



Rede Nacional de Estações de Referência de Tempo

Aida Bebeachibuli¹, Selma Junqueira²

¹MCT-Observatório Nacional, Rio de Janeiro, Brasil, habibe.aida@gmail.com

²MCT-Observatório Nacional, Rio de Janeiro, Brasil, selma@on.br

Abstract: Two National Time Scales are generated and disseminated by MCT-Observatório Nacional, TA(ONRJ) (Atomic Time) and UTC(ONRJ) (Coordinated Universal Time), from data provided by an ensemble of five industrial caesium clocks. The aim of this project is to develop new methods to remotely include other caesium clocks in order to improve these two time scales.

Keywords: transferência de tempo, receptores GPS geodésicos, escalas de tempo.

1. INTRODUÇÃO

A geração e disseminação de sinais de tempo e frequência são de vital importância para garantir o fluxo ordenado da tecnologia em uso no dia a dia, desde a navegação por satélite de veículos até a implantação de uma rede de dados de alta velocidade e as redes digitais de telecomunicação. Em paralelo ao desenvolvimento de osciladores de frequência cada vez mais precisos essas aplicações dependem cada vez mais da disseminação precisa e estável de sinais de tempo e frequência. Em locais distantes, as informações de tempo e frequência recebidas permitem ao usuário comparar, gerar e sincronizar a escala de tempo local e, então, disciplinar osciladores ou medir o atraso temporal na propagação de sinais entre o transmissor e o receptor.

A geração e a conservação da grandeza tempo de forma ininterrupta podem ser realizadas pela materialização de uma escala de tempo atômico. Em um Laboratório Primário de Tempo e Frequência (LPTF), a escala de tempo pode ser materializada, por exemplo, pela combinação de relógios de cério (comerciais e/ou experimentais), *masers* de hidrogênio e mesmo relógios de rubídio. Através da intercomparação dos relógios calculam-se as diferenças de tempo entre eles. A escala é então gerada por um algoritmo que combina e pondera estatisticamente essas medidas. Assim obtêm-se tempo com estabilidade, exatidão e confiabilidade superiores ao que seria fornecido por um único relógio atômico como é o caso do Tempo Atômico Internacional (TAI), determinado pelo Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM). O mais importante, no entanto, para os Laboratórios Primários de Tempo e Frequência, tal como a Divisão Serviço da Hora (DSHO) do Observatório Nacional (ON), é a realização física destas escalas de tempo. Com este tempo ou Hora Legal se sincronizam boa parte das atividades dos países – transportes, telecomunicações,

transações bancárias, etc. Esta sincronização se dá através da realização física do UTC (Tempo Universal Coordenado) em cada país, o que é uma responsabilidade do LPTF local.

A DSHO gera a grandeza física primária tempo para a manutenção do UTC(ONRJ) a partir de dados fornecidos continuamente por um conjunto de 5 padrões atômicos comerciais de ¹³³Cs mantidos pela Divisão [1]. Para realizar a TA(ONRJ), a DSHO utiliza o método de transferência de tempo clássico baseado na técnica de visada comum através da observação do código C/A, fornecido por um receptor de tempo multicanal (TTS-2) do sistema GPS (Sistema de Posicionamento Global). Este receptor está conectado a um sinal de 1pps (pulso por segundo) fornecido pela realização local do UTC(ONRJ).

Uma forma de contribuir para o aperfeiçoamento da TA(ONRJ) é incluir mais relógios atômicos no cálculo desta escala de tempo. No entanto, devido ao elevado custo de um padrão de frequência atômico comercial propomos construir uma Rede Nacional de Estações de Referência de Tempo que experimentada, permitirá aumentar remotamente o conjunto de padrões atômicos que participarão da realização da escala de tempo atômico nacional. Tais padrões atômicos são mantidos por outras instituições nacionais e serão comparados com os relógios instalados em cada um dos satélites do sistema de posicionamento americanos GPS por meio de receptores geodésicos dos sinais de tempo. Os dados gerados serão coletados via rede de computadores e os padrões comparados entre si por meio da técnica de visada comum, que é simples, porém bastante eficiente uma vez que diversas instituições visualizarão os mesmos satélites no mesmo instante de tempo e isso minimiza a contribuição da incerteza do próprio satélite na comparação.

Neste trabalho apresentamos os testes preliminares realizados com a utilização de um receptor GPS geodésico multicanal/dupla frequência, através da análise P3 calculada a partir de uma combinação linear simples entre as observações dos códigos P1 e P2 (como recomendado pelo CCTF – Comitê Consultivo de Tempo e Frequência [6]), analisando os resultados obtidos em comparação com aqueles estabelecidos pela DSHO. Além disso, também apresentamos o cálculo das correções dos diversos efeitos que introduzem atraso na medida da diferença de tempo local, UTC(ONRJ), e o tempo GPS. Estes efeitos são decorrentes do armazenamento da medida pelo próprio receptor e do atraso devido aos cabos, além das

comparações com os dados provenientes dos outros receptores em uso na Divisão.

2. A REDE NACIONAL DE ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA DE TEMPO (RENERT)

A Rede Nacional de Estações de Referência de Tempo utiliza receptores geodésicos, como o receptor multicanal produzido pela empresa Septentrio Satellite Navigation (Bélgica). O receptor PolaRx2eTR rastreia até 12 satélites do sistema GPS e faz a leitura simultânea dos códigos C/A, P1 e P2 e das fases L1 e L2 de ambas as frequências portadoras. Além disto, este receptor é capaz de rastrear mais de 6 satélites do sistema SBAS (*Space Based Augmentation System*). Dessa forma é possível comparar a performance entre diversos relógios localizados nas diversas instituições através dos dados de observação dos códigos P1 e P2 e das medidas de fase das portadoras L1 e L2, cujo nível de ruído é muito menor que o ruído sobre o código C/A.

O receptor PolaRx2eTR foi manufaturado para aplicações na área de transferência de tempo, ou seja, ele possui uma entrada para uma frequência de referência externa, 10 MHz, de modo que durante a sua operação o oscilador interno do receptor permaneça travado na frequência de referência externa [3]. O PolaRx2eTR também possui uma entrada de 1pps externo, garantindo a continuidade do relógio interno do receptor, o que evita a interrupção da sua leitura devido as interrupções no rastreamento, tornando-o adequado para a transferência de tempo. Dessa forma, o sinal de 10 MHz fornece ao receptor uma referência de frequência precisa e o sinal de 1pps fornece uma referência de tempo precisa [3]. Para efetuar as leituras entre o tempo GPS e o tempo local, a entrada de 1pps deve ser usada em combinação com a referência de entrada de 10 MHz, e é importante que elas sejam provenientes da mesma fonte.

O relógio interno é sincronizado com o sinal de 1pps fornecido externamente. Após a sincronização inicial, a entrada de 1pps é ignorada pelo receptor que passa a rastrear o tempo pela integração de sua frequência de referência, que é o sinal de 10 MHz fornecido externamente e proveniente da mesma fonte (do mesmo padrão atômico ou gerador de sinal). Conseqüentemente, o relógio interno do receptor é travado ao relógio externo. Se a fonte externa de 1pps e o sinal de frequência de 10 MHz forem gerados a partir do relógio que realiza UTC(ONRJ) obtemos uma medida contínua da diferença entre o tempo local UTC(ONRJ) e o tempo GPS.

O sinal de 10 MHz que alimenta o receptor é proveniente da saída de um padrão primário de tempo comercial de ^{133}Cs (Agilent - modelo 5071A). A estabilidade nominal desse padrão, especificada pelo fabricante, é de $5 \times 10^{-12} \tau^{-1/2}$. Esse padrão, nomeado T130, fornece a referência de frequência para a realização local de UTC(ONRJ). O sinal de 1pps fornecido ao receptor é proveniente do mesmo padrão que fornece o sinal de referência de frequência. Como o sinal que alimenta o receptor não vem diretamente da realização do UTC(ONRJ), fez-se necessário conhecer o comportamento do sinal de 1pps do T130 com relação ao UTC(ONRJ) e em seguida compensar o seu resultado com os dados obtidos pelo receptor de modo a tornar possível computar REFGPS (a

diferença entre UTC(ONRJ) e o tempo GPS). A diferença entre o sinal de 1pps do T130 o sinal de 1pps do UTC(ONRJ) apresenta um deslocamento de frequência que é constante ao longo do tempo de $-9,3135 \times 10^{-14} \text{ s/s}$.

A estabilidade do sinal temporal do T130 com relação ao sinal UTC(ONRJ) é o resultado dado pela figura 2.

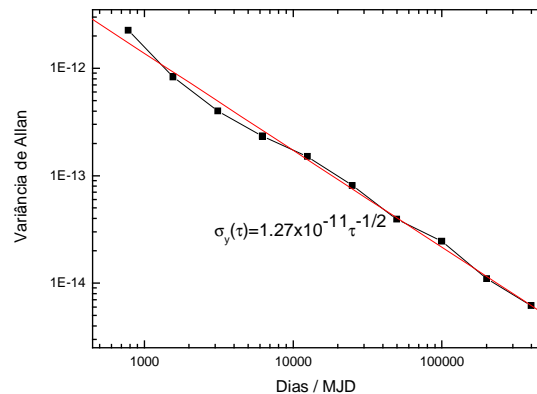


Fig. 1. Medida da estabilidade do sinal de 1pps do T130 com relação ao sinal UTC(ONRJ), calculada por meio da variação de Allan. A estabilidade em curto período de tempo é $1,27 \times 10^{-11}$ e cai com $\tau^{-1/2}$.

Vemos que em curto período de tempo, essa estabilidade é dada por $1,27 \times 10^{-11}$ e após 240s de integração o sinal de comparação é dominado por ruído branco de frequência evidenciado pela a inclinação da reta que cai com $\tau^{-1/2}$. Esse tipo de ruído é comum nos padrões de frequência atômicos passivos que possuem um oscilador escravo, normalmente de quartzo travado em uma ressonância atômica. No entanto, a estabilidade em curto período, $1,27 \times 10^{-11}$, é relativamente baixa para esse tipo de padrão de frequência atômico de alta performance. Observa-se, porém, que o sinal do UTC(ONRJ) é gerado a partir do sinal de 10 MHz e de 1pps do T130, ou seja, estamos comparando dois sinais que são provenientes da mesma fonte e as duas medidas estão correlacionadas. Assim, as características de ruído observada no gráfico da figura 1 correspondem ao limite do comparador de fase utilizado para medir a diferença de fase aliada ao ruído adicionado aos diferentes caminhos percorridos pelo sinal do UTC(ONRJ) e o sinal de 1pps do padrão T130.

O receptor é acessado remotamente por uma conexão TCP/IP. Para comunicar com o PolaRx2TR usamos uma interface visual do software *RxControl*, com o qual é possível monitorar as atividades do receptor. É por meio desse programa que estabelecemos todos os parâmetros de operação do receptor, como o intervalo de aquisição dos dados temporais, o tipo de arquivo a ser gerado, RINEX, SBAS, CGGTTS, entre outros.

A antena utilizada é uma antena PolaNt da Septentrio Satellite Navigation. Ela é capaz de receber o sinal do satélite nas duas frequências portadoras para o posicionamento preciso. O sinal medido pela antena é enviado para o receptor por meio de um cabo com 25m de comprimento. O atraso temporal do sinal, devido ao cabo, captado pela antena até o receptor foi medido como sendo

135,4ns. Esse atraso foi determinado pela DSHO através do procedimento padrão para efetuar esse tipo de estimativa.

Na computação da diferença temporal entre o sinal de 1pps de referência do laboratório e o sinal do GPS temos que levar em consideração o atraso do sinal devido ao armazenamento de medida pelo hardware do receptor. Como a defasagem temporal entre o sinal de entrada de 1pps e o relógio interno ao receptor não é fornecido pelo fabricante, para ter acesso ao seu relógio interno devemos usar a saída de 1pps do receptor. Neste caso, o atraso devido ao tempo de armazenamento pelo hardware do receptor é de 249ns. Esses valores são importantes uma vez que a computação da diferença temporal entre as bases de tempo T130-tempo GPS é obtida através dos dados corrigidos para o atraso do hardware do receptor, antenas e cabos.

Os dados observados são salvos usando o formato RINEX (Receiver Independent Exchange) descrito em <ftp://igsb/data/format/rinex.txt>. Os 3 arquivos RINEX do tipo ASCII são (<ftp://igsb.jpl.nasa.gov/igsb/data/format/rinex210.txt>):

- 1) Arquivos de dados de Observação
- 2) Arquivos de dados de Navegação
- 3) Arquivos de dados de Navegação dos Satélites Geostacionários

Exemplos dos arquivos gerados na aquisição são mostrados na figura 2 (**Apêndice A**).

3. PROCEDIMENTOS E RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Para transferência de tempo interessam os registros dos arquivos de observação que contém um conjunto de dados muito bem definidos como listados abaixo:

- 1) medidas de fase nas portadoras, L1 ($f = 1575,42\text{MHz}$ e $\lambda \approx 19\text{cm}$) e L2 ($f = 1227,60\text{MHz}$ e $\lambda \approx 24\text{cm}$) (batimento de frequência entre a portadora do receptor do sinal do satélite e a frequência de referência gerada pelo receptor);
- 2) medidas dos códigos C/A, P1 e P2 equivalentes a diferença do tempo de recepção (expresso no referencial temporal do receptor) e do tempo de transmissão (expresso no referencial temporal dos satélites) de sinais distintos dos satélites;
- 3) tempo de observação que corresponde à leitura do relógio do receptor no instante de validade da medida da fase portadora e/ou das medidas dos códigos.

Além disso, interessam os arquivos RINEX de navegação, pois eles contém todas as informações ionosféricas no instante de observação uma vez que os observáveis listados acima são corrigidos com base nas órbitas rápidas do IGS (*International GPS Service*).

Para analisar os resultados do deslocamento de tempo entre o relógio do laboratório e o tempo GPS, para o estabelecimento de uma escala de tempo nacional, é importante seguir os procedimentos estabelecidos pelo CCTF, ou seja, usuários de tempo devem utilizar os arquivos baseados na técnica de visada comum no formato padrão CGGTTS (*CCTF Group on GNSS Time Transfer Standards*) [2]. Esses arquivos, para os receptores geodésicos, são gerados a partir dos arquivos RINEX de observação e de navegação, com observações feitas a cada

30 segundos, usando uma ferramenta desenvolvida pelo Observatório Real da Bélgica [4,5]. Tais arquivos têm a vantagem adicional de ler as observações do código P com um nível de ruído bem menor do que sobre o código C/A. Esse procedimento utiliza a combinação linear P3 do código, equação 1, e as informações das órbitas rápidas IGS:

$$P3 = \frac{f_1^2 * P1 - f_2^2 P2}{f_1^2 - f_2^2}, \quad (1)$$

onde P1 e P2 são os códigos e f_1 e f_2 são as frequências correspondentes.

Para o cálculo de P3 é necessário conhecer o atraso no hardware do receptor para os códigos P1 e P2.

Uma imagem de arquivo CGGTTS é mostrada na figura 3 (**Apêndice A**). Ele é constituído por uma seção de cabeçalho com dados gerais como o tipo de receptor utilizado, número de canais disponíveis para o rastreo, posição da antena, entre outros. Em seguida vem o corpo do arquivo com as diversas informações como o número do satélite, PRN, o Dia Juliano Modificado (MJD) com 5 dígitos, duração do rastreo, diferença temporal entre relógio de referência do laboratório e o tempo do satélite (REFSV), diferença temporal entre o relógio de referência do laboratório e o tempo do sistema GPS (REFGPS), efemérides (IOE), entre outras, todas separadas em colunas. No entanto, esta estrutura de dados não é muito prática uma vez que apenas as três colunas que indicamos possuem as informações que são de interesse imediato.

As colunas são MJD, hhmmss e REFGPS que tratam respectivamente do Dia Juliano Modificado, do momento específico do dia em que o observável foi medido. A coluna REFGPS corresponde aos valores de (T130 – tempo GPS), que tratam dos valores calculados a partir do observável P3 dado pela equação 1. Com o intuito de tratar apenas os dados de interesse, um programa foi desenvolvido para manipular as colunas e efetuar conversões simples para especificar as horas como fração do dia. Ele constrói um arquivo em formato texto (*.dat*) que possui 3 colunas: uma coluna correspondendo ao MJD, outra com os dados REFGPS e a terceira com o número de satélites visados naquele dado instante. Para uma análise inicial da performance do receptor geodésico utilizado nesta pesquisa, ao invés de comparar os dados pela técnica de visada comum, como deverá ser feito ao implementar a rede metrológica aqui no Brasil, calculamos a média entre os resultados REFGPS obtidos através dos vários satélites visados em um mesmo instante de tempo. Essa técnica é denominada *all in view*. Isso só é possível uma vez que atualmente todos os satélites compartilham da mesma referência temporal, isto é, possuem uma escala de tempo comum [6].

Para analisar quantitativamente a evolução temporal, que se traduz em obter o deslocamento de frequência entre o relógio de referência local e do sistema de satélites GPS, podemos importar esses arquivos em algum programa de tratamento de dados – Origin ou Stable 32 – comumente utilizados nessa área.

No gráfico da figura 4, observamos o comportamento da diferença temporal entre o padrão de referência, T130, e o tempo GPS. Verificamos um deslocamento constante do T130 ao longo do tempo, uma

vez que trabalhamos com o sinal do T130 e não com o UTC(ONRJ). Para remover esse deslocamento comparamos o comportamento do sinal de 1pps do T130 com o sinal de 1pps que é referência para a escala de tempo nacional, UTC(ONRJ). Ao fazer $(t(T130) - t(GPS)) + (t(UTC(ONRJ)) - t(T130)) = t(UTC(ONRJ)) - t(GPS)$ obtemos o comportamento do UTC(ONRJ) com relação ao tempo GPS, como mostra a figura 5. Essas flutuações de frequência em torno do zero são o objeto de nosso estudo. Pelo gráfico da figura 5 observamos que o ruído em torno do valor médio é da ordem de 10ns após 26 dias de dados coletados no mês de maio.

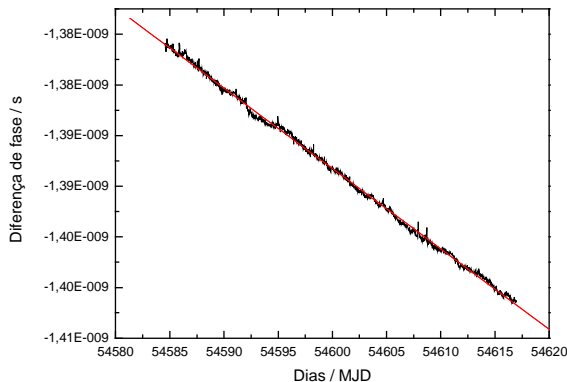


Fig. 4. Comportamento da diferença temporal entre o tempo do padrão de referência local, T130, e o tempo GPS.

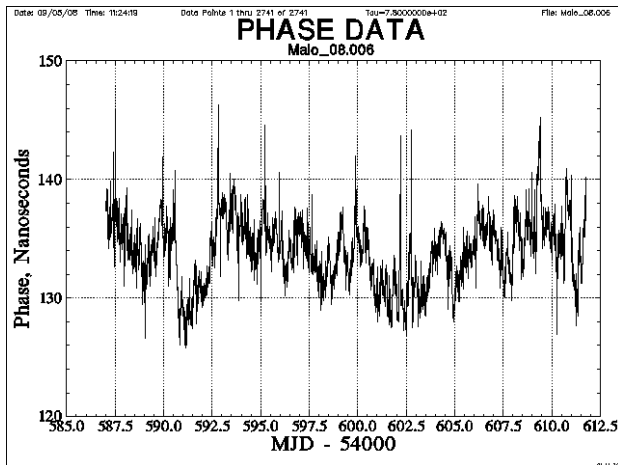


Fig. 5. Comportamento da Diferença Temporal entre o UTC(ONRJ) e o tempo GPS após um mês de avaliação.

Para comparar a performance do receptor PolaRx2eTR com a do receptor multicanal/monofrequência utilizado pela DSHO analisamos os dados da DSHO enviados ao BIPM e disponíveis em <ftp://62.161.69.5/pub/tai/data/>. Analisando os dados de maio, observamos que a diferença entre UTC(ONRJ) e o tempo GPS é sempre menor que 30ns como mostrado na figura 6.

Esses resultados mostram a viabilidade de utilizar os dados do receptor geodésico, uma vez que temos a vantagem de utilizar o código P ao invés do código C/A.

Além disso, o número de satélites rastreados pelo receptor é bem maior do que o do receptor comum utilizado pela DSHO, o que reduz ainda mais a incerteza associada na medida da diferença temporal entre UTC(ONRJ) e o tempo GPS.

Por fim calculamos a estabilidade com os resultados obtidos pelo conjunto de dados gerados com receptor PolaRx2eTR e o conjunto de dados obtidos pelo método convencional da DSHO com o receptor TTS2. A estabilidade foi calculada através da variância de Allan, como mostram as curvas do gráfico da figura 7.

Na figura 7 observamos que a curva do desvio de Allan cai com τ^{-1} ao invés de $(-1/2)$ o que sugere que o sinal do satélite é degradado por influências atmosféricas e outros agentes externos capazes de mudar a natureza do ruído e mascarar o ruído branco de frequência comum nos padrões de frequência atômicos passivos. Além disso, vale lembrar que a antena utilizada não é do tipo *choke ring*, ou seja, ela pode inserir distorções no sinal recebido pelo satélite devido à multi-reflexões do sinal da portadora ao longo do caminho entre a origem do sinal e a antena receptora, apesar da posição privilegiada da DSHO que se encontra livre de prédios nas imediações o que reduz tal efeito.

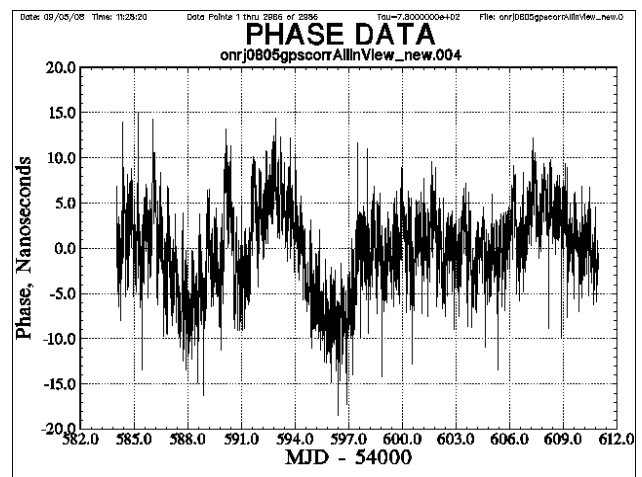


Fig. 6. Comportamento da diferença temporal entre o UTC(ONRJ) e o tempo GPS com o receptor multicanal utilizado pela DSHO para a manutenção da TAI e do UTC(ONRJ), após um mês de avaliação.

A estabilidade em curto período de tempo, como mostrado na figura 7, do receptor PolaRx2Tr é de $1,88 \times 10^{-9}$ e com o receptor TTS2 esse valor é de $3,73 \times 10^{-9}$. No caso do Polarx2eTR, a estabilidade medida é duas vezes melhor que no TTS2, como previsto em [4]. Além disso, a incerteza na medida do código P é 1,5 vezes melhor do que do código C/A. Para observar características do ruído branco de frequência comum nos padrões de frequência atômicos é preciso analisar o comportamento das observações durante

um período de tempo maior.

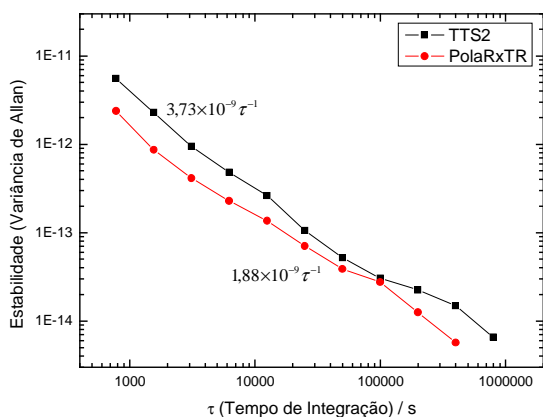


Fig. 7. A curva em vermelho corresponde à estabilidade temporal do UTC(ONRJ) com relação ao tempo GPS calculada através da variância de Allan para o receptor PolaRx2TR. A estabilidade observada nesse período é de $1,88 \times 10^{-9} \tau^{-1}$. A curva em preto corresponde à estabilidade temporal do UTC(ONRJ) com relação ao tempo GPS, calculada através da variância de Allan para o receptor TTS2. A estabilidade em curto período de tempo obtida é de $3,73 \times 10^{-9} \tau^{-1}$.

4. CONCLUSÕES

Neste projeto de pesquisa analisamos a viabilidade de se utilizar o receptor geodésico PolaRx2TR como instrumento de medida para a Rede Nacional de Referência de Tempo. O método geodésico para transferência de tempo é um método bem aceito por diversas instituições internacionais mantenedoras do tempo e estabelecido para aplicações de transferência com alta precisão. Assim, além de aumentar o número de padrões que participam da TA(ONRJ) teremos um novo método de comparação de dados entre relógios baseados nos códigos P1 e P2 e nas medidas de fase L1 e L2.

Nesse sentido, para implementar o projeto estudamos alguns procedimentos necessários para construir a Rede Nacional de Referência de Tempo como recomendados pelo CCTF. Para isso calculamos as correções dos diversos efeitos que introduzem atraso na medida da diferença entre o tempo local, UTC(ONRJ), e o tempo GPS. Tais efeitos incluem o armazenamento da medida pelo próprio receptor e o atraso devido aos cabos. Além disso, analisamos os dados coletados por meio do código P3, calculado a partir de uma combinação linear simples entre as observações dos códigos P1 e P2. Utilizamos um software especialmente desenvolvido para converter os arquivos do formato RINEX para o formato CGGTTS. Através da comparação do deslocamento Allan (para o intervalo de amostragem de 30 dias) entre os resultados obtidos com o receptor PolaRx2TR com aqueles estabelecidos pela DSHO, observa-se um aumento na estabilidade por um fator de 2 e uma diminuição na amplitude do ruído adquirido de 30ns para 10ns.

Além disso, a instalação do receptor geodésico tem permitido a participação em um projeto piloto conduzido pelo BIPM denominado TAIPPP, que investiga a viabilidade de calcular a escala de tempo atômica, TAI, não

apenas com o código P, mas também com as medidas da fase das portadoras L1 e L2. Portanto, é importante analisarmos os resultados obtidos com o receptor geodésico não apenas baseados no código P, mas também nas medidas de fase das portadoras L1 e L2 e a comparação da sua eficiência com relação ao método C/A, o método convencional utilizado pela DSHO.

Finalmente, após a aquisição de outros receptores PolaRx2TR para a instalação em outras instituições que possuem padrões de frequência atômico, poderemos concretizar a construção da Rede Nacional de Estações de Referência de Tempo e aumentar remotamente o conjunto de padrões de frequência que participarão da realização da Escala de Tempo Nacional, TA(ONRJ). Tendo como referência comum os relógios instalados em cada um dos satélites do sistema GPS, os padrões em terra serão comparados entre si por meio da técnica de visada comum, que é simples e eficiente, uma vez que não há necessidade de se conhecer exatamente o tempo do relógio a bordo dos satélites, pois eles se cancelam durante os cálculos. Após a instalação dos receptores vamos propor uma nova escala de tempo atômica baseada também nos dados dos padrões de frequência atômicos das outras instituições e em um algoritmo que utiliza as novas técnicas de análise de dados. Às instituições parceiras da Rede Nacional de Estações de Referência de Tempo será possível um link permanente com a DSHO e a sincronização contínua de seus padrões com os padrões de referência nacional instalados na Divisão.

REFERÊNCIAS

- [1] Carvalho, R.J., *The establishment of a brazilian atomic time scale*, Proceedings of the Joint 2005 IEEE frequency Control Symposium and Precise Time and Time Interval (PTTI) Systems and Applications Meetings, 2005.
- [2] CGGTTS guidelines for manufacturers of GNSS receiver used for timing. <http://tycho.usno.navy.mil/CGGTTS-Guidelines.pdf>.
- [3] POLARX2/2E Version 2.7/3.2 User Manual.
- [4] Defraigne, P., Petit, G., *Time transfer to TAI using geodetic receiver*, Metrologia, v.40, p. 184-188, 2003.
- [5] Defraigne, P., Petit, G., *Proposal to use geodetic-type receiver for time transfer using the CGGTTS format*. 21 November 2001.
- [6] Report of the 17th meeting to the International Committee for Weights and Measures, BIPM, 2006.

Apêndice A

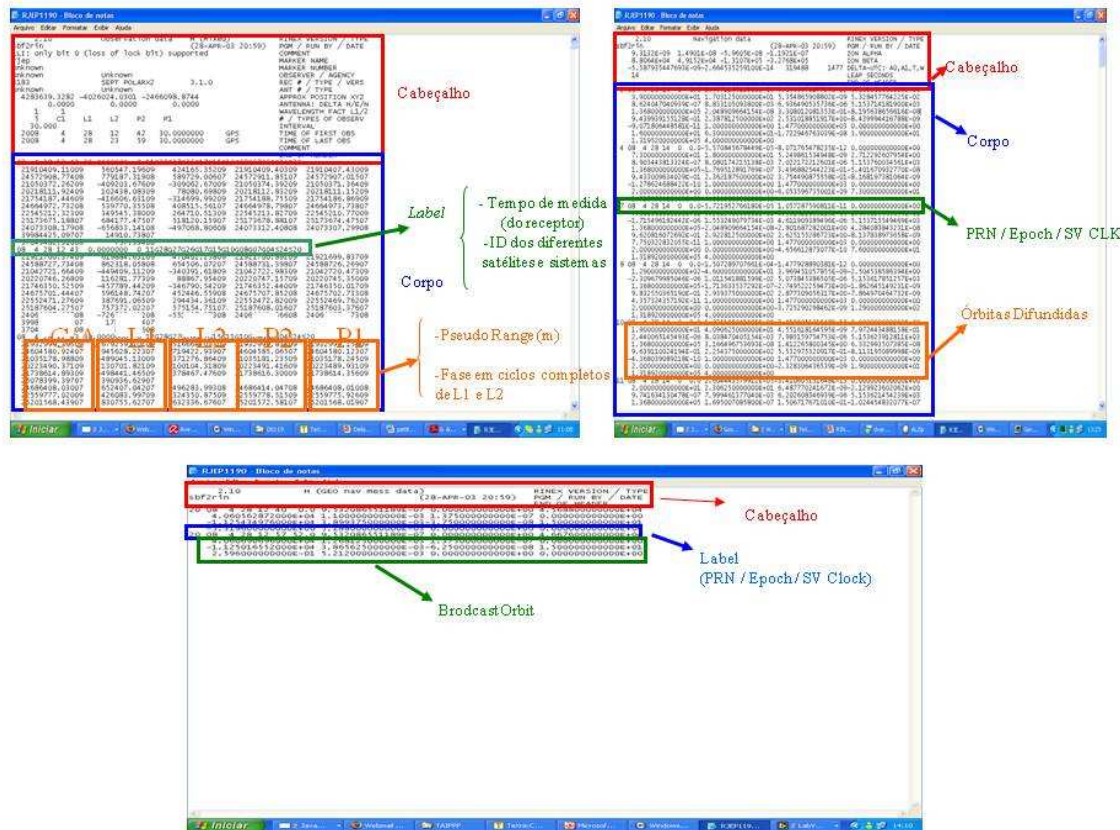


Fig. 2.Exemplo de Arquivos RINEX com dados de Observação e Navegação e de Navegação dos Satélites Geoestacionários.

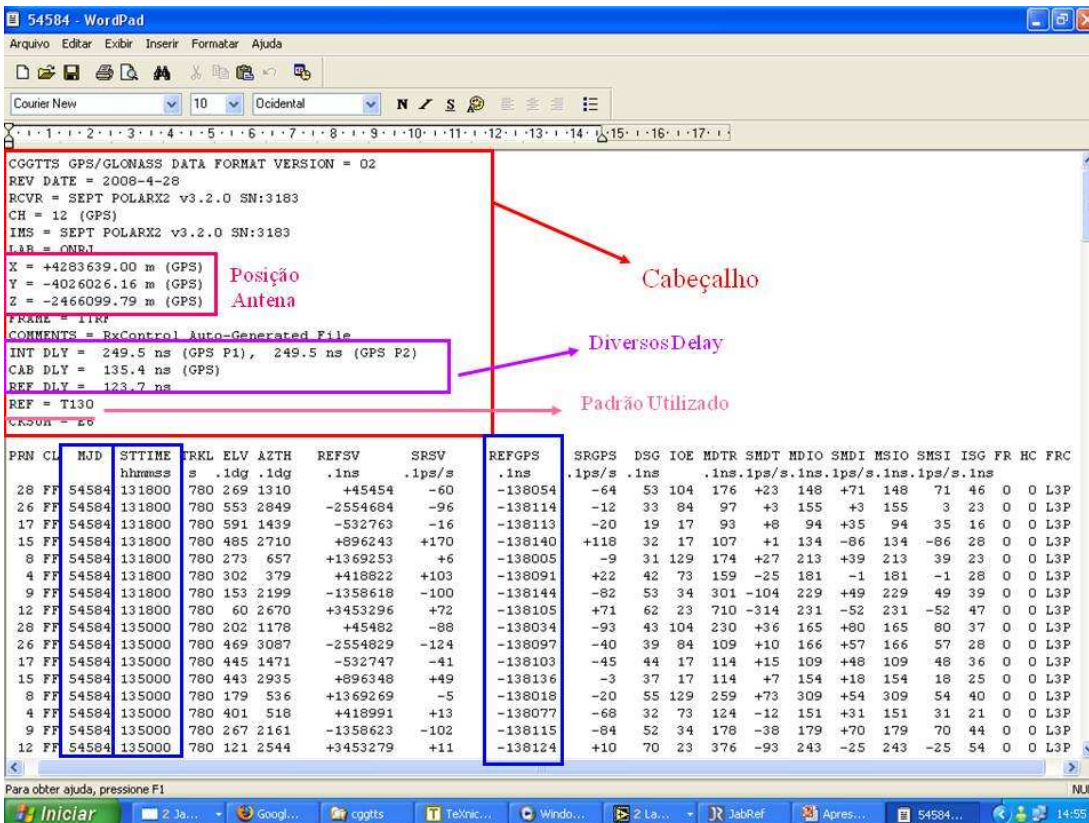


Fig. 3. Imagem do formato do arquivo CGGTTS