercial E6	1278 MHz	BPSK (5)	5 Mcps	Sim - comercial	Não dados	Não dados
8	Sinal espectro dividido L1	1575 MHz	BOC (n,m)	m Mcps	Sim-aprov governam	250sps 125bps	Sim
9	Sinal de dados L1	1575 MHz	BOC (2,2)	2 Mcps	Não	200sps 100bps	Não
10	Sinal piloto L1	1575 MHz	BOC (2,2)	2 Mcps	Não	Não dados	Não dados

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

Os valores m e n são valores operacionais e sujeitos aos avanços técnicos do comercio.

A mínima energia recebida na terra (por antenas a 0 dBi) seria de 158 dBW para cada sinal, exceto pelos sinais 5 e 8 que seria de 155 dBW.

Serviços Galileo – Mapeamento dos Sinais

OPEN SERVICES

Open Services podem ser considerados como a combinação de alguns sinais {1,2,3,4,9,10}, como mostrado abaixo:

Tabela A.2 – Mapeamento dos sinais Open Service

Nº sinal ↓ Serviços →	Open Service Frequência única	Open Service Frequência dupla	Open Service Acurac. aprimorada
1 (E5A)		X	X
2 (E5A)		X	X
3 (E5B)			X
4 (E5B)			X
5 (E6)			
6 (E6)			
7 (E6)			
8 (L1)			
9 (L1)	X	X	X
10 (L1)	X	X	X

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

COMMERCIAL SERVICES

Commercial Services podem ser considerados como a combinação de alguns sinais {1,2,3,4,6,7,9,10}, como mostrado abaixo:

Tabela A.3 – Mapeamento dos sinais Commercial Service

Nº sinal ↓	Serviços →	CS	CS
		Valor adicionado	Multi portadora com aplicações diferenciais
1 (E5A)			X
2 (E5A)			X
3 (E5B)			X
4 (E5B)			X
5 (E6)			
6 (E6)		X	X
7 (E6)		X	X
8 (L1)			
9 (L1)		X	X
10 (L1)		X	X

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

SAFETY OF LIFE SERVICES

SoL Services podem ser considerados como a combinação de alguns sinais {1,2,3,4,9,10}, como mostrado abaixo:

Tabela A.4 – Mapeamento dos sinais Safety of Life Service

Nº sinal ↓	Serviços →	SoL
1 (E5A)		X
2 (E5A)		X
3 (E5B)		X
4 (E5B)		X
5 (E6)		
6 (E6)		
7 (E6)		
8 (L1)		
9 (L1)		X
10 (L1)		X

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

PUBLIC REGULATED SERVICES

PRS Services usará normalmente somente os sinais 5 e 8:

Tabela A.5 – Mapeamento dos sinais Public Regulated Service

Nº sinal ↓	Serviços →	SoL
1 (E5A)		
2 (E5A)		
3 (E5B)		
4 (E5B)		
5 (E6)		X
6 (E6)		
7 (E6)		
8 (L1)		X
9 (L1)		
10 (L1)		

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

ANEXO III

EGNOS – ÁREA DE COBERTURA E DESEMPENHO

Acuracidade Horizontal	16 m
Acuracidade Vertical	7,7 m a 4,0 m
Risco de Integridade	$2 \cdot 10^{-7}$ em até 150 s
Tempo de Alarme	6 s
HAL	40 m
VAL	20 m a 10 m
Continuidade	$8 \cdot 10^{-5}$ em até 150 s
Disponibilidade Local	0,99

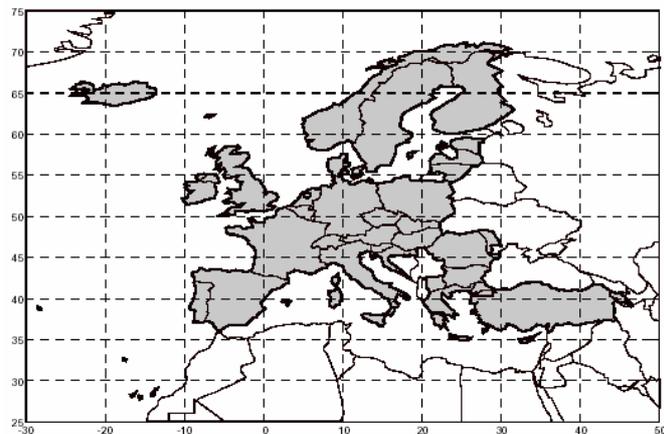


Figura A.1 – Massa de Terra Européia
Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

Acuracidade Horizontal	100-10 m	10 m
Tempo de Alarme	10 s	10 s
HAL	250-25m	25 m
Confiabilidade	$3,4 \cdot 10^{-8}/h$	$3,4 \cdot 10^{-8}/h$
Cobertura	EMCA Águas Oceânicas (Distância da costa maior que 50NM).	EMCA Águas Litorâneas (Distância da costa menor que 50NM).

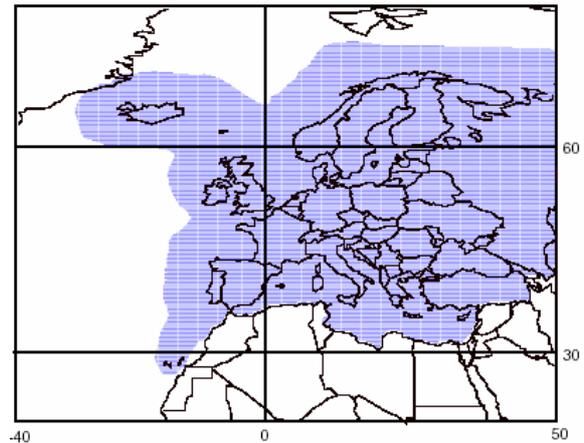


Figura A.2 – Águas EMCA (Núcleo Marítimo da Área Européia)

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

Acuracidade Horizontal	220 m
Tempo de Alarme	10 s
HAL	0,3 NM
Risco de Integridade	$10^{-7}/h$
Continuidade	$10^{-7}/h$

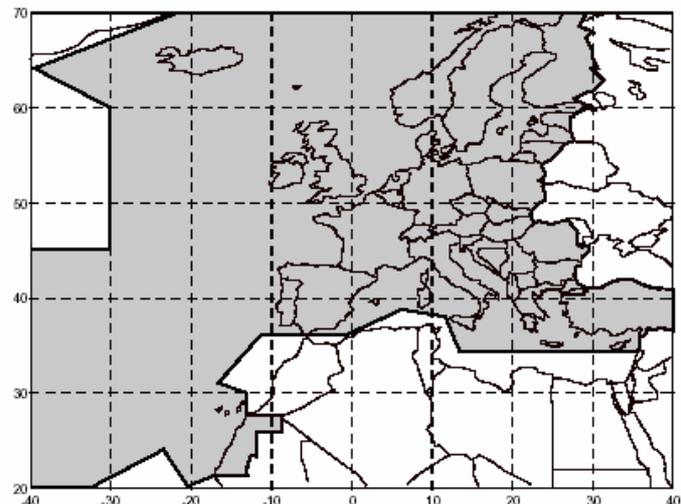


Figura A.3 – Informações de Regiões de Voo ECAC (Conferencia de Aviação Civil Européia)

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]