

## Exatidão e precisão de receptores GNSS em ambientes florestais

Afonso Henrique Moraes Oliveira<sup>1,2</sup>

Marcos Adami<sup>2</sup>

Marco Antonio Blanco Vázquez<sup>3</sup>

José Ramón Rodríguez Pérez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA  
Caixa Postal 2501 - 66077-830 - Belém - PA, Brasil  
afonsoholiveira@gmail.com

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 2651 - 66077-830 - Belém-PA, Brasil  
marcos.adami@inpe.br

<sup>3</sup> Universidade de León - UNILEÓN  
Caixa Postal s/n 24401 - Ponferrada- León, Espanha  
marco.blancovaz@gmail.com  
jr.rodriguez@unileon.es

**Abstract.** Studies using GNSS receptors (Global Navigation Satellite System) grew a lot in the last few years. The system makes many tasks easier, such as: work constructions and plots; topographic land surveys and machinery guide. It has many applications in the forest and agricultural fields and it is necessary to know the influence that the forest is causing and the exactly time of the data capture. In forest environments, the satellites' sign suffers direct interference from the arboreal cover, decreasing the accuracy and precision of the positioning as the receptors suffers interference from the components of the forest that is above where it operates. The aim of this study is to estimate the accuracy and precision that can be obtained in measures using GNSS receptors, as well as determine the ideal time to obtain a precise measurement of the tree specie *Populus* sp. A double frequency GNSS receptor positioned in each study point was used to get the static mode observed. After that, a comparison of each registered position with a known position receptor was made, obtaining accuracy. From 12 H's (nomenclature used for the same was H<sub>i</sub>, with "i" representing the portion of numbers) the higher variation in the accuracy was suffered by H's 37, 38 39, this receptor worked in a site with a heavier forest cover where the trees are mature and with a higher number of leaves, which means, the error was occasioned by the forest cover. The ideal time to capture the data was also analyzed.

**Palavras-chave:** remote sensing, forest cover, great observation time, forest species, sensoriamento remoto, cobertura florestal, tempo ótimo de observação, espécie florestal.

## 1. Introdução

Os sistemas *Global Navigation Satellite System* (GNSS) possuem muitas aplicações e utilidades e seu uso tem sido cada vez mais difundido, construção de obras e parcelas, levantamentos topográficos do terreno, guia de maquinário, dentre outros. Mais especificamente, os receptores GPS e GNSS são utilizados com frequência em atividades relacionadas ao manejo florestal, como por exemplo, o controle de máquinas florestais, McDonald e Carter (2002), sistema de precisão, inventário florestal, silvicultura de precisão, Evans et al (1992), aplicações SIG em florestas, Wing e Bettinger (2003), localização de limites de parcelas florestais, Sawaguchi et al. (2005), dentre outras aplicações.

Além disto, com a difusão desse tipo de informação pelas mais diversas aplicações florestais, surge também a necessidade de se realizar medições de erros nesse ambiente onde as condições e os elementos interferem diretamente na recepção do sinal, pois as características da cobertura distorcem e atrasam o sinal emitido pelos satélites até o ponto de perda total de precisão. Pois receptores GNSS foram projetados para trabalhar em ambientes onde o céu esteja totalmente limpo, ou seja, sem a presença de elementos externos que dificultem a recepção do sinal emitido pelos satélites pelo receptor. No meio florestal, a cobertura arbórea interrompe/modifica os sinais gerados pelos satélites e produzem erros como a *Multipath* (várias rotas), onde o sinal do satélite rebate em vários outros elementos do entorno chegando ao receptor com certo atraso e gerando assim, uma falsa medida de distância, Schubert et al (2010).

Portanto, se faz necessário conhecer como os efeitos dos diferentes tipos de padrões florestais e suas características interferem no cálculo do posicionamento global de receptores GNSS.

Assim, o objetivo principal desse trabalho é avaliar a exatidão e precisão de um modelo de receptor GNSS instalado sob alguns tipos de coberturas arbóreas e estimar o tempo ótimo de observação para cada tipo de cobertura.

## 2. Metodologia de Trabalho

A área florestal objeto de estudo é apresentada na Figura 1, se encontra na Província de León na comunidade autônoma de Castilla e León (Noroeste da Espanha), no município de Villario Órbigo.

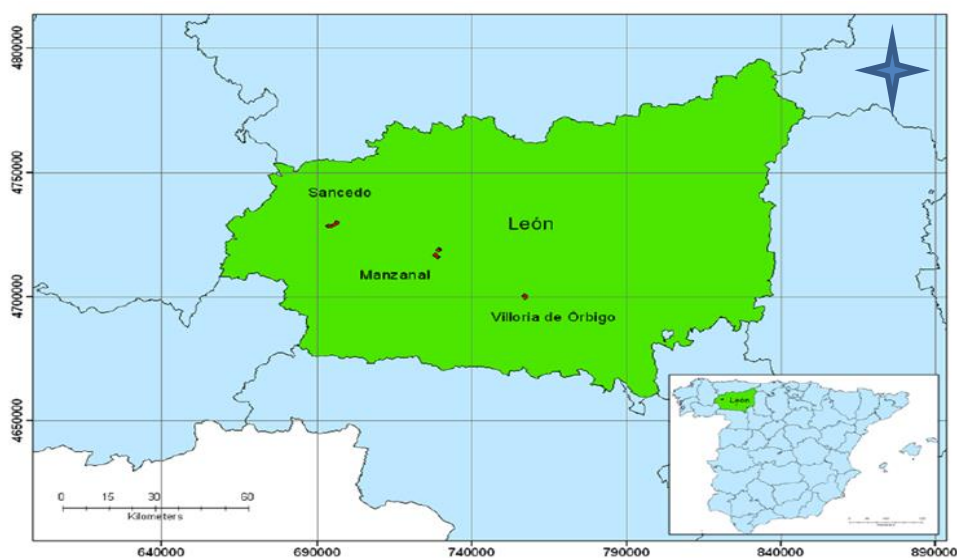


Figura 1. Localização das parcelas e da zona de estudo: Vilarejo de Órbigo, León, Espanha (coordenadas em ETRS89, projeção UTM, fuso 29N).

Foi usado um receptor GNSS TOPCON Hiper + (GPS+GLONASS) (*TOPCON Positioning systems, Inc., Livermore, California, USA*) de dupla frequência, uma estação total e um nível óptico automático. Também foram utilizados dois programas para o tratamento e manipulação dos dados, Pacote Microsoft Office 2010 e TOPCON Tolls Versão 8.2 (*TOPCON Positioning systems, Inc., Livermore, California, USA*).

As parcelas se fixaram em uma zona com *Populus sp* em diferentes idades. O acesso a essas parcelas se dá por uma estrada de terra. A posição de cada parcela (H28, H29, H30, H31, H32, H33, H34, H35, H36, H37, H38 e H39) está representada na Figura 2. Também se fixaram pontos fora das áreas florestadas que serviram como referência para estimar o efeito dos tipos de cobertura no sinal GNSS (pontos E22=FRONTON, E26=PISC, ETAP=ETAP0205 e ETAP-B=ETAP0206)

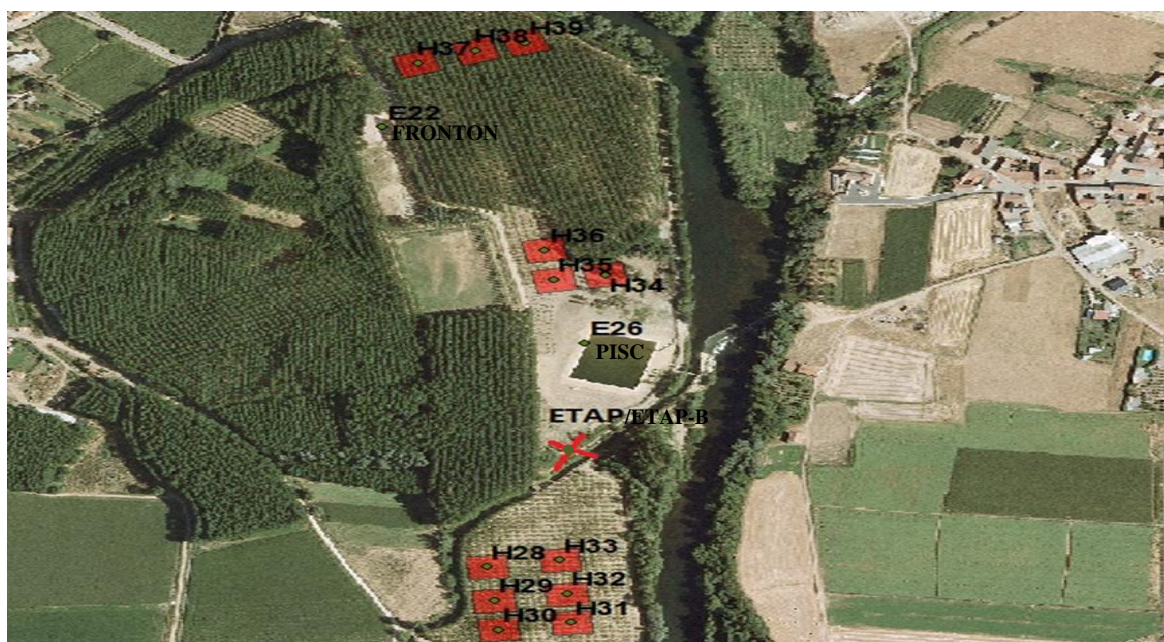


Figura 2. Todas as parcelas de *Populus sp* na zona de estudo.

Os pontos estão situados sob uma zona arbórea de *Populus sp*. Foram definidas 12 parcelas e os parâmetros determinantes para a seleção de cada parcela foram as idades e as alturas das árvores. Todas as parcelas somam 36 árvores. As 12 parcelas foram agrupadas em quatro grupos de 3 parcelas, i) árvores de 16 anos (H37, H38, H39); ii) árvores de 10 anos (H28, H29, H30); iii) árvores de 8 anos (H31, H32, H33); iv) árvores de 3 anos (H34, H35, H36).

Com esse desenho pretende-se conseguir dados de sejam estatisticamente representativos, pois se tem três pontos de cada um dos quatro tipos de massa florestal da espécie. As medições foram realizadas ao mesmo tempo e sob as mesmas condições, a duração das medições foi de três horas, porém no trabalho analisou-se apenas a primeira hora de observação. Foram calculadas as exatidões de cada coordenada registrada, para isso se comparou a coordenada obtida com a coordenada conhecida do ponto obtida a partir das redes topográficas. Deste modo, calcularam-se segundo as equações 1 e 2, para dois tipos de exatidões: Exatidão planimétrica ( $Ex_{yi}$ ; equação 1) e exatidão altimetria ( $E_{hi}$ ; equação 2). Os dados foram analisados separadamente para cada ponto e para cada intervalo de tempo de coleta.

$$Exyi = \sqrt{(Xoi - Xri)^2 + (Yoi - Yri)^2} \quad (1)$$

$$Ehi = |hoi - hri| \quad (2)$$

em que:

- Xoi: coordenada X observada pelo receptor (m).
- Xri: coordenada X da rede topográfica (m).
- Yoi: coordenada Y observada pelo receptor (m).
- Yri: coordenada Y da rede topográfica (m).
- hoi: coordenada h observada pelo receptor (m)
- hri: coordenada h da rede topográfica (m)

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Coordenadas dos pontos de estudo

As coordenadas precisas dos pontos de estudo calculadas a partir das redes topográficas são apresentadas na Tabela 1. Todas estão no mesmo sistema de referência e projeção e no mesmo fuso, coordenadas UTM. ETRS89 Fuso 30 Norte.

Tabela 1. Coordenadas precisas dos pontos de estudo calculadas a partir das redes topográficas.

PONTO	LESTE	NORTE	H ELIPSOIDAL
H28	263328,559	4698751,475	853,075
H29	263334,102	4698709,722	852,688
H30	263337,041	4698673,809	852,484
H31	263390,639	4698682,495	852,808
H32	263387,992	4698718,757	852,908
H33	263382,348	4698759,810	853,122
H34	263415,734	4699114,244	853,742
H35	263378,295	4699107,762	854,127
H36	263371,501	4699144,827	854,264
H37	263278,516	4699376,705	855,094
H38	263320,535	4699392,324	854,918
H39	263356,497	4699402,687	854,934
E22	263251,432	4699297,690	855,108
E26	263400,788	4699029,312	853,186

#### 3.2 Análises das exatidões

Os Gráficos Box-plot 1 e 2, mostram a dispersão dos valores de exatidão dos pontos interiores, os H's. Os gráficos 3 e 4 os dados das estações externas. É possível observar maior dispersão nos dados localizados no interior das parcelas (Box-plot 1 e 2) por ser uma área com maior cobertura florestal, ainda que com idades diferentes, ou seja, os erros podem ser atribuídos nesse caso à cobertura florestal, ao grau de densidade da floresta, as alturas das árvores e suas idades. Isso aponta a influência que a cobertura florestal tem sobre a qualidade dos dados. Estes resultados corroboram com Valbuena et al (2010) que encontraram resultados semelhantes em outras coberturas florestais.

Ao se analisar os dados dos receptores externos 3 e 4, observa-se como esperado, menor variação dos dados, isso foi possível porque esses receptores se encontravam no exterior da cobertura florestal, no entanto os dados do FRONTON possuem maior erros de exatidão em relação aos outros variando de 0,1 m a 0,6 m evidenciando que entornos florestais e bordaduras podem ser variáveis que interferem na qualidade do sinal, corroborando com o resultado de outras pesquisas, Naesset e Gjevestad (2008)

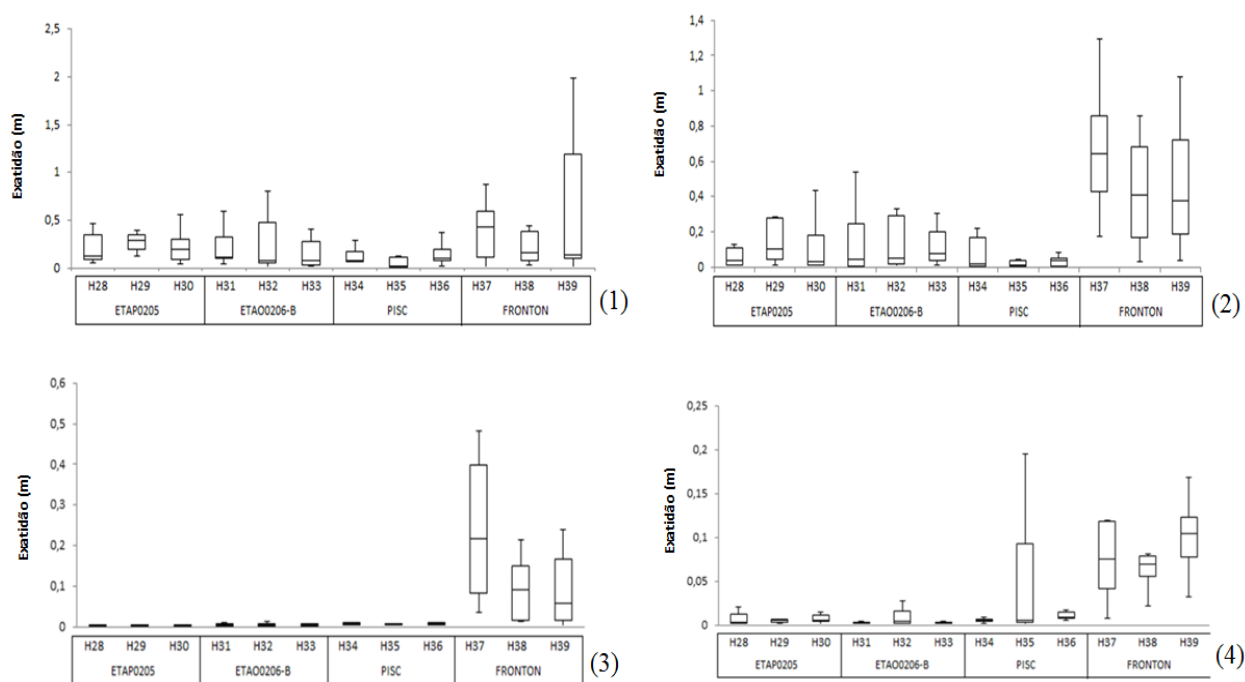


Figura 3. Box-plot com a dispersão dos valores de erro. 1) Variação da exatidão horizontal dos pontos localizados nas parcelas florestadas; 2) Variação da exatidão vertical dos pontos localizados nas parcelas florestadas; 3) Variação da exatidão horizontal dos pontos exteriores; 4) Variação da exatidão vertical dos pontos exteriores.

### 3.3 Análise de exatidão em relação ao tempo de coleta

Os dados do FRONTON foram o que obtiveram a maior média de dispersão da exatidão e precisão dos dados, também foi o que tardou mais a chegar à estabilização dos erros.

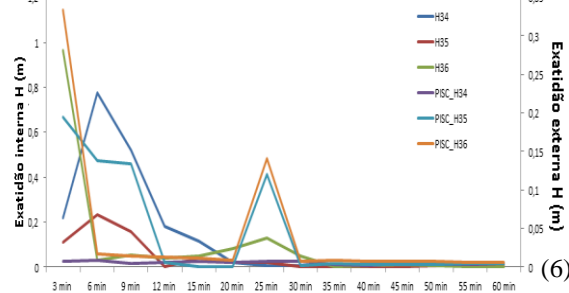
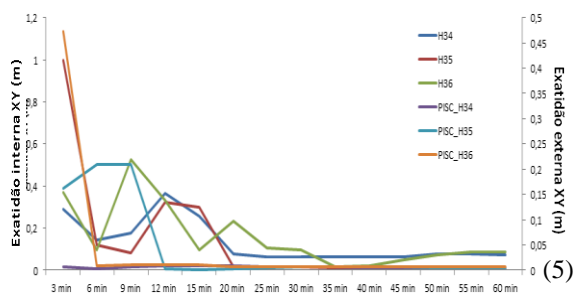
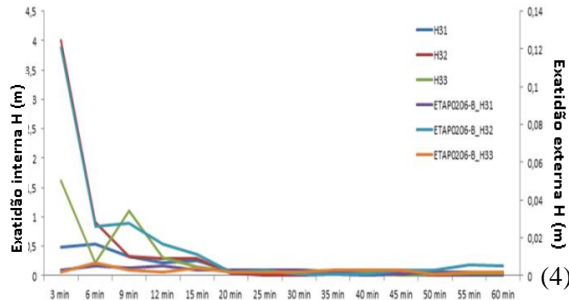
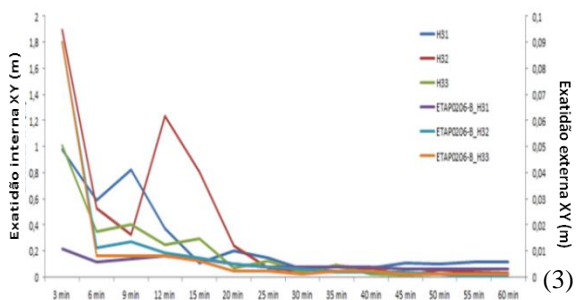
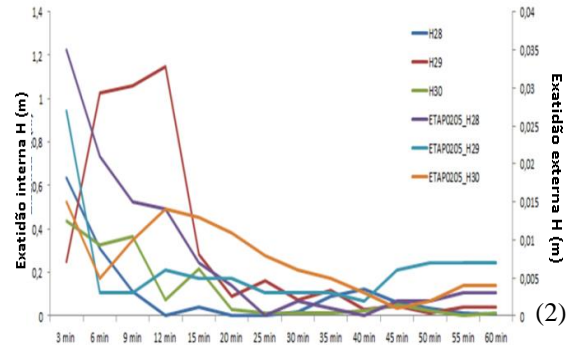
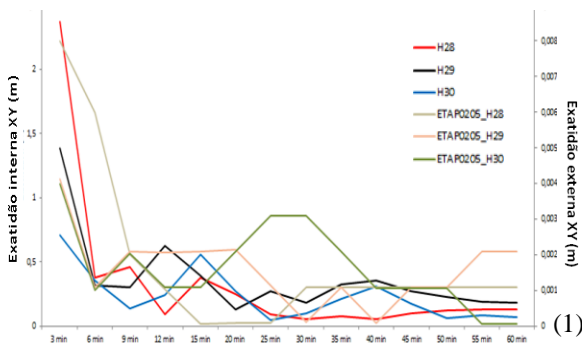
No gráfico 1 e 2 abaixo, é possível visualizar no eixo primário as exatidões dos H's 28, 29 e 30, as áreas arbóreas com o povoamento de 10 anos, e no eixo secundário a exatidão das bases externas (ETAP0206), pode-se observar pouca dispersão dos dados em todo tempo de coleta, e nos primeiros 20 minutos praticamente todos os dados estão estabilizados e não há oscilação significativa, os dados seguem normais e como o esperado, pois em áreas pouco densas como o caso onde esta estação foi colocada, o sinal é normal e sofre pouca alteração do entorno. Os dados de altitude foram pouco mais precisos e oscilaram menos, seguindo a mesma ordem dos dados planimétricos.

O ETAP0206-B, gráfico 3 e 4, teve um comportamento semelhante ao relatado anteriormente, os dados se apresentam semelhantes, com o mesmo tipo de cobertura e influencia externa, pois as idades das árvores são próximas, com diferença de dois anos apenas, no entanto existem variações entre os dados, o ETAP0206-B tem uma estabilização mais rápida que o outro, ou seja, antes dos 20 minutos. Após este tempo, os dados seguem sem muita variação até o fim do trabalho, o mesmo segue para exatidão vertical. Essas diferenças entre os dados

podem ser explicada pelo tempo que o receptor leva para calibrar os modelos de equações das distâncias, em virtude da seleção de satélites para o cálculo das geometrias que irão definir o posicionamento. A diferença de dois anos de um plantio para outro não teve muita influência nos erros, o que significa que em plantios florestais com idades próximas o tempo de coleta dos dados pode ser o mesmo sem variação da precisão.

Para os dados da terceira observação, o PISC, gráficos 5 e 6, nos primeiros minutos de coleta dos dados há dispersão tanto das bases internas como das de referência (externas), isso pode ter acontecido porque no início do experimento os receptores ainda estão calibrando os modelos e equações de distância, no entanto em pouco tempo, depois a estabilização do sinal, os dados se ajustam e se estabilizam. Isto ocorre por volta de 20 minutos após o início da coleta de dados. Vale ressaltar que essa cobertura arbórea é um pouco menos densa que as duas anteriores, e o povoamento é mais jovem (3 anos), isso explica os erros menores em relação aos supracitados, no entanto o tempo gasto na estabilização dos dados é semelhante, evidenciando que o tempo de coleta para plantios de até 10 anos é por volta dos 20 minutos.

O dados do FRONTON (Gráfico 7 e 8) é a estação onde foi analisado maior dispersão dos dados, chegando a cerca de 25 m de precisão nos primeiros 12 minutos de observação, e os dados quando comparados com os da base externa, em x e y, tiveram uma oscilação entre 0 e 1,4 m de precisão, enquanto que o H apontaram erros menores, entorno de 0,1 a 0,4 m. Nesse caso a estabilização dos dados só ocorreu depois dos 30 minutos de coleta. Isso pode ser atribuído, como já mencionado anteriormente, pela cobertura florestal, sendo esta mais densa, e o povoamento com mais idade, 16 anos.



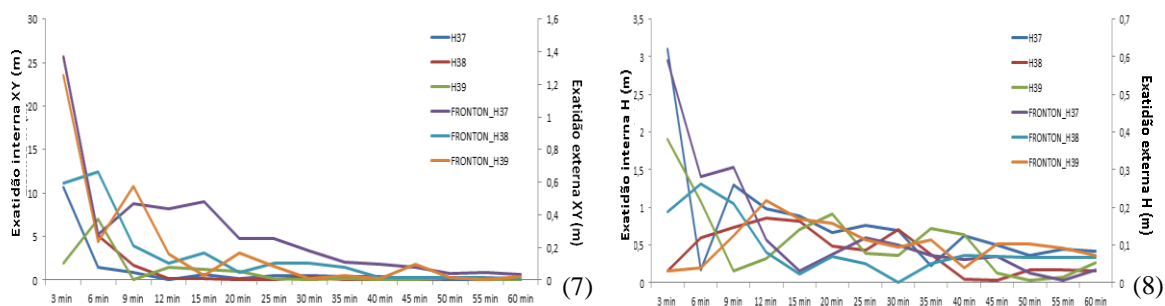


Figura 4. Os resultados de exatidão dos dados em relação ao tempo de coleta e as bases internas. 1) Variação da exatidão horizontal dos pontos localizados nas parcelas florestadas e no exterior, H's 28, 29 e 30; 2) Variação da exatidão vertical dos pontos localizados das parcelas florestadas e no exterior, H's 28,29 e 30; 3) Variação da exatidão horizontal dos pontos localizados nas parcelas florestadas e no exterior, H's 31, 32 e 33; 4) Variação da exatidão vertical dos pontos localizados das parcelas florestadas e no exterior, H's 31,32 e 33; 5) Variação da exatidão horizontal dos pontos localizados nas parcelas florestadas e no exterior, H's 34, 35 e 36; 6) Variação da exatidão vertical dos pontos localizados das parcelas florestadas e no exterior, H's 34,35 e 36; 6) Variação da exatidão horizontal dos pontos localizados nas parcelas florestadas e no exterior, H's 37, 38 e 39; 6) Variação da exatidão vertical dos pontos localizados das parcelas florestadas e no exterior, H's 37,38 e 39.

#### 4. Conclusões

Este trabalho de pesquisa foi realizado para avaliar a exatidão e precisão de um modelo de receptor GNSS instalado sob diferentes tipos de coberturas arbóreas e pode-se concluir que a cobertura arbórea, sua densidade e a idade tem influência direta na precisão das medidas de posicionamento, principalmente nas medidas horizontais. Com relação ao tempo de coleta, em áreas pouco adensadas ou povoamentos jovens, por volta dos 20 minutos as medidas de erro tornam-se estáveis. De maneira que, com esse tipo de aparelho, a coleta sob essas condições deve ser igual a esse tempo. Em áreas mais densas ou povoamentos adultos é necessário um pouco mais de tempo para a estabilização do erro, chegando a atingir boas precisões e exatidões por volta de 30 minutos.

Recomenda-se estudos em outros ambientes florestais com maior variabilidade de padrões florestais, a exemplo da Amazônia.

#### Referências Bibliográficas

Schubert, F. M.; Fleury, B. H.; Robertson, P.; Prieto-Cerdeira, R.; Steingass, A.; Lehner, A.; 2010. **Modelling of multipath propagation components caused by trees and forests. Proceedings** 4th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAU 2010), Barcelona, Spain : IEEE Press. pp. 1-5. ISSN 1536-1225.

Evans, D., Carraway, and R., Simmons, G. (1992). "Use of Global Positioning System (GPS) for Forest Plot Location". *Southern Journal of Applied Forestry*, 16(2), pp. 67- 70.

McDonald, T.P., Carter, E.A. (2002): "Using the global positioning system to map disturbance patterns of forest harvesting machinery". **Canadian Journal of Forest Research**, 32(2): pp. 310–319.

Wing, M.G., Bettinger P. (2003). "GIS: An updated primer on a powerful management tool". **Journal of Forestry**, 101, 4-8.

Sawaguchi, I., Saitoh, Y., Tatsukawa, S., 2005: **A study of the effects of stems and canopies on the signal to noise ratio of GPS signals**. J For Res 10: 395–401.

Næsset, E; Gjevestad, J. G.; 2008. **Performance of GPS precise point positioning under conifer forest canopies**. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 74(5): 661–668.

Valbuena, R.; Mauro, F.; Rodriguez-Solano, R.; Manzanera, J. A.; 2010. Accuracy and precision of GPS receivers under forest canopies in a mountainous environment. **Spanish Journal of Agricultural Research** 8(4): 1047-1057.