

# POSICIONAMENTO POR SATÉLITE: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS PARA O INÍCIO DO TERCEIRO MILÊNIO

JOÃO FRANCISCO GALERA MONICO

Departamento de Cartografia, FCT/UNESP  
Presidente Prudente, SP, Brasil  
e-mail: galera@prudente.unesp.br

## RESUMO

Ao se falar em posicionamento por satélite, inevitavelmente vem a mente o GPS, Sistema de Posicionamento Global. Trata-se de uma ferramenta altamente eficiente para a execução das atividades de posicionamento. Não obstante a sua alta performance, o sistema apresenta certas limitações, o que impede sua utilização em uma série de atividades, em especial aquelas que exigem, em tempo real, alto grau de confiabilidade. Um exemplo é a aviação civil. Essas limitações estão associadas ao SA e a falta de informações sobre a integridade do sistema. Quando o GLONASS, sistema russo similar ao GPS, foi declarado operacional em 1996, parte destes problemas pareciam terem sido resolvidos, haja vista que o mesmo não apresenta AS e SA, além do fato da comunidade usuária passar a dispor de uma constelação de 48 satélites. A princípio, o GLONASS se apresentava como um rival em potencial para o GPS, e depois, como uma ferramenta complementar. Durante essa fase, a modernização do GPS passou a ser um ponto de constante discussão. Atualmente, o futuro do GLONASS parece incerto, pois não tem sido adotado, por parte dos russos, uma política visando a manutenção do sistema, e a modernização do GPS esbarra-se na aprovação de recursos financeiros por parte do Congresso Americano. Ao mesmo tempo, a Agencia Espacial Européia, composta por 14 nações, propõe um sistema global de navegação por satélite, denominado Galileo, o qual está programado para entrar em operação em 2008. Galileo e a modernização do GPS se inserem dentro do contexto de GNSS. Neste trabalho objetiva-se descrever a situação atual no que concerne ao posicionamento por satélite, abrangendo os sistemas disponíveis mais utilizados, aplicações e limitações, apresentar algumas perspectivas em termos de modernização do GPS e suas conseqüências e benefícios para os usuários. Além disto, descreve-se as mais recentes informações sobre o Galileo.

**Palavras Chaves:** Modernização do GPS, GLONASS, Galileo, GNSS

## ABSTRACT

It one talks about satellite positioning, GPS is the system that comes to mind. It is a powerful tool for executing positioning activities, but the system presents some limitations, not allowing being applied in certain kind of activities, like those requiring real time high reliability. The civil aviation is an example. These limitations are associated with the intentional Selective Availability (SA) and the lack of information related to the integrity of the system. In 1996, when the Russian similar system to GPS, the so called GLONASS, was declared operational, part of these problems seemed to have been solved, because the system does not contains SA and AS, besides the fact the user community had a 48 satellite constellation available. At the beginning, GLONASS appeared to be a potential rival to GPS and afterwards as a complementary tool. The modernization of GPS started to be a topic of constant discussion. Nowadays, the future of GLONASS is uncertainty, because a political of maintenance of the system has not been adopted and the modernization of GPS still did not get funds approved from the American Congress. Meanwhile, the 14-nation European Space Agency proposed the Galileo, a global navigation satellite system, which is scheduled to be in full operation by 2008. The aim of this paper is to describe the present stage related to satellite positioning, covering the main available systems, applications and limitations and to present some perspectives related to the GPS modernization. Some consequences and benefits to the users will also be presented as well as the most recent information about the Galileo.

**Key Words:** GPS Modernization, GLONASS, Galileo, GNSS

## 1 INTRODUÇÃO

Ao se falar em posicionamento por satélite, inevitavelmente vem a mente o GPS, Sistema de Posicionamento Global, não obstante existir outras possibilidades, dentre elas o SLR (*Satellite Laser Range*), DORIS (*Doppler Orbitography and Radiolocation Integrated by Satellite*), GLONASS (*Global Navigation Satellite System*). Isso se deve ao fato de que, até o momento, nenhum outro sistema tornou-se tão eficiente quanto o GPS para a execução das atividades de posicionamento. Uma grande quantidade de usuários o tem utilizado nas mais diversas atividades, tais como: levantamentos geodésicos de alta precisão, agricultura de precisão, pesca, navegação, e etc. Para detalhes sobre o sistema e aplicações, o leitor pode consultar algumas das seguintes obras: Seeber, (1993); Monico, (1999); Hofmann-Wellenhof et al. (1997). Não obstante sua alta performance, o sistema apresenta certas limitações, o que impede sua utilização em algumas atividades, especialmente aquelas que exigem, em tempo real, alto grau de confiabilidade, acuracidade, integridade e disponibilidade. Um exemplo é a aviação civil (Legat and Hofmann-Wellenhof 1999). Vale ressaltar que o GLONASS, sistema russo similar ao GPS, tem recebido bastante atenção nos últimos anos, tanto que foi realizada uma campanha internacional GLONASS, denominada IGEX (International GLONASS

EXperiment). Detalhes da campanha podem ser obtidos em <http://164.214.2.59/GandG/ion/index.htm>. Vários trabalhos têm sido realizados visando a integração do GLONASS e GPS, dentre eles Wang, (1999); Han et al., (1999); Kozlov (1997).

Para sistemas de navegação, com aplicações de uso civil, as limitações citadas anteriormente, estão associadas ao SA (*Selective Availability*), que limita a acuracidade do sistema, para o caso do GPS, a falta de informações sobre a integridade (capacidade de alertar os usuários, dentro de intervalo de tempo preestabelecido, de quando o sistema não deve ser usado) e disponibilidade (garantir que o serviço seja disponível quase que 100% do tempo) do sistema, bem como questões de responsabilidade em caso de acidentes, etc. A Tabela 1 mostra as prescrições, em termo de acuracidade, para os procedimentos de aproximação e pouso na aviação civil.

**Tabela 1: Requisitos em Termos de Acuracidade para a Realização de Pousos na Aviação Civil**

Procedimento	Categoria	Acuracidade (m) 95%	
		Horizontal	Vertical
Aproximação e Pouso Precisos	I	18,2	4,4 - 7,7
	II	6,5	1,7
	III	4,1	0,6

Para as aplicações críticas, requerendo posição em tempo real, mesmo a integração GPS/GLONASS não atende aos requisitos de acuracidade apresentados na Tabela 1. E vale ressaltar que o GLONASS encontra-se numa situação crítica, haja visto que somente 10 satélites, de um total de 24, se encontram operacionais. A maioria dos satélites já excedeu seu período operacional. Sem novos lançamentos de satélites, o GLONASS se tornará não operacional brevemente.

Face ao exposto, a ampliação (*augmentation*) do GPS e GLONASS, bem como a modernização do GPS passaram a ser assunto de constante discussão. Como citado acima, o futuro do GLONASS parece incerto. Por outro lado, a modernização do GPS esbarra-se na aprovação de recursos financeiros por parte do Congresso Americano. Ao mesmo tempo, a Agência Espacial Européia, composta por 14 nações, propõe um sistema global de navegação por satélite, denominado Galileo, o qual está programado para entrar em operação em 2008. As soluções citadas acima se inserem dentro do conceito de GNSS (*Global Navigation Satellite System*).

A partir desta breve introdução sobre a situação atual do posicionamento por satélite, apresenta-se a seguir o GNSS, em especial a modernização do GPS, destacando as conseqüências e benefícios para os usuários, e o Galileo, sistema de posicionamento por satélite Europeu.

## 2 GNSS

O desenvolvimento do GNSS abrange duas gerações distintas (Legat and Hofmann-Wellenhof, 1999):

- a primeira geração, denominada GNSS-1, que consiste da ampliação do GPS e GLONASS;
- a segunda geração, denominada GNSS-2, que deverá, ao final, desenvolver-se em um sistema completamente novo, com controle civil internacional, atendendo a todos os requisitos necessários ao uso civil.

Para o leitor ainda não familiar com esta nova nomenclatura, vale adiantar que dois exemplos de componentes do GNSS-1 são o WAAS (*US Wide Area Augmentation System*) e o EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*). Detalhes podem ser encontrado em Aquino (1997). Não que concerne ao GNSS-2, se insere neste contexto o Galileo e a modernização do GPS. Maiores detalhes sobre ambos serão apresentados na sequência.

## **2.1 GNSS-1**

A primeira geração de GNSS abrange duas componentes principais: os SBASs (*Satellite Based Augmentation System* - Sistema Aumentado Baseado em Satélites) e os GBASs (*Ground Based Augmentation System* - Sistema Aumentado Baseado no Terreno).

### **2.1.1 SBASs**

Os SBASs são sistemas regionais ampliados com respeito ao GPS (ou mesmo GLONASS), composto de satélites geostacionários (GEOs), para cobrir a área operacional, e do segmento de controle, para dar suporte à aviação durante todas as fases de vôo, incluindo Categoria I. Três tipos de serviços são oferecidos:

- medidas de distâncias para os satélites GEOs, o que melhora a disponibilidade e continuidade do serviço;
- determinação e transmissão de informações sobre a integridade dos satélites GPS (e mesmo GLONASS) e GEOs e
- determinação e transmissão de correções WAD (*Wide Area Differential*) para os satélites GPS (e GLONASS) e GEOs, o que melhora a acuracidade do serviço.

Os sinais transmitidos pelos satélites GEOs são iguais aos que compõe o GPS na portadora L1. Isso permite realizar medidas de distâncias similares as do GPS. As informações de integridade e correções diferenciais são moduladas na portadora dos satélites GEOs.

Atualmente, três SBASs estão sendo desenvolvidos: o WAAS nos Estados Unidos da América, o EGNOS na Europa e o MSAS (*Japanese Multi-function Transportation Satellite Augmentation System*). Já se encontra no mercado receptores compatíveis com o WAAS e EGNOS.

### **2.1.2 GBASs**

Os GBASs referem-se a segunda componente do GNSS-1, mas também farão parte do GNSS-2. Eles serão instalados próximos aos aeroportos, visando dar suporte aos processos de pouso e decolagem, incluindo a Categoria III. Um GBAS

será composto por pelo menos uma estação de referência, uma ou mais estações monitoras, e vários transmissores que são denominados de pseudo-satélites (*pseudolites*), os quais transmitem sinais iguais aos do GPS. Para alcançar as demandas da Categoria III (ver Tabela 1), técnicas de posicionamento relativo utilizando a fase da onda portadora deverão ser adotadas.

A FAA (*Federal Aviation Administration*) está implementando o LAAS (*Local Area Augmentation System*), que se trata de uma outra denominação dos GBASs, o qual deverá estar disponível por volta de 2003. No momento planejam-se adquirir 143 sistemas para instalar nos maiores aeroportos americanos. Em termos militares, nos Estados Unidos da América tem-se o JPALS (*Joint Precision Approach Landing System*), também similar ao LAAS/GBASs. Os militares americanos planejam instalar o sistema em aproximadamente 15000 aviões, sendo que a produção deve iniciar em 2004, com 10 anos para implementação. A empresa Raytheon System foi contratada para desenvolver o sistema a um custo inicial de US\$ 5.8 milhões.

## **2.2 GNSS-2**

O GNSS-2 será similar ao GNSS-1 e deverá ser composto de vários componentes. Deverá, essencialmente, abranger a modernização do GPS e o futuro sistema Europeu, denominado Galileo.

### **2.2.1 Modernização do GPS**

Intensa investigação tem sido realizada no sentido de realizar a modernização do GPS, visando beneficiar os usuários militares e civis. Trata-se de tarefa difícil e com custos de implementação elevados. As melhorias devem ocorrer no Segmento de Controle e Segmento Espacial, em especial na Estrutura do Sinal (McDonald, 1999).

#### **2.2.1.1 Segmento de Controle**

As seguintes melhorias ocorreram ou deverão ocorrer nesse segmento:

Eliminação da S/A por volta de 2006 e inserção da S/D (*Selective Denial*);

- Foi estabelecido o IBEG (*Interagency GPS Executive Group*), com membros do DoD (*Department of Defense*) e DoT (*Department of Transportation*), o que significa que o controle do GPS passará a ter também a componente civil;
- Foi anunciada a AII (*Accuracy Improvement Initiative*), que integrará até 14 estações monitoras do NIMA (*US National Imagery Mapping Agency*), o que resultará em melhorias na qualidade da órbita e correções dos relógios dos satélites;
- Navegação Autônoma (AutoNav) para os satélites dos Blocos IIR e IIF.

No que concerne a S/D, ainda não está claro como isso será posto em prática; mas investigações já estão sendo realizadas. Com o AutoNav em funcionamento, a constelação GPS terá capacidade de funcionar sem intervenção do Segmento de Controle por mais de 60 dias, com acuracidade na posição dos satélites da ordem de 16m (50% de probabilidade). Esta capacidade será realizada através dos *Cross links*

que permitirão a transferência de dados entre satélites. Atualmente, a MCS (*Master Control Station*) envia dados para cada satélite separadamente.

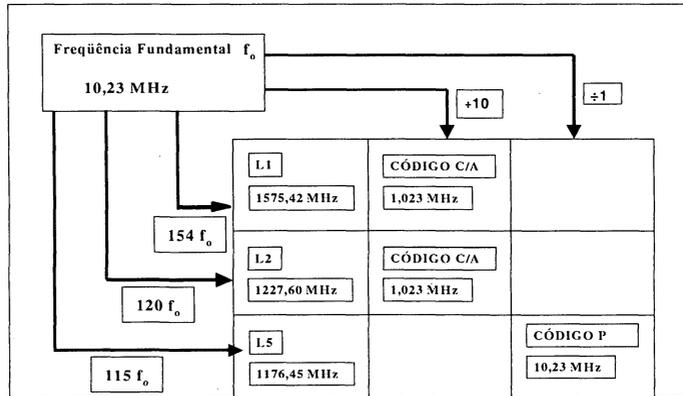
### **2.2.1.2 Segmento Espacial**

No futuro, o Segmento Espacial do GPS será composto por satélites dos Blocos IIR e IIF, o que aumentará em muito a capacidade do GPS, face a nova estrutura do sinal. O primeiro satélite do Bloco IIF deverá entrar em operação por volta de 2003, e o sétimo deverá ser lançado por volta de 2005. Porém, a maioria dos satélites GPS tem ultrapassado o valor esperado de vida útil, e os satélites têm sido lançados somente sob demanda. Isso deverá atrasar a modernização do GPS. Segundo McDonald (1999), esta nova capacidade deverá estar disponível para os usuários somente em 2020.

No entanto, a velocidade de desenvolvimento do Galileo, associada ao que virá a ocorrer com o GLONASS, deverá nortear a velocidade da modernização do GPS. O DoD poderá adiantar o esquema de lançamento e, conseqüentemente, a própria modernização. A princípio, os satélites do Bloco IIR poderão passar por uma atualização antes de serem lançados. No entanto, essa atualização deverá ter um custo elevado, fato que será decisivo para a tomada de decisão sobre o assunto em questão.

#### ***Estrutura do Sinal***

Dois novos sinais civis farão parte do GPS no futuro. O primeiro será realizado pela modulação do Código C/A sobre a já existente portadora L2, que atualmente tem disponível apenas o código P. O segundo será baseado sobre uma nova portadora, denominada L5. Esta nova portadora, com freqüência de 1176,45 MHz será posicionada dentro do domínio espectral do ARNSs (*Aeronautical Radio Navigation Services* – Serviço de Rádio Navegação da Aeronáutica). O código civil que será modulado na portadora L5 terá uma freqüência 10 vezes maior que o atual código C/A, ou seja, será de 10 MHz (Spilker et al., 1999), o que está coerente com os osciladores dos satélites, que também é de 10 MHz. Este novo sinal terá duas componentes em quadratura de fase; um canal para os dados de navegação e outro para a portadora. Segundo McDonald (1999), essa concepção proporciona rastreamento mais acurado da portadora e medidas de fase de batimento da portadora mais precisas. Um sumário do que será a nova estrutura dos sinais GPS para uso civil pode ser visto na Figura 1.



**Figura 1:** Estrutura dos Sinais GPS Civis após a Modernização

### 2.2.1.3 Problemas Relacionados com a modernização do GPS

Deve ser chamada a atenção que a frequência L1 é ameaçada pela intenção de que a banda de 1599-1567 MHz seja compartilhada com os serviços móveis de telecomunicação via satélite, denominado MSSs (*Mobile Satellite Services*), podendo interferir com o sinal GPS, levando os receptores a funcionarem abaixo do padrão necessário para a maioria das aplicações (Santos, 1998). Esta situação deverá ser melhor definida no ano de 2000, durante a WRC (*World Radio Conference - Conferência Mundial de Rádio-Comunicação*).

No que concerne a modernização, o Congresso Americano não aprovou o orçamento associado a esta questão, confundindo-a erroneamente com o programa WAAS. Isto poderá resultar em atraso para a modernização, pois a nova estrutura do sinal deverá ser implementada no segundo grupo dos satélites do Bloco IIF, em fase de projeto (Legat and Hofmam-Wellenhof, 1999).

### 2.2.2 GALILEO

A decisão do governo americano em não autorizar que outras nações participem conjuntamente do controle de uma configuração básica do GPS, levou a União Européia a desenvolver uma solução própria para o GNSS-2, quer seja em conjunto com outras nações, ou sozinha. Em Fevereiro de 1999, a União Européia fez uma recomendação para que os Europeus desenvolvessem uma nova constelação de satélites para navegação. Isso foi resultante de muita pesquisa, desenvolvida no período de Julho de 1998 a Fevereiro de 1999 (Wolffrum et al., 1999).

Em Junho de 1999, baseado nos trabalhos anteriores realizados pelo Fórum Europeu do GNSS, o Ministério dos Transportes Europeu concordou com a fase de definição do Galileo, que se trata da contribuição Européia para o GNSS-2. Será um sistema aberto e global, com controle civil, completamente compatível com o GPS (e provavelmente com o GLONASS), mas independente. As possibilidades de cooperação entre nações encontram-se abertas. A fase de definição deverá ser

finalizada por volta de 2000. Trata-se de uma fase crucial, pois depende dela a continuidade ou não do sistema. Em caso positivo, será iniciada a fase de desenvolvimento do Galileo, onde a infra-estrutura é desenvolvida e validada. Uma constelação de 3 a 5 satélites será introduzida por volta de 2003. O início da implementação do sistema deve ocorrer por volta de 2005. A fase operacional, na qual os serviços são oferecidos e a manutenção do sistema é iniciada, deve estar completa em 2008.

O financiamento do sistema deverá ser garantido pelo orçamento da União Européia, notavelmente através da ESA (*European Space Agency*) e da rede de transporte européia (*Trans-European Networks*), de fundos adicionais resultantes do envolvimento de outras agências ou instituições da União Européia, de cooperação internacional com outras nações, tais como Rússia, Canadá e Japão. Além disso, está prevista a adoção de uma parceria pública - privada (*Public-Private Partnership*) para obter financiamento complementar.

O Galileo, conforme já citado, será um sistema de arquitetura global, visando atrair outras nações para participar do projeto. Trata-se de uma estratégia diferente da adotada com o GNSS-1, onde os objetivos do EGNOS atendia apenas os países Europeus. Apresenta-se a seguir o que se conhece sobre o sistema até o momento. Modificações poderão ocorrer, pois o sistema encontra-se ainda em fase de definição.

#### **2.2.2.1 Segmento de Controle**

A estrutura já montada para o EGNOS será aproveitada ao máximo, mas algumas estações terrestres terão que ser acrescentadas para que se tenha abrangência global. Ao todo, 12 estações darão suporte a determinação de órbitas e sincronização do tempo. Além disto, este segmento será inter-conectado por uma rede de comunicação, com duas cadeias independentes, com operação quase autônoma. Isso garantirá controle da integridade interna e operações de alta qualidade.

#### **2.2.2.2 Segmento Espacial**

Encontra-se em discussão, duas opções para o segmento espacial do Galileo, baseado em satélites de órbita média (MEOs – *Medium Earth Orbits*) tal como o GPS e GLONASS, ou Geo - síncrono inclinada (IGSOs – *Inclined Geosynchronous*). São elas:

- 1) 21 satélites MEOs e 3 GEOs (GEO - estacionários) ou IGSOs, em 3 planos orbitais com inclinação de 65° e altura de 19100 Km, a um custo aproximado de US\$ 2.3 bilhões;
- 2) 36 satélites MEOs e 9 GEOs ou IGSOs, com 4 planos orbitais de inclinação de 65° e altura de 19100 Km, a um custo estimado de US\$ 2.9 bilhões.

Para garantir a performance requerida, a opção 1 necessita de integração com o GPS, ao passo que na opção 2 tal integração não é necessária. Com respeito a aplicações que requer alto nível de segurança, ambas opções requerem a implantação de GBASS.

Em termos financeiros, a primeira opção é a preferível. Ela é muito próxima da arquitetura do GLONASS.

### **Estrutura do Sinal**

A estrutura do sinal do Galileo será baseada em até 4 (quatro) portadoras da banda L. Dependendo de acordos internacionais, duas frequências poderão ser idênticas as do GLONASS e as outras duas iguais as do GPS, ou a duas outras atribuídas à União Européia (EU). Usuários com exigências críticas em segurança necessitarão de informações adicionais sobre a integridade do sistema, o que poderá ser proporcionado pelos SBASs. Neste caso, a integridade é determinada pelo segmento de controle e transmitida para os usuários via os satélites GEOs/IGSOs.

#### **2.2.2.3 Serviços e Performance do Galileo**

Três diferentes tipos de serviços serão oferecidos pelo Galileo:

- Serviço de Acesso Aberto (OAS – *Open Access Service*), que será o serviço básico oferecido ao público, sem custos diretos, pelo menos até que o SPS (*Standard Positioning Service* – Serviço de Posicionamento Padrão) do GPS também o seja;
- Serviço de Acesso Controlado (CAS1 – *Controlled Access Service*), para usuários que exigem um serviço garantido e com contrato de responsabilidade. Sobre este serviço será cobrado uma taxa dos usuários que vierem a utilizá-lo;
- Serviço de Acesso Controlado (CAS2), para uso militar e aplicações críticas em segurança.

No que concerne a performance, o Galileo deverá proporcionar pelo menos a mesma performance a ser alcançada com a modernização do GPS (futuros satélites do Bloco II F). Alguns parâmetros previstos para a performance de usuários autônomos, isto é, realizando posicionamento por ponto em tempo real utilizando apenas observáveis resultante do código (pseudodistâncias), constam da Tabela 2. Esses parâmetros referem-se principalmente a aplicações terrestres, mas algumas exceções podem ocorrer em regiões oceânicas. Pode-se observar uma melhoria considerável em relação ao GPS.

**Tabela 2: Performance prevista para o Galileo**

Parâmetro	Performance prevista
Acuracidade	
- Horizontal	4,0 m
- Vertical	7,7 m
- Tempo	30 ns
Integridade	
- Risco	$2 \cdot 10^{-7}$ por 150 s
- Tempo para disparar alarme	6 s
Disponibilidade	90% a 99,97%

### **3 BENEFÍCIOS PARA OS USUÁRIOS E APLICAÇÕES DO GNSS**

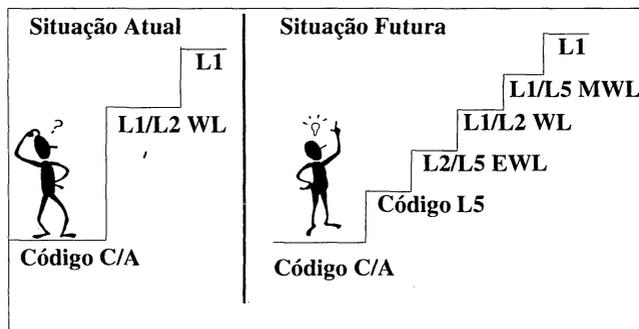
Há bem pouco tempo atrás, face ao grande sucesso do GPS, poucos acreditavam que uma outra nação pudesse iniciar o desenvolvimento de um sistema

similar, com exceção do GLONASS, que teve suma implementação independente e paralela. Quando o GLONASS foi declarado operacional em 1996, fato inesperado para muitos, parecia que surgia um rival em potencial para o GPS. Mas não foi o caso, pois o sistema não teve a devida manutenção, estando atualmente com poucos satélites apropriados para uso. Mesmo assim, vários trabalhos têm sido desenvolvidos no sentido de desenvolver metodologias para a integração dos dois sistemas, fato positivo para o domínio da tecnologia de integração de sistemas.

O desenvolvimento do Galileo, em conjunto com a proposição de modernização do GPS, traz novas perspectivas para os usuários que dependem de posicionamento em suas atividades. Por um lado, os dois sistemas competem entre si, no que se refere a agenda estabelecida para o desenvolvimento e modernização. Por outro, o Galileo será compatível e factível de integração com o GPS, trazendo grandes benefícios para os Estados Unidos e Europa. Desta forma, eles podem ser utilizados alternativamente ou em combinação, melhorando a performance global.

Da forma como previsto o sistema espacial na modernização do GPS, grandes benefícios serão repassados para os usuários. O mesmo se diz a respeito da implementação do Galileo. No caso do GPS, a combinação das portadoras L1 e L5 propiciará uma melhor redução dos efeitos ionosférico. Situação similar deverá ocorrer com o Galileo, pois as portadoras deverão ser similares as do GPS.

No que concerne a solução da ambigüidade (Machado e Monico, 1999), considerando o caso da modernização do GPS (consideração similar pode ser realizada para o Galileo), os usuários serão beneficiados com a nova estrutura de sinal. Além das bem conhecidas combinações lineares de observáveis denominadas *Wide Lane* (WL) e *Narrow Lane*, com comprimento de onda de aproximadamente 86cm e 11,5 cm respectivamente (Seeber, 1993), será possível formar a *Extra Wide Lane* (EWL) e a *Medium Wide Lane* (Jung, 1999), de aproximadamente 5,8m e 0,75 m respectivamente. Essas combinações, em conjunto com as observáveis das pseudo-distâncias nas portadoras L1 (código C/A) e L5 (código L5), auxiliará na solução instantânea da ambigüidade. A Figura 2 é uma ilustração do caso, sugerindo a redução de dificuldade entre a situação atual e futura.



**Figura 2:** Ilustração da Redução de dificuldade para a solução da ambigüidade considerando a situação atual e futura

No que se refere as aplicações, fica evidente que todas aquelas até então beneficiando-se do uso do GPS e GLONASS, também serão atendidas dentro do conceito de GNSS, com resultados provavelmente melhores e mais confiáveis. Pode-se destacar as aplicações relacionadas a determinação do vapor d'água na troposfera, tomografia da ionosfera, posicionamento geodésico, etc. Em termos de novas aplicações, destacam-se aquelas não contempladas com o GPS e GLONASS, devido a necessidade de informações de integridade, além de garantia de disponibilidade. Tratam-se de aplicações requerendo alto grau de segurança, como a aviação civil.

#### 4 COMENTÁRIOS FINAIS E CONCLUSÕES

Apresentou-se uma descrição sucinta dos sistemas de posicionamento existentes atualmente, com destaque para o GPS e GLONASS e suas limitações para algumas aplicações. Introduziu-se então o conceito de GNSS, apresentando a situação atual do GNSS-1 e as perspectivas futuras para o GNSS-2, incluindo a modernização do GPS e do Galileo.

Considerando atualmente a grande utilidade dos sistemas de navegação, quer seja em termos de melhoria de qualidade nas atividades em que são utilizados, quer seja em termos de recursos financeiros que traz para a nação detentora do sistema, há uma alta probabilidade que GPS e Galileo irão competir entre si. Como os Estados Unidos da América mantém quase que um monopólio neste campo, a entrada dos Europeus com o Galileo deverá trazer benefícios para todos os usuários. Os benefícios não serão apenas na melhoria da qualidade, mas também em termos de redução de custos dos equipamentos e serviços. Mas temos que esperar para comprovar!

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO M. (1996) Avanços em WADGPS e WASS, *Fator GIS, Ano 4, No. 13*, p.49-50, Editora Sagres, Curitiba, PR.

- AQUINO M. (1997) Montando o Quebra-Cabeça, *Fator GIS, Ano 5, No. 20*, p. 62-63, Editora Sagres, Curitiba, PR.
- HAN S.; DAÍ L.; RIZOS C. (1999) A new Data Processing Strategy for Combined GPS/GLONASS Carrier Phase-Based Positioning, *Proceeding of the 12th Int. Technical Meeting of the Satellite Division of the U.S. Inst. Of Navigation GPS ION'99*, CDROM, Nashville, TN, USA, (no prelo).
- HOFMAM-WELLENHOF, LICHTENEGGER H., COLLINS J. (1997) *GPS Theory and Practice*, 4<sup>th</sup> Edition, Springer, Wien, 389 pp.
- JUNG J. (1999) High Integrity Carrier Phase Navigation for Future LAAS Using Multiple Civilian GPS Signals. *Proceeding of the 12th Int. Technical Meeting of the Satellite Division of the U.S. Inst. Of Navigation GPS ION'99*, Nashville, TN, USA (no prelo)
- KOZLOV, D. (1997) Instant RTK cm with low cost GPS+GLONASS C/A Receivers, *Proceeding of the 10th Int. Technical Meeting of the Satellite Division of the U.S. Inst. Of Navigation GPS ION'97*, Kansas City, Missouri, USA, 1559-1569.
- LEGAT K.; HOFMAM-WELLENHOF B. (1999) Galileo or For Whom the Bell Tolls, *International Symposium on GPS - GPS'99*, Tsukuba, Japan, 7 p.
- MCDONALD K D (1999) GPS improvements in the next decade. *Newsletter of the Institute of Navigation 9(1)*, p. 5-9.
- MONICO J. F. G. (1999) *Posicionamento Pelo NAVSTAR-GPS: Descrição, Fundamentos e Aplicações*, Departamento de Cartografia da FCT/UNESP, Notas de Aulas, 182p.
- MACHADO W. C. e MONICO J. F. G. (1999) Solução Rápida da Ambigüidade GPS Utilizando o Software GPSeq, *Anais do XIX Congresso Brasileiro de Cartografia*, CDROM, Recife, PE.
- SANTOS M. C. (1998) Ameaça ao Espectro Usado Pelo GPS, *Coluna GPS 21, InfoGEO*, Ano 1, No. 3.
- SEEBER G. (1993) *Satellite Geodesy: Foundations, Methods, and Applications*, Walter de Gruyter, Berlin, Germany, 531 pp.
- SPIPKER J. J.; DIERENDONCK A. J. VAN (1999) Proposed New Civil GPS Signal at 1176,45 MHz, *Proceeding of the 12th Int. Technical Meeting of the Satellite Division of the U.S. Inst. Of Navigation GPS ION'99*, Nashville, TN, USA, (no prelo)
- WANG J. (1999) *Modelling and Quality Control For Precise GPS and GLONASS Satellite Positioning*, PhD Thesis, Curtin University of Technology, Perth, AU, 171p.
- WOFFRUM J.; HEALY M.; PROVENZAO J. P.; AND SASSOROSI T. (1999) Galileo - Europe's Contribution to the Next Generation of GNSS, *Proceeding of the 12th Int. Technical Meeting of the Satellite Division of the U.S. Inst. Of Navigation GPS ION'99*, Nashville, TN, USA.

**AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Hofman-Wellenhof por enviar-me seu artigo "*Galileo for For Whom the Bell Tolls*" antes mesmo de sua publicação e ao Instituto de Geomática da Catalúnia também pelo envio de informações sobre o Galileo.

(Invited Paper, do I Colóquio Brasileiro de Geodésia. Recebido em 08/03/00.)