



**COBENGE 2005**

**XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPE

## **LABORATÓRIO GNSS: UMA FERRAMENTA PARA ENSINO EM TELECOMUNICAÇÕES**

**F. Walter** - fw2@ita.br

Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Departamento de Telecomunicações.

Praça Marechal Eduardo Gomes, 50.

12228-900 – São José dos Campos – SP.

***Resumo:** A metodologia de formação de recursos humanos do Laboratório de Sistemas Navegação Global por Satélite no ITA é apresentada. Os resultados mostram como o GPS, primeiro dos GNSS, constitui um verdadeiro laboratório de Teoria de Telecomunicações. Será abordado o caráter multidisciplinar do sistema que abrange tópicos como: leis de Kepler; efeitos relativísticos; propagação em meios naturais (ionosfera/troposfera); óptica geométrica e física; antenas; efeito Doppler; processamento digital de sinais; álgebra linear e moderna; e desenvolvimento de programas.*

***Palavras Chaves:** Navegação via satélite; GNSS; Ensino; Telecomunicações; Comunicação via satélite.*

### **1 INTRODUÇÃO**

Devido ao rápido aparecimento de novos sistemas GNSS, conhecimentos envolvendo várias áreas tornaram-se necessários a formação de recursos humanos capacitados para afrontar os desafios tecnológicos da nova Radionavegação tendo em mente que não basta apenas conhecer, mas é preciso saber fazer.

O curso é voltado, principalmente, para estudantes de pós-graduação com grau de Engenheiro Eletrônico e ministrado em dois semestres.

Estudos sobre a Anomalia Equatorial, tendo como base dados obtidos com receptores GPS (MORAIS et al, 2004); navegação (FITZGIBBON e WALTER, 1994); desenvolvimento de pseudo-satélite para aplicações aeronáuticas (ZANDONADI e WALTER, 2003); receptores GNSS em "software" (ALVES e WALTER, 1996); efeitos de dutos troposféricos; antenas (MOREANO et al, 2003; HECKLER, 2003), multicaminho e cintilação (WALTER et al, 2003 e LEDVIANA et al, 2004) estudos estatísticos da pseudodistância (ROSA et al, 1999, WALTER et al, 1999), álgebra moderna (TINOCO e WALTER, 2002), determinação de atitude (ALVES e WALTER, 1999; LEITE e WALTER, 2002a,b e 2003) foram desenvolvidos e utilizados a fim de ilustração da complexidade e as áreas de conhecimentos envolvidos para domínio do GNSS (WALTER e MENDÉZ, 2002).

## 2 ESTRUTURA DO CURSO

Os objetivos do Laboratório GNSS são três:

- Gerar recurso humano qualificado para implementar e/ou empregar receptores de navegação dos GNSS atuais (GPS/GLONASS) e futuros (Galileo).
- Simular, testar e projetar as diferentes arquiteturas dos diferentes tipos de receptores GNSS.
- Ampliar e consolidar os conhecimentos dos engenheiros empregando todos os critérios de operação e implementação do GNSS.

São ministradas duas disciplinas de pós-graduação específicas na área de navegação por satélites:

- ET 274 Sistemas de navegação por satélites 2º semestre
- ET 474 Tópicos avançados em GNSS 1º semestre

O programa curricular do Laboratório atualmente está baseado na análise do GPS já que em nossos dias é o único GNSS em condições totalmente operativas. Todos os princípios de funcionamento são comprovados num ambiente acadêmico e de pesquisa. Em curto prazo espera-se estender os conhecimentos para o GLONASS e em médio prazo para o Galileo.

### 2.1 Súmula Curricular do Programa

Nas Tabelas I, II e III estão listados os Temas e os Subsistemas apresentados no que é denominado de Adaptação.

Tabela I: Adaptação.

Temas	Subsistemas
Conceitos Básicos de Geodésica	Representações do planeta (projeções e mapas) Sistemas ECEF e ECI (o WGS-84) Coordenadas Lat/Long/Alt e UTM Elipsoides de referência e datum local Tipos de latitude e o problema do geóide
Conceitos Básicos de Navegação	História da Navegação Triangulação Trilateração Diluição da precisão
Conceitos Orbitais	Leis de Kepler Dia sideral Anomalias

Tabela II: Tópicos Básicos de GPS.

Temas	Subsistemas
Descrição Geral do GPS	Primórdios e História Segmentos constitutivos e desempenho esperado segundo o FRP e o ICD-GPS 200 Princípio de emprego: Tempo de chegada ( <i>TOA: Time of Arriving</i> )
Segmento Espacial	Constelação dos Satélites: órbitas e cobertura Geração dos sinais e mensagens de navegação Potência esperada Dados reais das órbitas
Segmento de Controle	Descrição Constituição das efemérides
Segmento de Usuário	Descrição do receptor URA, UERE e RAIM Exercício de emprego dos receptores GPS: obtenção e processamento de dados. Exercício de emprego dos receptores GPS: experiência de correções diferenciais.
Análise dos Fatores de Erro e Perturbação	Erros de relógio de SV e de usuário Atrasos por efeitos atmosféricos, ruído, resolução e hardware Disponibilidade Seletiva (SA) Atrasos por múltiplas trajetórias

	Geometria usuário – satélite
Simulação e Análise de Processos no Receptor	Geração de códigos PRN Desvio Doppler Plano de frequência e digitalização direta Aquisição e Rastreamento Decodificação da mensagem de navegação e Cálculo de coordenadas de satélite

Tabela III: Tópicos Avançados em GPS.

Tema	Subsistemas
Pseudo-satélite	Análise de melhoramento de DOP
GPS Diferencial	Correlação de erros para receptores na mesma região geográfica Mensagens em formato RTCM-104 Mensagens em formato RTCA
GBAS e SBAS	Modelos atmosféricos locais Modelos ionosféricos Características e desempenho esperados
Determinação de Atitude	Cálculo de velocidade real Uso de Quatérnion
Modelagem Estatística	Modelos ARIMA Controle de Integridade
Arquiteturas de Receptores	Eliminação de múltiplas trajetórias Algoritmos de rastreamento
Integração de Sistemas	GPS e plataformas inerciais

## 2.2 Caráter Multidisciplinar

O Programa do Laboratório de GNSS permite considerá-lo como Laboratório multidisciplinar de Telecomunicações abrangendo os tópicos listados na Tabela IV.

Tabela IV: O caráter multidisciplinar.

Matéria	Áreas de Aplicação
Álgebra Linear	Cálculos de navegação e de mudança de coordenadas Cálculos de coordenadas com linhas de base curtas e estendidas Cálculo de desvio Doppler esperado no receptor Cálculos de geometria usuário – satélite
Filtragem Adaptativa	Aplicação de Algoritmos LMS e LS para navegação. <i>Blind Deconvolution</i> , LMS e LS para rejeição de múltiplas trajetórias. Arranjos geométricos de antenas e filtragem espacial ( <i>smart antenna</i> )
Sistemas de Espalhamento Espectral	Geração de códigos PRN Autocorrelação nos processos de aquisição e rastreamento
Comunicações Digitais	Geração e simulação do sinal esperado no receptor Plano de frequência Modulação digital: BPSK
Modelagem atmosférica e Propagação	Modelos ionosféricos atuais; modelo de Klobuchar para o GPS Análise do modelo ionosférico do WAAS Traçado de raios
Rastreamento de Sinais com PLL / Costas Loop	Processo de rastreamento PLL coerente e não coerente Processamento real e complexo do sinal
Deteção e Estimção	Processo de Aquisição
Teoria de Códigos	Geração e decodificação de mensagens de navegação Geração e decodificação de correções diferenciais
Processamento Digital de Sinais	Amostragem e DAC no bloco de processamento de RF no receptor Autocorrelação Radar

## 3 TRABALHOS DESENVOLVIDOS

Alguns trabalhos desenvolvidos pelos integrantes do Laboratório GNSS estão apresentados nesta seção.

### 3.1 Anomalia Ionosférica Equatorial

Um dos erros que afeta a exatidão na determinação de posição é o atraso sofrido pelos sinais GPS ao atravessarem a ionosfera. Os receptores para uso civil incorporam um modelo para correções ionosféricas, no entanto esses modelos não são adequados para as regiões de baixa latitude geomagnética devido à existência da Anomalia Ionosférica Equatorial (AIE). Esta anomalia compreende a região entre, aproximadamente,  $-20^\circ$  e  $+20^\circ$  de latitude geomagnética. Figura 1 ilustra a AIE caracterizada pelo “vale” entorno de  $0^\circ$  de latitude geomagnética.

Com intuito de entender a AIE um “software” foi desenvolvido, usando dados globais (mais de 200 estações espalhadas pelo globo terrestre) do GPS, permitindo gerar mapas de 2 em 2 horas do parâmetro denominado de VTEC (Conteúdo Eletrônico Total Vertical). Com esses mapas foi gerado um vídeo mostrando o comportamento da ionosfera desde janeiro de 1999 (OLIVEIRA et al 2003, 2004 e 2005). A Figura 2 mostra um quadro deste vídeo. Como pode ser observado o território brasileiro se encontra nesta região, daí a importância de se estudar a AIE.

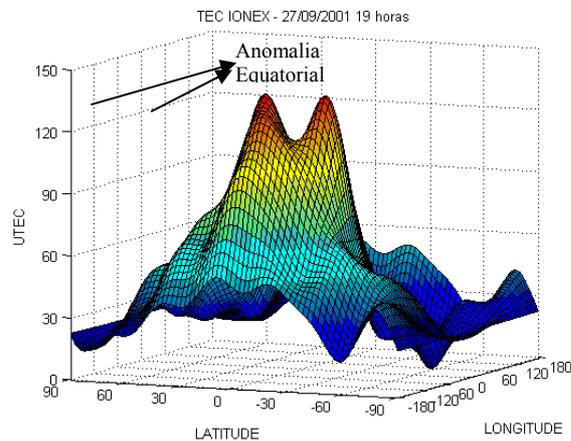
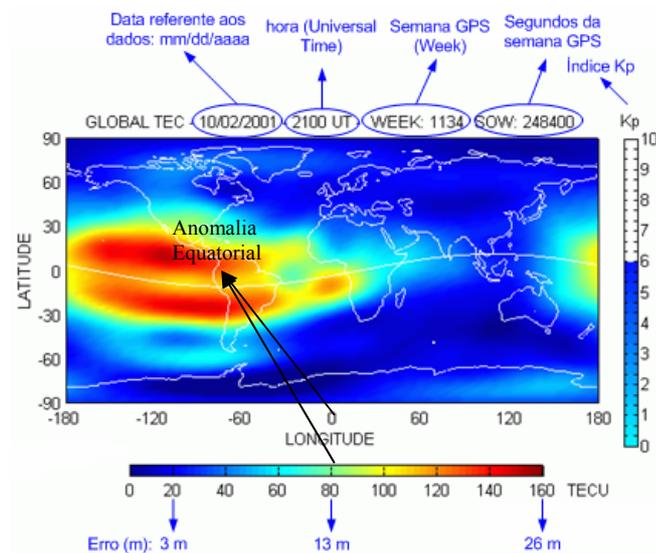


Figura 1: VTEC x Latitude x Longitude no dia 27/09/2001.

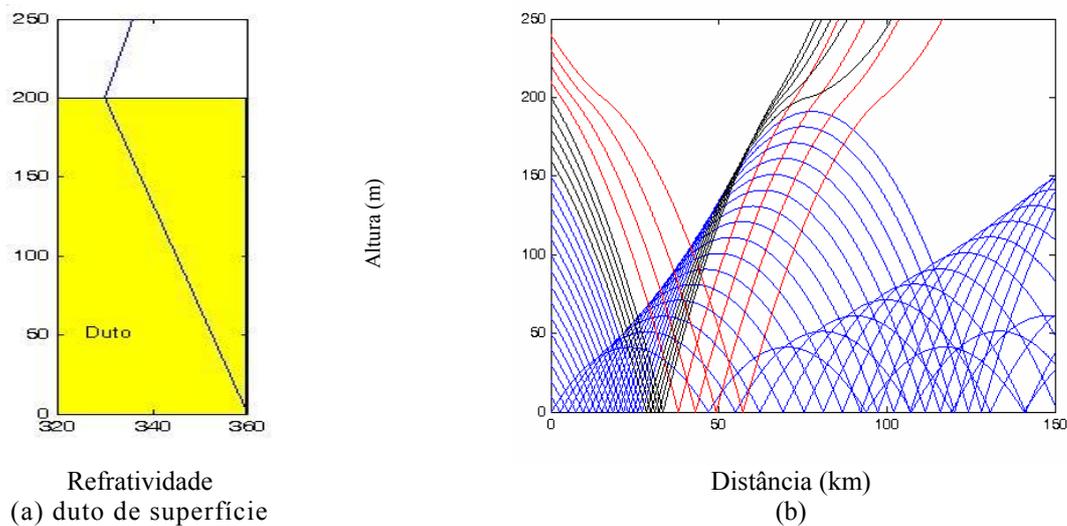


**Figura 2: Mapa do VTEC (02/10/2001) usando dados no formato IONEX obtidos através do Serviço Internacional de GPS para Geodinâmica (IGS).**

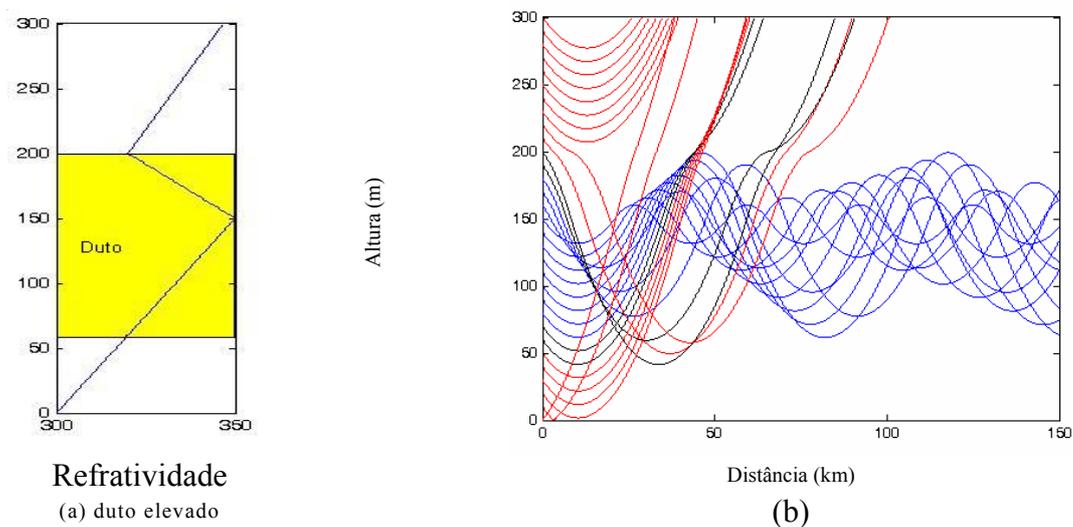
### 3.2 Dutos Troposféricos

Um dos problemas críticos na recepção de sinais GPS é a presença de, além do sinal de visada direta, a presença de multicaminho resultado de diferentes mecanismos, entre eles reflexões, ocasionado pelo ambiente em que se encontra a antena de recepção.

Um desses mecanismos é o efeito de dutos troposféricos presentes devido à evaporação. O método de traçado de raios é utilizado para uma análise qualitativa da propagação de sinais GPS provenientes de satélites com o objetivo de estudar os efeitos dos dutos troposféricos na banda L e na recepção dos mesmos.



**Fig. 3. (a): Duto de superfície de 200 m de altura com variação no índice igual a  $-0,15 \text{ m}^{-1}$ ; (b) Resultado da simulação para o perfil do duto (a). Em azul, os raios que ficam confinados no duto. Em preto, os raios que saíram do duto apesar de atingirem a troposfera em altura inferior a 200 m. Em vermelho, os raios que atingiram a troposfera em altura superior a 200 m, refletiram no solo e saíram do duto.**



**Figura 4: (a):Duto elevado localizado entre 60 e 200 m de altura. (b) Em azul, os raios**

que ficaram confinados no duto. Em preto, os raios que saíram do duto apesar de atingirem a troposfera em altura inferior a 200 m. Em vermelho, os raios que atingiram a troposfera em altura superior a 200 m, refletiram na superfície e saíram do duto.

Uma das situações mais críticas de multicaminho ocorre quando o satélite GPS possui um ângulo de elevação  $\theta_e$  menor que o ângulo de Brewster. Neste caso uma onda eletromagnética refletida (elípticamente polarizada) pode alcançar o receptor com o mesmo sentido de polarização da onda direta (os sinais transmitidos pelos satélites da constelação GPS têm polarização à direita).

Pode ocorrer do receptor se encontrar em uma região de dutos troposféricos e sofrer a influência de ondas guiadas por estes dutos. Apesar do receptor GPS não utilizar satélites com ângulo de elevação inferior a  $10^\circ$  no cálculo da posição, os sinais destes satélites estarão presentes na forma de ruído.

As simulações foram realizadas em Matlab®. Como ilustração dos efeitos de dutos sobre os sinais óptica geométrica (traçado de raios) é usada e os resultados ilustrados (BELVEDI e WALTER, 2005) para dutos de superfície (Figura 3) e para dutos elevados (Figura 4). A próxima etapa consiste em se usar soluções de onda completa (“full-wave”) para a análise de modos.

### 3.3 Receptores GNSS por “Software”

Com fins educativos foi desenvolvido um receptor GPS em “software” (MENDÉZ, 2002; VILLALBA, 2004). Tem também como objetivo de tirar o país da dependência tecnológica. Visto de uma forma simples, um receptor GPS, de uso civil, pode ser dividido em três etapas principais, a primeira etapa consiste da recepção e da digitalização do sinal recebido na frequência L1. A seguinte etapa é formada por  $n$  (no nosso caso  $n=12$ ) correlatores em paralelo, individualmente cada correlator verifica se o satélite sintonizado apresenta nível de sinal acima do limiar. Finalmente á a etapa de processamento de dados e visualização de resultados.

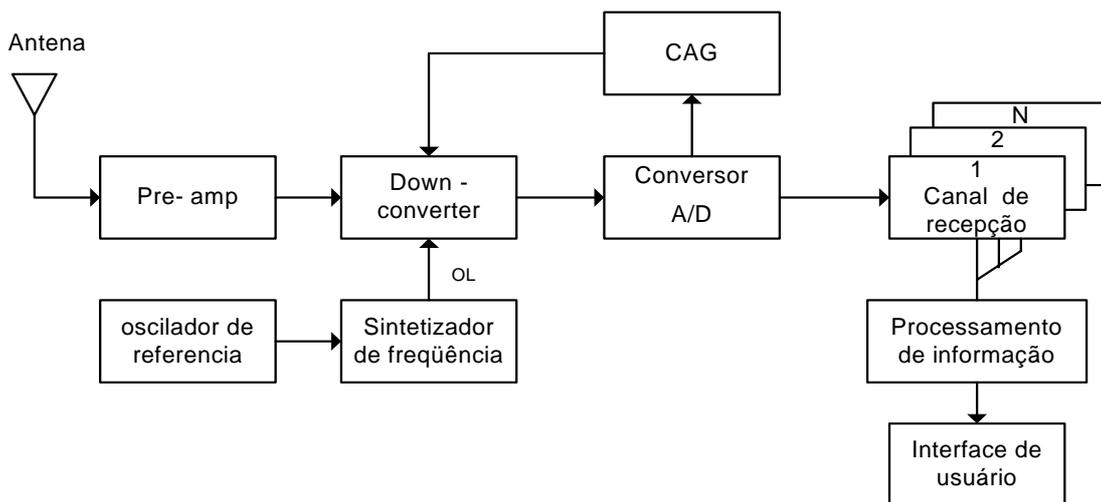
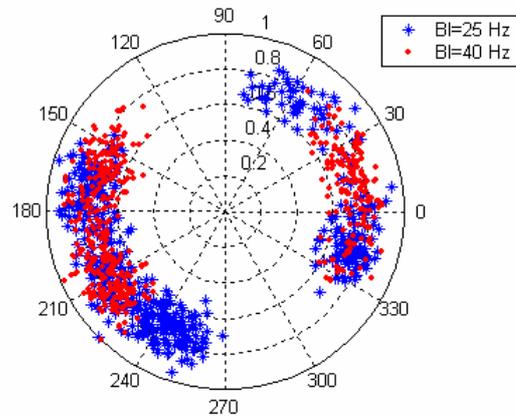


Figura 4: Receptor GPS por software.

Seguindo este esquema para o receptor GPS tem-se que as duas últimas etapas do receptor podem ser desenvolvidas ou em “software” passando neste caso a ser um receptor

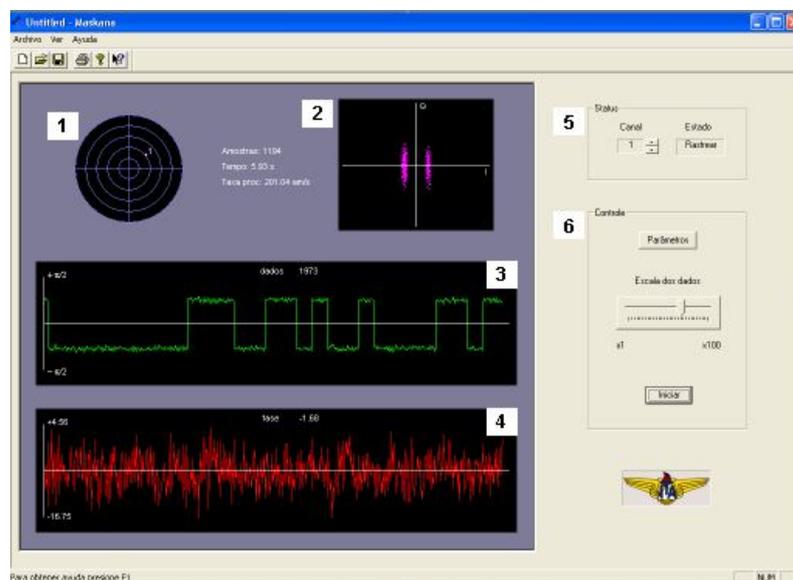
GPS por “software”. No presente trabalho se toma como base de análise um receptor GPS padrão para a etapa de aquisição-digitalização (“front end”) e a etapa de correlação, respectivamente, sendo a etapa de processamento de dados e visualização de resultados feitas em “software” (Figura 4).

Usando o receptor desenvolvido em “software” é ilustrado como o efeito Doppler afeta a recepção do sinal para dois filtros diferentes do DCO (Figura 5).



**Figura 5: Influência da largura de faixa do laço de portadora: em azul para BI = 25 Hz e em vermelho para BI = 40 Hz.**

Na Figura 6 temos a ilustração da interface gráfica do receptor. Os parâmetros usados na simulação podem ser mudados através do botão [6].



**Figura 6: RGS: Interface gráfica do Programa Receptor.**

### 3.4 Determinação de Atitude

A atitude de uma aeronave é expressa através dos ângulos de Eüler  $\theta$  [arfagem],  $\phi$  [rolamento] e  $\psi$  [proa] (Figura 7). Estes ângulos refletem as posições angulares de um triedro, que representa o sistema de coordenadas da aeronave, em relação a um sistema de

coordenadas qualquer, que é a referência das medidas. Determinar atitude significa determinar esses ângulos em relação a um sistema de coordenadas predeterminado.

O desenvolvimento de um sensor de atitude com baixo custo preenche uma lacuna mercadológica no cenário mundial, pois em função do seu alto custo, a integração de sensores de atitude nem sempre ocorre nas aeronaves de pequeno/médio porte, restringido assim a sua operação somente para vôos em condições visuais e uma lacuna tecnológica no Brasil, porque as barreiras

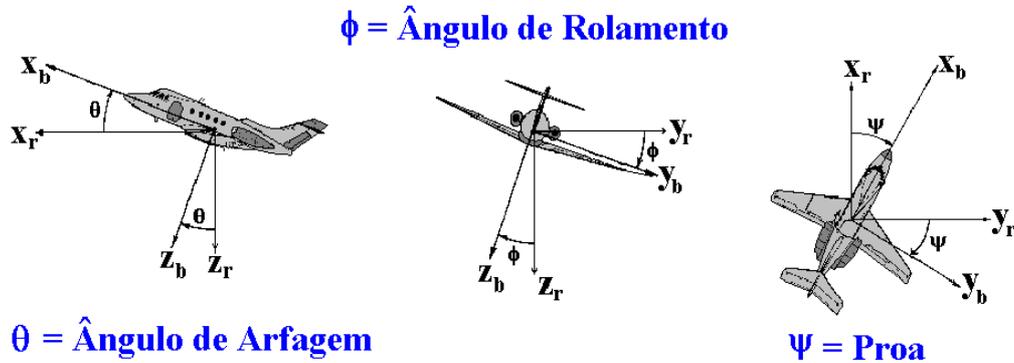


Figura 7: Ângulos de Eüler de uma aeronave.

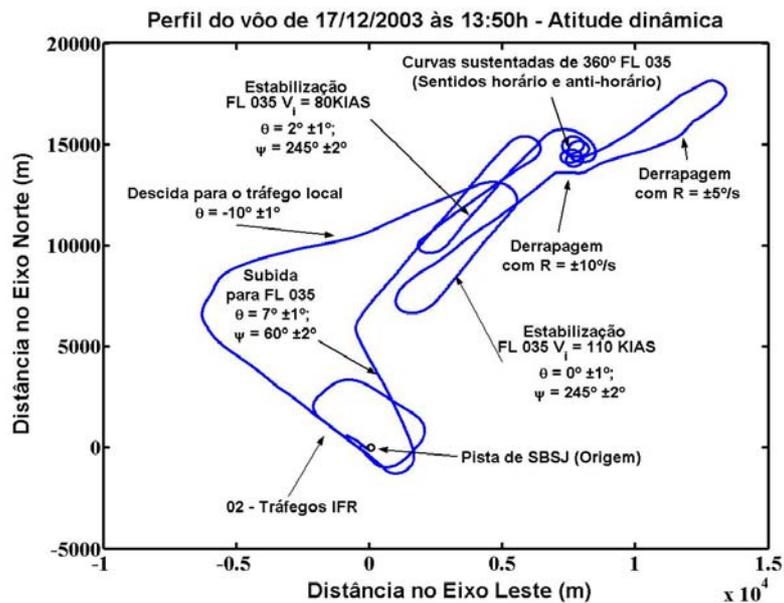
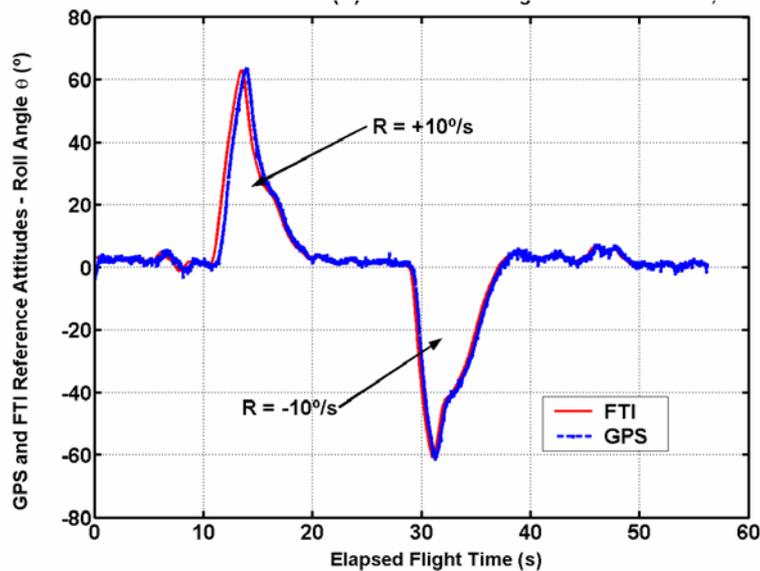


Figura 8: Perfil do vôo realizado em 17/12/2003 (LEITE e WALTER, 2004).



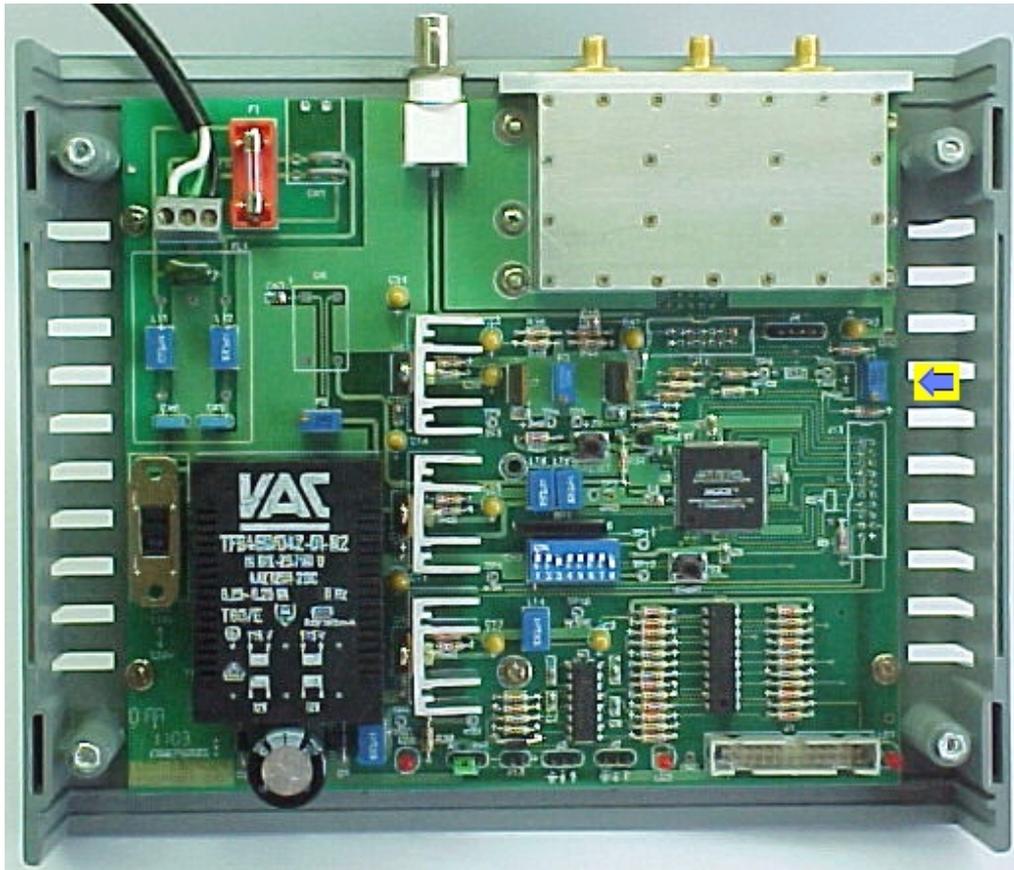
**Figura 9: Determinação da atitude para uma razão do ângulo Yaw de  $\pm 10^0/s$ .**

Tendo em mente esses fatores foi usado sinais de três receptores (LEITE e WALTER, 2004) foram posicionados numa aeronave (T25C) e por interferometria os mesmos são determinados e comparados com um sistema inercial de referência para validação dos resultados (Figura 9).

### 3.5 Desenvolvimento de Pseudo-satélites

Pseudo-satélite (PS) consiste de um transmissor de sinais GPS que opera em 1.575,42 MHz (L1), projetado para aumentar a exatidão e a integridade de sinais para navegação (posição, velocidade e tempo). Embora concebido visando aplicações aeronáuticas, seu emprego em Agricultura de Precisão (AP) é imediato (ZANDONADI e WALTER, 2004). O PS em desenvolvimento no ITA é o primeiro do gênero a ser implementado no Brasil (ZANDONADI e WALTER, 2003a, b).

A Figura 10 ilustra o protótipo do PS. Junto com a COMPSIS e com o apoio da FINEP essa tecnologia está sendo transferida para a indústria.



**Figura 10: Foto do protótipo do PS.**

#### **4 CONCLUSÕES**

Neste trabalho discutiu-se a utilização do Laboratório GNSS como uma ferramenta de ensino, em nível de pós-graduação, ilustrando com vários trabalhos desenvolvidos ou em desenvolvimento. A preocupação de formação de recursos humanos e de transferir os conhecimentos para a indústria está sempre presente na equipe tendo em vista criar um pólo industrial em GNSS e empregos de alta qualificação para absorverem os alunos que estamos formando.

#### ***Agradecimentos***

Os resultados apresentados só foram possíveis graças ao apoio de órgãos financiadores como PNUD, ICAO, CTA/DECEA e FINEP. Em particular ao PNUD por financiar a vinda do Prof. Bradford W. Parkinson (1991) e do Dr. A.J. Van Dierendonck (1993) ao ITA. A todos os alunos do Laboratório CNSS e em particular ao Alexandre, Thiago, Durval, Nelson, Malizia, Diego, Luiz pelos trabalhos realizados ou em andamento. Ao Prof. Lacava e seus alunos do Laboratório de Antenas e Propagação pelo suporte na área de antenas. Ao Kevin responsável por me envolver nesta área.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALVES, L.H.P.M. e WALTER, F. An alternative code tracking loop circuit for CDMA receivers. In : URSI'96, Lille, França. Proceedings : 160, Sept. 1996.

ALVES, L. H. M. P. and WALTER, F. A GPS-based Attitude Estimation Technique for Spinning Satellite, XXVI<sup>th</sup> U.R.S.I., Aug. 13 - 21, 1999.

BALVEDI, GLÁUCIA C. e WALTER, F. Análise da propagação de sinais GPS em dutos troposféricos pelo método de traçado de raios, SBRT, Campinas, SP, 2005 (submetido).

FITZGIBBON, K.T. and WALTER, F. The Brazilian ADS and DGPS trial. Proceedings of ION NTM94, CD, San Diego, USA, 1994.

HECKLER, M. V. T. **Redes de antenas de microfita circularmente polarizadas moldadas sobre superfícies cilíndricas**. 2003. Tese (Mestrado) / Divisão de Engenharia Eletrônica e Computação, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP.

LEDVINA, BRENT M., KINTER, PAUL M., de PAULA, EURICO R., and WALTER, F. Temporal and Spatial evolution of GPS L1 amplitude scintillation density in Brazil, International Beacon Satellite Symposium, 2004, Trieste, Itália, 2004.

LEITE, N.. P. DE OLIVEIRA and WALTER, F. The development and simulation results of a GPS attitude determination algorithm, ION GPS, Oregon Convention Center, Portland, Oregon, USA, 1100-1107, Sep., 2002, CD.

LEITE, N.. P. DE OLIVEIRA and WALTER, F. Fast Alignment Process for Flight Test Instrumentation Sensors, ITC, San Diego, California, USA, 38th Annual International Telemetry Conference (ITC), San Diego, CA, USA, Oct. 2002.

LEITE, N. P. DE OLIVEIRA, and WALTER, F. Development of an Alignment Process To Be Used on Flight Tests Campaign of a GPS Attitude Determination System. In: NTM-ION, Anaheim, California, USA, National Technical Meeting, p. 152-162, Jan. 2003, **Anais** CD.

LEITE, N. P. DE OLIVEIRA, and WALTER, F. Flight test evaluation of a GPS attitude determination system using non-dedicated GPS receiver, NTM-ION, San Diego, CA, USA, 343-351, Jan., 2004, **Anais** CD.

MENDÉZ C., D. R., **Recepção de sinais GPS: simulação e análise por software**, Tese de Mestrado, ITA, São José dos Campos, SP, 2002.

MORAIS, T. N., OLIVEIRA, A. B. V., and WALTER, F. Global Behavior of the Equatorial Anomaly since 1999 and Effects on GPS Signals, 11th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, Saint Petersburg, Russia, May, 2004.

MOREANO, R.; BONADIMAN, M.; LACAVA, J.C.S. Uma ferramenta para análise de antenas impressas em estruturas multicamadas, 20<sup>o</sup> SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES, 10, 2003, Rio de Janeiro, RJ, **Anais** em CD.

OLIVEIRA, A. B. V., MORAIS, T. N. e WALTER, F. Ferramentas para o Desenvolvimento de Mapas Globais para o Estudo do VTEC da Ionosfera. In: IX Encontro de Iniciação Científica e Pós Graduação do ITA – IX ENCITA, São José dos Campos, São Paulo, 07 a 09 de out., 2003.

OLIVEIRA, A. B. V., MORAIS, T. N., and WALTER, F. Effects of Equatorial Anomaly in the GPS Signals. ION-GPS, 16th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, Portland, Oregon, USA, Set., 2003, **Anais** CD.

OLIVEIRA, A. B. V., MORAIS, T. N., and WALTER, F. Estudo do VTEC da Ionosfera em Períodos Magneticamente Perturbados, SBT, Belém, PA, set. 2004, **Anais** CD.

OLIVEIRA, A. B. V., MORAIS, T. N., and WALTER, F. Global behavior of the Equatorial Anomaly since 1999 and effects on GPS signals, IEEE A&E Systems Magazine, pp. 15-22, March, 2005.

ROSA, L. C. LAUREANO da, WALTER, F., and MENDEZ C., D. R. Statistical Model to Minimize the GPS System Errors A Tool to Support DGPS/GBAS. ION GPS, Portland, Oregon, USA, 15th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation, p. 2640-2647, Set. 2002.

TINOCO S., A. F. y WALTER, F. La Hoja Electrónica Excel® como Apoyo al Aprendizaje de Teoría de Códigos, TELECOM'02 INTERNATIONAL CONFERENCE, Santiago de Cuba, TELECOM'02 International Conference. Alcalá, Espanha: Nuevo Siglo, S. L., 17 a 19 de jul 2002.

VILLALBA C., L. F., **Receptor GPS por software**, Tese de Mestrado, 104f, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, 2004.

VILLALBA C., L. F. e WALTER, F. Receptor GPS por Software, SBT, Belém, PA, set. 2004.

WALTER, F. and MENDEZ C., D. R. (invited) GNSS Laboratory Human resources formation and research for civil aviation, Workshop on “The use and applications of global navigation satellite systems”, Santiago, Chile, Apr., 2002.

WALTER, F., ALVES, L.H.P.M., ROSA, L.C.L.M., and BARROS, M.S.S. Global Position System A Methodology for Modelling the Pseudorange Measurements. Advance Space Research. v. 23, n. 8, pp. 1529-1532, 1999, Publisher by Elsevier Science Ltd.

WALTER, RICHARD; PERRELLA, W. J. E WALTER, F. Otimização do Erro de Rastreamento Devido ao Multi-Trajeto em Sistemas GPS Utilizando Espaçamento do Correlator (Espaçamento Adiantado-Atrasado: D) Variável. In: IX Encontro de Iniciação Científica e Pós Graduação do ITA – IX ENCITA, São José dos Campos, São Paulo, Brasil, 07 a 09 de out., 2003.

ZANDONADI Jr., D. and WALTER, F.: Development of a Pseudolite – A Brazilian GBAS Experience, ION-GPS, 16th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation, Portland, Oregon, USA, Jan., 2003.

ZANDONADI Jr., D. and WALTER, F. Pseudolite: Ground-based Transmitter for GPS – Design and Implementation, IMOC 2003, v. II, Foz de Iguaçu, Proceedings SBMO/IEEE MTT-S, p. 825-830, set., 2003.

ZANDONADI Jr., D. and WALTER, F. Pseudo-Satélite-Transmissor/Codificador de Sinais GPS para Aplicação GBAS: Descrição, Projeto e Implementação. In: IX Encontro de Iniciação Científica e Pós Graduação do ITA – IX ENCITA, São José dos Campos, SP, Brasil, 07 a 09 de out., 2003.

ZANDONADI Jr., D. e WALTER, F. Pseudo-Satélite aplicado à agricultura de precisão, ConBAP, Piracicaba, SP, maio 2004.

## **GNSS: A TOLL FOR TEACHING TELECOMMUNICATION**

**Abstract:** *This paper reports recent development programs and activities in the GNSS Laboratory at the Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Since the early 1990's, personnel at the ITA have been working in the integration and evaluation of GPS sensors and related technology. Following directives from ICAO, ITA developed a systematic training program that uses GNSS as a curricular option for Telecommunications engineering courses. The objective is to generate human resources capable of overcoming the technological challenges and changes imposed to the aeronautical fields in the imminent presence of three main GNSS systems. Experimental project results and trends of this methodology are presented.*

**Key-words:** *Global navigation; GNSS; Education; Telecommunication; Satellite Communication.*