



JEON DE CASTRO REZENDE

**INFLUÊNCIA DO TEMPO DE RASTREIO E DA
COBERTURA VEGETAL NA PRECISÃO POSICIONAL
OBTIDA COM UM RECEPTOR GPS**

**LAVRAS – MG
2019**

JEON DE CASTRO REZENDE

**INFLUÊNCIA DO TEMPO DE RASTREIO E DA COBERTURA VEGETAL NA
PRECISÃO POSICIONAL OBTIDA COM UM RECEPTOR GPS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências de curso de Agronomia, para a obtenção de título de Bacharel.

Professora: Dra. Mirléia Aparecida de Carvalho
Orientadora

**LAVRAS – MG
2019**

JEON DE CASTRO REZENDE

**INFLUÊNCIA DO TEMPO DE RASTREIO E DA COBERTURA VEGETAL NA
PRECISÃO POSICIONAL OBTIDA COM UM RECEPTOR GPS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências de curso de Agronomia, para a obtenção de título de Bacharel.

APROVADA em 04 de dezembro de 2019

Dra. Mirléia Aparecida de Carvalho – UFLA

Dr. Rodrigo Vilela Machado – UFLA

Técnico e Engenheiro Gleydson Antônio de Oliveira Campos – UFLA

Professora: Dra. Mirléia Aparecida de Carvalho
Orientadora

**LAVRAS – MG
2019**

Agradeço primeiramente à Natureza, por se apresentar da forma como é...

Ao Mestre, pela Orientação.

Aos meus pais José Júnior e Liz, pela presença em minha vida e por me incentivarem a romper esta jornada rumo a um futuro melhor.

À minha noiva Maralise e filha Rosa Maria, que nos momentos de angústia e emoção, me acalmaram com carinho e serenidade.

Aos meus irmãos e sobrinhos Igor, Mariana, Júnia, Marco Aurélio, Iago, Davi, Heitor e Ana Liz; que mesmo distantes e em silêncio, acalmaram meu coração.

À Universidade Federal de Lavras;

A minha professor e orientadora Mirléia Aparecida de Carvalho, pela dedicação prestada no desenvolvimento desta monografia, pela paciência e por me ensinar tantas coisas;

Aos professores Rodrigo Vilela Machado e Gleydson Antônio de Oliveira Campos, pela leitura desta monografia;

Ao amigo João Marcos Rezende Sasdelli Gonçalves, pela sinceridade e por me auxiliar na tradução do texto;

Aos companheiros de escritório João Marcos, Aninha, Cris, Débora (oráculo), Pedro e Luciana; por considerarem tantas brincadeiras;

Aos colegas e sobreviventes da turma de Agronomia 2014;

A todos que contribuíram positivamente durante esta jornada.

RESUMO

Com os avanços tecnológicos decorrentes nos últimos anos, visando um maior aproveitamento no tempo na execução de trabalhos de campo e escritório, a utilização de equipamento de GPS na realização deste tipo de atividade é de fundamental relevância para obtenção de resultados com maior rapidez e elevada precisão. Vista sua importância, é de essencial relevância conhecer os equipamentos disponíveis no mercado. Desta forma, no presente trabalho, analisou-se a qualidade dos dados de um receptor de GPS de dupla frequência estático “CHC X90D-OPUS”, bem como encontrar o tempo de rastreamento para que a precisão posicional fornecida pelo equipamento fosse menor ou igual a 0,5 m, operando sobre diferentes coberturas vegetais (campo, cana, cerrado e eucalipto). Para cada uma dessas coberturas vegetais, um ponto ao acaso foi escolhido para posicionar o rover do equipamento em estudo, o qual coletou dados por mais de 30 minutos em cada um destes pontos, utilizando o método de posicionamento relativo estático. A taxa de aquisição de dados empregada foi de 5 segundos e os pontos foram coletados de forma alternada nas diferentes coberturas vegetais. Este procedimento foi repetido outras 11 vezes, totalizando 12 repetições ou 12 conjuntos de dados. Com os dados das repetições em mãos, cada um dos 48 arquivos foi manipulado de forma a fornecer outros 7 arquivos para os tempos de coleta de dados de 1; 2,5; 5; 10; 15; 20 e 30 minutos. Para cada tempo de rastreamento em cada conjunto de dados, utilizou-se o método de posicionamento por ponto preciso (PPP), fornecido pelo IBGE, para correção da base utilizada e, por consequência, os demais pontos em estudo. De acordo com o método empregado e os resultados obtidos, foi possível separar os resultados de acordo com o tipo de cobertura vegetal, em dois grupos: sem e com cobertura arbórea, confirmando, desta forma, a interferência do dossel na recepção dos sinais emitidos pelos satélites GPS. Ainda foi possível verificar o comportamento das linhas de tendência divergente ao esperado para todas as coberturas, sendo possível inferir que esse comportamento é decorrente do equipamento utilizado. E, por fim, com o objetivo de encontrar um tempo de rastreamento adequado e confiável para que a precisão posicional do equipamento seja menor ou igual a 0,5 m, considerando cada tipo de cobertura vegetal apresentada, são necessários mais estudos para que se encontrem resultados com maior confiabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: GPS, Cobertura vegetal, Tempo de rastreamento, Precisão posicional

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Constelação dos satélites GPS (5)	5
Figura 2 - Distribuição dos satélites na constelação final (1).....	6
Figura 3 - Segmento de controle do GPS (6)	7
Figura 4 - Ilustração de ocorrência de multicaminhamento.	13
Figura 5 - Vetor da linha de base para o Posicionamento Relativo.....	15
Figura 6 - Croqui de localização do município de Lagoa da Prata – MG	20
Figura 7 - Croqui de localização dos pontos para coleta de dados no município de Lagoa da Prata. BASE (local onde foi instalada a base do aparelho); C (Campo), Ca (Cana); Ce (Cerrado) e E (Eucalipto).	21
Figura 8 – Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreamento (min), para as coberturas vegetais do tipo: campo (—), cana (—), cerrado (—) e eucalipto (—).	25
Figura 9 - Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreamento (min) para a cobertura vegetal do tipo campo (—). Em destaque as repetições 3 (▲) e 11 (◆).....	26
Figura 10 – Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreamento (min) para a cobertura vegetal do tipo cana (—).	28
Figura 11 - Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreamento (min) para a cobertura vegetal do tipo cana (—), excluindo-se a repetição 3. Em destaque a repetição 8 (▲).....	29
Figura 12 - Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreamento (min) para a cobertura vegetal do tipo cerrado (—). Em destaque as repetições 2 (◆), 4 (■), 5 (▲), 6 (●), 8 (◆) e 9 (■).....	31
Figura 13 – Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreamento (min) para a cobertura vegetal do tipo eucalipto (—). Em destaque as repetições 1 (▲), 3 (◆), 4 (■), 5 (■), 6 (●) e 12 (◆)	33
Figura 14 - Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreamento (min), considerando os blocos I (—) e II (—) para a cobertura vegetal do tipo campo. Em destaque a repetição 11 (◆).....	35

Figura 15 - Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreio (min), considerando os blocos I (—) e II (—) para a cobertura vegetal do tipo cana. Em destaque a repetição 8 (■).....	36
Figura 16 - Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreio (min), considerando os blocos I (—) e II (—) para a cobertura vegetal do tipo cerrado. Destaque para as repetições 8 (▲) e 9 (◆).....	37
Figura 17 - Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreio (min), considerando os blocos I (—) e II (—) para a cobertura vegetal do tipo eucalipto. Destaque para as repetições 7 (▲) e 12 (◆)	38
Figura 18 - Curvas de tendência para os valores de mediana da precisão posicional (m) em função do tempo de rastreio (min), considerando os diferentes tipos de cobertura vegetal. Campo (—), cana (—), cerrado (—) e eucalipto (—).....	39
Figura 19 - Curvas de tendência para os valores da média aritmética da precisão posicional (m) em função do tempo de rastreio (min), considerando os diferentes tipos de cobertura vegetal. Campo (—), cana (—), cerrado (—) e eucalipto (—).....	41
Figura 20 - Campo/ testemunha, terreno limpo, sem obstrução. – Utilizou-se a cana em seu estágio de rebrota, estando no máximo a 40 cm de altura	49
Figura 21 - Cana, o corredor onde foi instalado o aparelho apresenta largura média de 1,8 m e a altura média da cultura neste ponto é de 3,00 m.....	49
Figura 22 - Cerrado/ mata de cerrado fechada – apresentando árvores esparsas com caules retorcidos	50
Figura 23 - Eucalipto/ antes do primeiro corte com espaçamento aproximado de 4,00 m entre linhas e 2,00 m entre plantas na mesma linha. A cultura apresenta diâmetro médio na altura do peito de 21 cm.....	50

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Precisão posicional em metros, considerando a cobertura vegetal campo, os diferentes tempos de coleta de dados em minuto e suas diferentes repetições.....26
- Tabela 2** - Precisão posicional em metros, considerando a cobertura vegetal cana, os diferentes tempos de coleta de dados em minuto e suas diferentes repetições27
- Tabela 3** - Precisão posicional em metros, considerando a cobertura vegetal cerrado, os diferentes tempos de coleta de dados em minuto e suas diferentes repetições.....31
- Tabela 4** - Precisão posicional em metros, considerando a cobertura vegetal eucalipto, os diferentes tempos de coleta de dados em minuto e suas diferentes repetições.....32
- Tabela 5** – Início do tempo de rastreamento em hh:mm:ss, para diferentes repetições, considerando diferentes coberturas vegetais..... 34
- Tabela 6** - Valores das medianas e médias aritméticas para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreamento (min) e o tipo de cobertura vegetal 38
- Tabela 7** – Dados obtidos a partir da linha de tendência potencial, oriundos da medida de tendência mediana, referente a cada tipo de cobertura vegetal. 39
- Tabela 8** - Dados obtidos a partir da linha de tendência potencial, oriundos da medida de tendência média aritmética, referente a cada tipo de cobertura vegetal. 41

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	UM BREVE HISTÓRICO SOBRE OS MÉTODOS DE POSICIONAMENTO.....	3
2.2	O SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL – GPS	4
2.2.1	O Segmento Espacial.....	5
2.2.2	O Segmento de Controle.....	7
2.2.3	O segmento dos usuários	8
2.3	DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO DO RECEPTOR GPS.....	9
2.3.1	Pseudodistância.....	9
2.3.2	Fase do Onda Portadora.....	11
2.4	ERROS ENVOLVIDOS NAS EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS	11
2.4.1	Perda de Ciclo.....	12
2.4.2	Multicaminhamento	13
2.5	POSICIONAMENTO RELATIVO.....	14
2.5.1	Posicionamento Relativo Estático	15
2.5.2	Posicionamento Relativo Estático Rápido.....	16
2.6	POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO (PPP).....	16
2.7	PRECISÃO POSICIONAL (PP)	17
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
3.1	ÁREA DE ESTUDO	19
3.2	EQUIPAMENTO	21
3.3	ETAPAS	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1	DADOS E OBSERVAÇÕES INICIAIS	24
4.2	PROPAGAÇÃO DE SINAL E CONSTELAÇÃO RELATIVAMENTE CONSTANTES	33
4.3	TEMPO RASTREIO	38

5	CONCLUSÃO	44
6	PERSPECTIVAS.....	46
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
8	ANEXOS	49

1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento tecnológico ocorrido nos últimos 40 anos na área de posicionamento geográfico, mais especificamente nas áreas de Sistemas Globais de Navegação, grandes avanços têm se tornado realidade. Os Sistemas de Posicionamento Global (GPS), ainda hoje, são a mais sofisticada, engenhosa e eficiente ferramenta desenvolvida para identificar posições na terra. Este sistema apresenta várias características e, dentre elas, duas são de fundamental importância para o presente trabalho, que são: o tempo de rastreamento e a precisão posicional do dado coletado. A primeira característica está diretamente relacionada com a segunda, uma vez que, quanto maior o tempo com que o equipamento passa coletando dados, maior é a precisão do ponto em estudo; e ainda, ambas as características são influenciadas pelo tipo de cobertura vegetal encontrado sobre o equipamento.

Dentre as várias coberturas vegetais existentes no ambiente, sabendo da influência que a cobertura arbórea exerce na recepção de sinais de satélites por um receptor qualquer, as coberturas: campo, cana, cerrado e eucalipto foram selecionadas. Primeiramente, esta seleção foi realizada devido a presença ou não da cobertura arbórea. Para as coberturas vegetais do tipo campo e cana, a cobertura arbórea não está presente, o que não é observado para as coberturas vegetais cerrado e eucalipto. Segundo, estas quatro coberturas são as mais disponíveis na região onde os estudos foram realizados. Os trabalhos foram executados no município de Lagoa da Prata, região típica de cerrado, onde este tipo de cobertura se apresenta na forma de árvores de porte médio de 6 metros de altura com uma copa bem desenvolvida. A cidade possui também um relevo favorável mecanização e ao cultivo da monocultura cana de açúcar, contendo uma grande empresa produtora de álcool e açúcar. Na região também estão contidos grandes afloramentos de rochas calcárias, o que incentivou o cultivo do eucalipto para sustentar os alto-forno que produzem o fertilizante. A cobertura vegetal campo foi utilizada com o objetivo de verificar os resultados com o mínimo de interferências. Como boa parte dos trabalhos solicitados pela empresa a qual o equipamento pertence são executados para estes tipos de cobertura, as mesmas foram selecionadas.

Um outro fator que deve ser levado em consideração é o conhecimento das características e potencialidades dos equipamentos utilizados para a finalidade de levantamentos topográficos, uma vez que existem uma grande diversidade de marcas e modelos disponíveis no mercado para essa finalidade. Para o presente trabalho utilizou-se um GPS de dupla frequência estático da marca CHC, modelo X90D-OPUS. Este equipamento foi escolhido

por ser um dos equipamentos utilizados pela empresa a qual trabalho para execução de trabalhos de levantamento topográficos. Este equipamento apresenta a característica de não possuir coletora, que é uma ferramenta de fundamental importância para agilidade e precisão de campo, pois informa quando o ponto está fixo. Desta forma, um outro objetivo deste trabalho é verificar o comportamento do presente receptor com relação ao tempo de rastreamento e a precisão posicional para as diferentes coberturas citadas.

Os procedimentos para realização do trabalho se deram da seguinte forma: um ponto ao acaso foi escolhido para posicionar o rover do equipamento em estudo, o qual coletou dados por mais de 30 minutos em cada um destes pontos, utilizando o método de posicionamento relativo estático. A taxa de aquisição de dados empregada foi de 5 segundos e os pontos foram coletados de forma alternada nas diferentes coberturas vegetais. Este procedimento foi repetido outras 11 vezes, totalizando 12 repetições ou 12 conjuntos de dados. Com os dados das repetições em mãos, cada um dos 48 arquivos foi manipulado de forma a fornecer outros 7 arquivos para os tempos de coleta de dados de 1; 2,5; 5; 10; 15; 20 e 30 minutos. Para cada tempo de rastreamento em cada conjunto de dados, utilizou-se o método de posicionamento por ponto preciso (PPP), fornecido pelo IBGE, para correção da base utilizada e, por consequência, os demais pontos em estudo

Desta forma, tendo como ferramenta de trabalho o equipamento de GPS de dupla frequência estático da marca CHC, modelo X90D-OPUS”, com o objetivo de verificar o comportamento de curvas de tendência dos dados para a precisão posicional e o tempo de rastreamento necessário para que o equipamento apresente precisão posicional menor ou igual a 0,5 m, levando em consideração as coberturas vegetais campo, cana, cerrado e eucalipto, o presente trabalho foi realizado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 UM BREVE HISTÓRICO SOBRE OS MÉTODOS DE POSICIONAMENTO

Devido a necessidade de conhecer o meio em que vive o homem sempre esteve interessado em saber seu posicionamento. Isto, não somente para se localizar, mas por questões de sobrevivência, orientação, segurança, guerra, navegação, construção e outros. (1, 2)

Inicialmente, esse interesse no posicionamento era restrito à vizinhança imediata de seu lar, mais tarde se ampliou a locais mais distantes facilitando o comércio e, finalmente, com o desenvolvimento da navegação marítima, para todo o mundo. Era e é de extrema importância ir e voltar de um local a outro, por terra ou mar, com segurança. (1)

Por muito tempo astros naturais como o Sol, a Lua, as estrelas e os planetas foram fontes de orientação, porém, condições climáticas poderiam significar a diferença entre o sucesso e o fracasso de uma expedição. Posteriormente, com o surgimento da bússola, uma verdadeira revolução na navegação foi alcançada, pois algumas condições climáticas já não teriam influência na orientação de um trajeto preestabelecido. Mesmo assim, um problema ainda perdurava, o de determinar a posição de uma embarcação ou um ponto em alto mar. (1, 3)

Assim, as invenções foram se aprimorando. Destaca-se, inicialmente, o astrolábio que, desconsiderando seu peso, tamanho e possibilidade de utiliza-lo somente à noite em condições climáticas ideais, possibilitava a obtenção de latitudes, mas não de longitudes, o que acarreta grande margem de erros na localização. Com o tempo, outros grandes avanços foram obtidos, porém, no século XVIII, a longitude foi considerada o maior problema científico da época. Equipamentos baseados em ondas de rádio e efeito Doppler, foram desenvolvidos, mas todos apresentaram algum tipo de interferência ou limitação. (1, 3)

Desta forma, a solução para os problemas de localização e navegação surgiram na apenas na década de 1970, nos Estados Unidos, quando os americanos lançaram a proposta do NAVSTAR – GPS (Navigation System With Timing and Ranging – Global Positioning System), revolucionando praticamente todas as atividades dependentes de posição. Em paralelo aos americanos, mas de forma independente, os Russos, antiga URSS, desenvolveram o GLONASS (Global Orbiting Navigation Satellite System), sistema similar ao norte americano. Já no final da década de 1990, a Agência Espacial Europeia se propôs a desenvolver o Galileo. E, por fim, a China está desenvolvendo seu conjunto de constelações, denominado Beidou. (1, 3)

De forma geral, o conjunto destes sistemas tem sido denominados de GNSS (Global Navigation Satellite System) Sistema Global de Navegação por Satélite, e tem por objetivo principal determinar as coordenadas para objetos posicionados na superfície da terra, solucionando desta forma o problema científico de localização. (1, 2)

2.2 O SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL – GPS

Até hoje, o conjunto destes Sistemas de Posicionamento Global são a mais sofisticada, engenhosa e eficiente ferramenta que o homem desenvolveu para identificar sua posição na Terra. O NAVSTAR – GPS, mais conhecido como GPS, é um sistema de radionavegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos que visava ser o principal sistema de navegação das Forças Armadas norte-americanas. Porém, devido a sua elevada acurácia e o grande desenvolvimento da tecnologia envolvida nos receptores de GPS, uma grande comunidade emergiu dos mais variados segmentos da área civil como na navegação, no posicionamento geodésico, na agricultura, no controle de frotas e outros. (1, 4)

O sistema foi declarado operacional em 27 de abril de 1985, com 24 satélites em órbita, porém já estava sendo utilizado no posicionamento geodésico desde 1983. No fim de 2005, 29 satélites estavam em operação e, em junho de 2007 este número já era de 30 satélites. Inicialmente, o sistema proporcionava dois tipos de serviços, conhecidos como SPS (Serviço de Posicionamento Padrão) e PPS (Serviço de Posicionamento Preciso). O primeiro, disponível para todos os usuários do globo, sem cobrança de taxa, proporcionava uma acurácia horizontal e vertical de 100 e 140 m, respectivamente, com nível de confiança de 95%. O segundo, restrito ao uso militar e usuários autorizados, proporcionava melhores resultados, 22 m horizontal e 27,7 m na vertical. No dia 2 de maio de 2000, a técnica de SPS foi abolida, melhorando a acurácia em torno de 10 vezes. Além disto, com a aplicação de métodos mais avançados como o Posicionamento por Ponto Preciso, Posicionamento Relativo ou técnicas diferenciais, o nível de acurácia melhorou de modo considerável. (1, 4)

Desde 1973, estima-se que o governo norte americano tenha investido algumas dezenas de bilhões de dólares no projeto, que é composto por três segmentos principais, o segmento Espacial, o segmento de Controle e o segmento do Usuário. Neste período algumas alterações de ordem técnica foram introduzidas, e os constantes aprimoramentos da tecnologia têm provocado um progressivo aumento na precisão. (1, 4)

2.2.1 O Segmento Espacial

O segmento espacial consiste de, no mínimo, 24 satélites em órbita média distribuídos em seis planos orbitais igualmente espaçados, com quatro satélites em cada plano em uma altitude aproximada de 20.200 Km. Os planos orbitais são inclinados 55° em relação ao Equador e o período orbital é de aproximadamente 12h siderais, mais exatamente 11h e 58 minutos. Desta forma, cada satélite executa 2 voltas em torno da Terra a cada dia, repetindo seu translado, quatro minutos adiantado, no dia seguinte. Esta configuração garante que, no mínimo, quatro satélites GPS sejam visíveis a qualquer local da superfície terrestre, a qualquer hora. As Figuras 1 e 2 ilustram, respectivamente, a constelação dos satélites GPS e a distribuição destes em cada um dos planos orbitais. (1, 4, 6)

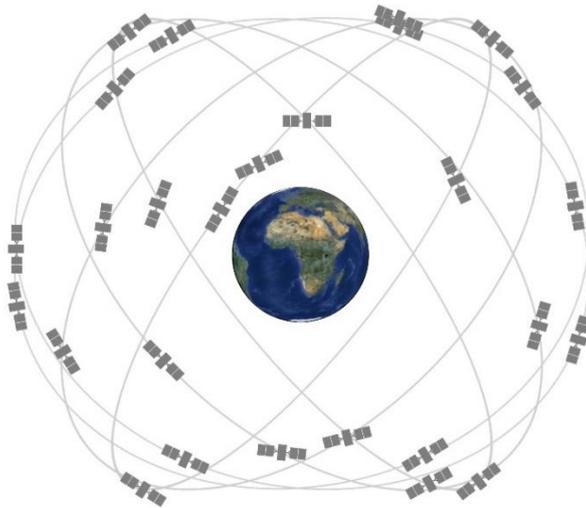


Figura 1 - Constelação dos satélites GPS (5)

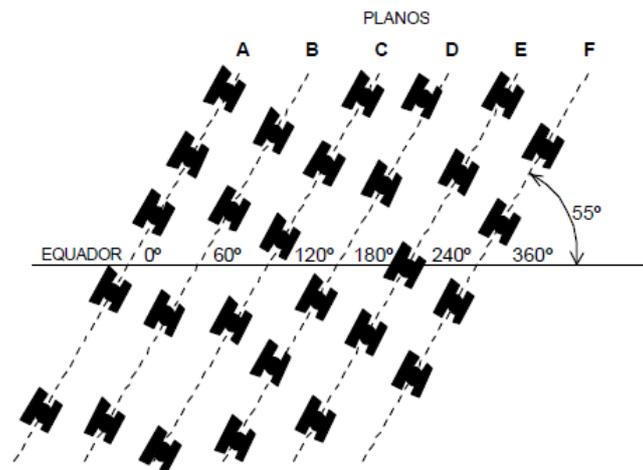


Figura 2 - Distribuição dos satélites na constelação final (1)

Atualmente, cada satélite GPS possui 2 relógios de Césio e 2 de Rubídio, altamente precisos, calibrados na frequência de 10,23 MHz, a qual é multiplicada por 154 e 120, transmitindo duas ondas portadoras: L1 e L2, respectivamente. Assim, as frequências (L) e os comprimentos de onda (λ) de L1 e L2 são:

$$L1 = 1575,42 \text{ MHz e } \lambda = 19 \text{ cm;}$$

$$L2 = 1227,60 \text{ MHz e } \lambda = 24 \text{ cm.}$$

Estas duas frequências são geradas simultaneamente, permitindo aos usuários corrigir grande parte de erros provocados pela ionosfera, como será tratado adiante. (1, 4, 6)

Ao contrário dos satélites utilizados para comunicação, os satélites GPS não são geoestacionários, isto é, não permanecem numa posição fixa em relação à Terra, acompanhando a sua rotação. Entre os motivos para esse fato, pode-se citar que, para ser geoestacionário, um satélite tem que permanecer no plano equatorial; se todos eles se situassem nesse plano, os pontos mais próximos aos polos teriam uma cobertura menos favorável. Mas o principal motivo para se querer ter os satélites em rotação em torno da Terra é o de que, periodicamente, cada um deles passa próximo a uma estação de controle, podendo assim, enviar e receber informações sobre sua órbita. (1, 4, 6)

2.2.2 O Segmento de Controle

As principais tarefas do segmento de controle são:

- Monitorar e controlar continuamente o sistema de satélites;
- Determinar o sistema de tempo GPS;
- Predizer as efemérides dos satélites, calcular as correções dos relógios dos satélites; e
- Atualizar periodicamente as mensagens de navegação de cada satélite.

O sistema de controle é composto por cinco estações monitoradas (Havaii, Kwajalein, Ascension Island, Diego Garcia e Colorado Springs), das quais três são responsáveis em transmitir dados aos satélites (Ascension Island, Diego Garcia e Kwajalein) e uma estação de controle central, localizada em Colorado Springs. Todas pertencentes a American Air Force (AAF). A Figura 3, mostra a distribuição das estações monitoras e demais elementos do segmento de controle do GPS. (1, 4, 6)

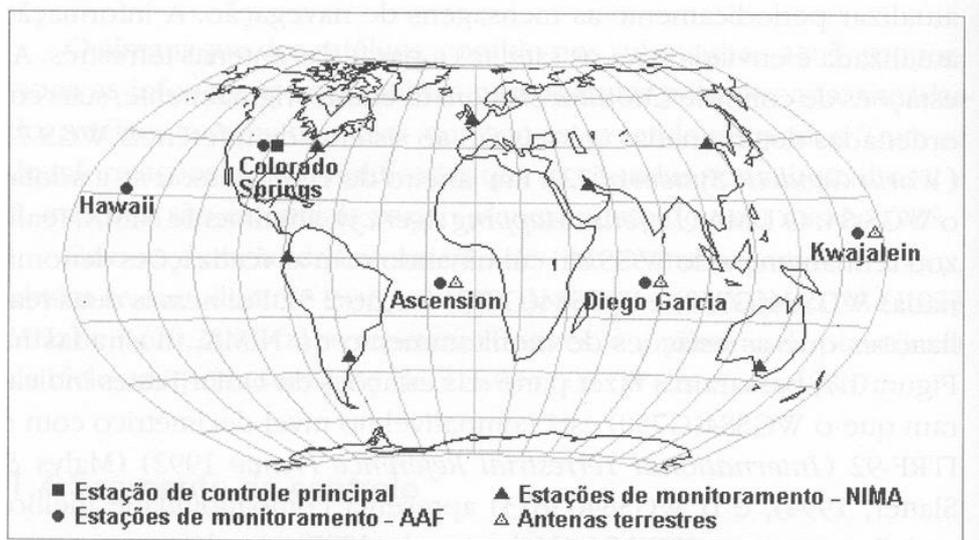


Figura 3 - Segmento de controle do GPS (6)

Cada estação monitora é equipada com osciladores externos de alta precisão e receptores de dupla frequência, os quais rastreiam todos os satélites visíveis e transmite os dados para a estação central. Os dados são processados nesta estação com o intuito de determinar as órbitas dos satélites e as correções dos relógios dos satélites, de modo que periodicamente as

mensagens de navegação transmitidas (Efemérides transmitidas) sejam atualizadas. A informação atualizada é enviada aos satélites a partir de antenas terrestres. (1, 4, 6)

A distribuição geográfica das estações monitoras se dá ao longo do Equador atendendo aos requisitos de navegação e várias outras aplicações, mas não é adequada para a determinação de orbitas altamente precisas, devido ao número reduzido de estações. Porém, o serviço internacional GNSS (IGS) tem capacidade de produzir efemérides com precisão da ordem de poucos centímetros em cada uma das coordenadas do satélite, podendo atender à maioria das aplicações que exigem alta precisão. Estas efemérides ficam disponíveis ao usuário no prazo de uma semana a partir da coleta dos dados. Atualmente, o IGS também produz efemérides rápidas, com precisão da ordem de 5 cm, diariamente. Há ainda as efemérides ultrarrápidas, com precisão estipulada em aproximadamente de 10 cm em tempo real. (1, 6)

2.2.3 O segmento dos usuários

O segmento dos usuários é composto pelo ilimitado número de receptores espalhado pelo mundo, nas mais diversas aplicações como navegação, geodésia, agricultura ou outras atividades. Essa categoria de usuários pode ser dividida em civil e militar e sua função básica é captar os sinais dos satélites que estiverem “visíveis” e, com as informações obtidas destes sinais, calcular a posição do usuário (latitude, longitude e altitude). (1, 6)

Os principais componentes de um receptor GPS, são: a antena com pré-amplificador; seção RF (radiofrequência) para identificação e processamento do sinal; microprocessador para controle de receptor, amostragem e processamento dos dados; oscilador; interface para o usuário, painel de exibição e comandos; provisão de energia e memória para armazenamento dos dados. (1, 6)

A antena detecta as ondas eletromagnéticas emitidas pelos satélites, converte a energia da onda em corrente elétrica, amplifica o sinal e o envia para a parte eletrônica do receptor. Ela deve ter boa sensibilidade, garantindo a recepção de sinais fracos, e ser capaz de permitir a recepção de duas ondas portadoras (L1 e L2). Para levantamentos geodésicos, a antena deve garantir alta estabilidade de seu centro de fase em relação a seu centro geométrico e proteção contra multicaminhamento, que são sinais refletidos por objetos próximos ao aparelho. As antenas devem ser montadas com um amplo ângulo de visada, sem obstrução. Sob folhagem

densa, em particular quando úmidas, os sinais de GPS são atenuados acarretando dificuldade de captá-los pelo aparelho. (1, 6)

Os sinais que entram no receptor são convertidos na divisão de Radiofrequência (RF) para uma frequência mais baixa, denominada frequência intermediária, mais fácil de ser tratada nas demais partes do receptor. Isto é feito pela combinação do sinal recebido pelo receptor com o sinal gerado pelo oscilador do receptor, que são geralmente de quartzo, de qualidade melhor que os utilizados nos relógios de pulso. (1, 6)

O microprocessador é necessário no controle das operações do receptor como obtenção e processamento dos sinais emitidos pelos satélites, decodificação de mensagens de navegação, cálculo em tempo real da posição e a velocidade em um referencial apropriado, controle dos dados de entrada e saída, mostrar informações, correções, dentre outras. (1, 6)

A unidade de comando e display proporciona a comunicação com o usuário. As teclas podem ser usadas para entrar com comandos destinados a selecionar as mais variadas opções de coleta de dados, monitoramento das atividades do receptor, exibição das coordenadas calculadas, dentre outros. Como exemplo de comunicação com o usuário tem-se o número de satélites sendo rastreados, o ângulo de elevação, a possibilidade de entrar com a altura da antena, a identificação da estação, etc. (1, 6)

É importante que os receptores tenham memória interna para armazenamento das observações e das efemérides transmitidas. Os aparelhos mais modernos podem ser providos de memórias de estado sólido (RAM) ou cartões de memória removíveis, além da possibilidade de transmitir os dados diretamente para um computador. (1, 6)

O suprimento de energia foi um fator crítico nos receptores da primeira geração, em razão do alto consumo de energia. Os receptores mais modernos são desenvolvidos para que ocorra um mínimo consumo de energia. A maioria possui uma bateria interna de níquel-cádmium ou de lítio, além de uma entrada para energia externa. (1, 6)

2.3 DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO DO RECEPTOR GPS

2.3.1 Pseudodistância

Cada satélite executa uma órbita, ligeiramente elíptica, bem definida em torno da Terra, a qual é descrita por uma quantidade de parâmetros constantemente emitidos pelos satélites. A

este conjunto de parâmetros emitido pelos satélites dá-se o nome de Efemérides transmitidas. Porém, eventuais desvios na órbita de cada satélite são possíveis de serem observados e, quando detectados pelas estações de controle definem novos parâmetros para os satélites descrevendo de modo ainda mais preciso este conjunto de informações. Desta forma, utilizando as efemérides transmitidas, é possível rastrear os satélites visíveis pelo receptor, determinando desta forma sua posição a cada instante. (4, 8)

Já, a distância entre o satélite e o receptor é calculada de forma indireta, onde o receptor mede o intervalo de tempo decorrido entre o envio do sinal pelo satélite e sua efetiva recepção. Com este tempo de percurso do sinal multiplicado pela velocidade de deslocamento do mesmo (velocidade da Luz), o receptor calcula sua distância até o satélite. Desta forma, conhecendo as coordenadas dos satélites em um sistema de referência apropriado, é possível calcular as coordenadas da antena do usuário no mesmo sistema de referência dos satélites. (4, 8)

Do ponto de vista geométrico, seriam necessárias três distâncias de três satélites até o receptor, desde que não pertencessem ao mesmo plano, para solucionar um sistema de três equações e três incógnitas. Porém, devido à baixa precisão do relógio interno do receptor, ou seja, ao não sincronismo entre os relógios do usuário (GPS) e o relógio do Satélite, a referida distância se apresenta de forma não exata, recebendo a denominação de pseudodistâncias, sendo desta forma mais uma incógnita a ser resolvida. (4, 7, 8)

Cada pseudodistâncias obtida no GPS é calculada por uma equação de distância, composta por quatro incógnitas (três posições e o erro do relógio do receptor). Desta forma, para resolução desta equação, é exigido no mínimo a disponibilidade de informações de quatro satélites sempre disponíveis com posições conhecidas para obtenção do valor da pseudodistância mais próxima da real distância; permitindo desta forma a determinação em tempo real da posição do usuário, com correção do erro do relógio envolvido no processo de medida. (4, 8)

Assim, o princípio básico de navegação pelo GPS consiste na medida de distância entre o usuário e, pelo menos, quatro satélites, tendo por objetivo: determinar instantaneamente a posição, velocidade e tempo de um usuário; em qualquer lugar da terra ou próximo a ela, independente das condições atmosféricas, utilizando um referencial global e homogêneo, com base em medidas de distâncias. (4, 8)

2.3.2 Fase do Onda Portadora

Uma outra forma muito mais precisa de se determinar a posição, velocidade e tempo de um receptor é a utilização da técnica da Fase da Onda Portadora. Ela consiste na diferença entre a fase do sinal do satélite recebida no receptor, e a fase do sinal gerado no receptor, ambas no instante de recepção. Desta forma, o receptor mede a parte fracional da portadora e efetuam a contagem do número de ciclos que entram no receptor a partir deste ponto, resultando em uma medida contínua. (1)

2.4 ERROS ENVOLVIDOS NAS EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS

Como dito anteriormente, as efemérides do GPS são o conjunto de observáveis emitidos pelos satélites e tem por objetivo determinar a posição, a velocidade e o deslocamento de um dado receptor. Como toda observável envolvida nos processos de medidas, estão sujeitas a erros aleatórios, sistêmicos e grosseiros. Desta forma, para obter resultados confiáveis, modelos matemáticos foram estabelecidos com o intuito de validar a realidade física existente, sendo capaz de detectar problemas e corrigi-los. Para tal, é de fundamental importância o conhecimento destas fontes de erros nos processos de medidas. (1, 5, 14)

Os Erros Sistêmicos podem ser parametrizados ou reduzidos por técnicas apropriadas de observação. Os Erros aleatórios, por sua vez, não apresentam qualquer relação funcional com as medidas e são, em geral, as discrepâncias remanescentes nas observações, depois que todos os erros grosseiros e sistêmicos forem eliminados ou minimizados. Eles são inevitáveis, logo são considerados uma propriedade inerente à observação. No Quadro 1 são apresentados os principais erros, agrupados segundo suas possíveis fontes. (1, 5, 14)

Quadro 1 - Principais fontes de erro para o sistema GPS, agrupados por suas possíveis fontes.

Fonte	Erros
Satélite	Atraso entre as duas portadoras no hardware do satélite Erro da órbita Erro do relógio
Propagação do sinal	Refração troposférica Refração ionosférica Perda de ciclo Multicaminhamento
Receptor/ antena	Erro do relógio Erro entre canais Variação do centro de fase da antena
Estação	Mares terrestres Movimento dos polos Multicaminhamento

Para os erros apresentados no Quadro 1, os erros do tipo Perda de Ciclo e Multicaminhamento serão de extrema importância para o presente trabalho, e são apresentados com maior detalhe na sequência.

2.4.1 Perda de Ciclo

Quando um receptor é ligado, o número de ciclos inteiros da onda portadora passa a ser contados no receptor e, durante o rastreamento, o contador é incrementado por um ciclo sempre que a fase da onda muda de 2π para 0. Em um ambiente com amplo campo de visão, as medidas de fase são, em geral, contínuas durante o período de uma sessão de observação. Porém, esta não é a realidade na maioria dos levantamentos, onde obstruções do sinal podem ocorrer de um ou mais satélites, impedindo que este chegue até a antena do receptor. Desta forma, ocorrerá a perda de sinal, acarretando em uma perda na contagem do número inteiro de ciclos. A este evento dá-se o nome de Perda de Ciclo. (1, 9, 14)

Possíveis causas para o bloqueio do sinal e, por consequência, perda de ciclo são: construções, árvores, pontes, montanhas, aceleração da antena, variações bruscas na atmosfera, interferências de outras fontes de rádio e problemas com o receptor e software. Para se realizar a correção de uma perda de ciclo é necessário localizar o instante em que ocorreu o salto, bem como suas dimensões. (1, 9, 14)

2.4.2 Multicaminhamento

Multicaminhamento é um fenômeno em que o receptor pode, em algumas circunstâncias, receber, além do sinal que chega diretamente a antena, sinais refletidos em superfícies vizinhas a ela, como construções, carros, árvores, massas d'água, cercas, dentre outros. Estima-se que os efeitos decorrentes do presente fenômeno acarretam em erros na ordem de 10 a 20 m. O fenômeno pode ser observado na Figura 4. (1, 10, 11, 14)

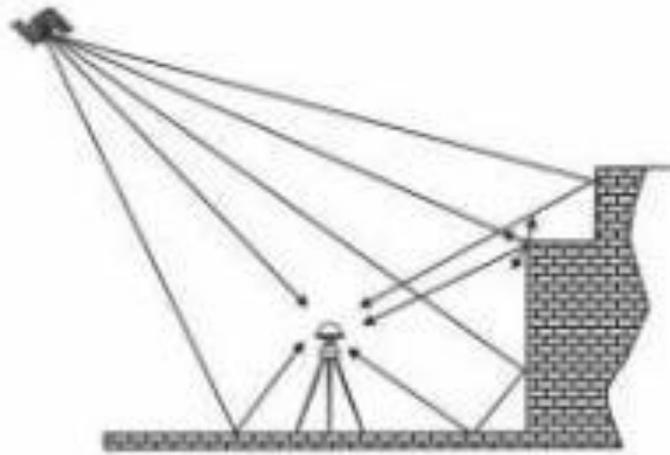


Figura 4 - Ilustração de ocorrência de multicaminhamento.

Observando a Figura 4, nota-se que o sinal do satélite chega até a antena receptora por dois caminhos diferentes, um direto e um indireto. Desta forma, os sinais podem apresentar distorções na fase de onda portadora ao chegar nos receptores. Em geral, não há um modelo para tratar o efeito do multicaminhamento, pois as situações geométricas de cada local variam de forma um tanto arbitrária. Desta forma, em muitas situações, as observáveis fase de onda portadora e pseudodistância são degradadas em razão do multicaminhamento, afetando a qualidade do posicionamento. Há ainda que se considerar que a superfície refletora é geralmente estática com relação ao receptor, no entanto, o satélite se move com o tempo, fazendo com que o multicaminhamento tenha seus efeitos variáveis com o tempo. Além do mais, pode-se acrescentar que satélites com baixo ângulo de elevação são mais susceptíveis ao fenômeno em questão. (1, 10, 11, 14)

A redução do sinal refletido é possível pela seleção de antenas construídas com base na polarização do sinal GPS, o qual é polarizado circularmente à direita, diferente do sinal refletido uma única vez que, dependendo do ângulo incidente, será polarizado à esquerda. Com a escolha

de uma antena apropriada parte dos sinais polarizados à esquerda seriam rejeitados. Como ainda há captura de sinal que sofreram reflexão, outra técnica também pode ser utilizada como o uso de antenas choke rings, que são antenas com um disco metálico horizontal centrado, que contém uma série de círculos concêntricos com altura de aproximadamente um quarto do comprimento de onda, dificultando a passagem de sinais refletidos. A grande desvantagem do uso deste tipo de antena está em seu peso e tamanho. (1, 10, 11, 14)

Apesar do grande avanço que se tem obtido nas várias formas de atenuar o multicaminhamento, a recomendação mais efetiva é evitar levantamento em locais propícios a essa ocorrência, bem como o uso de antenas capazes de reduzir seus efeitos. (1, 10, 11, 14)

2.5 POSICIONAMENTO RELATIVO

O posicionamento relativo é um dos métodos de posicionamento mais utilizado para o georreferenciamento de imóveis rurais devido sua boa precisão e praticidade. Para o presente método as coordenadas de um vértice de interesse são determinadas a partir de um ou mais vértices de coordenadas conhecidas. Neste caso, é necessário que dois ou mais receptores coletem dados simultaneamente (pelo menos dois satélites em comum), sendo que pelo menos um destes receptores ocupe um vértice de referência. Desta forma, o Posicionamento Relativo tem por objetivo a determinação do vetor entre dois pontos, chamado de vetor da linha de base ou simplesmente linha de base, como pode ser observado na Figura 5. No presente trabalho será abordado os métodos de posicionamento relativo estático e posicionamento relativo estático rápido. (12, 13)

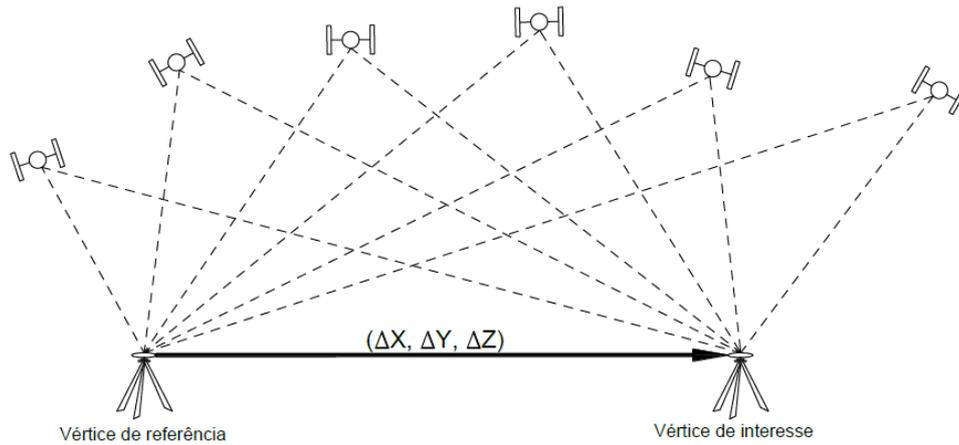


Figura 5 - Vetor da linha de base para o Posicionamento Relativo

Para o posicionamento relativo pode ser utilizado as observáveis: fase de onda portadora, pseudodistância ou as duas em conjunto. A fase de onda portadora proporciona melhor precisão e por isso ela é a única observável aceita na determinação de coordenadas de vértices de apoio situados em limites artificiais. A observável pseudodistância é utilizada somente para determinar coordenadas de vértices situados em limites naturais. (12, 13)

É importante salientar que, com o advento dos chamados Sistemas de Controle Ativo (SCA), a forma de se realizar o posicionamento ativo mudou. Em localidades que possuam estações permanentes ao SCA se faz necessário apenas um receptor para o método. Porém, o presente trabalho não levará em consideração esta técnica. (1)

2.5.1 Posicionamento Relativo Estático

No Posicionamento Relativo estático tanto os receptores dos vértices de referência quanto os receptores dos vértices de interesse devem permanecer estacionados durante todo o levantamento, e ainda, que os receptores rastreiem simultaneamente os satélites visíveis por um período de tempo que pode variar de dezenas de minutos (mínimo de 20 minutos) até algumas horas. (12, 13)

Como no método de posicionamento relativo estático o período de ocupação das estações é relativamente longo, é natural que se utilize a fase de onda portadora como observável, pois esta apresenta precisão superior a pseudodistância. Porém, esta é de fundamental importância no pré-processamento para estimar o erro do relógio do receptor, ou calcular o instante aproximado de transmissão do sinal pelo satélite. Para obter boa precisão

com linha de base superior a 15 Km é imprescindível o uso de receptores de dupla frequência. (1, 12, 14)

2.5.2 Posicionamento Relativo Estático Rápido

O posicionamento relativo estático rápido segue, em linhas gerais, o mesmo princípio que o posicionamento relativo estático, porém, com período de ocupação da estação de interesse não superior a 20 minutos. Este método é propício para levantamento em que se deseja alta produtividade, mas há muitas obstruções entre as estações a serem levantadas e, para que se obtenha boa precisão, recomenda-se que a linha de base não ultrapasse 10 Km sob circunstâncias normais. (12, 13)

Desta forma, um receptor serve como base, permanecendo fixo sobre uma estação de referência, coletando dados, enquanto outro receptor percorre as estações de interesse (receptor móvel ou Rover), em cada uma das quais permanece estacionado cerca de 5 a 20 minutos, para coletar os dados. (12, 13)

2.6 POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO (PPP)

O posicionamento por ponto preciso é um método de determinação da posição de objetos utilizado apenas um receptor, empregando o processamento de observações de pseudodistâncias e/ ou fase de onda portadora, sendo este receptor de dupla frequência, acarretando desta forma precisões em torno de centímetros, quando se considera o modo estático em um longo período de coleta de dados. Observações de apenas pseudodistância ou a utilização de receptores de apenas uma frequência, podem ser utilizados, porém com acurácia bastante reduzida. (1, 16)

O posicionamento por ponto preciso requer fundamentalmente o uso de efemérides e correções de relógios dos satélites, ambos com alta precisão; os quais devem ser disponibilizados por alguma fonte independente. Atualmente o IGS (*International GNSS Service*) produz três tipos de efemérides:

- IGS – resulta da combinação das órbitas produzidas pelos centros de análises de IGS e fica disponível a cada 13 dias, apresentando acurácia melhor que 5 cm em posição e 0,1 ns para as correções dos relógios dos satélites;

- IGR – resulta da combinação das órbitas rápidas produzidas pelos centros de análises, ficando disponível a cada 17 horas, apresentando acurácia similar ao das efemérides IGS;
- IGU – resulta da combinação das órbitas ultrarrápidas, composta por uma parte determinada com base em dados e outra predita. A primeira apresenta latência de três horas e a segunda em tempo real. A primeira apresenta uma acurácia da ordem de 5 cm em posição e 0,2 ns nas correções dos relógios. A segunda uma acurácia de da ordem de 10 cm e de 5 ns nas correções dos relógios.

O serviço de PPP online tem sido disponibilizado por algumas organizações mundiais. No Brasil, o IBGE, em parceria com o *Geodetic Survey Division* (GSD) do NRCAN, denominado CSRS-PPP, vêm disponibilizando o serviço utilizando o SIRGAS2000 e o ITRF como sistemas de referência. Esse serviço online gratuito processa dados gerados por receptores GNSS para obter a latitude, longitude e altitude de pontos no território brasileiro. (1)

2.7 PRECISÃO POSICIONAL (PP)

Segundo as Normas Técnicas para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (NTGIR 3ª edição), disponível no site do INCRA, a identificação de um imóvel rural se dá por meio da correta identificação de seus limites. Desta forma, os limites de uma propriedade devem ser identificados, levantados e descritos de forma a retratar de forma fidedigna o imóvel rural. Esses limites são descritos por segmentos de reta interligados por vértices; onde os segmentos de retas, de forma geral, referem-se a elementos físicos que definem em campo o limite entre imóveis, podendo ser do tipo natural (corpo d'água, curso d'água, grota, crista de encosta, pé de encosta, etc.) ou artificial (cerca, muro, estrada, vala, canal, etc.). Já os vértices desses limites são os pontos onde as linhas limítrofes de um imóvel rural mudam de direção ou onde exista interseção desta linha com qualquer outra linha limítrofe do imóvel contíguo.

Esses vértices podem classificados por tipos, que são: tipo “M” (marco), tipo “P” (ponto) e tipo “V” (virtual). Vértices do tipo “M” são obtidos de forma direta e são materializados em campo por meio de marcos, sendo utilizados em divisas do tipo artificial. São comumente inseridos em locais onde ocorrem elevada inflexão na divisa da propriedade ou onde há o encontro entre outros 2 confrontantes com a propriedade em questão. Os vértices do tipo “P” são obtidos de forma direta, mas não são materializados por marcos. São mais comumente utilizados em limites definidos por cerca (artificial) e cursos d'água (naturais). Já

os vértices do tipo “V” são obtidos de forma indireta, situando-se em locais onde não há a possibilidade de implantar, de forma estável, um marco; ou seja, onde o limite não é coincidente com um elemento físico.

Cada vértice presente no limite de uma propriedade é descrito por um código e valores de coordenadas. O código de um vértice refere-se a um conjunto de caracteres alfanuméricos, que tem por objetivo a não ocorrência de vértices com mesmo código. Nesse código, os quatro primeiros caracteres são referentes a cada credenciado, o quinto caractere se refere ao tipo de vértice e os caracteres seguintes refere-se a uma sequência de números inteiros que não devem ser repetidos para vértices do mesmo tipo para o mesmo credenciado. Os valores de coordenadas dos vértices devem ser descritos por meio de suas coordenadas geodésicas e sua precisão. As coordenadas geodésicas são expressas em latitude, longitude e altitude elipsoidal; e sua precisão, também conhecida como Precisão Posicional (PP), é a resultante planimétrica (horizontal) da raiz quadrada da soma dos quadrados do desvio padrão da latitude com o desvio padrão da longitude, como pode ser observado na equação (1):

$$PP = (\sigma E^2 + \sigma N^2)^{1/2} \quad (1)$$

Onde:

- PP = Precisão Posicional;
- σE = Desvio padrão da longitude;
- σN = Desvio padrão da latitude. (21)

Sabe-se que o desvio padrão é uma medida que expressa o grau de dispersão de um conjunto de dados, ou ainda, é uma medida que indica o quanto um conjunto de dados é uniforme. Quanto menor o desvio padrão (mais próximo de zero), mais homogêneo são os dados e, por consequência, maior é a precisão. Porém, quando se trata de precisão posicional, quanto menor o desvio padrão da longitude e o desvio padrão da latitude, menor será a PP. Desta forma, não é estranho dizer que, quanto maior a precisão dos dados, menor a precisão posicional.

Ainda segundo as NTGIR, os valores da precisão posicional a serem observados para vértices definidores de limite de imóveis são:

- Para vértices situados em limites artificiais: melhor ou igual a 0,50 m;

- Para vértices situados em limites naturais: melhor ou igual a 3,00 m;
- Para vértices em limites inacessíveis: melhor ou igual a 7,5 m. (21)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo encontra-se no município de Lagoa da Prata - MG, localizada próximo as coordenadas 20°01'37"S e 45°32'08"N, com altitude média de 650 m e relevo variando de levemente ondulado a ondulado, como pode ser observado na Figura 6.

Optou-se pela área por apresentar facilidade de acesso aos pontos contendo as diferentes coberturas vegetais, quando comparada a distância da base a estes pontos e a distância de um ponto a outro; presença de todas as condições de cobertura vegetal em estudo em uma mesma região com relativa igualdade de condições de relevo e distância da linha de base a estes pontos e, por fim, por ser o município onde encontra-se o equipamento a ser testado.



Figura 6 - Croqui de localização do município de Lagoa da Prata – MG

Para a avaliação do desempenho do equipamento sob condições distintas, selecionou-se quatro diferentes coberturas vegetais encontradas na região, que são:

- a) **Campo**/ testemunha, terreno limpo, sem obstrução. – Utilizou-se a cana em seu estágio de rebrota, estando no máximo a 40 cm de altura;
- b) **Cana**, o corredor onde foi instalado o aparelho apresenta largura média de 1,8 m e a altura média da cultura neste ponto é de 3,00 m;
- c) **Cerrado**/ mata de cerrado fechada – apresentando árvores esparsas com caules retorcidos;
- d) **Eucaliptos**/ antes do primeiro corte com espaçamento aproximado de 4,00 m entre linhas e 2,00 m entre plantas na mesma linha. A cultura apresenta diâmetro médio na altura do peito de 21 cm.

Para melhor identificação e visualização destes pontos em campo (Figura 7) e posterior discussão dos resultados, utilizou-se como nomenclatura para as diferentes coberturas vegetais a letra “C”, para a cultura de Campo; as letras “Ca”, para a cultura de Cana; as letras “Ce” para

a cultura de Cerrado e a letra “E”, para a cultura de Eucalipto. Como pode ser observado na Figura 7.



Figura 7 - Croqui de localização dos pontos para coleta de dados no município de Lagoa da Prata. BASE (local onde foi instalada a base do aparelho); C (Campo), Ca (Cana); Ce (Cerrado) e E (Eucalipto).

3.2 EQUIPAMENTO

O equipamento utilizado no experimento foi o receptor GPS de dupla frequência estático “CHC X90D-OPUS”, da marca CHC. O equipamento fornece dados estáticos de GPS nas frequências L1/L2/ L2C, com capacidade de coletar dados de até doze satélites ao mesmo tempo. O aparelho foi configurado a uma taxa de aquisição constante e igual a 5 segundo e ângulo de elevação igual a 15°.

O motivo para a escolha deste GPS foi que, a empresa na qual trabalho utiliza esse equipamento para obtenção de medidas de pontos em campo e, com o objetivo de analisar seu comportamento em diferentes coberturas vegetais, decidiu-se analisar seu desempenho em campo.

3.3 ETAPAS

Inicialmente, no interior de cada uma das quatro áreas de diferentes coberturas vegetais, levando em consideração a mínima interferência com outras coberturas, foi locado um ponto ao acaso, o qual foi materializado por meio de uma estaca de madeira, como pode ser observado no croqui da Figura 7.

Segundo alguns autores, com o intuito de reduzir os impactos de diferentes tipos e densidades de coberturas vegetais na coleta de dados, exatidão e precisão de posicionamento de GPS, são necessários pelo menos 300 registros de posicionamento por ponto levantado. Para outros, esse valor pode variar de 60 a 500 registros por ponto. (15, 17, 18, 19)

Para verificar qual o melhor número de registros por ponto para o presente equipamento, levando em consideração que o mesmo foi programado com uma taxa de aquisição constante e igual a 5 segundos e ângulo de elevação de 15°, o aparelho Rover ficou estacionado em cada ponto por, pelo menos, 30 minutos. O que leva a um total de 360 registro por ponto por repetição. Foram realizadas um total de 12 repetições por ponto para cada diferente cobertura vegetal.

Para cada ponto em cada repetição um arquivo foi gerado pelo Rover do equipamento na extensão “.HCN”. Este arquivo, após ser tratado com o programa Rinex Converter, gera outros dois arquivos nas extensões “.19N” e “.19O”. Este último é passível de ser lido como um arquivo de texto, utilizando o programa Bloco de Notas, e apresenta as informações de aquisição de dados dos satélites pelo equipamento a cada 5 segundos. Desta forma, a partir de um único arquivo gerado pelo rover do equipamento, é possível fragmentar o mesmo em diferentes intervalos de tempo, que no trabalho foram: 1; 2,5; 5; 10; 15; 20 e 30 minutos (7 tempos). O mesmo procedimento foi realizado para cada ponto em cada uma das repetições.

Considerando a Base do Equipamento, esta foi ligada antes de iniciar a coleta de dados pelo Rover, e assim ficou por todo o dia, enquanto a parte móvel do equipamento coletava

dados dos pontos. Esse procedimento foi realizado diariamente e, a cada dia de trabalho, um arquivo na extensão “.HCN” foi gerado pela Base.

Após 24 horas da coleta do arquivo gerado pela Base do equipamento, que apresenta a extensão “.HCN”, o mesmo foi tratado pelo programa Rinex Converter, gerando outros dois arquivos nas extensões “.19N” e “.19O”. Este último, utilizando o site do IBGE, em Serviços para posicionamento geodésico, IBGE – PPP, que é um serviço online gratuito oferecido pelo governo para pós-processamento de dados GNSS, foi processado pelo site, o qual retornou um relatório com dados aceitos pelo INCRA (segundo as NTGIR), contendo as coordenadas referenciadas em SIRGAS2000. Nesse relatório, alguns arquivos são disponibilizados e, dentre esses arquivos, um apresenta correções para a Base do equipamento. (20)

A coleta de dados em campo se deu da seguinte forma. Após instalar a Base em um ponto específico, o Rover foi levado a uma das quatro coberturas vegetais e lá ficou estacionado coletando dados por aproximadamente 30 minutos. Após este tempo, o Rover foi levado até outra cobertura vegetal, aonde ficou coletando dados por mais 30 minutos. O mesmo foi realizado para as outras duas coberturas vegetais. A este conjunto de quatro pontos para as diferentes coberturas vegetais, que gerou quatro diferentes arquivos no equipamento, obteve-se uma repetição. Esse mesmo procedimento foi realizado outras 11 vezes, gerando desta forma 12 repetições de dados.

Considerando os quatro arquivos gerado pelo Rover do equipamento em cada repetição (4 coberturas vegetais), após realizar a fragmentação desses arquivos em diferentes tempos (7 tempos), separou-se esses arquivos em pastas por tempo (7 pastas), onde cada pasta continha 4 arquivos. Utilizando o programa Topcon Tools, os dados de uma das 7 pastas foram inseridos e, juntamente com estes quatro arquivos, inseriu-se o arquivo da Base para aquele dia. Com a correção da Base gerada pelo site do IBGE, em mãos, realizou-se sua correção e, após processar os dados no programa, esta correção foi transmitida aos pontos coletados pelo Rover, através do Vetor de Linha de Base. O mesmo foi realizado para as demais repetições.

Para melhor visualização dos dados obtidos, estes arquivos foram separados e organizados com o auxílio de programa Excel, onde gráficos e linhas de tendência com equações foram geradas para melhor entendimento de seu comportamento. Com estes gráficos e linhas de tendência em mãos, tendo como valor da precisão posicional para cada ponto o valor de 0,5 m, foi possível encontrar o tempo de rastreamento mais adequado para cada diferente cobertura vegetal utilizado o aparelho em estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sabe-se que o funcionamento de um receptor de satélites, tanto do tipo GPS quanto do tipo GNSS, se dá a partir da coleta de informações oriundas dos vários tipos de satélites presente na órbita terrestre, e ainda, que esta coleta de informação pode ser afetada por obstáculos presentes nas proximidades do receptor. Por exemplo, a obstrução de sinais de satélites por árvores próximas ao aparelho pode causar erros do tipo perda de ciclo ou ainda do tipo multicaminhamento. Desta forma, alguns resultados e a discussão dos mesmos são apresentados.

4.1 DADOS E OBSERVAÇÕES INICIAIS

Nesta parte de trabalho, todas as 48 curvas (12 repetições para cada uma das 4 coberturas vegetais) de tempo de rastreamento em função da precisão posicional, para as coberturas vegetais: campo, cana, cerrado e eucalipto; são apresentadas na Figura 8. O objetivo de se expor todos os resultados em somente um gráfico é o de verificar, de forma geral, se há singularidades visíveis nos resultados para as diferentes coberturas vegetais.

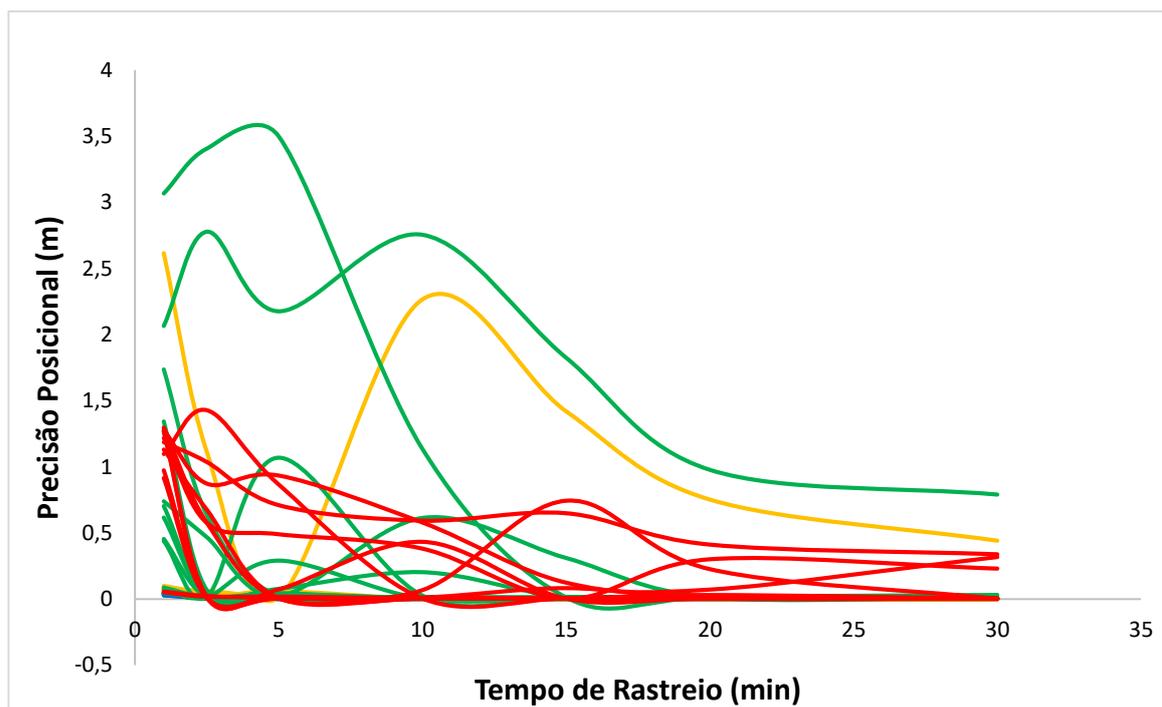


Figura 8 – Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreamento (min), para as coberturas vegetais do tipo: campo (—), cana (—), cerrado (—) e eucalipto (—).

Como pode ser observado na Figura 8, quase não é perceptível a presença de curvas referentes a cobertura vegetal do tipo campo, porém todas as 12 curvas estão representadas na figura. Isso se dá devido ao fator de escala para o eixo das ordenadas, onde curvas referentes as coberturas vegetais do tipo cana, cerrado e eucalipto; apresentam precisão posicional bem acima de 0,05 m, valor este, máximo para as curvas referentes a cobertura vegetal do tipo campo, como pode ser observado na Tabela 1 e a Figura 9.

Conhecendo o processo de coleta de dados de um receptor de GPS, é de se esperar que uma curva ideal de tempo de rastreamento por precisão posicional assuma, para os eixos das abcissas e ordenadas, respectivamente, valores sempre maiores do que zero e, considerando o eixo das ordenadas, à medida que o tempo passa e o aparelho realiza coleta de dados, seus valores vão diminuindo, tendendo a zero.

Observando a Tabela 1 e a Figura 9, referentes a cobertura vegetal campo, considerada como o branco do experimento, nota-se uma certa idealidade nas curvas, pois todas elas estão contidas no primeiro quadrante e, quase todas seguem um comportamento ideal. Porém, é possível verificar em alguns casos um certo desvio do padrão (repetições: 3 e 11), onde há um aumento e posterior redução na precisão posicional a medida que o tempo passa.

Tabela 1 - Precisão posicional em metros, considerando a cobertura vegetal campo, os diferentes tempos de rastreo em minuto e suas diferentes repetições

	Tempo de Rastreo (min)							
	1	2,5	5	10	15	20	30	
Repetição	1	0,047	0,009	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	2	0,043	0,009	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
	3	0,034	0,008	0,007	0,009	0,003	0,003	0,002
	4	0,040	0,006	0,002	0,001	0,003	0,002	0,002
	5	0,051	0,010	0,004	0,002	0,002	0,001	0,001
	6	0,045	0,009	0,004	0,002	0,002	0,001	0,001
	7	0,038	0,008	0,008	0,005	0,005	0,003	0,002
	8	0,040	0,008	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001
	9	0,028	0,011	0,008	0,005	0,004	0,003	0,002
	10	0,035	0,008	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001
	11	0,030	0,008	0,017	0,004	0,004	0,003	0,002
	12	0,039	0,009	0,005	0,004	0,004	0,003	0,002

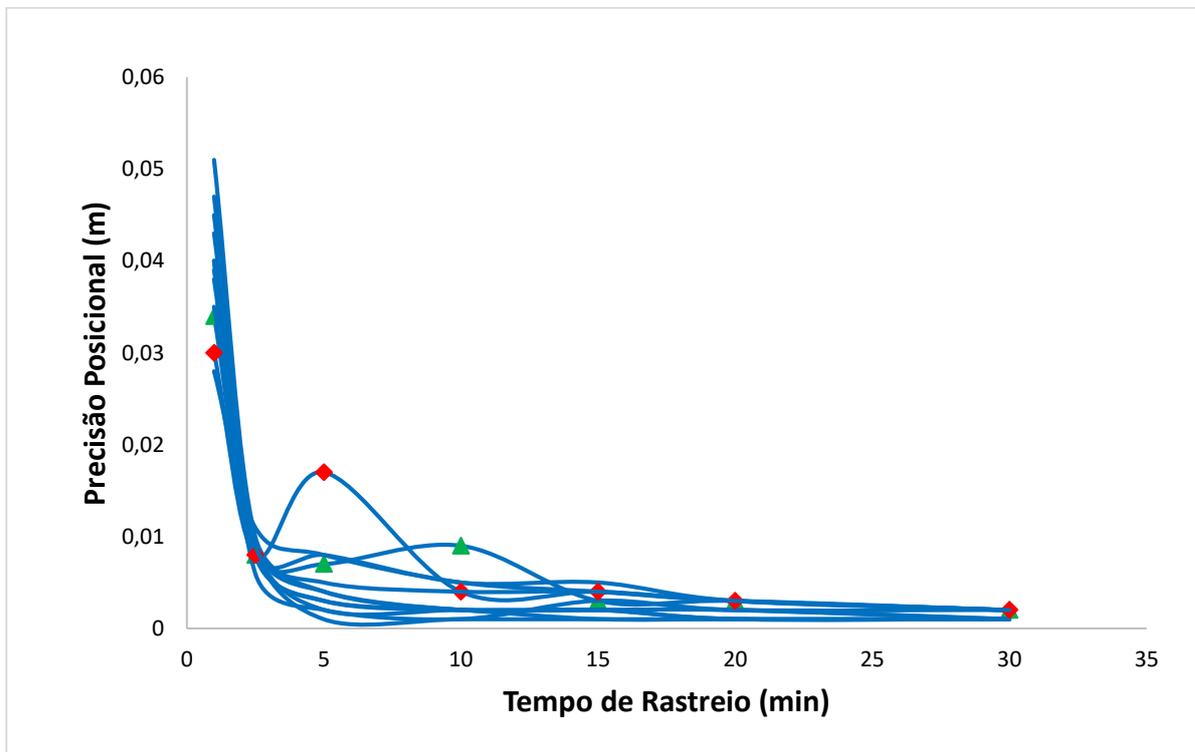


Figura 9 - Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreo (min) para a cobertura vegetal do tipo campo (—). Em destaque as repetições 3 (▲) e 11 (◆)

Ainda de acordo com a Figura 8, observando as curvas referentes a cobertura vegetal do tipo cana, todas as 12 repetições para este tipo de cobertura são apresentadas, porém somente é possível verificar, de forma direta, uma delas. Para facilitar a visualização dessas curvas, a Tabela 2 e a Figura 10, foram inseridas. Nota-se, a partir desta tabela e figura, a presença de uma curva bem distinta das demais, o que pode indicar ser um *outlier*, e ainda, a referida curva, representada pela repetição 3 do experimento, apresenta um comportamento divergente ao esperado, pois a precisão posicional se eleva bastante após os 5 minutos de coleta de dados.

Tabela 2 - Precisão posicional em metros, considerando a cobertura vegetal cana, os diferentes tempos de rastreo em minuto e suas diferentes repetições

	Tempo de Rastreo (min)						
	1	2,5	5	10	15	20	30
1	0,069	0,063	0,017	0,005	0,003	0,004	0,002
2	0,090	0,020	0,010	0,007	0,005	0,004	0,003
3	2,616	1,113	0,013	2,267	1,420	0,753	0,442
4	0,078	0,017	0,008	0,002	0,002	0,003	0,002
5	0,072	0,016	0,007	0,005	0,003	0,002	0,002
6	0,100	0,047	0,004	0,002	0,002	0,002	0,001
7	0,083	0,019	0,009	0,004	0,003	0,003	0,003
8	0,063	0,014	0,059	0,004	0,004	0,003	0,002
9	0,088	0,019	0,008	0,003	0,003	0,003	0,002
10	0,059	0,014	0,006	0,001	0,001	0,002	0,001
11	0,086	0,019	0,009	0,003	0,003	0,002	0,002
12	0,073	0,017	0,006	0,004	0,003	0,003	0,003

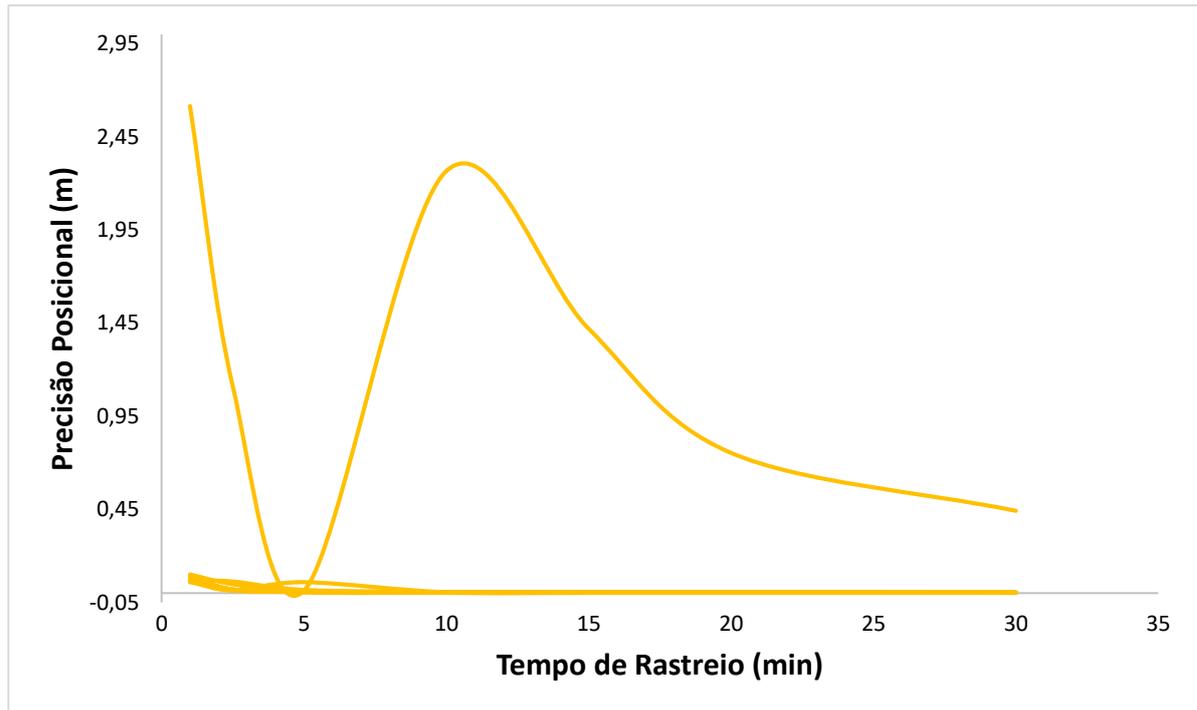


Figura 10 – Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreamento (min) para a cobertura vegetal do tipo cana (—).

Levando em consideração que a curva referente a repetição 3, para a cobertura vegetal cana, é um *outlier* (Figura 10), a Figura 11, apresenta as repetições para a referida cultura, excluindo-se a repetição 3. Nota-se, com esta exclusão, uma redução acentuada para os valores máximos de precisão posicional, passando de aproximadamente 2,6 metros (Figura 10) para 0,1 metros (Figura 11). Corroborando, dessa forma, para que a repetição 3 seja um *outlier*.

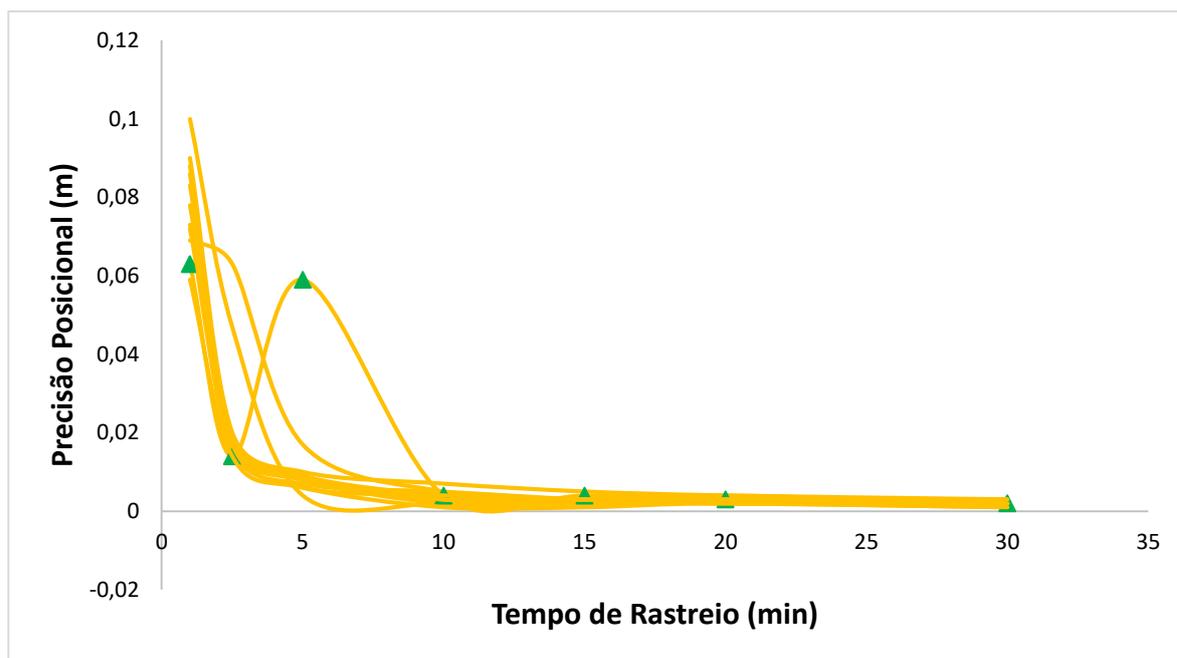


Figura 11 - Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreamento (min) para a cobertura vegetal do tipo cana (—), excluindo-se a repetição 3. Em destaque a repetição 8 (▲)

Observando a Tabela 2 e a Figura 11, é possível verificar o comportamento dentro da normalidade para as curvas referentes as repetições do experimento, com exceção da curva 8, onde seus valores de precisão posicional aumentam entre o intervalo de tempo de 2,5 minutos a 5 minutos. Para este caso, o aumento da precisão posicional não é tão significativo, pois, seus valores ainda continuam inferiores a 0,5 m, valor este apropriado para aceitação de um vértice definidor de uma propriedade, segundo os órgãos responsáveis.

Para as técnicas de Posicionamento Relativo Estático e Posicionamento Relativo Estático Rápido, que foram as técnicas utilizadas nesse trabalho, os limites definidores de uma propriedade são identificados, levantados e descritos; principalmente, por seus vértices, os quais devem atender critérios de precisão específicos para cada tipo, de acordo com os órgãos responsáveis.

No presente trabalho, os pontos identificados e levantados para as diferentes coberturas vegetais são passíveis de serem classificados como vértices artificiais e, segundo as NTGIR (3ª edição), a precisão posicional para esse tipo de limite deve ser menor ou igual a 0,5 m.

Analisando as curvas referentes a cobertura vegetal do tipo cerrado, na Figura 8, quando comparado os quatro tipos de cobertura vegetal em análise, é possível verificar que o maior valor de precisão posicional é oriundo de uma curva para esse tipo de cobertura, atingir 3,5 m

após 5 minutos de coleta de dados (Tabela 3). Levando em consideração que a repetição 3 para cobertura vegetal cana, seja um outlier, as 3 curvas com maiores valores de precisão posicional são oriundas da cobertura vegetal cerrado. E ainda, de acordo com a Figura 8, é possível observar um total de 6 curvas referente a este tipo de vegetação, indicando desta forma uma elevada influência sobre o receptor de GPS

Para facilitar o estudo e a visualização dos dados referentes as 12 repetições para a cobertura vegetal cerrado, a Tabela 3 e a Figura 12, foram inseridas, de onde é possível verificar: primeiramente, um comportamento divergente ao ideal, de 6 curvas referentes as repetições 2, 4, 5, 6, 8 e 9, pois aumentam suas precisões posicionais em um certo intervalo de tempo. A repetição 2, atinge valores para a precisão posicional próximos a 0,02 metros para o tempo de rastreamento de 2,5 minutos e, para o tempo de 5 minutos, onde essa precisão deveria ser ainda menor, se apresenta na ordem de 1 metro, bem maior do que o descrito para o tempo de 2,5 minutos de coleta. O mesmo comportamento é verificado para as demais curvas que fogem a idealidade. Das curvas citadas, a repetição 5 apresenta uma característica um pouco mais singular, pois, mesmo após 30 minutos de coleta de dados, seu valor à precisão posicional é de 0,79 metros, acima do valor máximo esperado para esse tipo de vértice, que é de 0,5 metros. E ainda, as amostras 8 e 9, mesmo apresentando comportamento divergente ao esperado, apresentam suas precisões posicionais sempre abaixo de 0,5 metros.

Com relação ao tempo de rastreamento de um vértice, segundo os autores Gilbert (1997) e Deckert & Bolstad (1996), apoiados nas observações de Liu e Brantigan (1995); sugere-se a obtenção de 60 a 500 registros por ponto coletado. Para os diferentes tempos de coleta de dados apresentados neste trabalho o tempo de 5 minutos deve ser observado com mais atenção, pois, considerando que o receptor de GPS esteja configurado para obter informações de 5 em 5 segundos, após os 5 minutos coletando dados, teremos um total de 60 registros. O que se espera de um vértice obtido em campo é primordialmente a exatidão nos resultados, porém, a praticidade em sua coleta, com relação ao seu tempo de obtenção, deve ser levada em consideração. Partindo do pressuposto onde os dados são coletados por 5 minutos em campo, observando a Tabela 3 e a Figura 12, é possível constatar a presença de 3 curvas que ainda não atingiram valores, para a precisão posicional, menores ou iguais a 0,5 metros, o que correspondendo a 25 % das repetições.

Tabela 3 - Precisão posicional em metros, considerando a cobertura vegetal cerrado, os diferentes tempos de rastreo em minuto e suas diferentes repetições

	Tempo de Rastreo (min)							
	1	2,5	5	10	15	20	30	
Repetição	1	0,704	0,018	0,017	0,016	0,014	0,015	0,014
	2	0,439	0,019	1,070	0,027	0,018	0,014	0,009
	3	0,050	0,017	0,012	0,002	0,002	0,002	0,002
	4	3,067	3,406	3,498	1,135	0,012	0,010	0,008
	5	2,066	2,779	2,177	2,756	1,825	0,977	0,790
	6	0,740	0,468	0,024	0,614	0,311	0,014	0,017
	7	0,088	0,017	0,037	0,009	0,007	0,008	0,006
	8	0,456	0,018	0,078	0,204	0,014	0,019	0,032
	9	0,071	0,016	0,291	0,004	0,003	0,004	0,003
	10	0,617	0,017	0,011	0,005	0,005	0,004	0,003
	11	1,343	0,068	0,047	0,007	0,013	0,008	0,006
	12	1,738	0,638	0,025	0,017	0,012	0,013	0,006

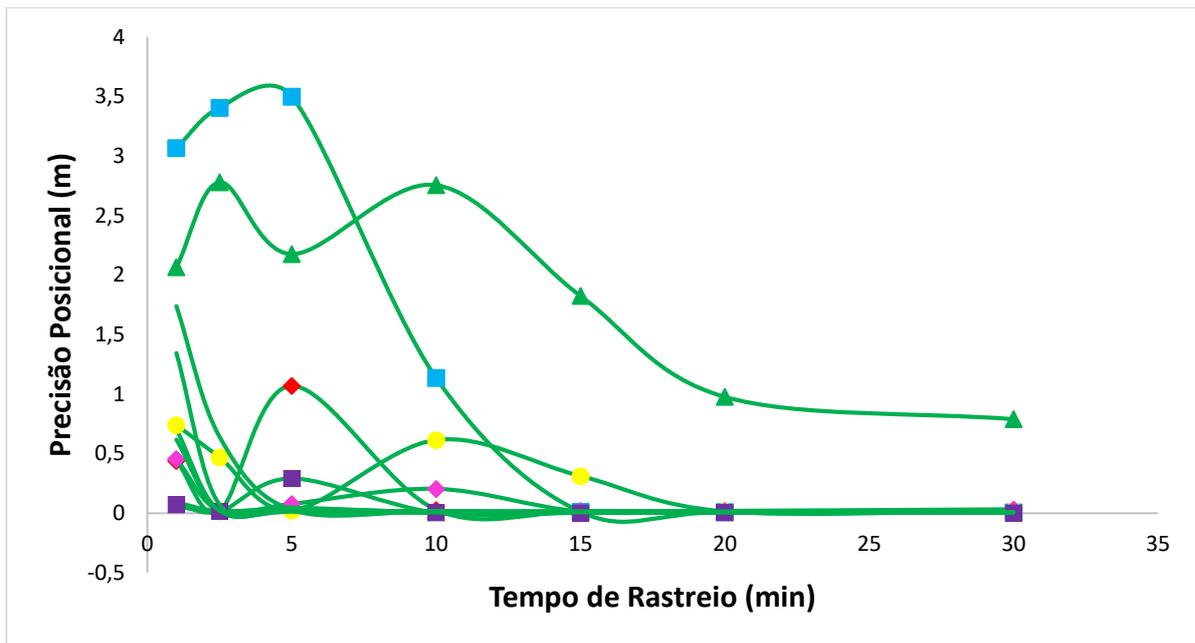


Figura 12 - Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreo (min) para a cobertura vegetal do tipo cerrado (—). Em destaque as repetições 2 (◆), 4 (■), 5 (▲), 6 (●), 8 (◆) e 9 (■)

Analisando as curvas referentes a cobertura vegetal eucalipto, ainda na Figura 8, ao comparar os quatro tipos de cobertura vegetal em análise, é possível identificar a presença de, pelo menos, 6 curvas para este tipo de cobertura. Esse resultado indica que, ao comparar as

curvas referentes as coberturas vegetais campo e cana, com as curvas referentes a cobertura vegetal eucalipto, esta apresenta maior influência sobre a recepção de sinais de satélites pelo receptor de GPS, uma vez que a precisão posicional apresenta maiores valores com o tempo rastreo. Porém, realizando a comparação dos dados para a cobertura vegetal eucalipto com os dados referentes a cobertura vegetal cerrado, verifica-se que estes apresentam maior influência sobre a recepção de sinais de satélites pelo receptor.

Para facilitar o estudo e a visualização dos dados referentes as 12 repetições para a cobertura vegetal eucalipto, a Tabela 4 e a Figura 13, foram inseridas, de onde é possível verificar que as curvas referentes as repetições 1, 3, 4, 5, 6 e 12 apresentam divergência do esperado, com relação a seus comportamentos, pois, para determinadas faixas de tempo de rastreo, a medida que este tempo passa, a precisão posicional aumenta. Destas curvas, considerando o tempo de rastreo de 5 minutos, as repetições 1, 2 e 4 ainda não apresentaram valores para a precisão posicional menores do que 0,5 metro, porém, todas, a partir de 20 minutos de tempo de coleta de dados, apresentam PP inferiores ao exigido pelos órgãos responsáveis.

Tabela 4 - Precisão posicional em metros, considerando a cobertura vegetal eucalipto, os diferentes tempos de rastreo em minuto e suas diferentes repetições

	Tempo de Rastreo (min)						
	1	2,5	5	10	15	20	30
1	1,186	1,036	0,710	0,593	0,649	0,412	0,339
2	0,052	0,018	0,019	0,008	0,005	0,004	0,004
3	1,279	0,874	0,935	0,580	0,125	0,073	0,319
4	1,098	1,429	0,867	0,005	0,005	0,004	0,003
5	1,266	0,010	0,075	0,434	0,005	0,005	0,004
6	1,219	0,577	0,491	0,382	0,005	0,302	0,231
7	1,270	0,020	0,013	0,012	0,083	0,006	0,005
8	0,915	0,011	0,004	0,004	0,003	0,013	0,003
9	1,132	0,676	0,006	0,004	0,004	0,003	0,003
10	1,298	0,577	0,005	0,003	0,003	0,002	0,002
11	0,057	0,024	0,009	0,009	0,007	0,031	0,004
12	0,973	0,010	0,006	0,068	0,743	0,226	0,003

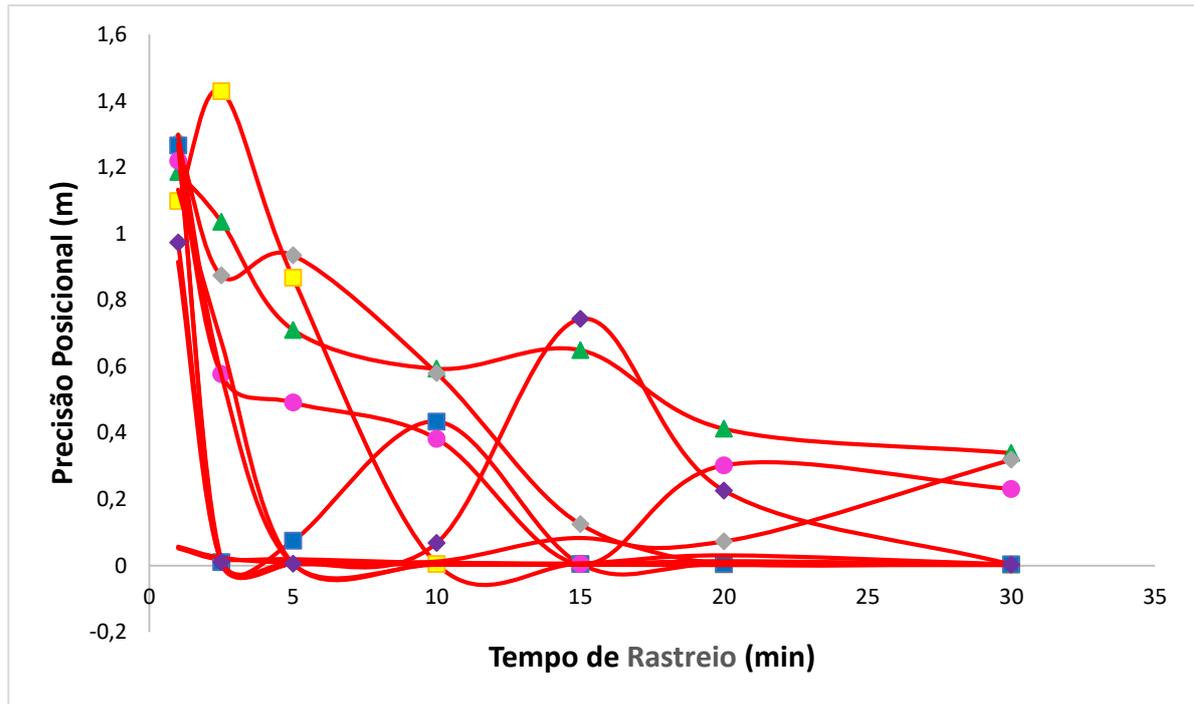


Figura 13 – Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreamento (min) para a cobertura vegetal do tipo eucalipto (—). Em destaque as repetições 1 (▲), 3 (◆), 4 (■), 5 (■), 6 (●) e 12 (◆)

4.2 PROPAGAÇÃO DE SINAL E CONSTELAÇÃO RELATIVAMENTE CONSTANTES

Após análise prévia, em conjunto e separadamente, dos dados referentes as diferentes coberturas vegetais, observa-se uma singularidade nos resultados. Essa diferença se dá devido a possíveis fontes de erro, que podem ser oriundas dos satélites, da propagação dos sinais emitidos pelos satélites e/ou em decorrência ao receptor de sinais utilizado.

Com o objetivo de analisar os erros decorrentes do receptor de sinais utilizado, uma parte do experimento foi realizada de forma que, para diferentes repetições de uma dada cobertura vegetal, a mesma constelação de satélites estivesse a disposição para o receptor, fornecendo desta forma quantidade e qualidade similar de sinais. Assim, duas fontes de erro ficam relativamente constantes em mais de uma repetição, as oriundas dos satélites e as oriundas do meio de propagação das ondas emitidas pelos satélites, considerando uma mesma cobertura vegetal.

Sabe-se que, o período orbital para os satélites de GPS é de 11 horas e 58 minutos. Desta forma, se um receptor coletar os sinais de uma constelação por 30 minutos em um dado dia, no dia seguinte, 4 minutos antes do horário que se iniciou a coleta de dados do dia anterior, iniciada

a coleta de dados, provavelmente o receptor coletará dados da mesma constelação disposta no dia anterior.

Para melhor entendimento da disposição dos dados que serão apresentados para esta parte do trabalho, os horários de coleta dos mesmos, levando em consideração as repetições 7, 8, 9, 10, 11 e 12, para as diferentes coberturas vegetais, estão dispostos na Tabela 5. Nesta tabela, são apresentadas 4 colunas referentes as coberturas vegetais em estudo e, para cada uma destas colunas, outras duas são expostas na forma de blocos. Como pode ser observado, em cada bloco, para uma dada cobertura vegetal, os horários de coleta de uma repetição para outra apresentam um intervalo aproximado de 23 horas e 56 minutos, correspondendo a 2 períodos orbitais. Desta forma, a disposição de satélites para os dados coletados nos tempos indicados, em um mesmo bloco, apresentam grande probabilidade de serem os mesmos.

Tabela 5 – Início do tempo de rastreio em hh:mm:ss, para diferente repetições, considerando diferentes coberturas vegetais

	Tipo de cobertura								
	Campo		Cana		Cerrado		Eucalipto		
	Bloco I	Bloco II	Bloco I	Bloco II	Bloco I	Bloco II	Bloco I	Bloco II	
Repetição	7*	08:58:50		10:17:55		10:57:55		09:40:25	
	8*		13:28:55		12:08:55		11:29:50		12:48:55
	9**	08:54:50		10:13:50		10:53:55		09:35:30	
	10**		13:24:50		12:04:50		11:25:55		12:45:05
	11***	08:50:50		10:09:50		10:49:55		09:30:50	
	12***		13:20:55		12:00:50		11:21:55		12:40:55

*Obtidas dia 20/06/2019; **Obtidas dia 21/06/2019; *** Obtidas dia 22/06/2019.

Considerando os blocos I e II, referente a cobertura vegetal do tipo campo, a Figura 14 foi inserida. A partir desta figura, é possível observar que, a curva referente a repetição de número 11, contida no bloco I, apresenta comportamento divergente do esperado entre os intervalos de 2,5 a 5 minutos. Considerando que a disposição dos satélites e as condições do ambiente seja relativamente constante, o mesmo deveria ocorrer para as curvas referentes as repetições 7 e 9, do mesmo bloco, porém isto não é observado. A divergência apresentada é bem inferior ao limite de 0,5 metros para a precisão posicional esperada, mas há sim essa singularidade. Uma possível explicação para esta diferença no resultado é que o erro deve ser oriundo de algum componente do receptor de sinais utilizado. Com relação as curvas referentes ao bloco II, as mesmas apresentam comportamento dentro do padrão esperado.

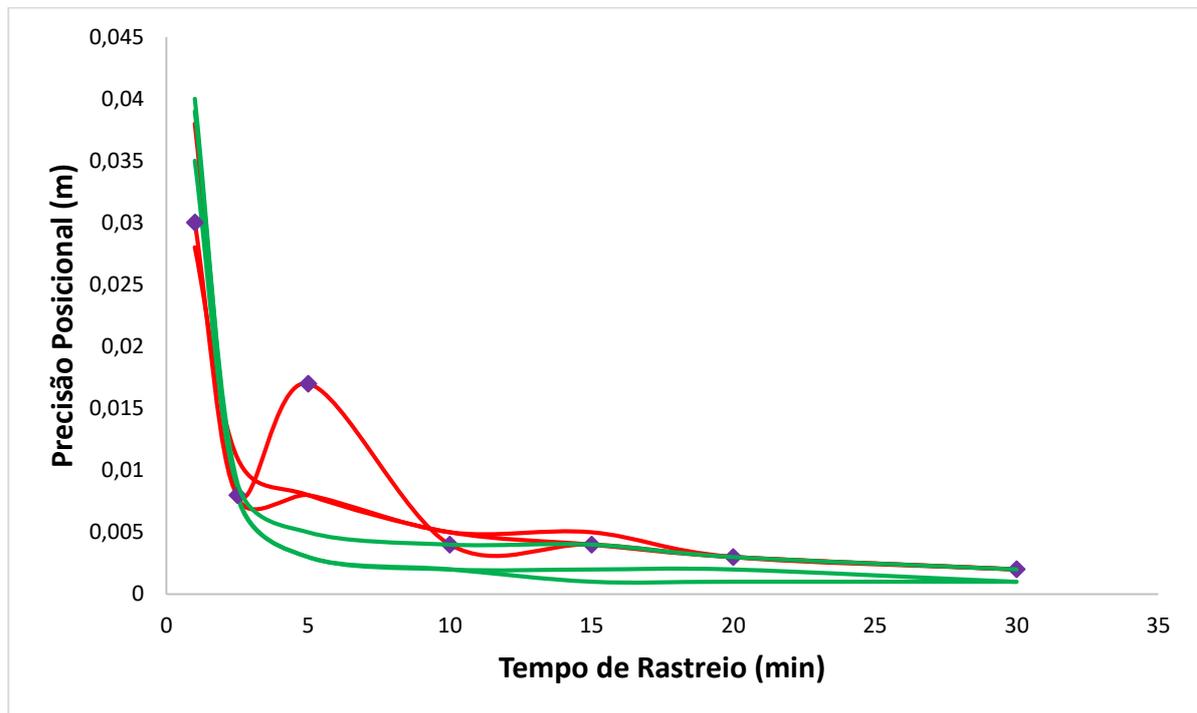


Figura 14 - Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreamento (min), considerando os blocos I (—) e II (—) para a cobertura vegetal do tipo campo. Em destaque a repetição 11 (◆)

Considerando agora os blocos I e II para a cobertura vegetal do tipo cana, a Figura 15, foi inserida. Nesta figura, verifica-se que a curva referente a repetição 8, contida no bloco II, apresenta comportamento divergente ao esperado entre os intervalos de 2,5 a 5 minutos. Considerando que a disposição dos satélites e as condições do ambiente seja relativamente constante, o mesmo deveria ocorrer para as curvas referentes as repetições 10 e 12, do mesmo bloco, porém isto não é observado. A divergência apresentada é bem inferior ao limite de 0,5 metros para a precisão posicional esperada, mas há sim essa singularidade em seu comportamento. Uma possível explicação para esta diferença no resultado é que o erro deve ser oriundo de algum componente do receptor de sinais utilizado. Comparando os resultados das 6 curvas em estudo com os resultados de todas as 12 curvas para esta mesma cobertura vegetal, observa-se que não há aumento no número de curvas com comportamento divergente do esperado. Com relação as curvas referentes ao bloco I, as mesmas apresentam comportamento dentro do padrão esperado.

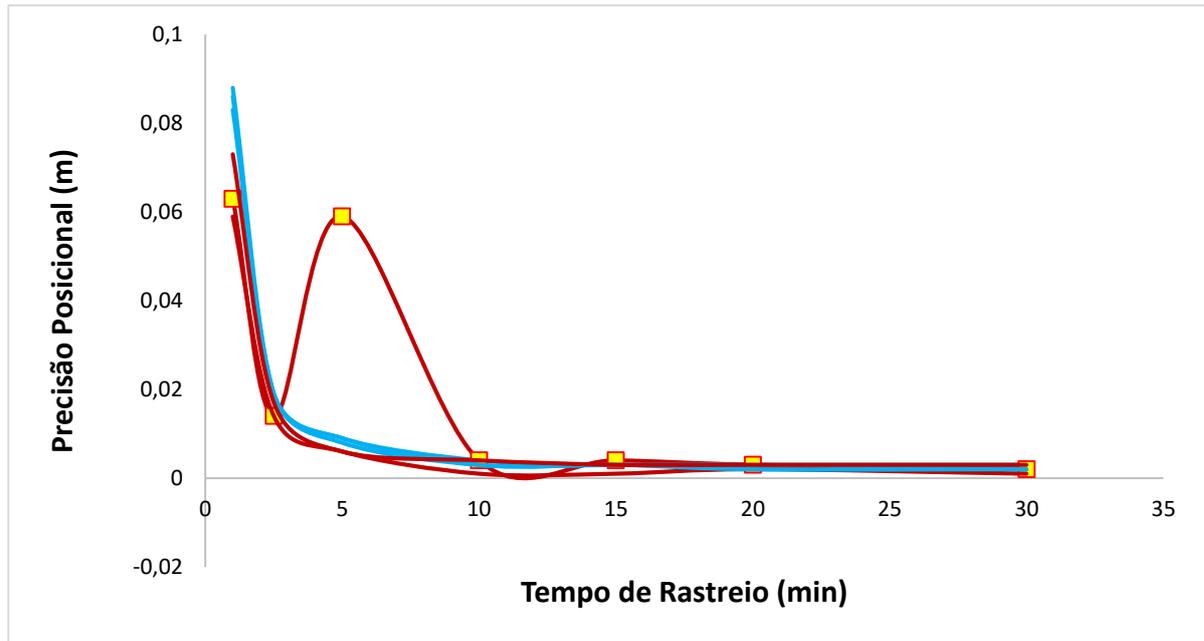


Figura 15 - Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreamento (min), considerando os blocos I (—) e II (—) para a cobertura vegetal do tipo cana. Em destaque a repetição 8 (■)

Para os blocos I e II, referente a cobertura vegetal do tipo cerrado, a Figura 16, foi inserida. A partir da citada figura, observa-se que 2 curvas apresentam comportamento divergente ao esperado, sendo elas as repetições 8 e 9, pertencentes ao bloco II e I, respectivamente. A primeira apresenta esse comportamento entre o intervalo de 2,5 a 10 minutos, e a segunda no intervalo de 2,5 a 5 minutos. Como a disposição de satélites e as condições do ambiente são consideradas constantes, o mesmo comportamento deveria ser observado para as demais repetições pertencentes a estes 2 blocos, porém isto não é constatado nas curvas. A divergência apresentada é inferior a 0,5 metros para a precisão posicional, mas chega a atingir valores próximos a 0,3 metros para a repetição 8. Uma possível explicação para esta diferença no resultado é que o erro pode ser oriundo de algum componente do receptor de sinais utilizado.

Levando em consideração todas as 12 repetições para o tipo de cobertura vegetal cerrado, observada na Figura 12, nota-se 6 curvas que fogem ao padrão esperado, o que corresponde a 50 % dos resultados, e ainda, que duas destas curvas apresentam valores de precisão posicional bem acima do esperado, acima de 2 metros, para o tempo de rastreamento de 5 minutos, sendo que uma dessas duas curvas chegam a marcar 3,5 metros para a precisão posicional, neste intervalo. Agora, analisando as 6 repetições apresentadas na Figura 16, que fazem parte das 12 repetições acima citadas, observa-se somente 2 curvas que fogem ao

esperado, correspondendo a 33 % dos resultados, e ainda, seus valores para precisão posicional, para os 5 minutos de coleta de dados, não ultrapassam 0,5 metros. Assim, é possível notar uma melhora considerável nos resultados.

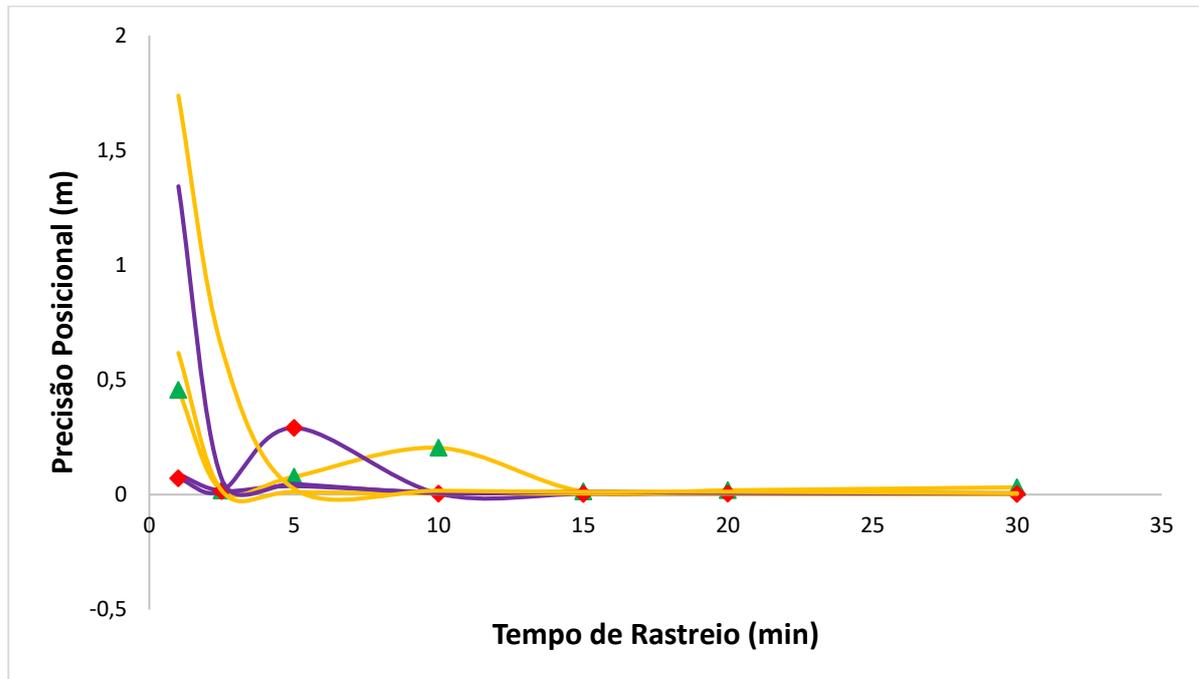


Figura 16 - Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreamento (min), considerando os blocos I (—) e II (—) para a cobertura vegetal do tipo cerrado. Destaque para as repetições 8 (▲) e 9 (◆).

Comparando agora os blocos I e II, referentes a cobertura vegetal do tipo eucalipto, a Figura 17, foi inserida, sendo possível observar que 2 curvas apresentam comportamento divergente ao esperado, sendo elas as repetições 7 e 12, pertencentes aos blocos I e II, respectivamente. Tanto a primeira quanto a segunda apresentam esse comportamento no intervalo de 10 a 15 minutos, porém, a primeira, para o intervalo citado, apresenta precisão posicional acima de 0,5 metros, que é um valor acima do esperado, e a segunda, apresenta um valor, para a presente variável, inferior a 0,1 metros. Mais uma vez, considerando que a disposição dos satélites e as condições ambientais sejam relativamente constantes, o mesmo comportamento deveria ocorrer para as demais repetições dos 2 blocos, porém isto não é observado. Desta forma, uma possível explicação para esta diferença no resultado é que o erro pode ser oriundo de algum componente do receptor de sinais utilizado.

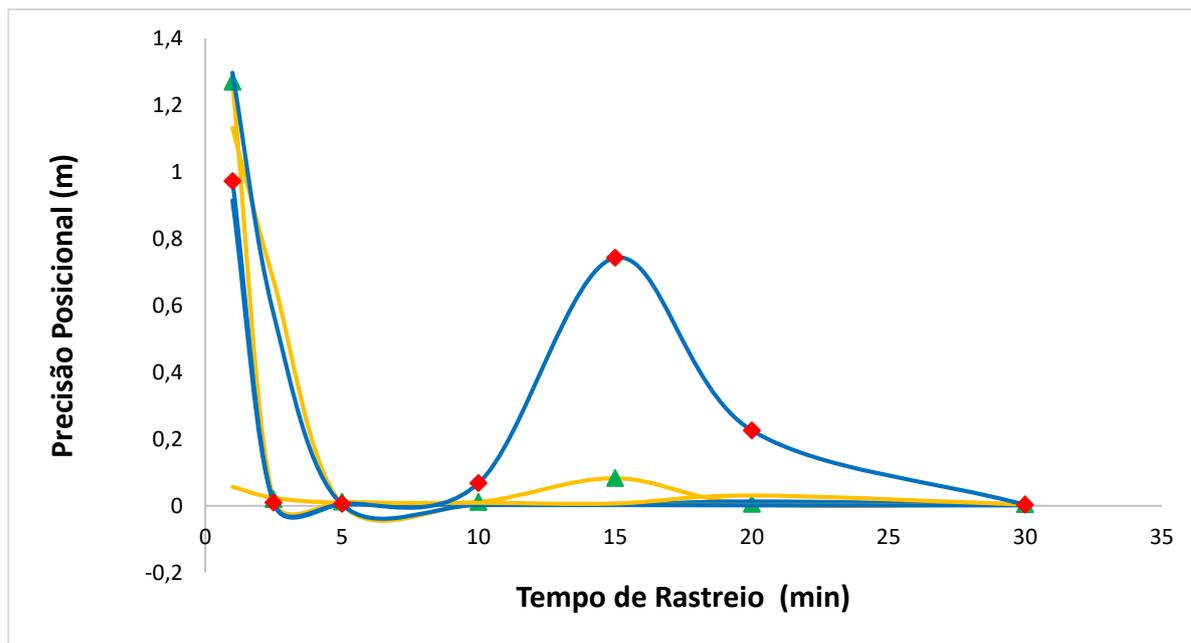


Figura 17 - Curvas de tendência para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreio (min), considerando os blocos I (—) e II (—) para a cobertura vegetal do tipo eucalipto. Destaque para as repetições 7 (▲) e 12 (◆)

4.3 TEMPO DE RASTREIO

Com o objetivo de identificar o tempo necessário de coleta de dados para que o equipamento em estudo apresente resultados para precisão posicional iguais ou menores a 0,5 metros, as medidas de tendência mediana e média aritmética, para a precisão posicional dos dados, foram obtidos e são apresentados na Tabela 6. A partir desses dados, as curvas de tendência foram plotadas e são apresentadas nas Figuras 18 e 19.

Tabela 6 - Valores das medianas e médias aritméticas para a precisão posicional (m) em função do tempo de rastreio (min) e o tipo de cobertura vegetal

Tempo (min)	Medianas (metros)				Médias aritméticas (metros)			
	Campo	Cana	Cerrado	Eucalipto	Campo	Cana	Cerrado	Eucalipto
1	0,040	0,078	0,661	1,159	0,039	0,078	0,948	0,979
2,5	0,009	0,019	0,019	0,301	0,009	0,024	0,623	0,439
5	0,004	0,008	0,042	0,016	0,005	0,013	0,607	0,262
10	0,002	0,004	0,017	0,011	0,003	0,004	0,400	0,175
15	0,003	0,003	0,013	0,005	0,003	0,003	0,186	0,136
20	0,002	0,003	0,012	0,010	0,002	0,003	0,091	0,090
30	0,002	0,002	0,007	0,004	0,002	0,002	0,075	0,077

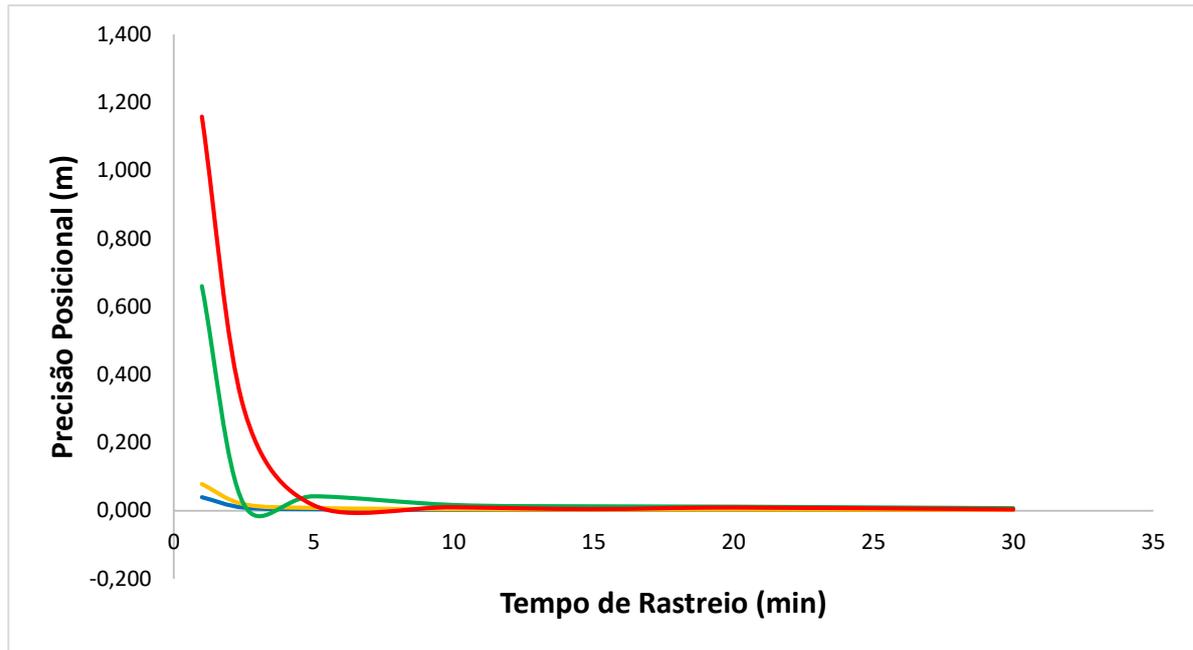


Figura 18 - Curvas de tendência para os valores de mediana da precisão posicional (m) em função do tempo de rastreo (min), considerando os diferentes tipos de cobertura vegetal. Campo (—), cana (—), cerrado (—) e eucalipto (—)

Estatisticamente a mediana é o valor que separa a metade maior e a metade menor de uma população. Dentre suas principais características, apresenta a vantagem de não ser tão influenciada por valores extremamente altos ou baixos, ou seja, os valores extremos de uma população em estudo, não sendo extremamente numerosos, não influenciam diretamente os valores desse tipo de medida.

A partir de cada uma das curvas apresentadas na Figura 18, linhas de tendência potencial, foram obtidas e, por consequência, suas equações e seus valores de coeficiente de determinação (R^2) foram determinados. Esses resultados são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Dados obtidos a partir da linha de tendência potencial, oriundos da medida de tendência mediana, referente a cada tipo de cobertura vegetal.

Medida de tendência	Tipo de cobertura	Equação (Y)	R^2	x (min) para y = 0,5 m	x para y = 0,5 m
Mediana	Campo	$y = 0,0248 x^{-0,902}$	0,908	0,036	2 seg
	Cana	$y = 0,0570 x^{-1,051}$	0,966	0,127	8 seg
	Cerrado	$y = 0,2256 x^{-1,081}$	0,744	0,479	28 seg
	Eucalipto	$y = 0,8093 x^{-1,704}$	0,898	1,327	1 min e 20 seg

Considerando a medida de tendência mediana e os dados apresentados pelas Tabelas 6 e 7 e Figura 18, analisando inicialmente as coberturas vegetais campo e cerrado, ambas apresentam curvas de tendência que, em nenhum momento, atinjam valores para a precisão posicional superiores a 0,5 m. Porém, considerando as equações obtidas a partir dessas curvas, mesmo apresentando valores para coeficiente de determinação superiores a 90 %; os tempos de coleta de dados foram encontrados e, para as duas, esses valores são inferiores a 10 segundos de coleta de dados, o que corresponde a menos de 3 registro pelo aparelho, longe de ser o recomendado por pesquisadores, que é de pelo menos 60 registros.

Já, para a cobertura vegetal do tipo cerrado, verifica-se que o coeficiente de determinação é inferior a 75 %. De forma geral, o coeficiente de determinação deve ser maior do que 80 %, podendo variar de acordo com a área de estudo, porém a partir da curva de tendência obtida para esse tipo de cobertura, a linha de tendência que melhor se adequou aos resultados obtidos foi a potencial, sendo utilizado desta forma no presente trabalho. Assim, a partir da equação obtida pela linha de tendência citada, o tempo de rastreamento necessário é de 28 segundos, o que corresponde a menos do que 6 registros pelo receptor, também longe do recomendado por pesquisadores.

Por fim, verificando os dados obtidos para a medida de tendência mediana, encontrados para o tipo de cobertura vegetal eucalipto, observa-se um coeficiente de determinação próximo a 90 %, indicando que 90 % da variação da precisão posicional (eixo y) é explicada pela linha de tendência encontrada. Desta forma, a partir da equação obtida, são necessários 1 minutos e 20 segundos para que o aparelho forneça dados para a precisão posicional inferiores a 0,5 minutos, o que corresponde a um total de 16 registros pelo aparelho.

Uma possível fonte de erro para obtenção de resultados tão otimistas para o tempo de coleta de dados, considerando as citadas coberturas vegetais, é o software utilizado, Topcon Tools. O citado software possui a característica de valoriza os resultados obtidos, fugindo um pouco da realidade encontra em campo.

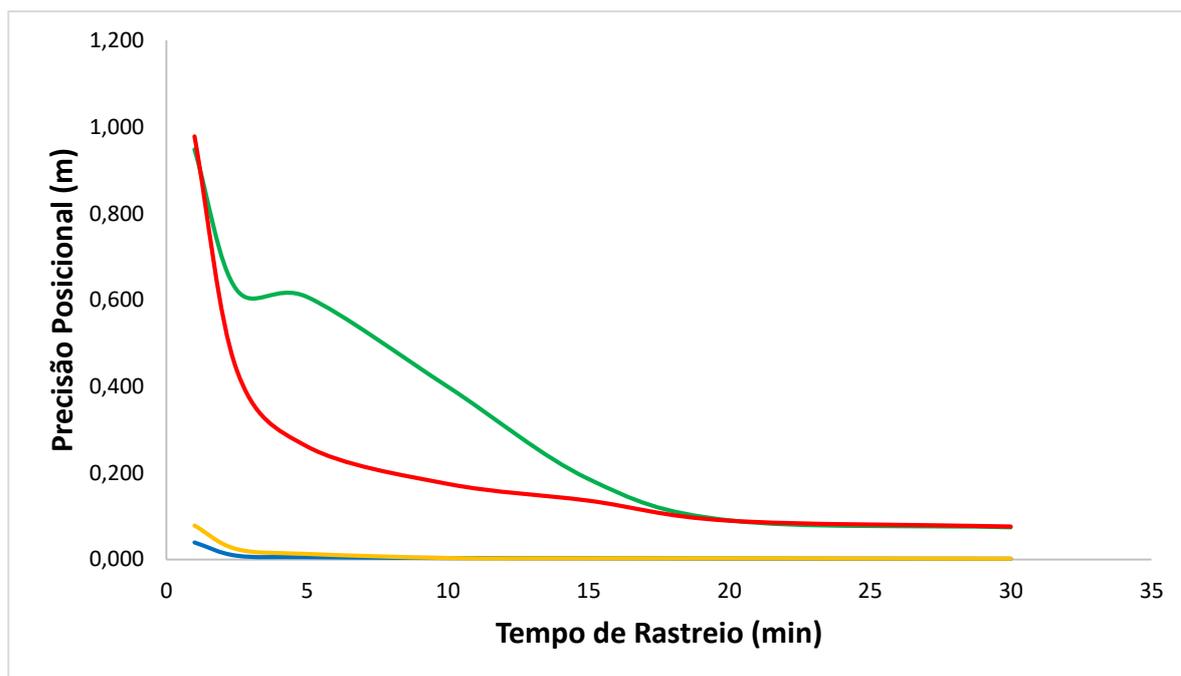


Figura 19 - Curvas de tendência para os valores da média aritmética da precisão posicional (m) em função do tempo de rastreio (min), considerando os diferentes tipos de cobertura vegetal. Campo (—), cana (—), cerrado (—) e eucalipto (—)

Em estatística, a média aritmética é uma medida de tendência onde realiza-se a soma de todos os valores da população em estudo e divide-se o resultado pelo número de indivíduos da população. Uma grande desvantagem desse método é que sofre influência de valores extremos, como por exemplo outliers, caso eles existam.

A partir de cada uma das curvas apresentadas na Figura 19, linhas de tendência potencial, foram obtidas e, por consequência, suas equações e seus valores de coeficiente de determinação (R^2) foram determinados. Esses resultados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Dados obtidos a partir da linha de tendência potencial, oriundos da medida de tendência média aritmética, referente a cada tipo de cobertura vegetal.

Medida de tendência	Tipo de cobertura	Equação (Y)	R^2	x (min) para y = 0,5 m	x para y = 0,5 m
Média	Campo	$y = 0,0273 x^{-0,884}$	0,955	0,037	2 seg
	Cana	$y = 0,0692 x^{-1,107}$	0,973	0,168	10 seg
	Cerrado	$y = 1,3308 x^{-0,762}$	0,855	3,614	3 min e 37 seg
	Eucalipto	$y = 0,9219 x^{-0,741}$	0,993	1,001	1 min

Considerando a medida de tendência média aritmética e os dados apresentados pelas Tabelas 6 e 8 e Figura 19, analisando inicialmente as coberturas vegetais campo e cerrado, ambas apresentam curvas de tendência que, em nenhum momento, atinjam valores para a precisão posicional superiores a 0,5 m. Porém, considerando as equações obtidas a partir dessas curvas, mesmo apresentando valores para coeficiente de determinação superiores a 90 %; os tempos de coleta de dados foram encontrados e, para as duas, esses valores são inferiores a 10 segundos de coleta de dados, o que corresponde a menos de 3 registro pelo aparelho, longe de ser o recomendado por pesquisadores, que é de pelo menos 60 registros.

Analisando dos dados referentes a cobertura vegetal do tipo cerrado, verifica-se que o coeficiente de determinação é superior a 85 % (Tabela 8), valor este maior do que o limite esperado de 80 %, acarretando em uma maior confiabilidade nos dados. Observando a curva de tendência obtida para esse tipo de cobertura, a linha de tendência que melhor se adequou aos resultados obtidos foi a potencial, sendo utilizado desta forma no presente trabalho. Assim, a partir da equação obtida pela linha de tendência citada, o tempo de rastreamento necessário para que a precisão posicional seja menor ou igual a 0,5 m, é de 3 minutos e 28 segundos, o que corresponde a um total de 41 registros pelo receptor.

Por fim, verificando os dados obtidos para a medida de tendência média aritmética, encontrados para o tipo de cobertura vegetal eucalipto, observa-se um coeficiente de determinação próximo a 99 %, indicando que 99 % da variação da precisão posicional (eixo y) é explicada pela linha de tendência encontrada. Desta forma, a partir da equação obtida, são necessários 1 minutos para que o aparelho forneça dados para a precisão posicional inferiores a 0,5 minutos, o que corresponde a um total de 12 registros pelo aparelho.

De uma forma geral, comparando as duas medidas de tendência utilizadas nessa parte do trabalho, inicialmente observando os tipos de cobertura vegetal campo e cana, verifica-se que o comportamento das curvas de tendência para ambas as coberturas (Figuras 18 e 19) apresenta as mesmas características, onde suas precisões posicionais iniciais são bem inferiores a 0,2 m com 1 minuto de coleta de dados, e ainda as curvas para a cobertura campo apresenta valores para a precisão posicional ligeiramente inferiores aos valores para as curvas referentes a cobertura cana, o que era de se esperar, pois aquelas apresentam menor interferência com o meio de propagação de sinal. Porém, nessa parte do trabalho, observando os resultados encontrados a partir das linhas de tendência dispostos nas Tabelas 7 e 8, seus tempos de coleta de dados para que a precisão posicional seja menor ou igual a 0,5 m, para as duas medidas de

tendência utilizadas e as duas coberturas vegetais em questão, parecem não ser condizentes com resultados encontrados por outros pesquisadores que realizaram pesquisas com equipamentos de GPS, observando diferentes coberturas vegetais, onde recomenda-se, pelo menos, 60 registros pelo aparelho.

Comparando agora os resultados para as duas medidas de tendência em estudo, observando as coberturas vegetais cerrado e eucalipto, verifica-se que, para a cobertura vegetal cerrado, a medida de tendência mediana apresenta um menor tempo de rastreamento para que a precisão posicional seja menor ou igual a 0,5 m; o que é diferente para a cobertura vegetal eucalipto, que apresenta a medida de tendência média aritmética com menor tempo de rastreamento para que a precisão posicional em questão chegue a este patamar. Como pode ser observado, dependendo da medida de tendência utilizada, os resultados são divergentes um do outro. Um outro fator que deve ser levado em consideração são os estudos realizados por pesquisadores utilizando equipamentos de GPS com a finalidade de verificar a influência de diferentes coberturas vegetais, no quesito número de registros pelo aparelho. No presente trabalho o número de registros para que a precisão posicional para as coberturas vegetais cerrado e eucalipto, para as duas medidas de tendência em questão não ultrapassem 43 registros para o melhor dos casos.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos a partir dos dados coletados pelo equipamento em estudo possibilitaram separar os resultados de acordo com o tipo de cobertura vegetal, em dois grupos: sem e com cobertura arbórea, confirmando, desta forma, a interferência do dossel na recepção dos sinais emitidos pelos satélites GPS. Os resultados encontrados para a cobertura vegetal campo, que não sofreram influência da cobertura vegetal, apresentam valores para a precisão posicional sempre abaixo de 0,05 m e comportamento ideal para quase todas as curvas de tendência obtidas. Já, para os resultados encontrados com a cobertura vegetal cana, que praticamente não sofreram influência ou sofreram baixa influência da cobertura arbórea, apresentaram valor para a precisão posicional sempre abaixo de 0,1 m e comportamento ideal para quase todas as curvas de tendência obtidas. Devendo ser considerado a presença de um possível outlier. Agora, observando os resultados obtidos para a cobertura vegetal cerrado e eucalipto, que sofrem influência considerável da cobertura, verifica-se valores mais elevados para a precisão posicional podem atingir valores de até 3,5 m para a cobertura vegetal cerrado e 1,4 m para os dados da cobertura vegetal eucalipto. Além do que, a metade as curvas de tendência, para os ambos os casos, apresentam comportamento que fogem da idealidade. Pelo exposto até o momento, o fato das curvas sofrerem um desvio da idealidade parece ser consequência da presença de cobertura vegetal, porém este comportamento também é observado nas amostras com ausência de cobertura arbórea, sendo desta forma que os estudos realizados não são totalmente conclusivos.

Ao considerar as variáveis constelação e propagação de sinal constantes é possível analisar os erros decorrentes ao receptor de sinais utilizado. Para os dados obtidos, considerando as diferentes coberturas vegetais utilizadas, verificou-se a presença do comportamento das linhas de tendência divergente ao esperado para todas as coberturas. Porém, para os dados adquiridos na presença de coberturas vegetais cerrado e eucalipto, observou-se um maior número de anormalidades para as linhas de tendência, sendo possível inferir que esse comportamento é decorrente do equipamento utilizado, mas que pode ser intensificado na presença de extratos arbóreos.

Por fim, analisando os dados encontrados a partir das linhas de tendência oriundas da medida de tendência mediana dos dados, foi possível verificar que o tempo de rastreamento para que a precisão posicional atingisse valores inferiores a 0,5 m, tanto para as coberturas vegetais campo quanto para a cobertura vegetal cana, são muito pequenos, chegando a um tempo

máximo de 8 segundos, correspondendo a somente um registro, quando o recomendado por especialistas e no mínimo 60 registros. O mesmo foi verificado para os dados referentes as coberturas vegetais cerrado e eucalipto, sendo que esta apresenta um maior tempo de rastreo para que precisão posicional chegue a valores aceitáveis. Agora, verificando os dados referentes as linhas de tendência oriundas da medida de tendência média aritmética dos dados, observou-se que o tempo de rastreo para que a precisão posicional atingisse valores aceitáveis para as coberturas vegetais campo e cana, são muito pequenos chegando a um máximo de 2 registros, distante do recomendado por especialistas. O mesmo foi verificado para os dados referentes as coberturas vegetais cerrado e eucalipto, sendo que aquela, apresenta um maior tempo de rastreo para que a precisão posicional alcance valores aceitáveis. Dessa forma, são necessários mais estudos para o presente tema, uma vez que os resultados não foram conclusivos.

Tendo em vista os resultados encontrados até o presente momento, não foi possível encontrar um tempo de rastreo adequado e confiável para que a precisão posicional do equipamento seja menor do que 0,5 m, utilizando as medidas de tendência mediana e média aritmética. Fica então a indagação, será que se utilizarmos outras medidas de tendência encontraremos valores mais adequados para o tempo de coleta de dados? Ou ainda, se utilizarmos os maiores valores de tempo de rastreo para que o aparelho retorne a precisão posicional esperada? Para este último caso, ficamos à mercê de possíveis outlier fornecidos pelo aparelho. Desta forma, são necessários mais estudos para que seja possível obter dados com maior confiabilidade, com relação ao tempo de coleta de dados. Uma outra possível fonte de erro para obtenção de resultados tão otimistas para o tempo de coleta de dados, considerando as citadas coberturas vegetais, é o software utilizado, Topcon Tools. O citado software possui a característica de valorizar os resultados obtidos, fugindo um pouco da realidade encontrada em campo.

Por fim, de uma forma geral, trabalhos desse tipo são de fundamental para o conhecimento de equipamentos disponíveis no mercado, para que corretas atitudes em campo sejam tomadas para um melhor aproveitamento do potencial do aparelho.

6 PERSPECTIVAS

É importante salientar neste ponto, que se utilizou um receptor de GPS que apresenta a característica de coletar informações oriundas somente dos satélites desta constelação, mas que no mercado existem equipamentos de GNSS com a capacidade de coletar informações oriundas de outras constelações como Glonass, Beidou e Galileo, além do GPS, o que acarreta é uma maior precisão para possíveis a serem coletados.

Com relação ao programa utilizado no processamento dos dados, Topcon Tools, é sabido que o referido programas apresenta resultados acima do esperado, ou seja, valoriza os resultados obtidos, fugindo um pouco da realidade. Esse também pode ter sido um dos motivos de se chegar a resultados não conclusivos com relação ao tempo de rastreamento mais adequado para cada tipo de cobertura vegetal.

Tendo em vista esse e outros pontos anteriormente citados, algumas sugestões para possível realizações de trabalhos futuros são especificados:

- A utilização de outros equipamentos que apresentem a mesma finalidade;
- Utilizar diferentes programas para processamento dos dados;
- Analisar diferentes coberturas vegetais ou condições de estudo;
- Utilizar diferentes medidas de tendência para trabalhar os dados;
- Comparar a precisão do equipamento utilizando para isto equipamentos mais precisos;
- A realização de mais repetições.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, fundamentos e aplicações**. 2ª ed. São Paulo. Editora Unesp. 2007. 476 p.
- (2) VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P.L. **Fundamentos de topografia: Engenharia cartografia e de agrimensura**. Universidade Federal do Paraná. 2012.
- (3) PRINA, B. Z.; TRENTIN, R. **Geotecnologias: discussões e análises a respeito da evolução dos sistemas globais de navegação por satélites – GNSS**. Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental. Santa Maria, v.19, n.2, 1258 – 1270 p. mai - ago, 2015.
- (4) PAZ, S. M.; CUGNASCA, C. E. **O sistema de posicionamento global (GPS) e suas aplicações**. Editora EPUSP. 1997.
- (5) SILVA, T. M. L. S. **Análise de erros em receptores GNSS**. 2007. 55 p. Dissertação para obtenção do grau mestre em Engenharia Eletrônica e de Computação. Instituto Superior técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
- (6) – FRANCISCO, J. M. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS Descrição, fundamentos e aplicações**. 1. Ed. Presidente Prudente: Editora UNESP, 2000.
- (8) – Langley, R. B. **Propagation of the GPS signals**, In: KLEUSBERG, A and TEUNISSEN P. GPS for geodesy, Berlin: Verlag, p103-40, 1996.
- (9) – HOFMANN - WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; COLLINS, J. **GPS theory and Practice**, Wien: Spring-Verlag, 5 Ed, 2001, 382p.
- (10) – CARVALHO, G. M.; et all. **Influência do multicaminhamento de sinais dos satélites GNSS e do tempo de rastreamento na precisão do PPP para vértices de limites NTGIR**. Revista Agroambienta, Pouso Alegre, v.10, n.1, mar. 2018.
- (11) – LEICK, A. **GPS Surveying**. 3 ed. Ney Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2004. P.188 – 300.
- (12) – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Manual Técnico de Posicionamento: Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. 1 ed. INCRA, Brasília, 2013. 34 p.

(13) – SIMÕES, D. P.; ALBARICI, F. L.; BORGES, P. A. F. **Análise comparativa das coordenadas no Sistema Geodésico Local e o Sistema Topográfico Local**. Revista Brasileira de Geometria, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 062 – 061, jan/mar, 2017.

(14) – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE – **Recomendações para levantamentos relativos estáticos – GPS**. Abril de 2008.

(15) – Filho, R. A.; et all.; **Exatidão de Posicionamento de um receptor de GPS, operando sob diferentes coberturas vegetais**; Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, n. 2, p. 325-331, 2002.

(16) CALLISCHONN, C.; MATSUOKA, M. T. **Proposta de método de rede GNSS por PPP e análise de confiabilidade**. Boletim de Ciência Geodésica, Curitiba, v. 22, n. 3, p. 453 – 471, jun-set, 2016.

(17) Sigrist, P.; Coppin, P.; Hermy, M. **Impact of forest canopy on quality and accuracy of GPS measurements**. International Journal of Remote Sensing, London, v.20, n.18, p.3595-3610, 1999.

(18) Gilbert, C. **GPS - Performance sob coberturas vegetais**. Fator GIS, Curitiba, v.5, n.18, p.52-53, 1997.

(19) Deckert, C.; Bolstad, P.V. **Forest canopy, terrain, and distance effects on global positioning system point accuracy**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Bethesda, v.62, n.30, p.317-321, 1996.

(20) Disponível em < www.ibge.gov.br > Geociências → Posicionamento Geodésico → Serviços de Posicionamento Geodésico → IBGE-PPP – Serviço online para pós-processamento de dados GNSS.

(21) Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Normas técnicas para Georreferenciamento de Imóveis Rurais** – 3 ed. Ministério do Desenvolvimento Agrário - INCRA, Brasília, 2013. 4p.

8 ANEXOS



Figura 20 - Campo/ testemunha, terreno limpo, sem obstrução. – Utilizou-se a cana em seu estágio de rebrota, estando no máximo a 40 cm de altura



Figura 21 - Cana, o corredor onde foi instalado o aparelho apresenta largura média de 1,8 m e a altura média da cultura neste ponto é de 3,00 m



Figura 22 - Cerrado/ mata de cerrado fechada – apresentando árvores esparsas com caules retorcidos



Figura 23 - Eucalipto/ antes do primeiro corte com espaçamento aproximado de 4,00 m entre linhas e 2,00 m entre plantas na mesma linha. A cultura apresenta diâmetro médio na altura do peito de 21 cm