

1 Introdução

O GPS (“Global Positioning System”) [1], [5], [6] tem sido utilizado com sucesso em um grande número de aplicações de posicionamento. Brevemente, será utilizado em diversas aplicações aeronáuticas, entre as quais se encontram a radionavegação no espaço aéreo cada vez mais congestionado e na aproximação de aeroportos. Para atender aos requisitos de acurácia, integridade e disponibilidade exigidos por algumas dessas novas aplicações, o GPS precisa ser ampliado. Isto é feito integrando-se ao o GPS o SBAS (“Space Based Augmentation System”), composto de uma rede de estações de referência, estações mestras, estações terrenas de telecomunicações por satélite e de satélites geo-estacionários.

O SBAS deverá corrigir os diversos erros existentes no posicionamento fornecido pelo GPS em operação isolada, entre os quais se encontram aqueles causados pela propagação dos sinais na troposfera e na ionosfera terrestres. Em particular, foi adotado um modelo seccionalmente linear para o retardo causado nos sinais do satélite GPS que se propagam através da ionosfera. Este modelo é adequado para regiões de latitudes intermediárias, nas quais a ionosfera é relativamente suave (isto é, sua densidade eletrônica, que caracteriza o índice de refração do meio, depende, essencialmente, da altitude). Como as estações de referência têm posições conhecidas na superfície da Terra, podem ser utilizadas nas medidas dos erros de localização produzidos pelo GPS. As informações de erro produzidas pelas estações de referência são processadas pelas estações mestras, sendo o resultado transmitido sucessivamente para as estações terrenas de telecomunicação por satélite, para os satélites geo-estacionários e para as aeronaves e demais usuários. De posse das informações de posicionamento obtidas diretamente do GPS e de erro obtidas do SBAS, as aeronaves podem, em princípio, determinar suas posições com precisão elevada.

A ionosfera de baixas latitudes tem características que poderiam causar problemas à operação do SBAS [2], [3], [4]. Entre elas se encontra a anomalia equatorial, cuja densidade eletrônica pode apresentar intensos gradientes horizontais (e, portanto, no índice de refração do meio). Estes gradientes podem

ser intensos o suficiente para introduzir erros nas previsões resultantes do modelo seccionalmente linear dos retardos causado nos sinais do satélite GPS que se propagam através da ionosfera e são recebidos pelas estações de referência. Estes erros podem ser particularmente significativos se as mesmas estiverem razoavelmente espaçadas. Devem, portanto, ser estudados detalhadamente, com base tanto no modelo seccionalmente linear quanto em modelos de ordens superiores, antes do dimensionamento do SBAS, que envolve a determinação do número de estações de referência e suas localizações sobre o território brasileiro.

O objetivo desta dissertação é o desenvolvimento e a implementação de um modelo baseado na técnica de simulação que represente as características relevantes da operação do GPS e do SBAS na presença da ionosfera de baixas latitudes. Este modelo inclui a representação seccionalmente linear para os retardos causados nos sinais do satélite GPS que se propagam através da ionosfera. Serão apresentados, ainda, os estudos de erros de posicionamento resultantes do modelo seccionalmente linear.

O Capítulo 2 apresenta uma breve descrição da ionosfera, seus principais aspectos, características e particularidades, assim como alguns efeitos sobre as ondas eletromagnéticas que se propagam neste meio.

O Capítulo 3 descreve o GPS e o SBAS, retratando de forma resumida as características de cada sistema.

Os aspectos relevantes dos sistemas e os modelos (orbital para a constelação GPS, do SBAS e ionosférico) utilizados no desenvolvimento do programa de simulação são apresentados no Capítulo 4.

O Capítulo 5 apresenta e interpreta os resultados correspondentes aos diversos casos simulados (erros ionosféricos, erros de posicionamento e outros).

Finalmente, o Capítulo 6 apresenta as principais conclusões do trabalho, assim como sugestões para estudos adicionais.