

RELATÓRIO TÉCNICO

Análise dos Dados da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos
Sistemas GNSS – 1996 a 2000

Rio de Janeiro
2011

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
Diretoria de Geociências
Coordenação de Geodésia

Relatório Técnico

Análise dos Dados da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos
Sistemas GNSS – 1996 a 2000

Rio de Janeiro
2011

Palavras-chave: RBMC. Redes Geodésicas. Métodos geodésicos. Tecnologia GNSS. GPS.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	1
1 INTRODUÇÃO	3
1.1 Descrição geral.....	3
1.2 Objetivo.....	4
2 CONCEITOS BASICOS DA RBMC	4
2.1 Histórico e início da implantação da RBMC.....	5
2.2 Partes componentes da RBMC.....	11
2.3 Centro de Controle da RBMC.....	11
2.4 Partes componentes de uma estação.....	12
2.5 Esquema de funcionamento da RBMC.....	13
3 ANÁLISE DA QUALIDADE DOS DADOS DA RBMC	14
3.1 Arquivos de dados avaliados.....	16
3.2 Análise dos dados da estação BOMJ.....	17
3.3 Análise dos dados da estação BRAZ.....	23
3.4 Análise dos dados da estação CRAT.....	27
3.5 Análise dos dados da estação CUIB.....	31
3.6 Análise dos dados da estação FORT.....	35
3.7 Análise dos dados da estação IMPZ.....	40
3.8 Análise dos dados da estação MANA.....	44
3.9 Análise dos dados da estação NEIA.....	48
3.10 Análise dos dados da estação PARA.....	52
3.11 Análise dos dados da estação POAL.....	56
3.12 Análise dos dados da estação RECF.....	60

3.13 Análise dos dados da estação SALV	64
3.14 Análise dos dados da estação UBAT	68
3.15 Análise dos dados da estação UEPP	72
3.16 Análise dos dados da estação VICO	76
4 CONCLUSÕES	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição das estações da RBMC instaladas até o final de 1996.....	6
Figura 2 – Distribuição das estações da RBMC instaladas até o final de 1997.....	7
Figura 3 – Distribuição das estações da RBMC instaladas até o final de 1998.....	8
Figura 4 – Distribuição das estações da RBMC instaladas até o final de 1999.....	9
Figura 5 – Distribuição das estações da RBMC instaladas até o final de 2000.....	10
Figura 6 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação BOMJ.	19
Figura 7 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação BOMJ.....	19
Figura 8 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação BOMJ.....	20
Figura 9 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação BOMJ.....	20
Figura 10 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação BOMJ.	21
Figura 11 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação BOMJ.....	22
Figura 12 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação BOMJ.....	23
Figura 13 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação BRAZ.....	24

Figura 14 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação BRAZ.	24
Figura 15 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação BRAZ.	25
Figura 16 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação BRAZ.	25
Figura 17 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação BRAZ.	26
Figura 18 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação BRAZ.	26
Figura 19 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação BRAZ.	27
Figura 20 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação CRAT.	28
Figura 21 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação CRAT.	28
Figura 22 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação CRAT.	29
Figura 23 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação CRAT.	29
Figura 24 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação CRAT.	30
Figura 25 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação CRAT.	30

Figura 26 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação CRAT.....	31
Figura 27 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação CUIB.....	32
Figura 28 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação CUIB.	32
Figura 29 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação CUIB.	33
Figura 30 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação CUIB.	33
Figura 31 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação CUIB.....	34
Figura 32 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação CUIB.....	34
Figura 33 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação CUIB.	35
Figura 34 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação FORT.....	36
Figura 35 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação FORT.	37
Figura 36 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação FORT.	37
Figura 37 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação FORT.	38

Figura 38 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação FORT.....	38
Figura 39 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação FORT.	39
Figura 40 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação FORT.	39
Figura 41 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação IMPZ.....	40
Figura 42 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação IMPZ.	41
Figura 43 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação IMPZ.	41
Figura 44 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação IMPZ.	42
Figura 45 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação IMPZ.....	42
Figura 46 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação IMPZ.....	43
Figura 47 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação IMPZ.	43
Figura 48 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação MANA.....	44
Figura 49 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação MANA.	45

Figura 50 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação MANA.	45
Figura 51 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação MANA.	46
Figura 52 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação MANA.	46
Figura 53 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação MANA.	47
Figura 54 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação MANA.	47
Figura 55 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação NEIA.	48
Figura 56 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação NEIA.	49
Figura 57 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação NEIA.	49
Figura 58 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação NEIA.	50
Figura 59 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação NEIA.	50
Figura 60 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação NEIA.	51
Figura 61 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação NEIA.	51

Figura 62 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação PARA.....	52
Figura 63 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação PARA.....	53
Figura 64 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação PARA.....	53
Figura 65 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação PARA.....	54
Figura 66 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação PARA.....	54
Figura 67 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação PARA.....	55
Figura 68 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação PARA.....	55
Figura 69 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação POAL.....	56
Figura 70 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação POAL.....	57
Figura 71 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação POAL.....	57
Figura 72 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação POAL.....	58
Figura 73 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação POAL.....	58

Figura 74 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação POAL.....	59
Figura 75 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação POAL.....	59
Figura 76 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação RECF.....	60
Figura 77 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação RECF.	61
Figura 78 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação RECF.	61
Figura 79 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação RECF.	62
Figura 80 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação RECF.....	62
Figura 81 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação RECF.	63
Figura 82 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação RECF.	63
Figura 83 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação SALV.....	64
Figura 84 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação SALV.	65
Figura 85 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação SALV.	65

Figura 86 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação SALV.	66
Figura 87 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação SALV.....	66
Figura 88 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação SALV.....	67
Figura 89 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação SALV.	67
Figura 90 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação UBAT.	68
Figura 91 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação UBAT.....	69
Figura 92 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação UBAT.....	69
Figura 93 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação UBAT.	70
Figura 94 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação UBAT.	70
Figura 95 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação UBAT.....	71
Figura 96 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação UBAT.....	71
Figura 97 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação UEPP.....	73

Figura 98 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação UEPP.	73
Figura 99 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação UEPP.	74
Figura 100 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação UEPP.	74
Figura 101 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação UEPP.	75
Figura 102 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação UEPP.	75
Figura 103 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação UEPP.	76
Figura 104 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação VICO.	77
Figura 105 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação VICO.	77
Figura 106 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação VICO.	78
Figura 107 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação VICO.	78
Figura 108 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação VICO.	79
Figura 109 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação VICO.	79

Figura 110 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação VICO.....	80
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cronograma de instalação das estações da RBMC até o final de 2000.5

Tabela 2 - Quantitativo dos arquivos que passaram pela análise de qualidade17

APRESENTAÇÃO

A RBMC, Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (Sistemas de Navegação Global por Satélites, como o norte-americano GPS – Sistema de Posicionamento Global, e o russo GLONASS), é composta de estações cujas informações permitem calcular as coordenadas (latitude, longitude e altitude elipsoidal, esta última referente ao modelo geométrico que representa a forma da Terra) mais precisas do país, podendo fornecer a qualquer usuário localizações com precisão de milímetros. Pode ser utilizada tanto para apoiar o projeto, construção e monitoramento de grandes obras de engenharia, como estradas, pontes e barragens, quanto na demarcação de terras indígenas, quilombolas e áreas de proteção ambiental, entre outros, além de auxiliar no monitoramento de veículos.

Neste documento estão disponíveis indicadores e análises que permitem avaliar a qualidade dos dados e verificar o desempenho do funcionamento das estações existentes no período de 1996 a 2000. Tendo em vista o grande número de aplicações em que a RBMC é empregada, torna-se importante fornecer tais informações de forma que seja possível aos seus usuários avaliar o funcionamento da rede e empregar tais informações no planejamento de suas atividades

Em 1996, o IBGE iniciou a implantação e operação da RBMC, a primeira deste tipo na América do Sul, com a instalação das estações de Curitiba (PR) e Presidente Prudente (SP), e a integração das estações de Fortaleza (CE) e Brasília (DF). As estações da RBMC recebem os sinais de satélites artificiais com alta precisão, ajudando, através da interconexão com redes de outros países e continentes, a melhorar a qualidade dos sistemas envolvidos (sistemas de referência, sistemas de satélites, sistemas de usuários, entre outros). A RBMC contava com 15 estações no final do ano 2000. Atualmente são 85 estações em operação, seis em fase de conclusão de instalação e testes e duas em fase de projeto e instalação.

As informações coletadas diariamente pela RBMC permitem o cálculo das coordenadas de diversos pontos do território nacional. No caso de terremotos, como os ocorridos no ano passado no Chile e em março deste ano no Japão, por exemplo, foi possível detectar deslocamentos de até três metros através de estações similares

espalhadas nestes países e seus vizinhos. A RBMC é ainda o elo entre o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e redes internacionais similares. Com a crescente utilização das técnicas de posicionamento baseadas nos Sistemas de Navegação Global por Satélites, seu papel é cada vez mais relevante na definição da ocupação do solo.

Os dados e relatórios de todas as estações podem ser acessados pela página www.ibge.gov.br/home/geociencias/download/tela_inicial.php?tipo=8 e no servidor de FTP <ftp://geofp.ibge.gov.br/RBMC/>. Estes dados são organizados em arquivos de observações diárias, sempre referentes ao dia imediatamente anterior. É possível ainda receber informações seguindo o twitter @IBGE_RBMC.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Descrição geral

Com o surgimento e a popularização do Sistema de Posicionamento Global (GPS) entre as décadas de 80 e 90, muitas instituições iniciaram sua utilização em atividades geodésicas. Acompanhando esta tendência no ano de 1991 o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) iniciou o emprego do GPS em suas atividades de levantamento geodésico. Na época para se obter resultados com qualidade geodésica era necessário a aplicação do posicionamento relativo. Este método de posicionamento requer que sejam realizadas observações em um ou mais marcos de coordenadas conhecidas, que servirão como estações de referência. Desta maneira sempre que um novo levantamento era executado também era necessário realizar observações em outros marcos com coordenadas conhecidas de forma simultânea. Isto causava um inconveniente, pois um ou mais equipamentos eram imobilizados para servirem como estações de referência.

Para sanar este tipo de problema foi desenvolvido o conceito de SCA (Sistema de Controle Ativo), que na realidade é uma rede de estações de referência que coletam e armazenam observações GPS de maneira contínua. A primeira rede deste tipo foi o *Canadian Active Control System* (CACS, <http://www.geod.nrcan.gc.ca>, visitado em 07 de junho de 2011).

No Brasil, em 1991, a Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), iniciou as discussões e o desenvolvimento do projeto para estabelecimento da RBMC, denominada na época como Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS, que é a rede de monitoramento contínuo mais importante do país. No final do ano de 1996 o IBGE começou a implantar esta rede. As estações da RBMC são equipadas com receptores GPS de dupla frequência que coletam continuamente as observáveis GPS, sendo esta rede, a principal ligação com redes internacionais e com os sistemas de referência adotados globalmente.

Tendo em vista o grande número de aplicações em que a RBMC é empregada, torna-se importante fornecer indicadores de qualidade de seus dados de forma que seja possível avaliar seu funcionamento e permita aos seus usuários empregar tais informações no planejamento de suas atividades.

1.2 Objetivo

Este documento tem como objetivo apresentar uma análise de qualidade dos arquivos de dados das observações GPS produzidos entre os anos de 1996 e 2000 pelas estações da RBMC. Para subsidiar esta análise são apresentados gráficos com indicadores de qualidade destes dados. Também serão apresentadas informações relevantes sobre a implantação e funcionamento da RBMC, como equipamentos, estruturas e configurações empregadas.

2 CONCEITOS BASICOS DA RBMC

Como já mencionado anteriormente, a RBMC utiliza o conceito de um SCA. Isso quer dizer que usuários interessados em realizar levantamentos com o GPS, utilizando o método de posicionamento relativo, não necessitam ocupar as estações de referência, apenas as estações a determinar. Seus dados podem ser utilizados por qualquer usuário do SGB (Sistema Geodésico Brasileiro).

Como este documento aborda a análise dos dados da RBMC coletados entre os anos 1996 e 2000, somente serão abordados os conceitos e definições empregados neste período.

2.1 Histórico e início da implantação da RBMC

No final do ano de 1996 foram instaladas as estações de Curitiba/PR (PARA) e Presidente Prudente/SP (UEPP). Nesta época já existiam no Brasil outras duas estações em funcionamento, sendo elas: Fortaleza/CE (FORT); e Brasília/DF (BRAZ). Estas estações foram implantadas e eram mantidas por outras instituições internacionais. Contudo, estas estações foram integradas ao conjunto das estações da RBMC e seus dados armazenados e distribuídos aos usuários. A distribuição das estações em operação até o final do ano de 1996 está disposta na Figura 1. No ano seguinte (1997) foram instaladas as estações de Bom Jesus da Lapa/BA (BOMJ), Manaus/AM (MANA), Viçosa/MG (VICO), Cuiabá/MT (CUIB) e Imperatriz/MA (IMPZ), totalizando 9 estações em operação (Figura 2). A rede completou 10 estações (Figura 3) no ano de 1998 com a instalação da estação de Porto Alegre/RS (POAL).

As estações de Salvador/BA (SALV), Recife/PE (RECF), Cananéia/SP (NEIA) e Ubatuba/SP (UBAT) foram instaladas em 1999, quando a RBMC passou a contar com 14 estações (Figura 4). Com a instalação da estação de Crato/CE, a RBMC atingiu 15 estações em operação no ano de 2000.

Na Tabela 1 está apresentado um cronograma de instalação das estações que formavam a RBMC até o final do ano de 2000.

Tabela 1: Cronograma de instalação das estações da RBMC até o final de 2000.

Estação	Código	UF	Instalação
Fortaleza (IGS)	FORT	CE	13/05/1993
Brasília (IGS)	BRAZ	DF	26/05/1995
Curitiba	PARA	PR	13/12/1996
Pres. Prudente	UEPP	SP	18/12/1996
Bom Jesus da Lapa	BOMJ	BA	18/02/1997
Manaus	MANA	AM	29/04/1997
Viçosa	VICO	MG	20/05/1997
Cuiabá	CUIB	MT	18/06/1997
Imperatriz	IMPZ	MA	16/02/1997
Porto Alegre	POAL	RS	28/10/1998
Salvador	SALV	BA	20/05/1999
Recife	RECF	PB	07/06/1999
Cananéia	NEIA	SP	21/08/1999
Ubatuba	UBAT	SP	21/08/1999
Crato	CRAT	CE	05/08/2000

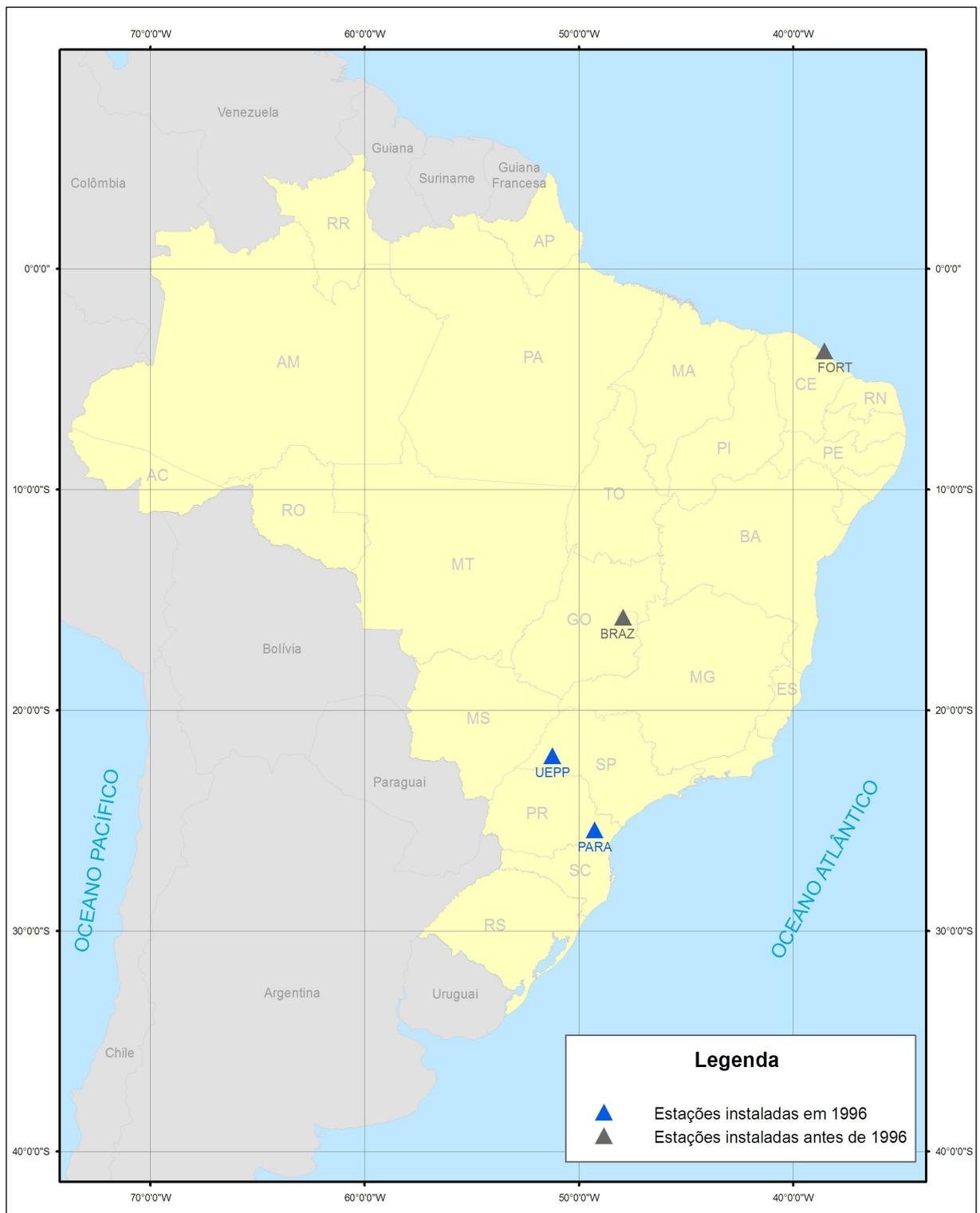


Figura 1 – Distribuição das estações da RBMC instaladas até o final de 1996.

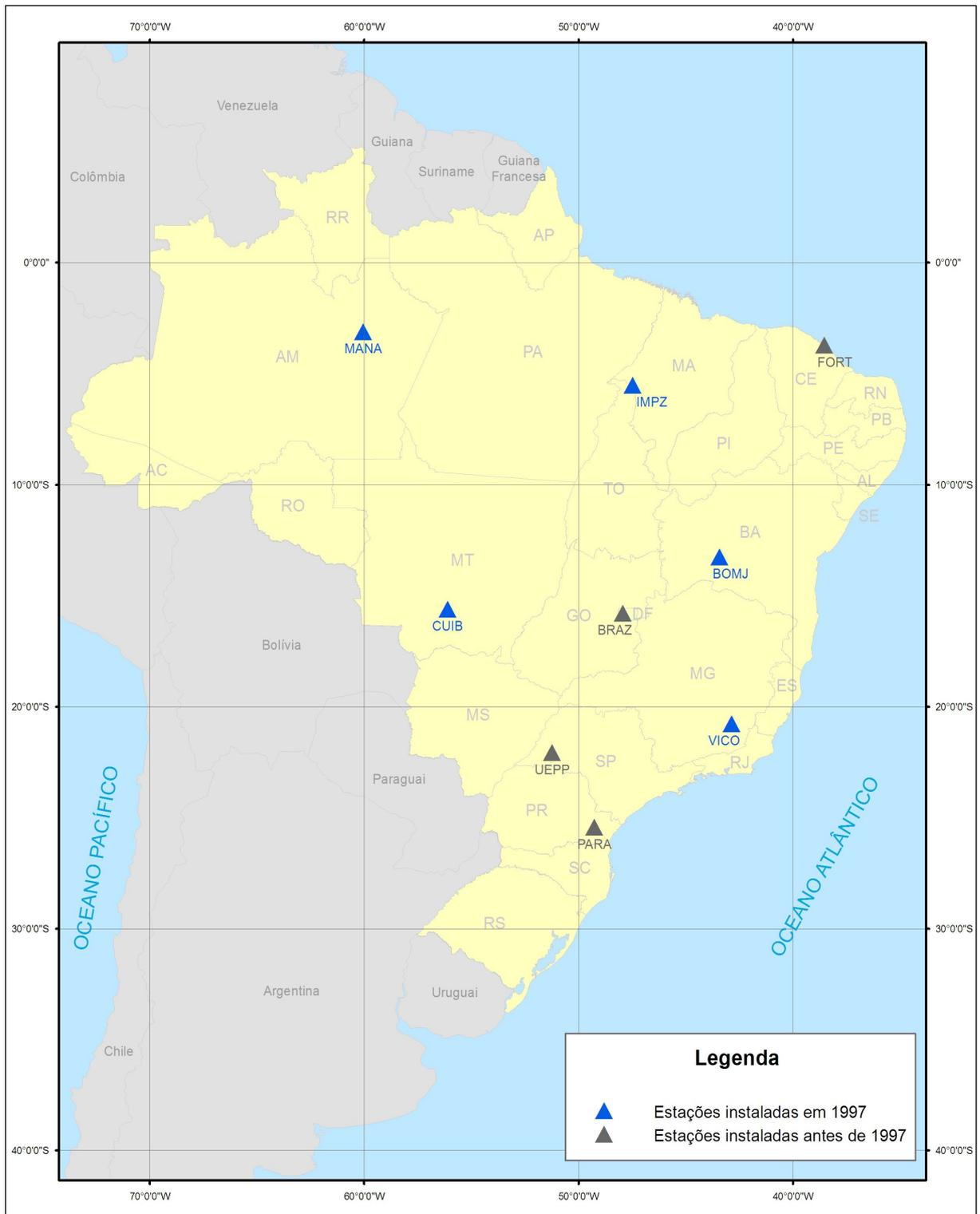


Figura 2 – Distribuição das estações da RBMC instaladas até o final de 1997.

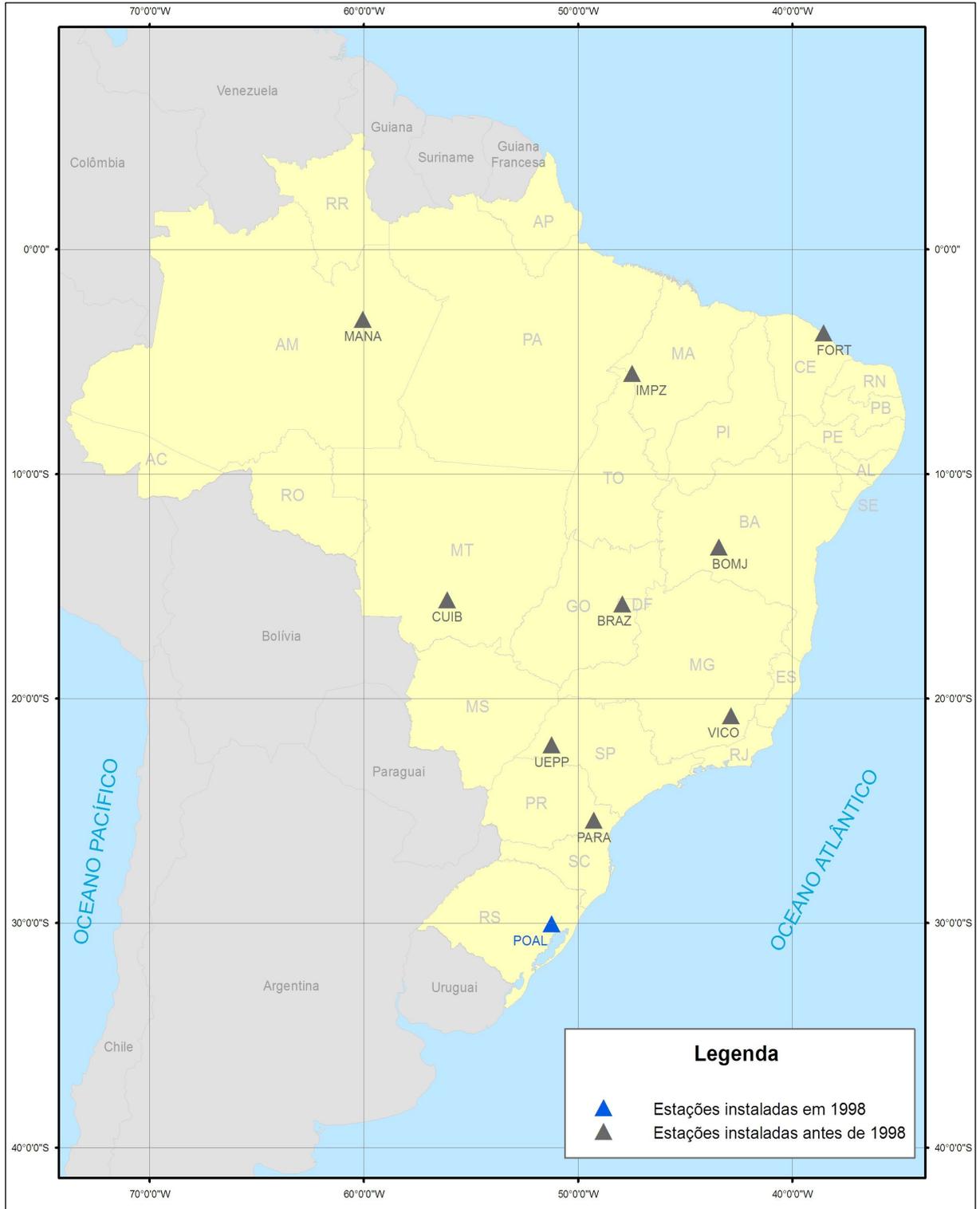


Figura 3 – Distribuição das estações da RBMC instaladas até o final de 1998.

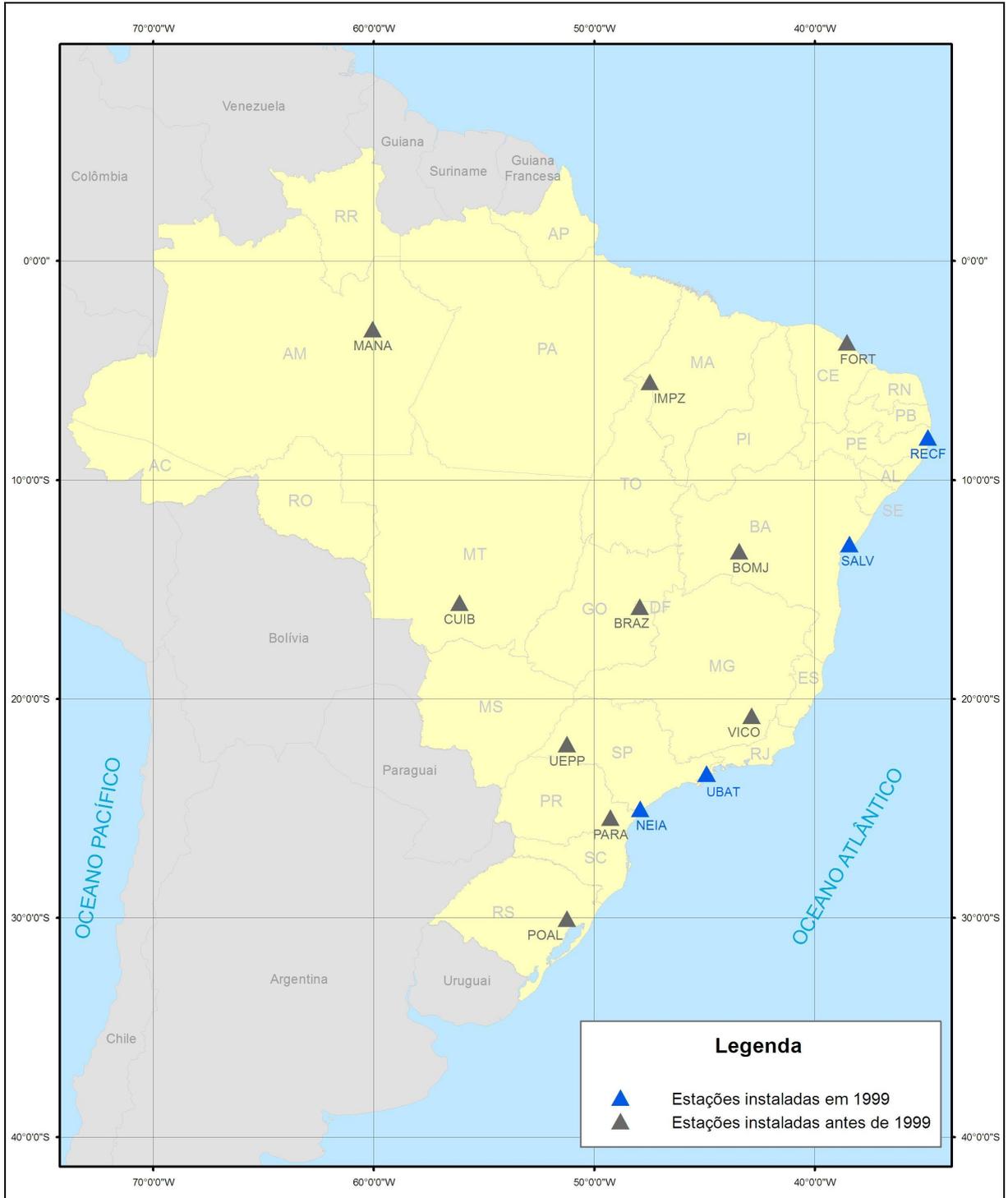


Figura 4 – Distribuição das estações da RBMC instaladas até o final de 1999.

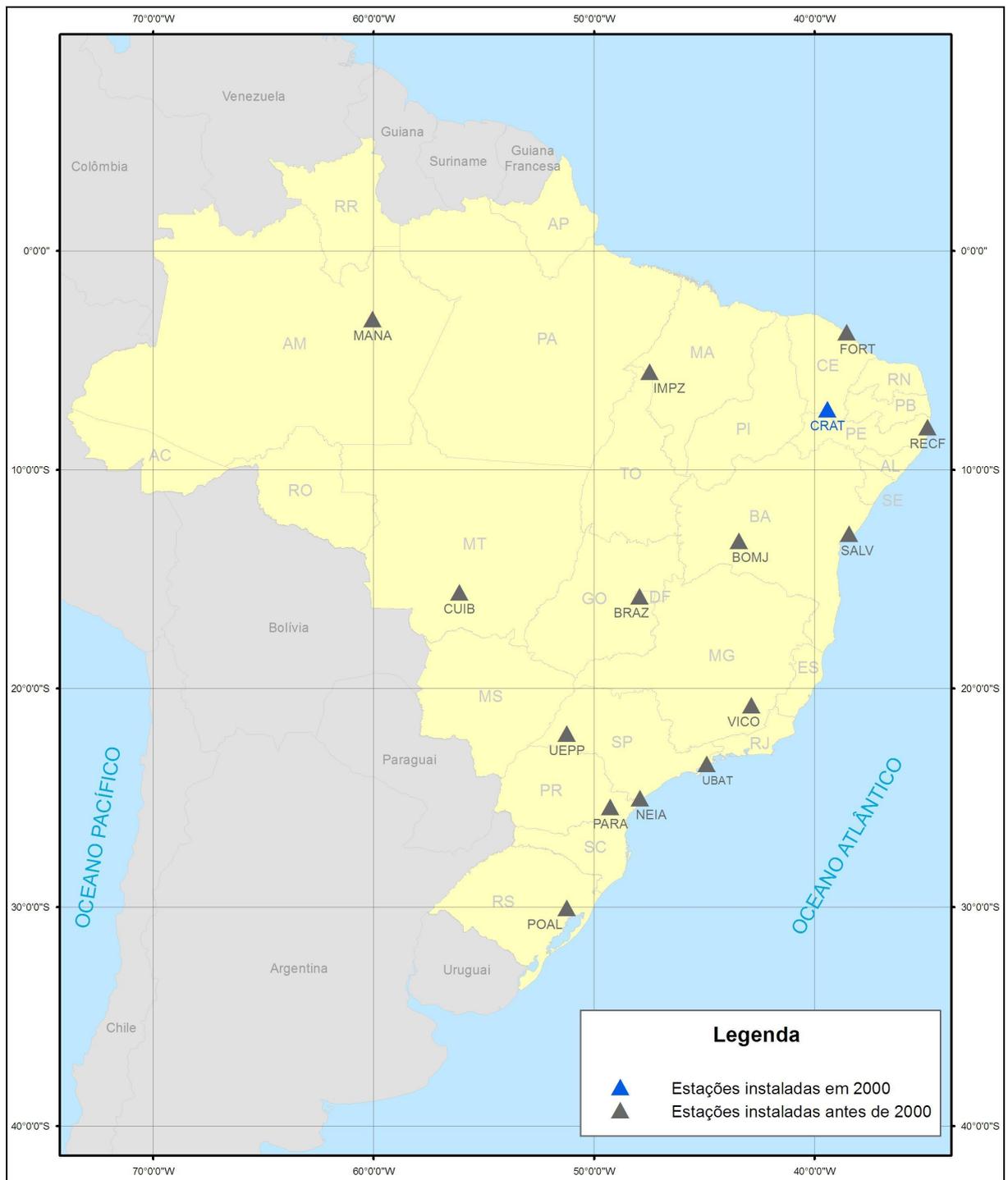


Figura 5 – Distribuição das estações da RBMC instaladas até o final de 2000.

2.2 Partes componentes da RBMC

De forma geral a RBMC pode ser dividida em duas partes sendo a primeira composta pelas estações e a segunda pelo Centro de Controle da RBMC (CCRBMC) localizado na Diretoria de Geociências do IBGE na cidade do Rio de Janeiro/RJ. Cada qual possui estruturas e desenvolvem atividades específicas na operação da RBMC.

2.3 Centro de Controle da RBMC

O CCRBMC é composto por equipamentos, estruturas e sistemas de comunicação que permitem a operação da RBMC. Entre as atividades do CCRBMC, destacam-se:

- a) responsabilizar-se pela operação das estações, remotamente, em caráter permanente;
- b) executar a verificação da qualidade dos dados antes de disponibilizá-los para os usuários;
- c) disponibilizar os dados e outras informações das estações para os usuários;
- d) atualizar o relatório das estações da RBMC quando houver qualquer modificação no equipamento ou marco e informar aos usuários sobre esta alteração;
- e) informar qualquer problema operacional (condições anormais) relacionado com as estações, como por exemplo, interrupções de dados devido a problemas de equipamentos ou infra-estrutura; e
- f) acompanhar, através de visitas técnicas, as condições de instalação e operação das estações.

2.4 Partes componentes de uma estação

As partes (equipamentos e estruturas) que compõem as estações da RBMC seguem as seguintes especificações:

- pilar: monumento (estrutura) ou marco onde está instalado um dispositivo de centragem forçada que materializa o ponto com as coordenadas geodésicas de alta precisão, da estação;
- antena: para recepção dos sinais GPS, e instalada no dispositivo de centragem forçada;
- receptor geodésico: de dupla frequência de sinais GPS, dotado de pelo menos 09 canais para observação independente da fase das onda portadoras L1 e L2 (ciclo inteiro), código P e C/A em L1 e P em L2; com memória suficiente para armazenar dados de uma semana de observação;
- microcomputador: para gerenciamento do receptor, transferência dos dados do receptor para o disco rígido e primeiro tratamento dos dados;
- sistema nobreak: com autonomia de no mínimo 110 minutos, para um consumo de 250w/h;
- filtro de linha: com proteção para telefone (para estações onde a transferência dos dados for por linha discada); e
- sistema de comunicação: com acesso internet ou linha discada para gerenciamento da estação e transferência dos dados; e
- sala: local seguro e protegido, com acesso controlado e ambiente climatizado por aparelho de ar-condicionado (compatível com as dimensões da sala), onde eram instalados o receptor e o microcomputador da estação.

2.5 Esquema de funcionamento da RBMC

A operação da RBMC é realizada através de tarefas sistemáticas, onde a coleta de observações GPS é executada durante 24 horas por dia, todos os dias do ano. Os procedimentos, necessários à disponibilização dos dados aos usuários são executados no dia seguinte ao da observação, nas próprias estações e no CCRBMC. Apenas o controle remoto das estações não é realizado de maneira sistemática. Essa tarefa é realizada por operadores, que podem acessar o receptor da estação desejada, para executar diversas operações, tais como verificação das condições do rastreo, modificação dos parâmetros de observação, entre outras.

Estas tarefas mencionadas acima estão baseadas no uso de comunicações de dados via linha telefônica discada e modem de alto desempenho, ou internet. Para realização desse tipo de trabalho utiliza-se o software de comunicação e gerenciamento remoto de microcomputadores a partir de outro. Com a utilização deste software, as estações que possuem conexão permanente com a Internet, poderão ser acessadas mais rapidamente, implicando numa redução dos custos.

Nas estações da RBMC os dados são coletados em sessões que se iniciavam à 0h01min (TU, Tempo Universal) e eram finalizadas às 24 horas (TU), tendo duração de 23h59min. Com o intuito de atender as necessidades dos usuários que realizam posicionamento geodésico estático, analisou-se qual seria o melhor intervalo de observação, levando-se em conta também o fator do volume de dados que seriam gerados, uma vez que esse não deveria ser muito grande, para não inviabilizar a fase inicial de operacionalização da RBMC. Assim, o intervalo de observação adotado a princípio foi o de 30 segundos, sendo este mantido até o dia 10/08/1997. Após essa data, o intervalo foi alterado para 15 segundos, causando uma duplicação no volume de dados. A máscara de observação configurada para operação do receptor era de 10°.

Após o final das seções de observação, os dados eram transferidos do receptor para o microcomputador, sendo em seguida convertidos do formato binário do receptor para o formato RINEX (*Receiver INdependent Exchange format*), após a conversão tais arquivos eram compactados. O passo seguinte era a transferência dos arquivos de dados para o CCRBMC, tarefa programada para ser realizada de

forma automática às 2:00hs, do horário de Brasília. Esse horário foi escolhido para tornar o sistema mais econômico, pois no período da manhã as tarifas telefônicas têm seu custo reduzido. Em caso de falha a transferência era executada por um operador do CCRBMC.

3 ANÁLISE DA QUALIDADE DOS DADOS DA RBMC

Para que seja possível realizar a análise de qualidade dos dados de uma estação da RBMC é necessário avaliar indicadores que forneçam informações acerca da situação dos mesmos. Este processo é importante devido ao grande número de aplicações em que os dados da RBMC são utilizados.

Neste documento serão apresentados e analisados os seguintes indicadores de qualidade dos dados da RBMC:

- tamanho das sessões de coleta: o tamanho esperado é de 23h59min;
- número de satélites observados: é o número total de satélites observados durante a sessão de coleta, que normalmente é igual ao total de satélites em funcionamento, no caso de a sessão ser de 23h59min;
- taxa de coleta: deve ser de 15 ou 30 segundos;
- épocas possíveis de serem observadas: é igual ao tamanho da sessão dividido pelo intervalo de coleta;
- épocas efetivamente observadas: deve ser igual ao número de épocas possíveis de serem observadas, ou próximo desse valor;
- observações possíveis de serem realizadas: depende diretamente do tamanho da sessão de observação, número de satélites e canais disponíveis para observação e máscara de observação;
- observações efetivamente realizadas: deve ser igual ao número de

épocas possíveis de serem observadas, ou próximo desse valor;

- porcentagem (%) de épocas observadas: é igual ao número de épocas efetivamente observadas dividido pelo número de épocas possíveis de serem observadas;
- porcentagem (%) observações realizadas: é igual ao número de observações efetivamente realizadas dividido pelo número de observações possíveis de serem realizadas;
- multicaminho na portadora L1 (MP1): estimativa média do erro na distância de propagação do sinal da onda portadora L1 causado pela reflexão deste sinal e influenciado por perturbações na trajetória do mesmo;
- multicaminho na portadora L2 (MP2): estimativa média do erro na distância de propagação do sinal da onda portadora L2 causado pela reflexão deste sinal e influenciado por perturbações na trajetória do mesmo;
- erro/deriva do relógio do receptor: erro do relógio do receptor acumulado durante a sessão de observação; e
- perdas de ciclo: total de falhas de observação devido à interrupção inesperada do sinal dos satélites, acumulado durante a sessão de observação.

Para gerar tais indicadores foi empregado o programa TEQC (*Translate/Edit/Quality Check*), que é desenvolvido e constantemente atualizado pela UNAVCO (*University NAVSTAR Consortium*), e está disponível gratuitamente na internet (<<http://facility.unavco.org/software/teqc/teqc.html>>, visitado em 08 de junho de 2011). Este programa permite manipular tanto dados GPS quanto GLONASS e outros sistemas de posicionamento por satélite. O TEQC permite realizar várias funções, tais como:

- (T) conversão de arquivos de dados GPS, que estão em formatos binários de diferentes fabricantes de receptores de GPS para arquivos no formato RINEX;
- (E) edição de arquivos RINEX, como por exemplo a cópia de trechos específicos de dados, conversão da taxa de coleta, alteração de informações de cabeçalho dos arquivos, entre outras;
- (QC) controle de qualidade, que permite gerar indicadores de qualidade dos dados em formato RINEX.

3.1 Arquivos de dados avaliados

Os resultados que serão apresentados foram obtidos do processo de controle de qualidade executado com o programa TEQC empregado em 12775 arquivos gerados pela RBMC entre os anos de 1996 e 2000. Na Tabela 2 estão dispostos: os quantitativos de arquivos gerados pelas estações em cada ano; quantitativos de arquivos gerados pelas estações até o final do ano 2000; quantitativos de arquivos gerados no ano; e o total de arquivos gerados por todas as estações até o ano de 2000.

Avaliando as informações nesta tabela é possível concluir que as estações que apresentaram o melhor desempenho no seu funcionamento, quanto à geração de arquivos foram FORT, PARA, UEPP, RECF e SALV, as quais geraram mais de 95% do arquivos esperados. Em um ano completo de observação são esperados 365 arquivos por estação e 366 em anos bissextos. As estações CUIB e VICO atingiram um índice acima de 90% de geração de arquivos.

Tabela 2 - Quantitativo dos arquivos que passaram pela análise de qualidade

Estação/Ano	1996	1997	1998	1999	2000	Total/Estação
BOMJ	-	287	198	327	232	1.044
BRAZ	48	61	245	354	363	1.071
CRAT	-	-	-	-	225	225
CUIB	-	194	358	355	307	1.214
FORT	321	354	355	359	357	1.746
IMPZ	-	21	300	245	148	714
MANA	-	198	356	152	139	845
NEIA	-	-	-	40	49	89
PARA	19	364	353	329	335	1.400
POAL	-	-	-	260	356	616
RECF	-	-	-	171	347	518
SALV	-	-	-	149	353	502
UBAT	-	-	-	-	67	67
UEPP	14	356	364	364	365	1.463
VICO	-	221	348	346	326	1.241
Total/Ano	402	2.056	2.877	3.451	3.969	12.755

3.2 Análise dos dados da estação BOMJ

Observando-se os resultados apresentados na Figura 6 é possível verificar que em muitos dias ocorreram problemas na operação da estação e que devido a isto as sessões de coleta foram muito inferiores as sessões normais de 23h53min. Também é possível perceber que o número de satélites observados, épocas possíveis e observadas (Figura 7) e observações possíveis e realizadas (Figura 8) estão diretamente correlacionadas com o tamanho da sessão de coleta, como era de se esperar.

Com a redução da taxa de coleta de 30 para 15 segundos, em meados de 1997 (Figura 6), ocorreu a duplicação de épocas possíveis e observadas (Figura 7) e observações possíveis e realizadas (Figura 8), quando do funcionamento normal da estação.

Como era esperado, nem sempre os números de épocas e observações possíveis são iguais aos números de épocas e observações coletadas, respectivamente. Isto ocorre devido à obstrução na trajetória de propagação dos sinais do satélites até as antenas dos receptores, variações bruscas das condições das camadas da atmosfera que provocam ruídos e enfraquecimento da força do

sinal, impossibilitando sua recepção.

Também pode ser verificado a boa correlação entre comportamento dos indicadores de épocas possíveis (Figura 7) e observações possíveis (Figura 8), pois quando os indicadores das épocas possíveis diminuem, os valores de observações possíveis também diminuem. No caso dos indicadores de épocas observadas (Figura 7) e observações realizadas (Figura 8) nem sempre isso acontece. Como pode ser observado, em alguns períodos ocorrem uma significativa diminuição das observações realizadas, o que não ocorre com as épocas observadas nos períodos de final e início dos anos. Isso ocorre pois em uma determinada época são realizadas observações de vários satélites e durante esta época podem ocorrer perdas de ciclos, ou seja, a observação para um ou mais satélites pode não ser realizada, devido à alguns fatores já citados anteriormente, e outros que serão citados no decorrer deste documento. Ou seja, a época de observação foi efetivada, porém nem todas as observações previstas puderam ser realizadas. Esta explicação também se aplica aos resultados apresentados na Figura 9, pois o mesma trata da porcentagem de épocas e observações efetivamente executadas. Desta forma cabe destacar a boa correlação entre o comportamento dos resultados apresentados na Figura 8 e Figura 9.

O fato de ocorrer maiores perdas de observações nos períodos de final e início dos anos está diretamente relacionado aos períodos de maior atividade na camada da atmosfera, pois trata-se do período do verão, época onde a camada da ionosfera sofre maior incidência de raios solares. Esta perturbação na camada da ionosfera provoca distúrbio na propagação do sinal e em alguns casos ocorrem interrupções na propagação e por consequência não é possível realizar a medida no receptor do sinais de um ou mais satélites.

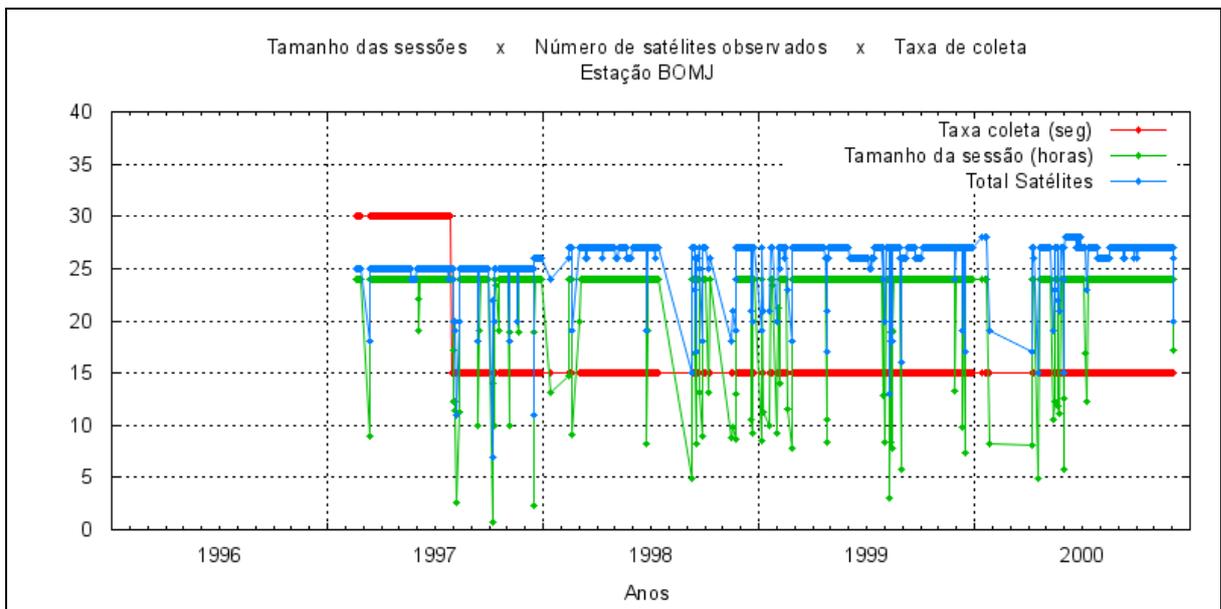


Figura 6 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação BOMJ.

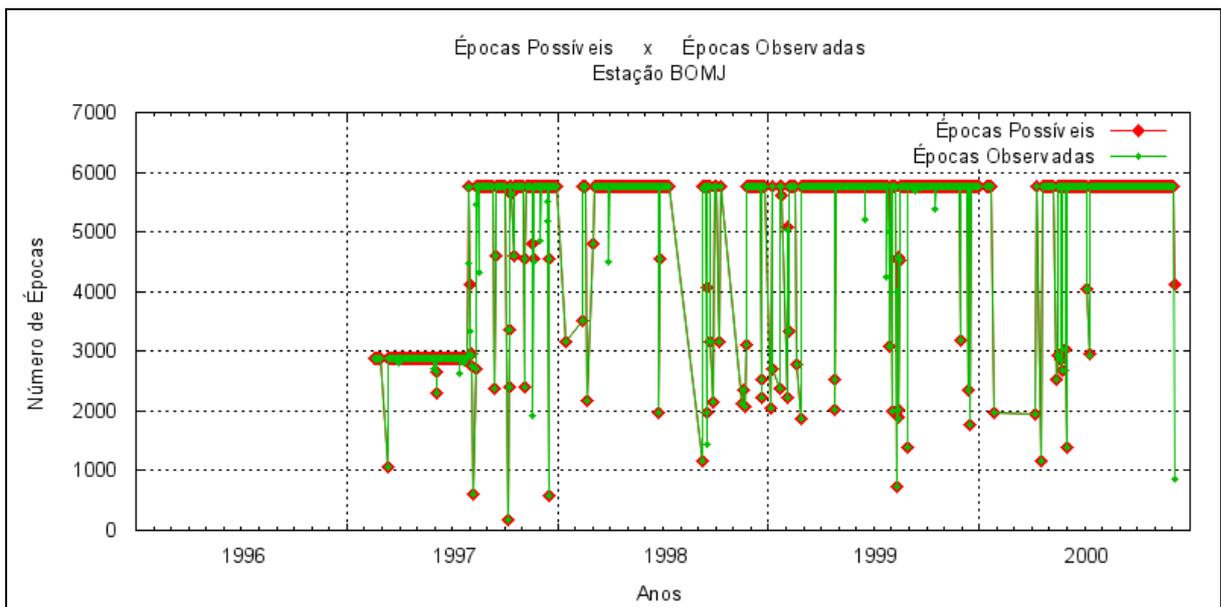


Figura 7 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação BOMJ.

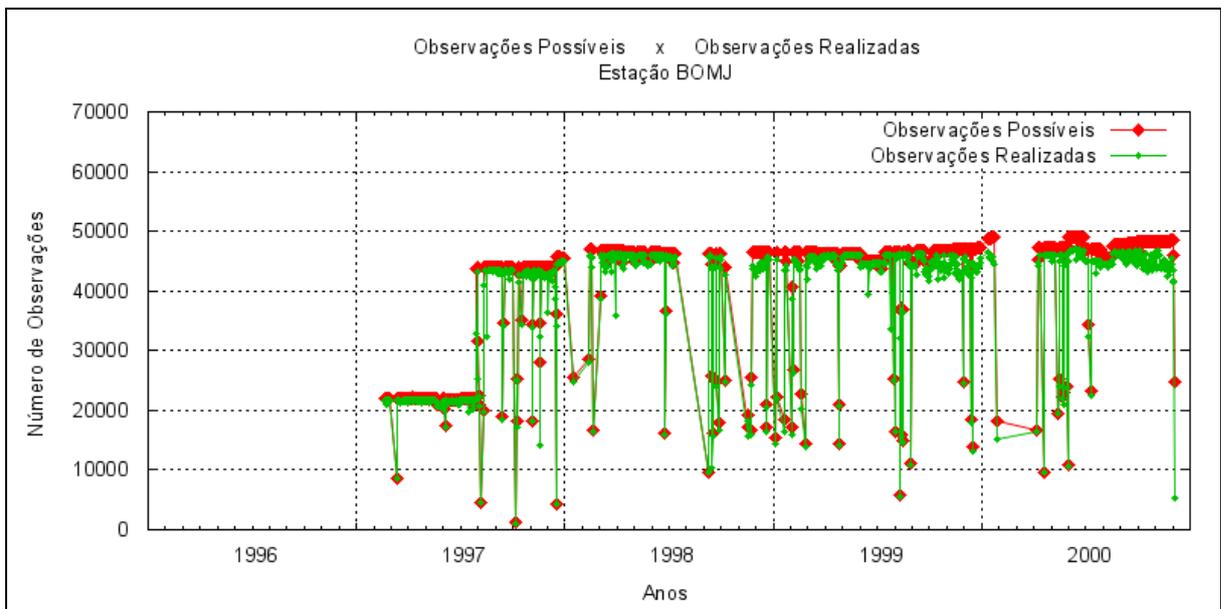


Figura 8 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação BOMJ.

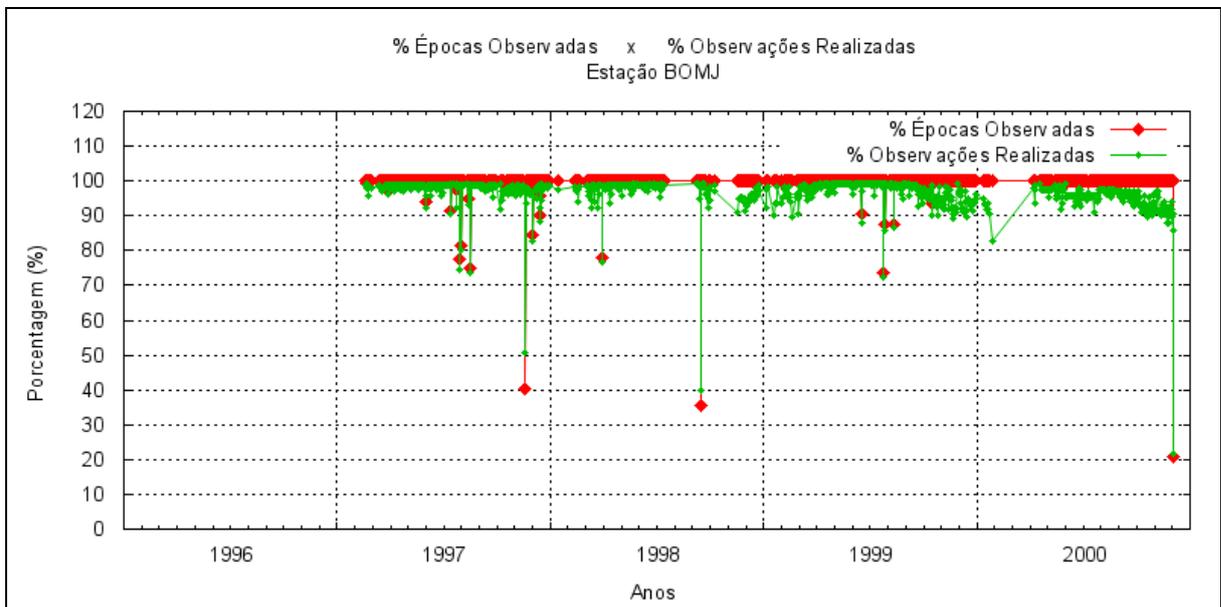


Figura 9 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação BOMJ.

Os resultados para os valores médios de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2) para a estação BOMJ estão apresentados na

Figura 10. Dois fatos podem ser observados nestes resultados. O primeiro é que os valores de MP2 sempre são maiores que os de MP1 e o segundo os valores de MP1 não sofrem significativa variação enquanto os valores de MP2 apresentam certa variação oscilatória, sendo que seus valores tendem a aumentar entre a transição dos anos (período do verão) e diminuir na metade de cada ano (período de Inverno). Tanto o primeiro como o segundo fato ocorrem devido à frequência da portadora L2 ser menor e conseqüentemente apresentar um comprimento de onda maior, por isto seu sinal sofre maiores perturbações ao atravessar as camadas da atmosfera. O segundo fato também está relacionado com os períodos de máxima e mínima atividade da camada da ionosfera. Logo os valores estimados para MP1 e MP2 estão dentro das expectativas.

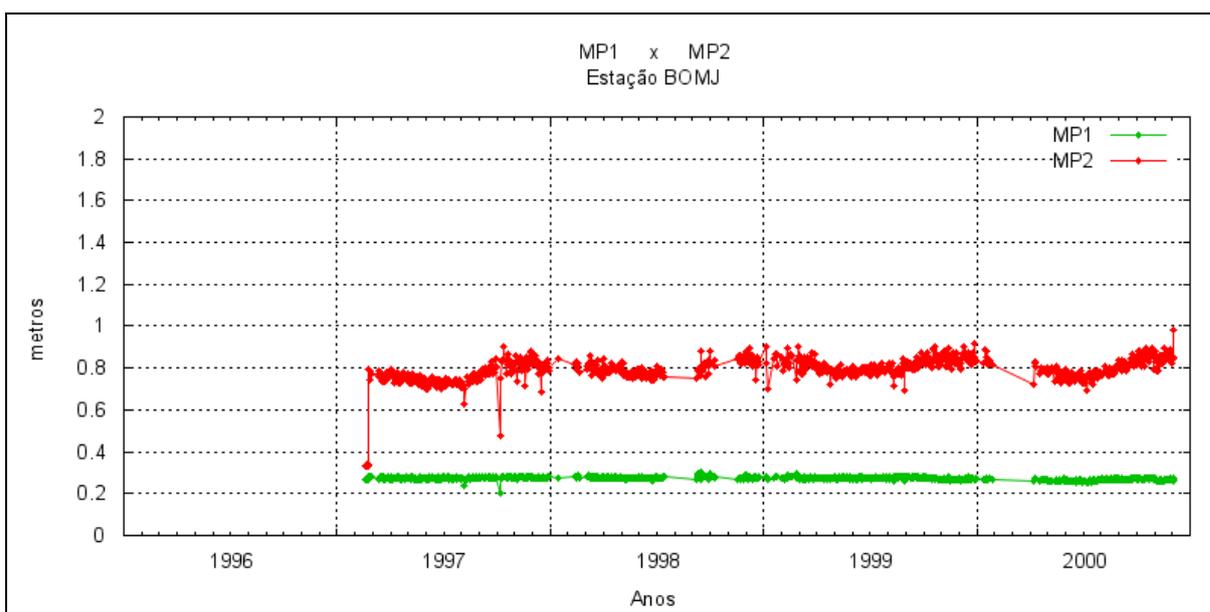


Figura 10 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação BOMJ.

Os valores do erro do relógio, acumulados na sessão de observação, indicam um bom comportamento, pois não ocorre nenhuma variação brusca. Ocorre exceção nos casos em que as sessões de observação são menores, o que reflete valores de erro menores (Figura 11), como era esperado. Logo, a tendência, quase que constante, do comportamento do erro indica um bom funcionamento do relógio do receptor da estação BOMJ, pois não existem indícios de que o mesmo estava

sofrendo variações bruscas sem motivo aparente, o que poderia prejudicar a execução das observações.

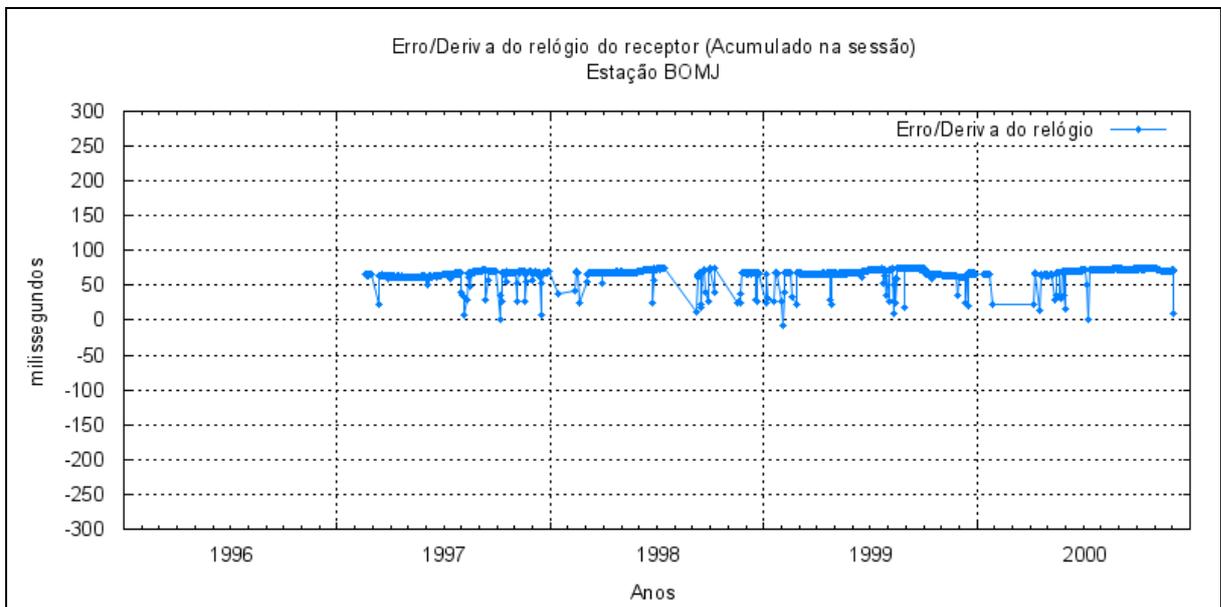


Figura 11 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação BOMJ.

Os valores de perda de ciclos indicados na Figura 12, correspondem a uma parte das observações que não foram efetivamente realizadas devido a não recepção dos sinais na antena do receptor (bloqueio dos sinais). Analisar este indicador é importante, pois quanto maior o número de perdas de ciclos maior deverá ser o gasto computacional, e em alguns casos maior a sessão de coleta, para se obter os resultados esperados nos cálculos das coordenadas (posicionamento).

O comportamento dos valores de perdas de ciclo para a estação BOMJ está dentro do esperado e seus maiores valores coincidem com os períodos de maior atividade ionosférica.

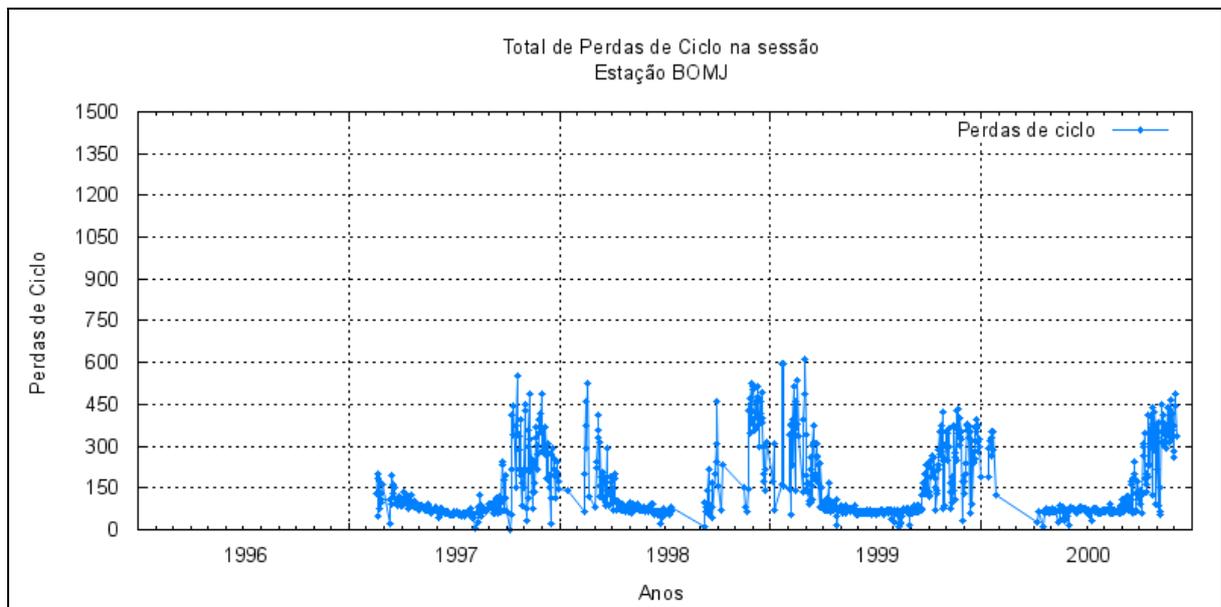


Figura 12 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação BOMJ.

3.3 Análise dos dados da estação BRAZ

Ao serem avaliados os indicadores de qualidade para a estação BRAZ, apresentados nas Figuras 13 a 19 podem ser observadas e utilizadas as mesmas considerações aplicadas para a análise dos indicadores da estação BOMJ. Contudo, para o caso da estação BRAZ cabem mais algumas considerações.

Como poderá ser observado nos resultados (Figuras 13 a 19) ocorreram grandes períodos com perdas de dados, mas no final de abril de 1998 este problema foi solucionado com a troca dos equipamentos (receptor e antena) da estação. A partir de então a estação passou a ser gerenciada pelo IBGE. Também nesta oportunidade o intervalo de coleta foi reduzido pela metade e passou de 30 para 15 segundos e como consequência duplicou o número de épocas e observações a serem realizadas (Figuras 14 e 15).

Também vale destacar a alteração no comportamento do erro do relógio do receptor (Figura 18), que passou de zero a aproximadamente 130 milissegundos, isto ocorreu pois o receptor utilizado até 1998 empregava um procedimento que

corrigia constantemente o relógio do receptor e o novo receptor instalado em 1998 na estação BRAZ não utilizava esta função.

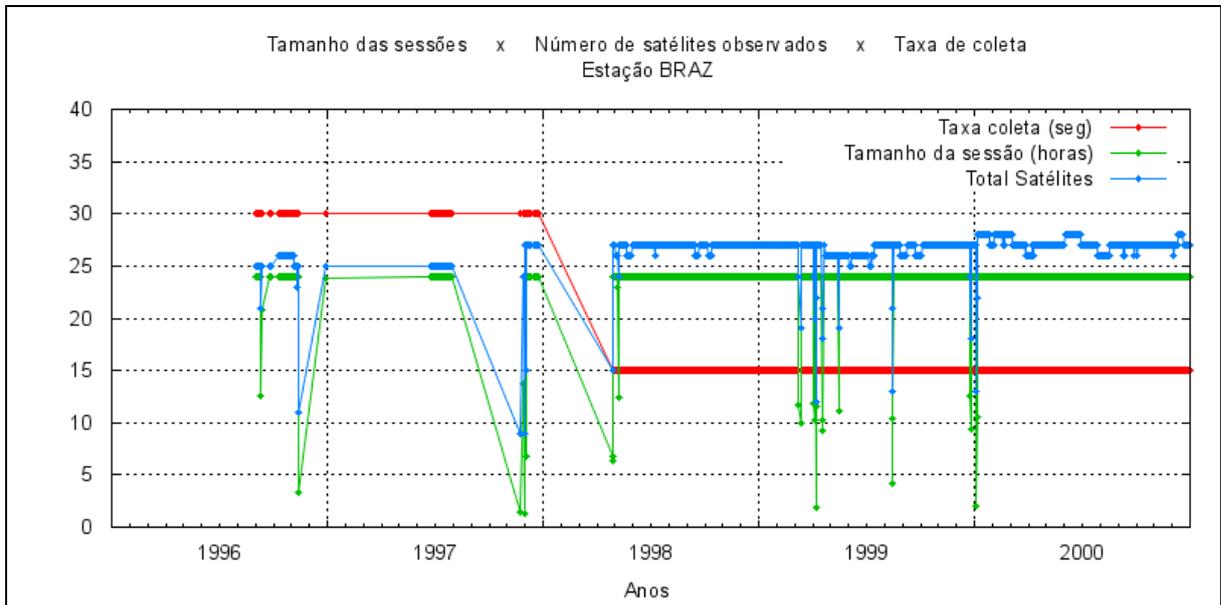


Figura 13 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação BRAZ.

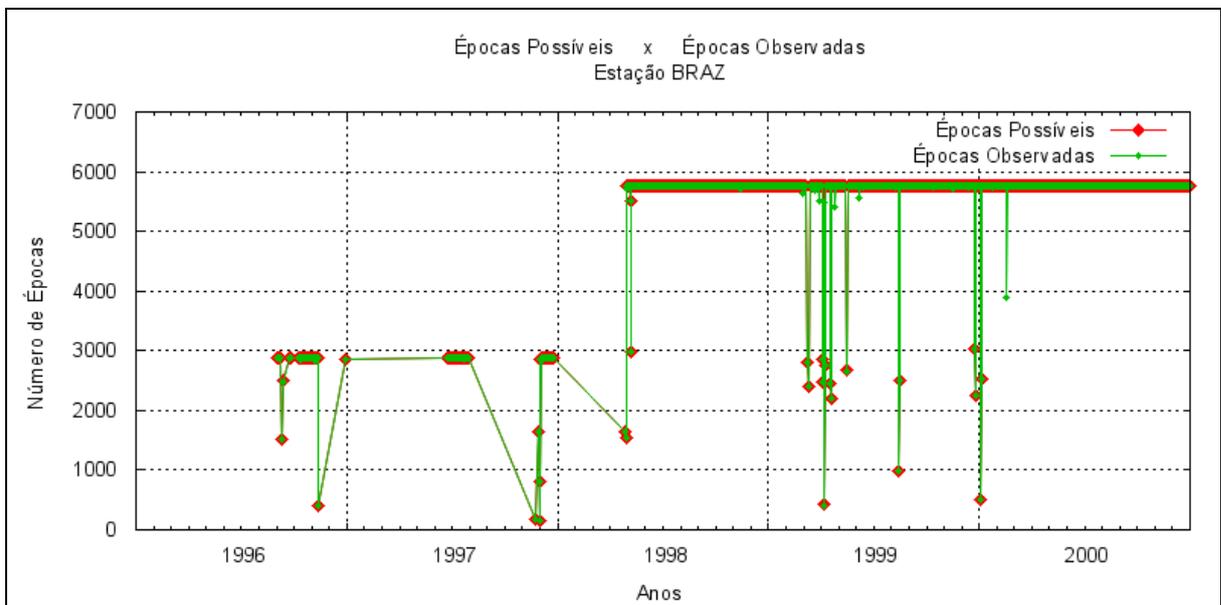


Figura 14 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação BRAZ.

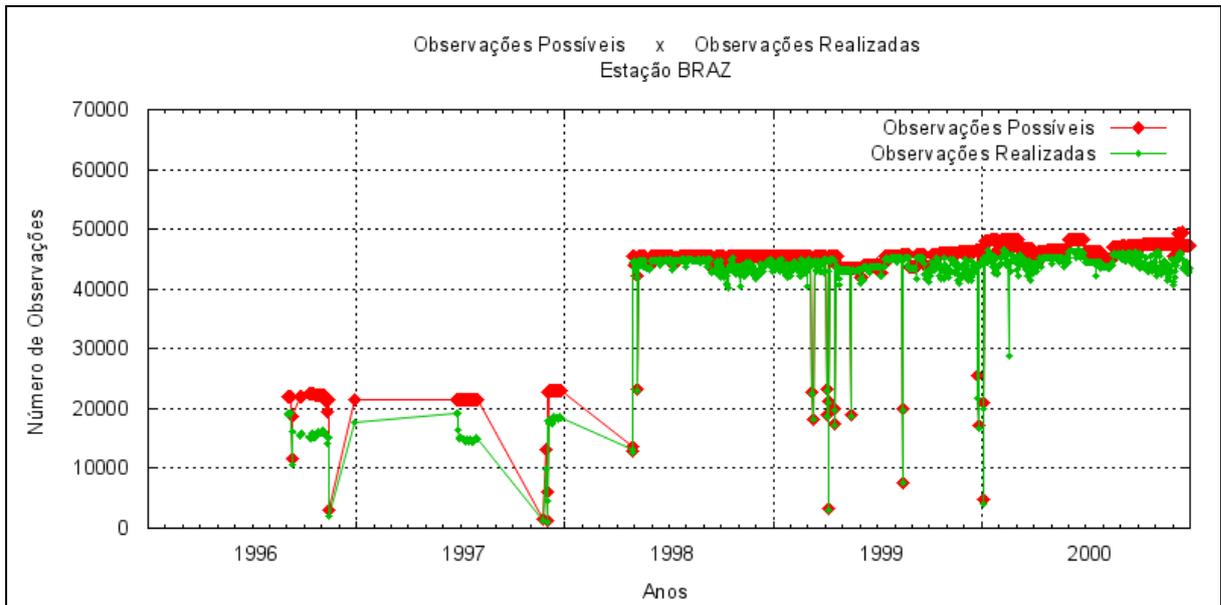


Figura 15 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação BRAZ.

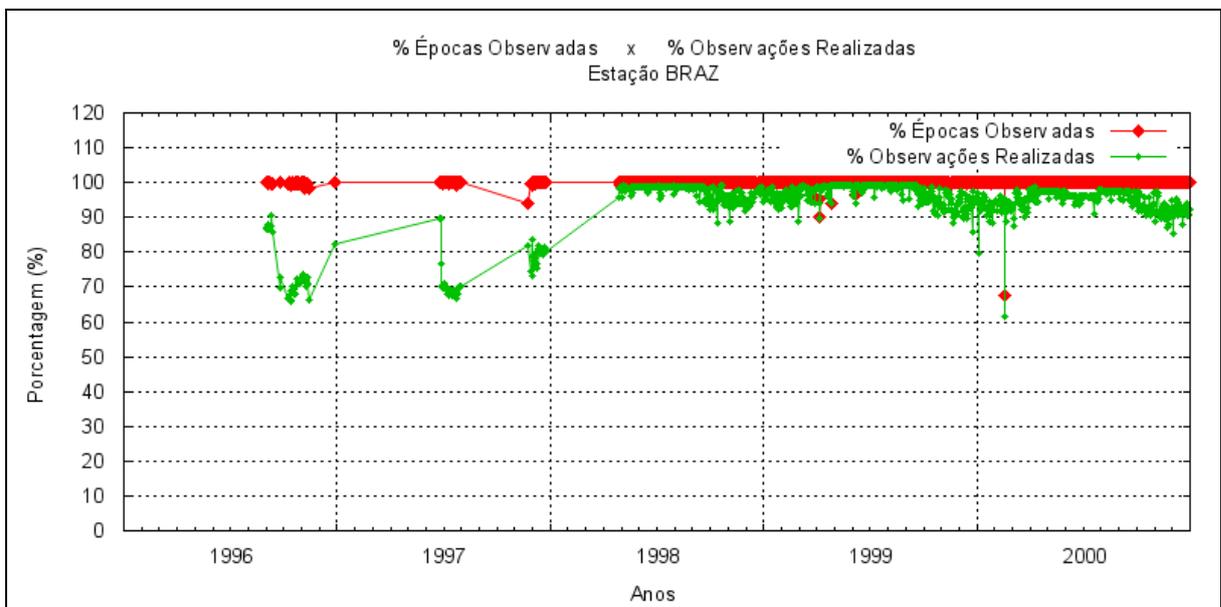


Figura 16 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação BRAZ.

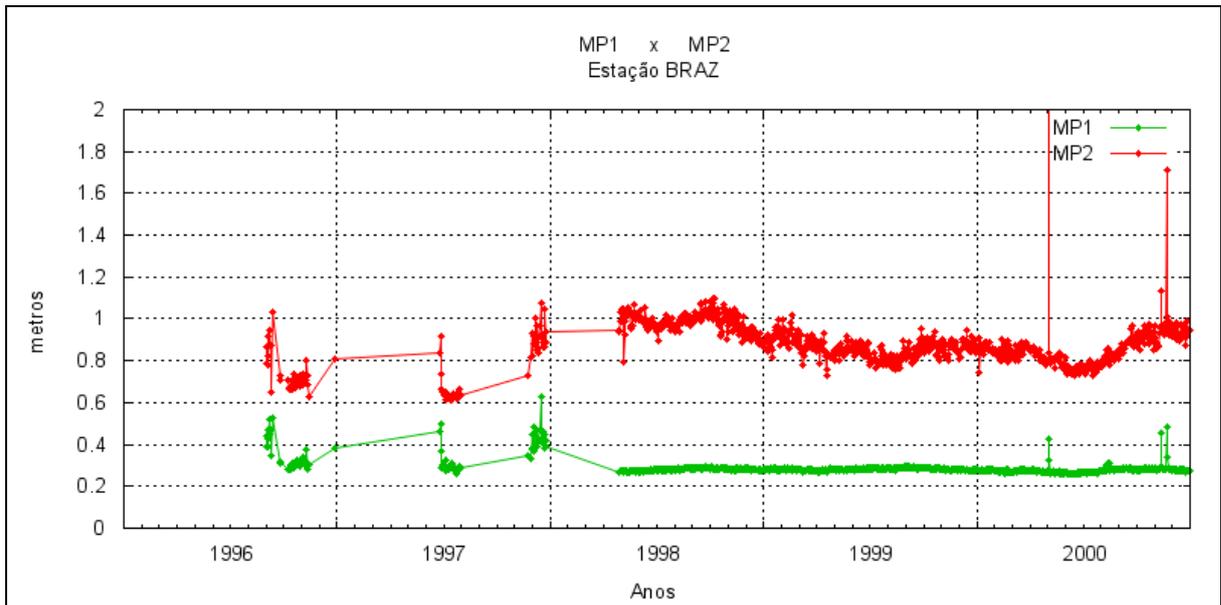


Figura 17 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação BRAZ.

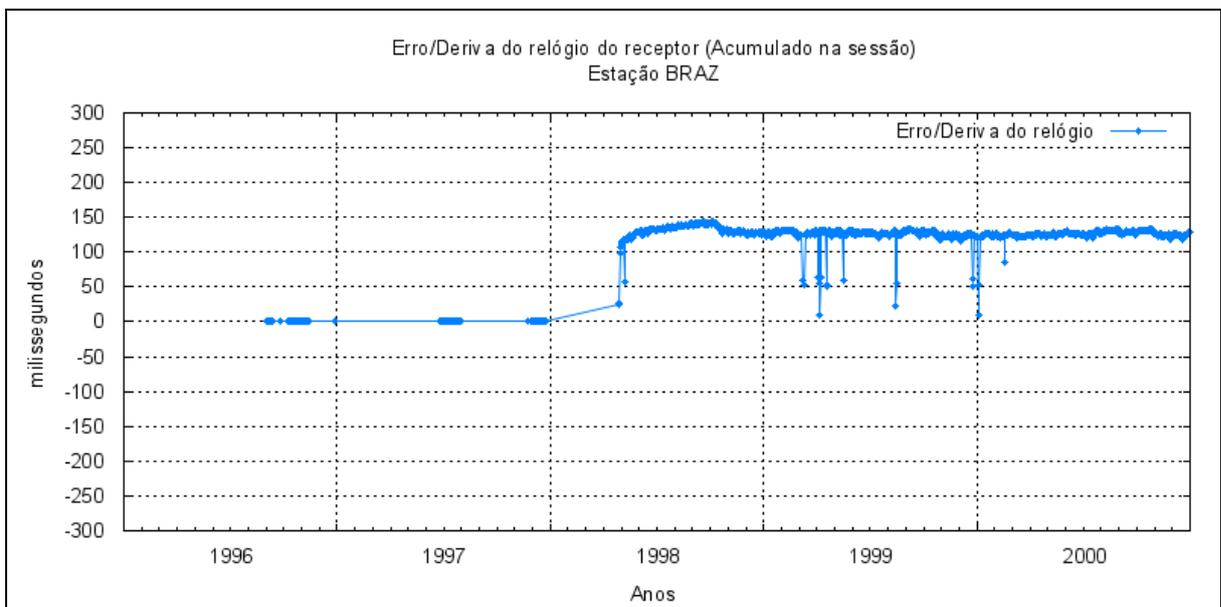


Figura 18 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação BRAZ.

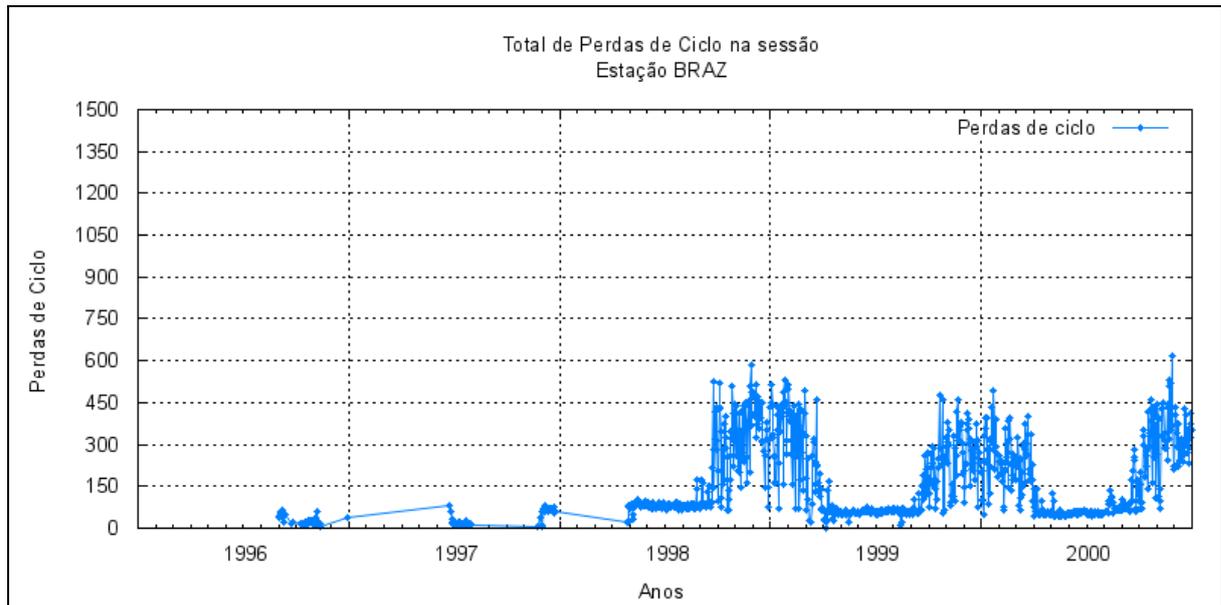


Figura 19 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação BRAZ.

3.4 Análise dos dados da estação CRAT

Como menos de um ano de dados está sendo avaliado para a estação CRAT não será possível uma análise mais completa do seu funcionamento. Mesmo assim pode ser verificado que, com exceção de alguns dias em que o tamanho da sessão está pequeno, os indicadores de qualidade (Figuras 20 a 26), indicam um bom comportamento do funcionamento da estação, assim como nas outras estações que apresentam as mesmas condições normais de funcionamento.

Um detalhe que chama a atenção é o erro do relógio do receptor desta estação (Figura 25), que está próximo de zero indicando a boa estabilidade do mesmo. Mais análises somente poderão ser realizadas com a disponibilidade a utilização de um período maior de dados desta estação, o que ocorrerá no próximo período que será analisado em um futuro documento.

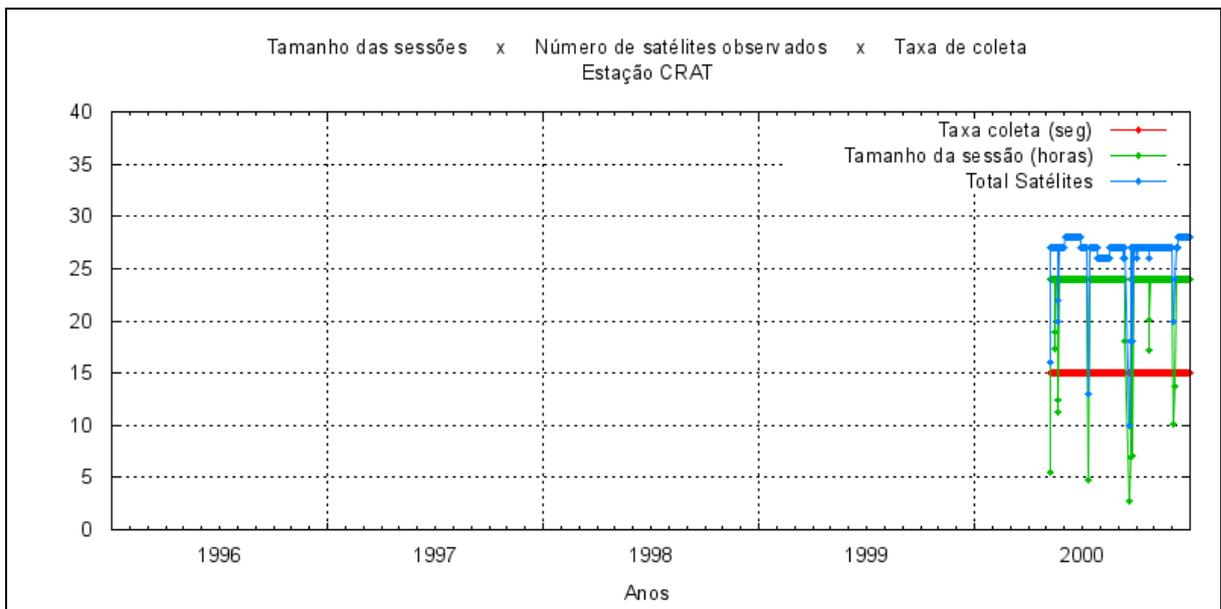


Figura 20 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação CRAT.

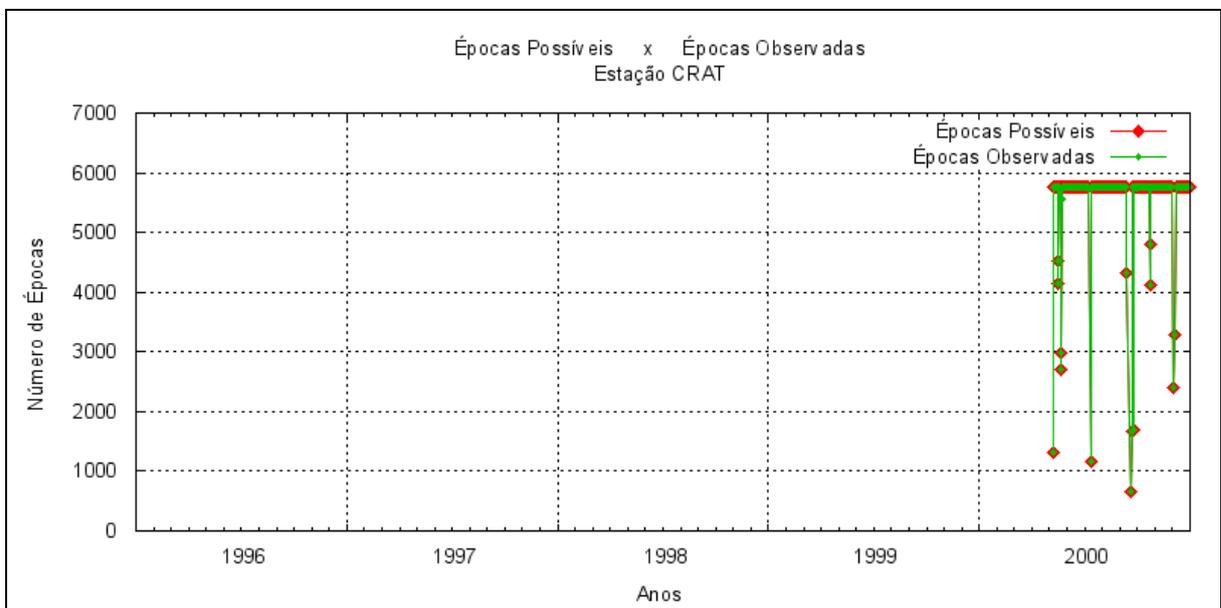


Figura 21 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação CRAT.

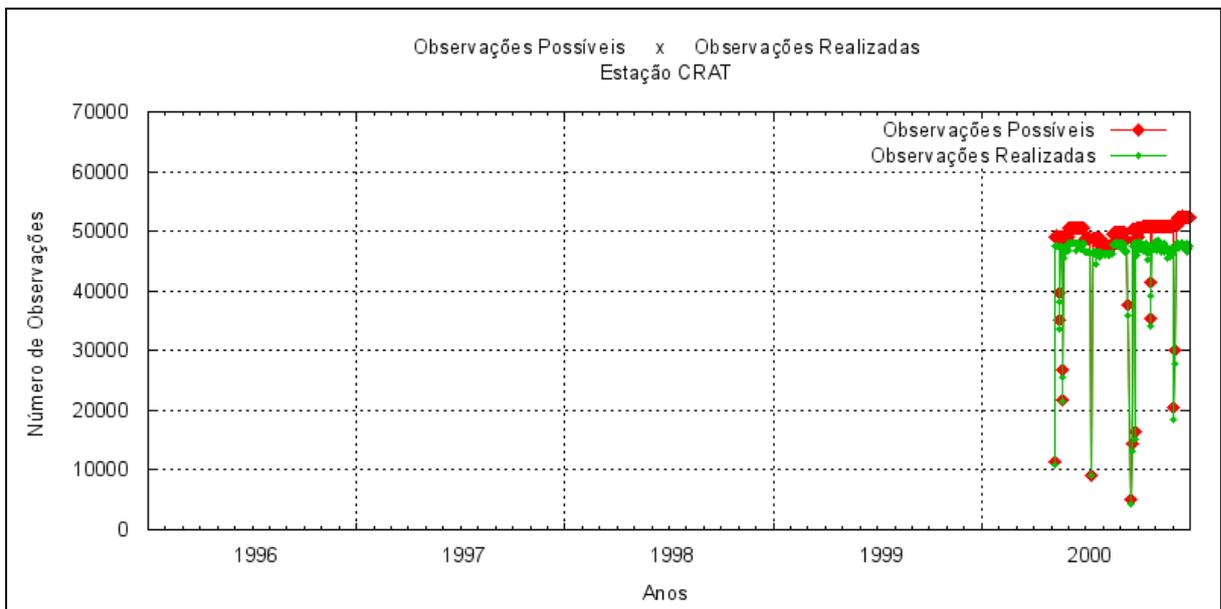


Figura 22 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação CRAT.

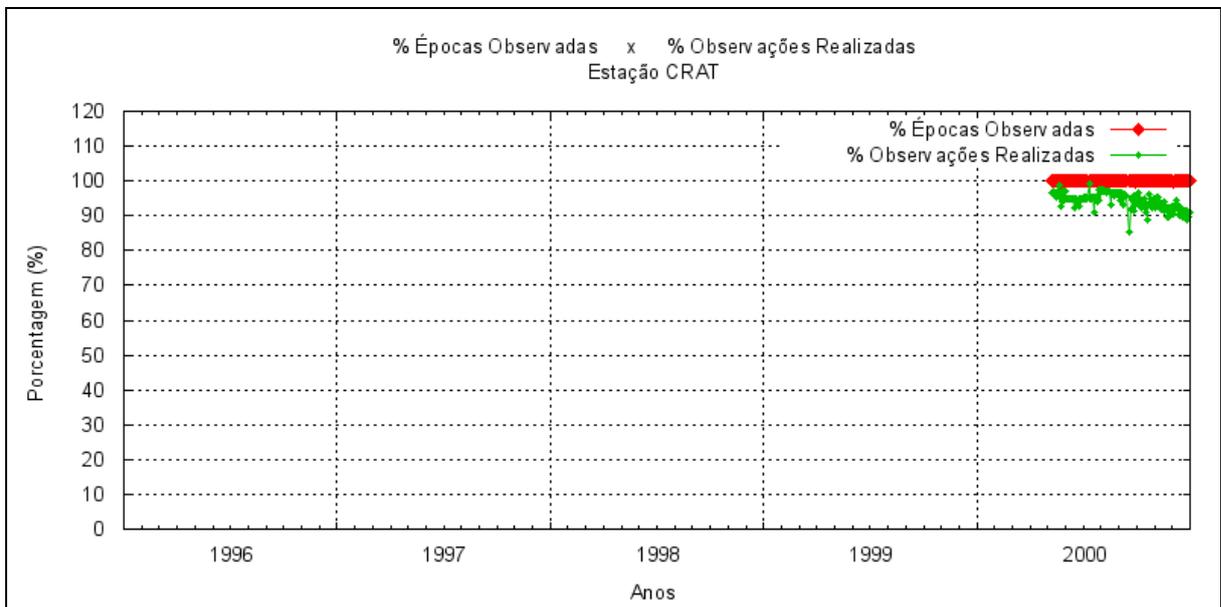


Figura 23 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação CRAT.

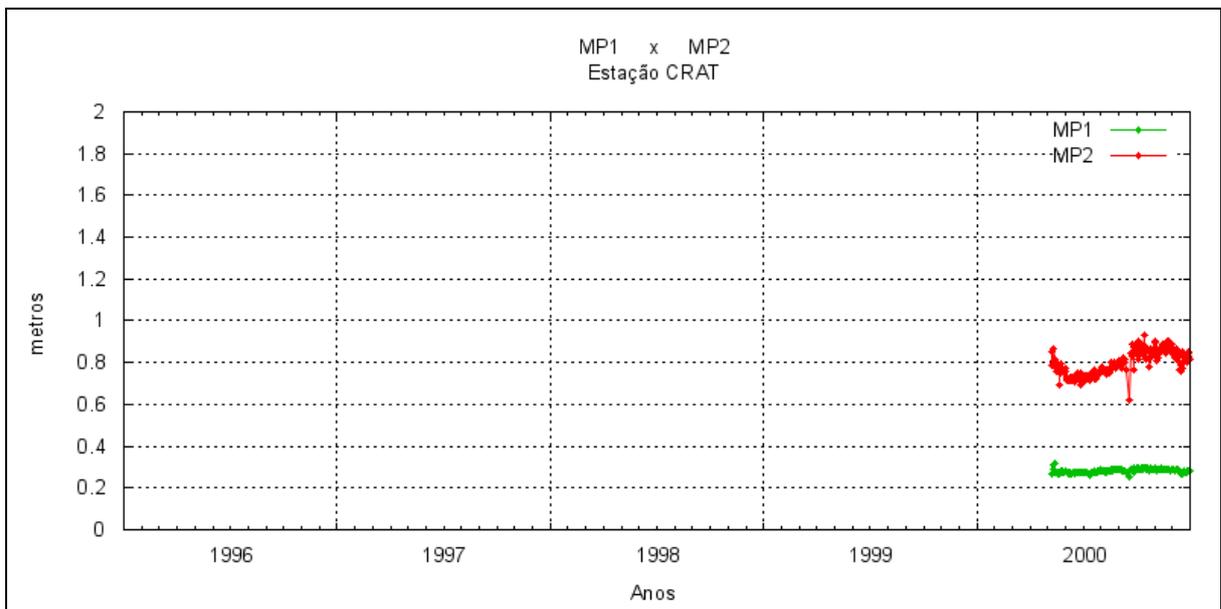


Figura 24 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação CRAT.

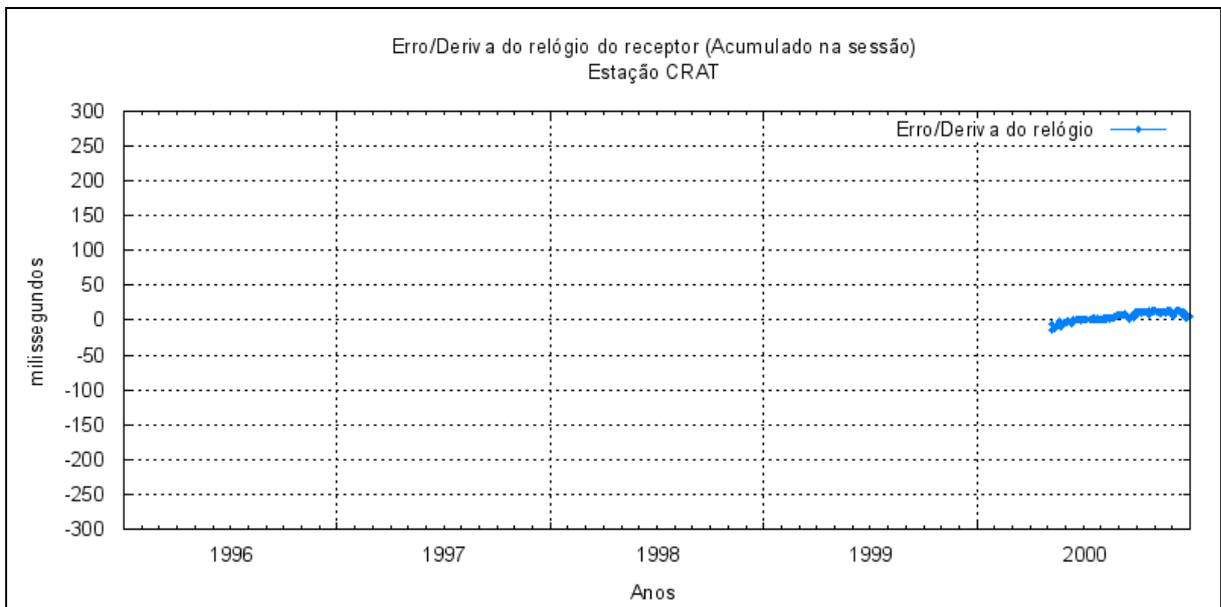


Figura 25 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação CRAT.

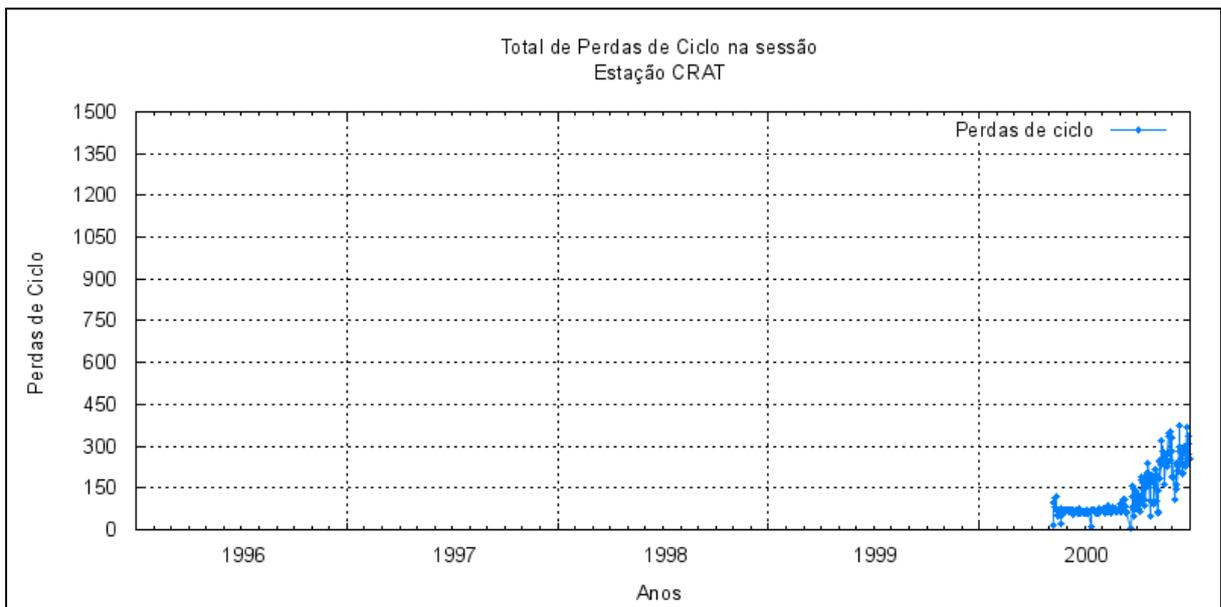


Figura 26 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação CRAT.

3.5 Análise dos dados da estação CUIB

Os indicadores de qualidade (Figuras 27 a 33) dos dados da estação CUIB demonstram um bom comportamento no funcionamento da estação, exceto nos dias em que não foi possível realizar a sessão de observação completa. Desta forma, as explicações para o comportamento dos indicadores de qualidades dos dados desta estação são basicamente as mesmas já apresentadas para outras estações.

Mesmo assim vale destacar que entre os meses de outubro e novembro de 2000 ocorreu alteração na taxa de coleta de 15 para 30 segundos (Figura 27), o que influenciou os resultados dos indicadores apresentados nas Figuras 28 e 29.

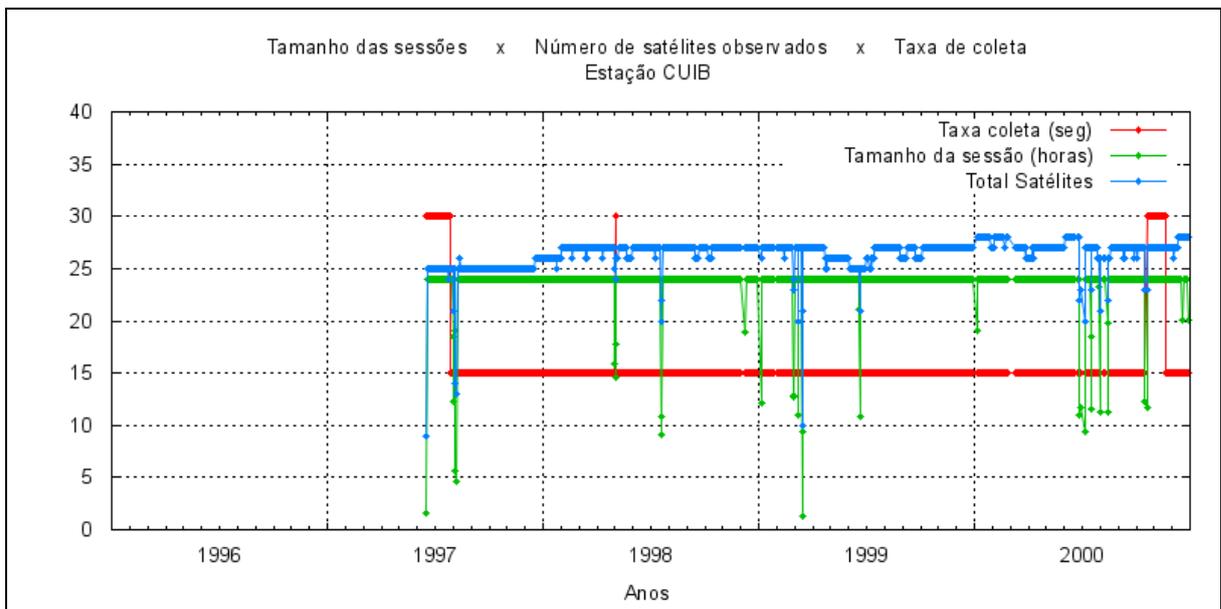


Figura 27 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação CUIB.

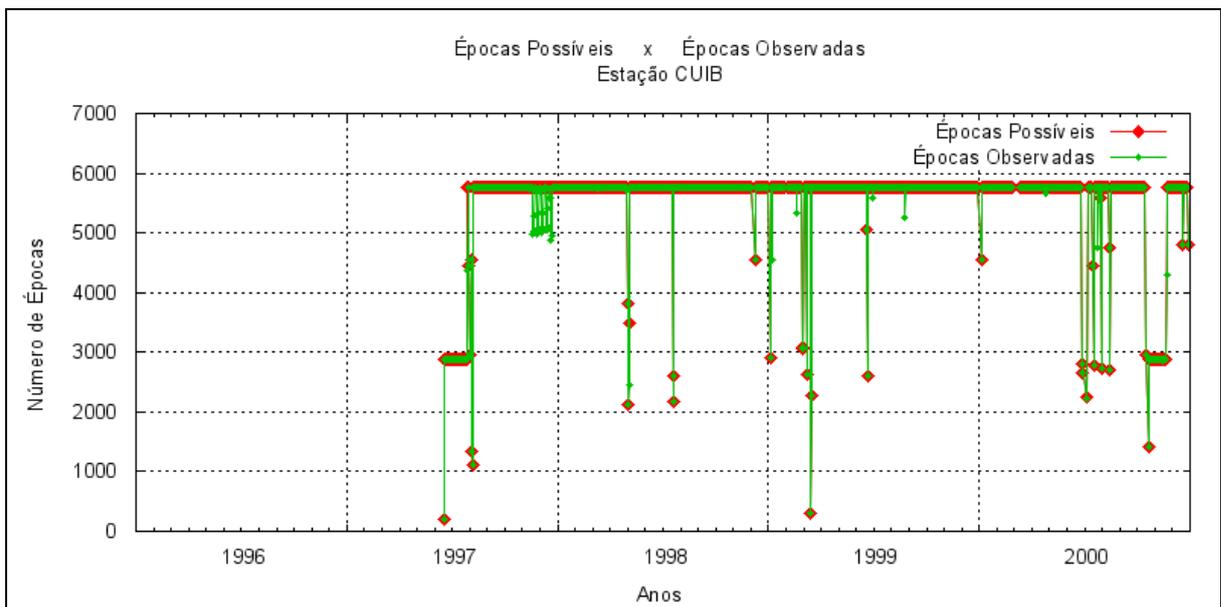


Figura 28 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação CUIB.

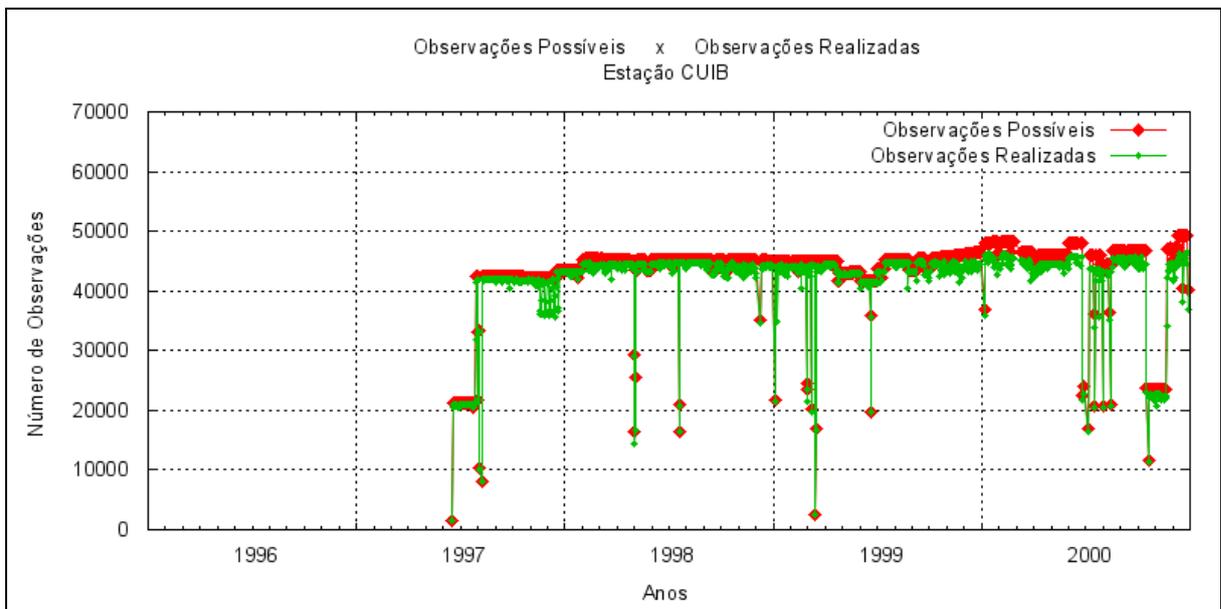


Figura 29 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação CUIB.

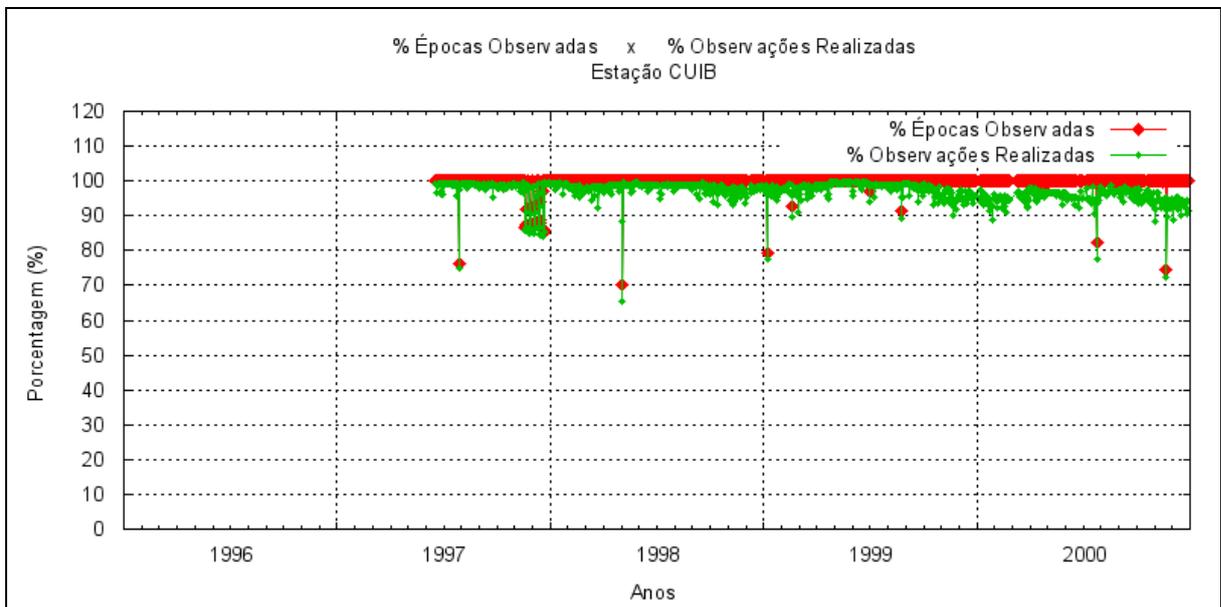


Figura 30 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação CUIB.

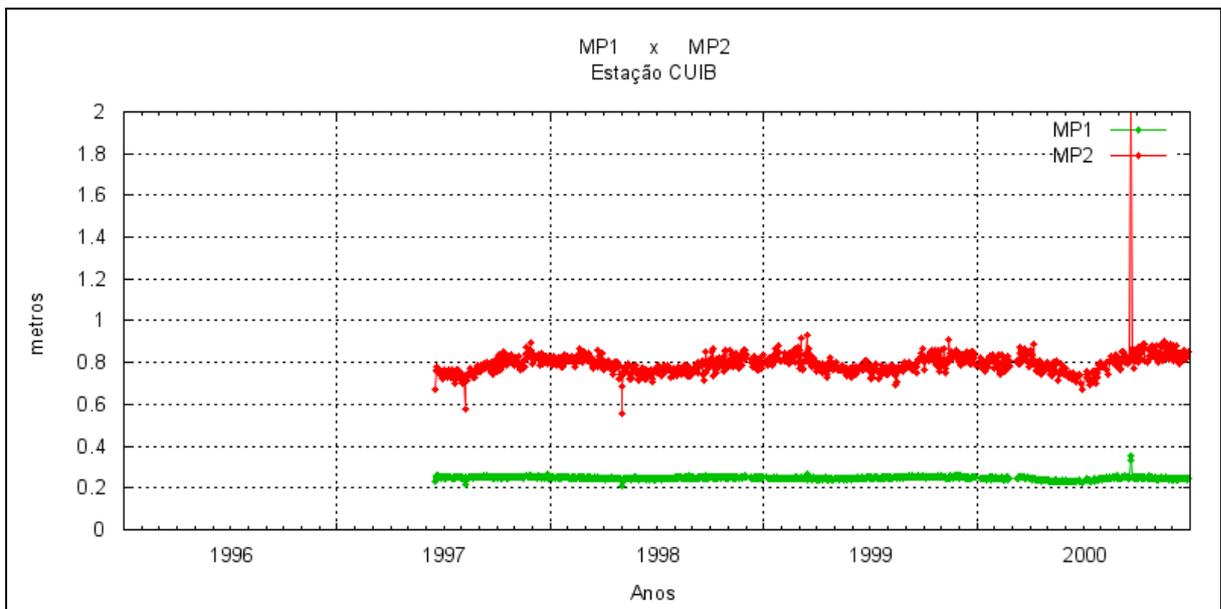


Figura 31 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação CUIB.

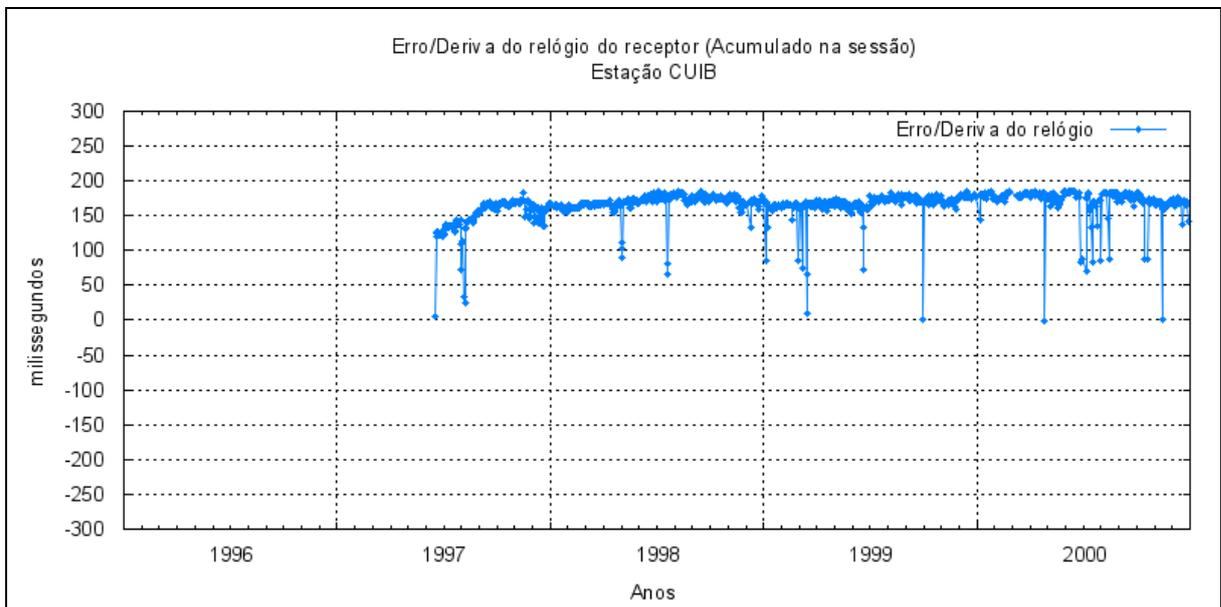


Figura 32 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação CUIB.

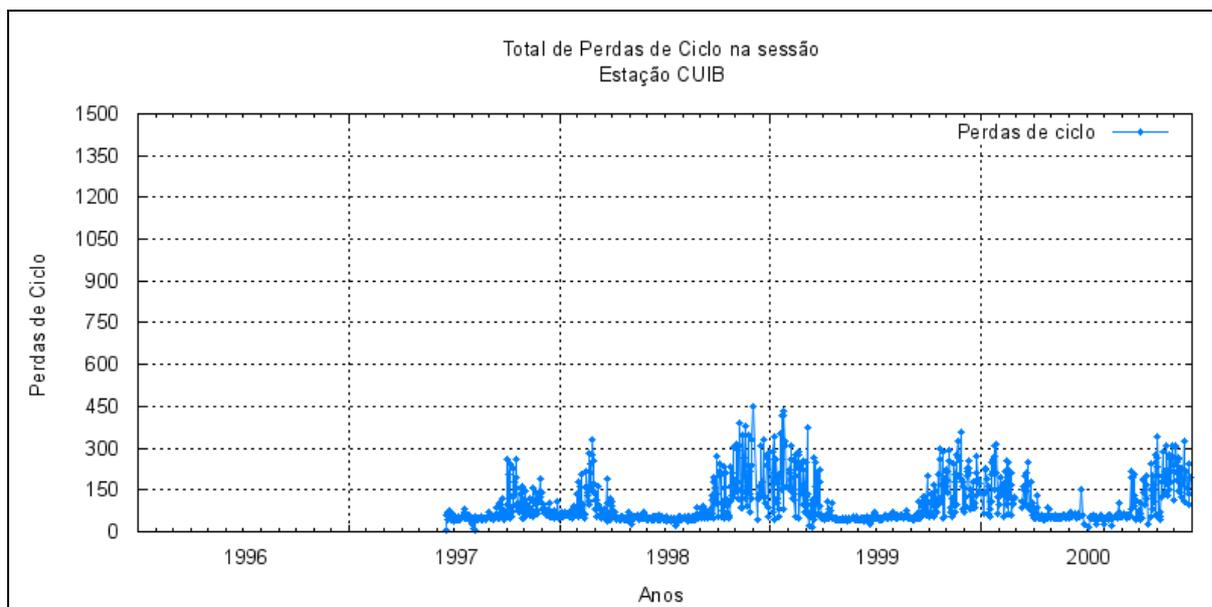


Figura 33 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação CUIB.

3.6 Análise dos dados da estação FORT

A estação FORT foi instalada e operada pelo NGS (*National Geodetic Survey*), e estava incorporada à rede IGS (*International GPS Service*, designação utilizada na época). Por isto utilizava, por padrão, 30 segundos como taxa de coleta (Figura 34), o que refletia na metade dos números de épocas e observações possíveis de serem realizadas (Figura 35 e 36), quando comparados com os das demais estações da RBMC.

Cabe destacar que apesar do NGS possuir mais anos de experiência na implementação e gerenciamento de estações de monitoramento contínuo, a estação FORT sofria com problemas operacionais o que culminava em sessões de coleta menores do que as esperadas (Figuras 35 e 37) e períodos com perda considerável de observações (Figuras 36 e 37). Um dos fatores que contribuíam para estes resultados era o receptor utilizado, de modelo e tecnologia antiga.

Alguns resultados chamam a atenção, como por exemplo uma pequena variação nos valores de perda de ciclo (Figura 40), MP1 e MP2 (Figura 38) a partir de setembro de 1997, quando ocorreu a atualização do *firmware* (sistema operacional) do receptor. O aumento nos indicadores de observações possíveis

(Figura 36) não está relacionado com este fato, mas sim com o aumento do número de satélites observados (Figura 34). Pois como pode ser observado nas Figuras 36 e 37 as observações coletadas e as porcentagens das observações coletadas, sofreram um declínio, o que neste caso podem estar relacionados com as alterações implementadas no novo *firmware*.

Também pode ser verificado um forte crescimento nos valores de perda de ciclo, MP1 e MP2 (Figuras 38 e 40) entre setembro de 1998 e dezembro de 1999. Mas neste caso não existe no relatório da estação nenhuma indicação de alterações na configuração ou manutenção da mesma, que possam explicar tal fato. Logo pode ser inferido que podem ter ocorrido problemas de obstrução dos sinais ou mesmo um comportamento anômalo do receptor, que não foram documentados. A partir de janeiro de 2000 os valores de perda de ciclo, MP1 e MP2 sofreram uma diminuição, mas em contrapartida os valores de observações realizadas (Figura 36) e porcentagens de observações realizadas (Figura 37) também diminuíram.

Por fim cabe destacar valor zero do erro do relógio do receptor (Figura 39) que neste caso é o mesmo comportamento da estação BRAZ até 1997 que utilizava o mesmo modelo de receptor e por consequência a mesma técnica de ajuste automático do relógio.

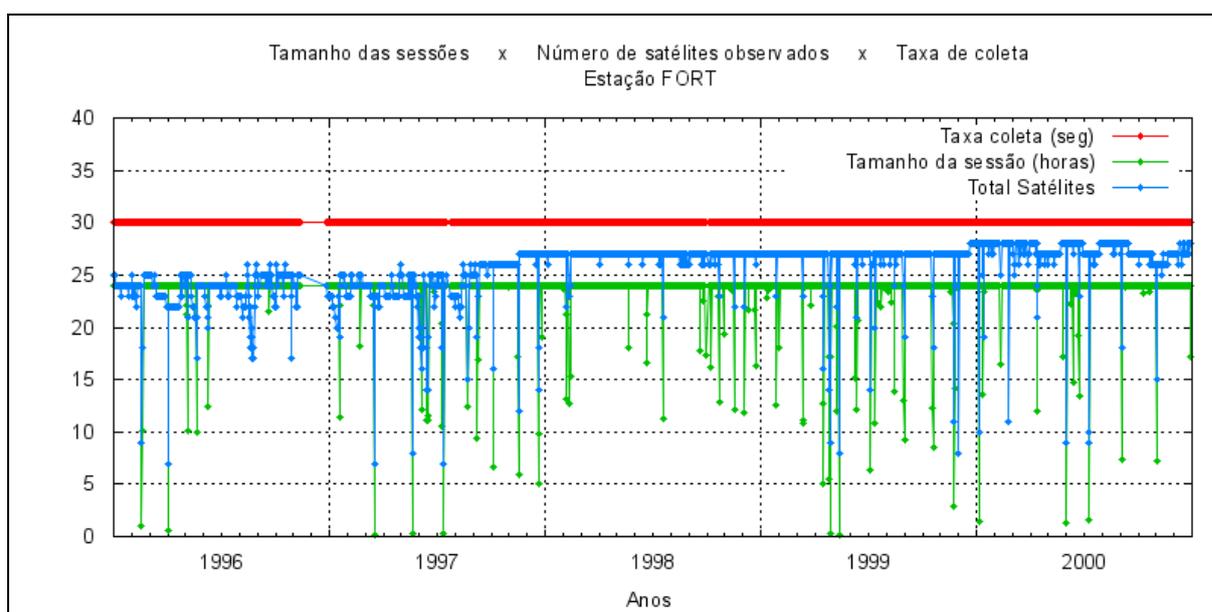


Figura 34 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação FORT.

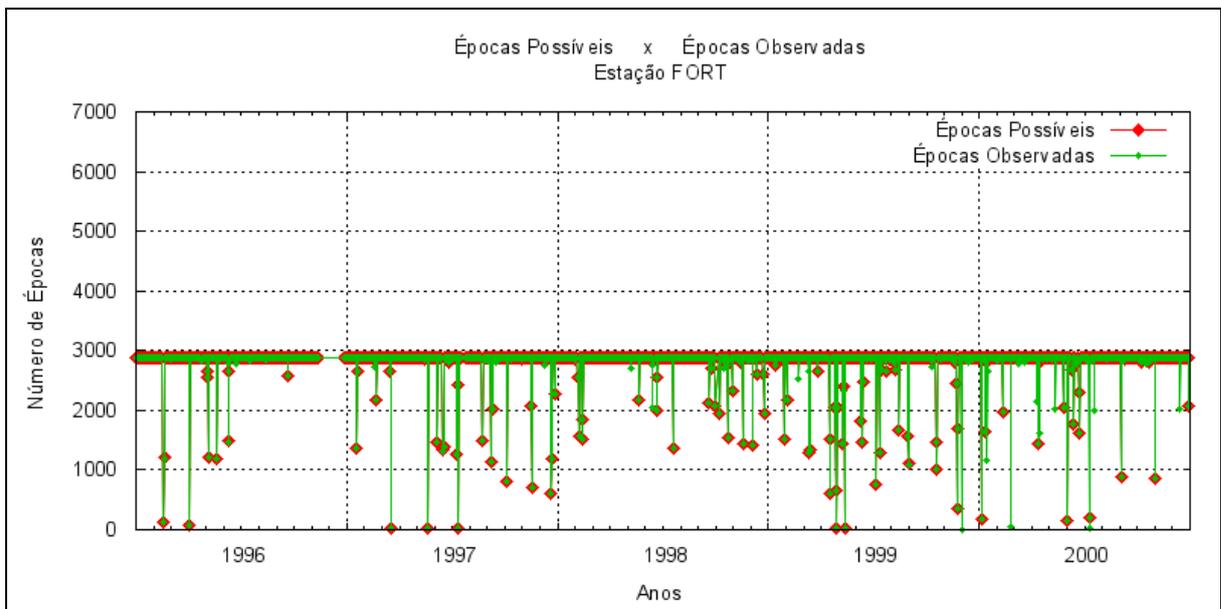


Figura 35 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação FORT.

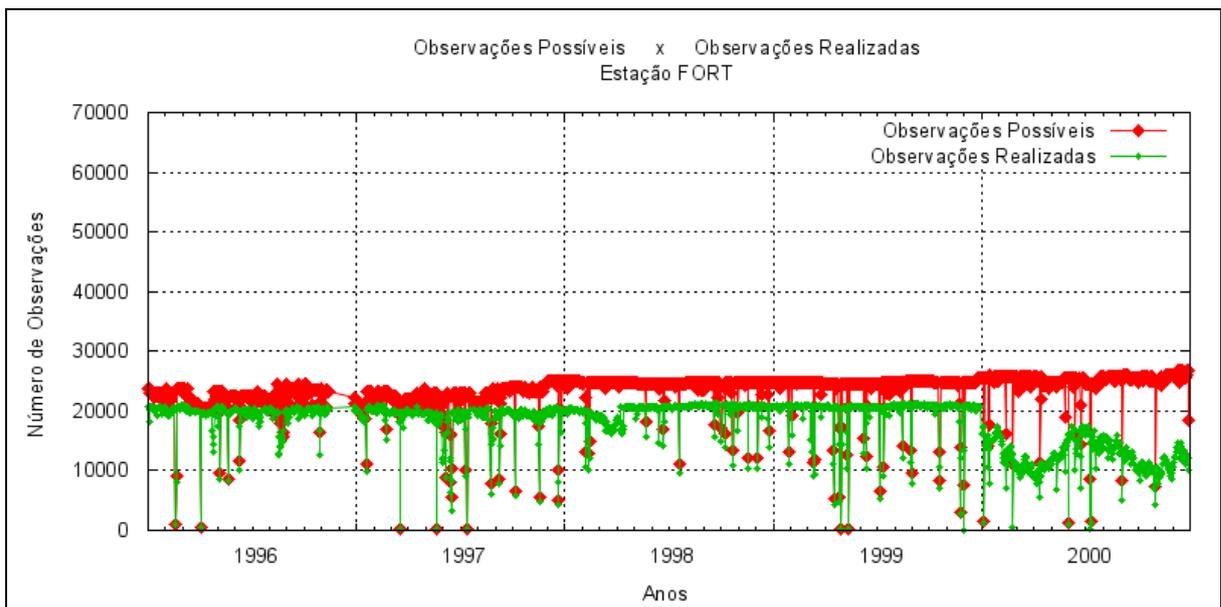


Figura 36 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação FORT.

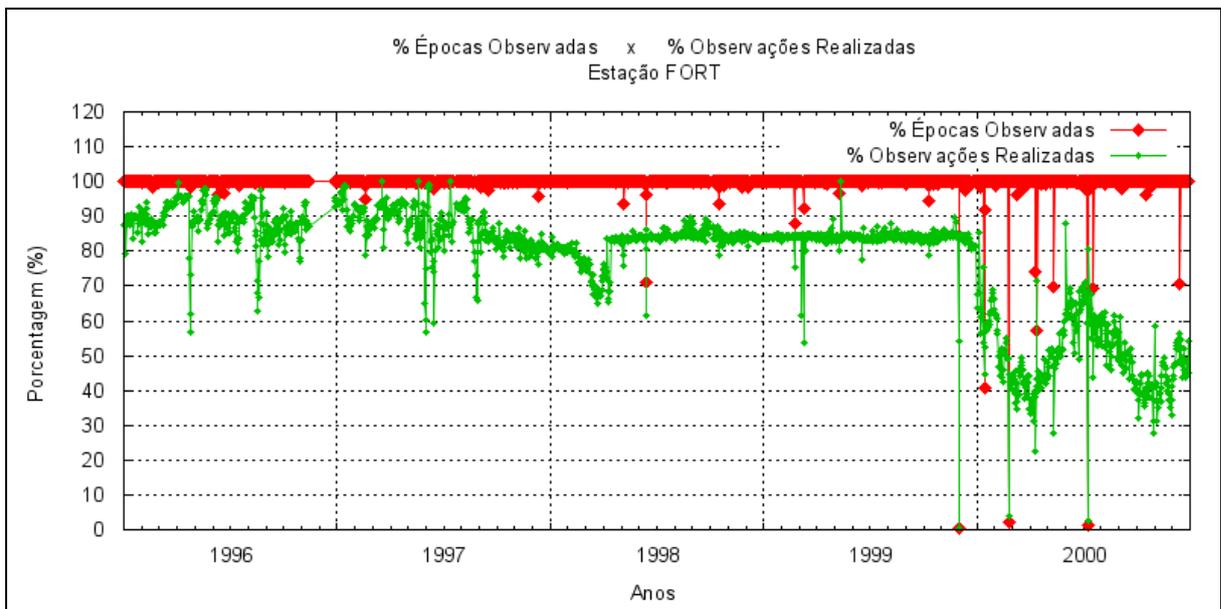


Figura 37 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação FORT.

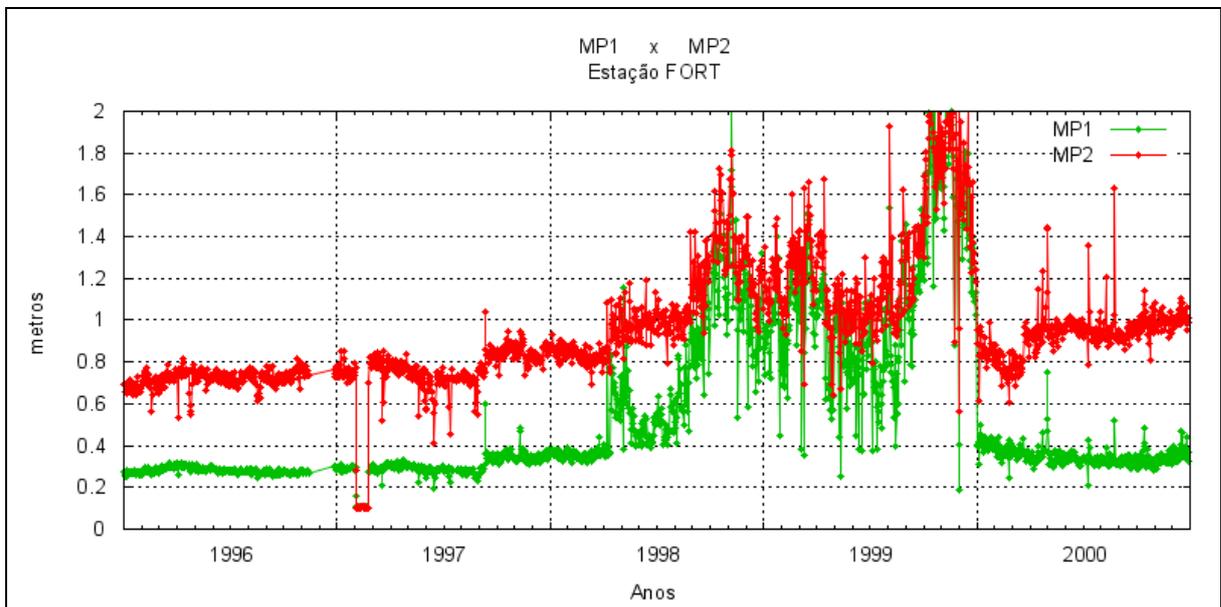


Figura 38 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação FORT.

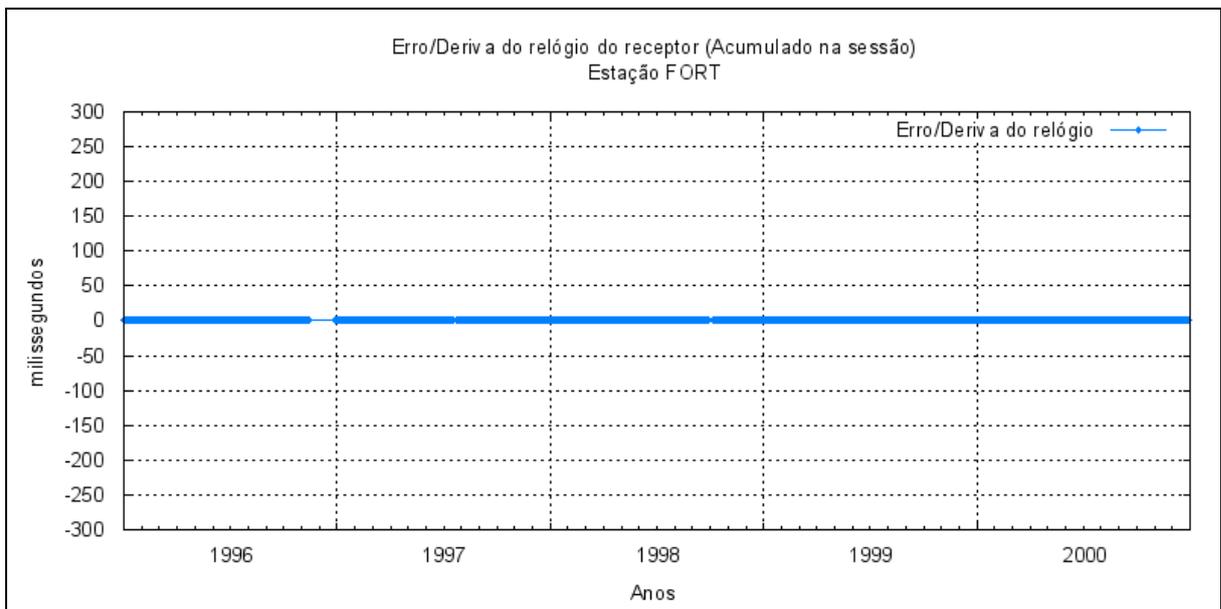


Figura 39 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação FORT.

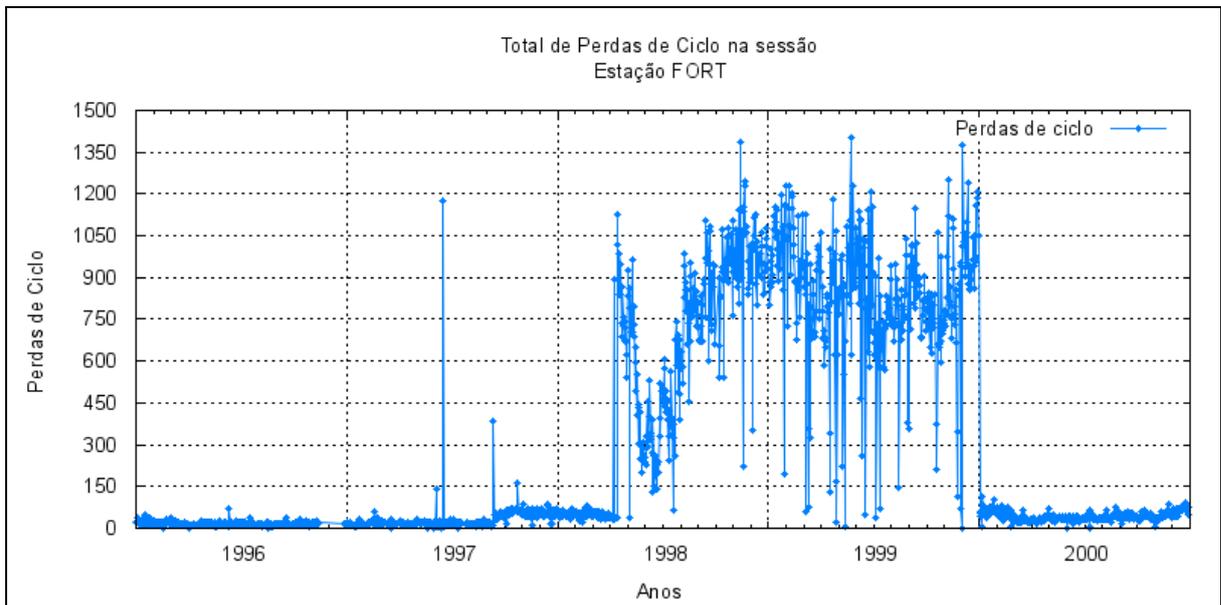


Figura 40 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação FORT.

3.7 Análise dos dados da estação IMPZ

A estação IMPZ apresentava baixo desempenho de funcionamento devido a problemas operacionais (problemas de comunicação com a estação e falta de energia), o que se refletiu no resultado dos indicadores de qualidade. Como pode ser observado nas Figuras 41 a 47 existem vários períodos em que não ocorreram sessões de observação. Contudo, cabe destacar que durante os períodos em que a estação coletava dados de forma normal seu desempenho era bom e dentro do esperado, como mostra os indicadores de qualidade dos dados da estação.

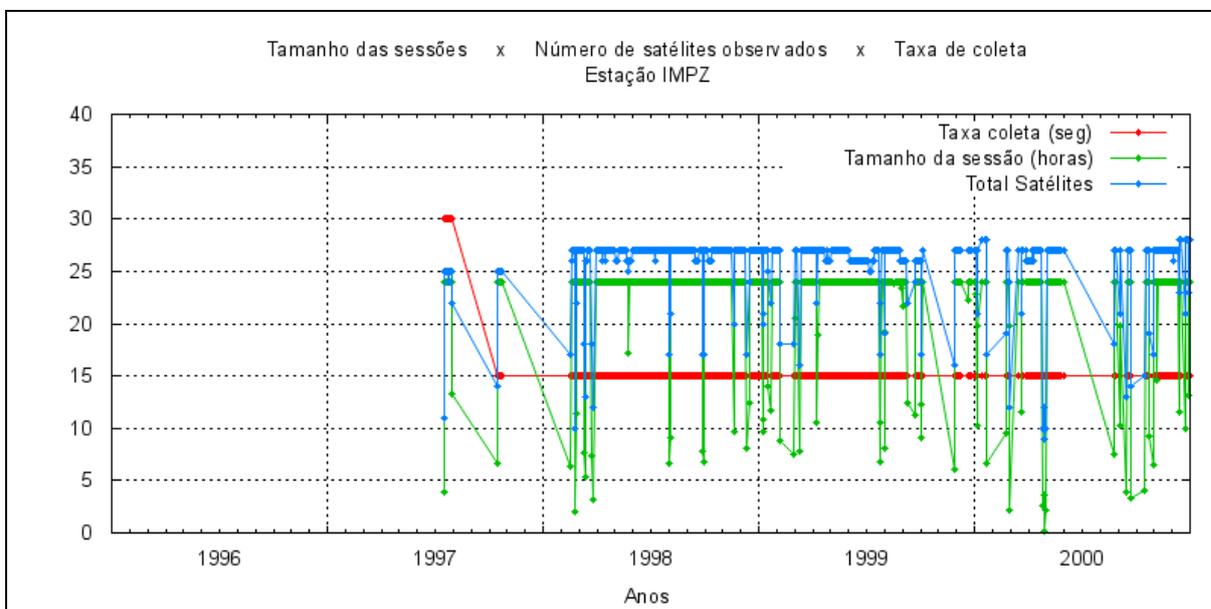


Figura 41 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação IMPZ.

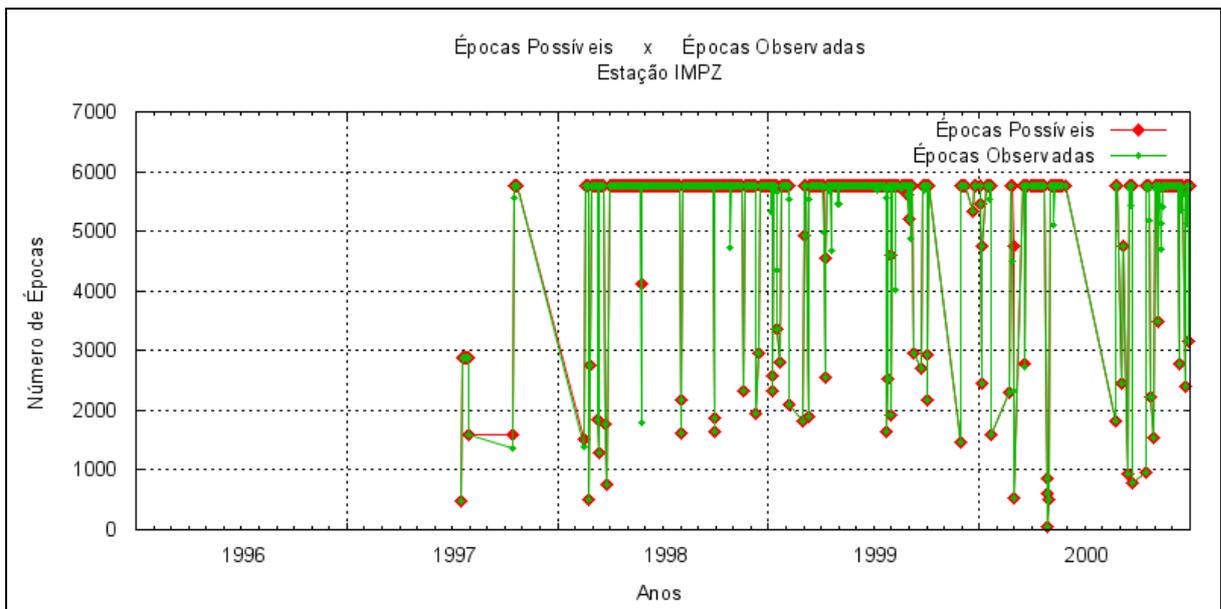


Figura 42 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação IMPZ.

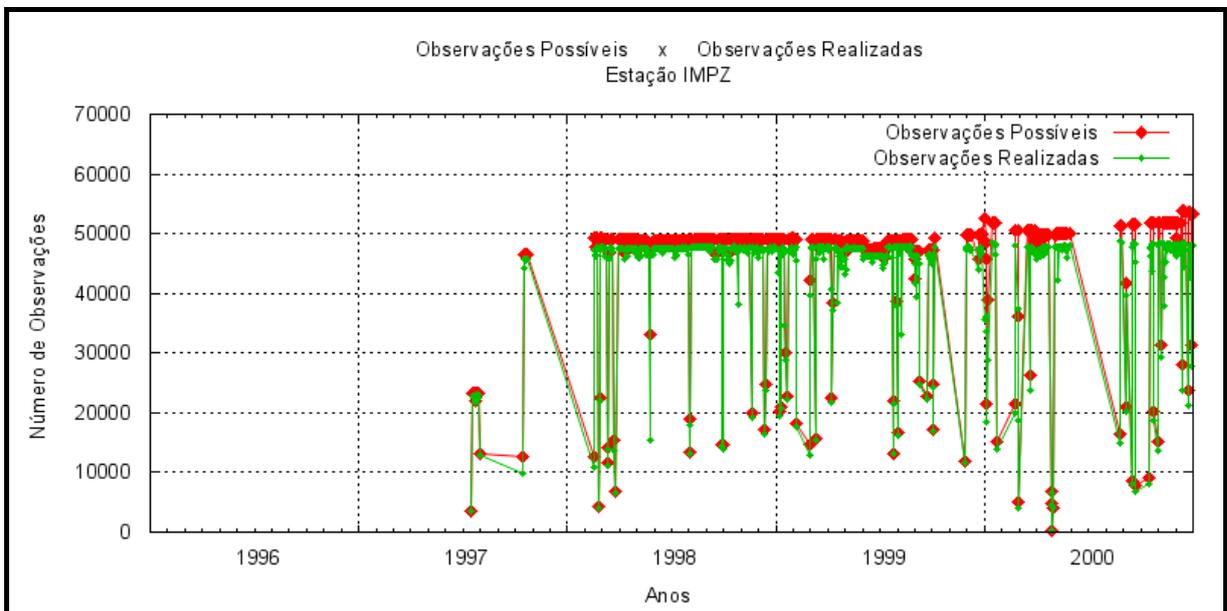


Figura 43 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação IMPZ.

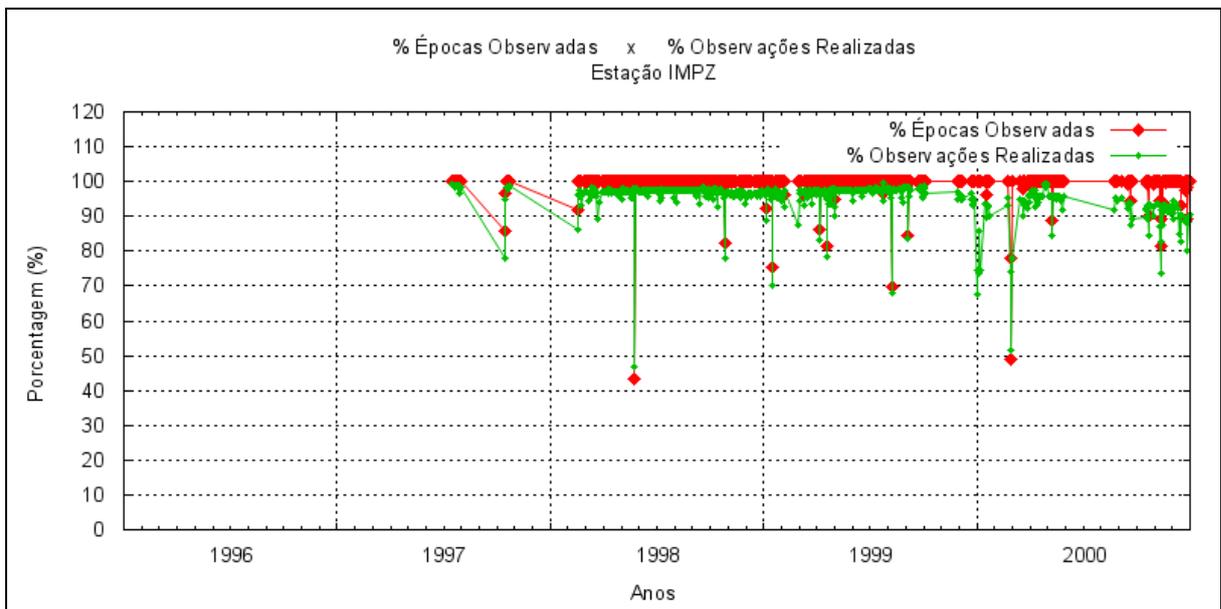


Figura 44 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação IMPZ.

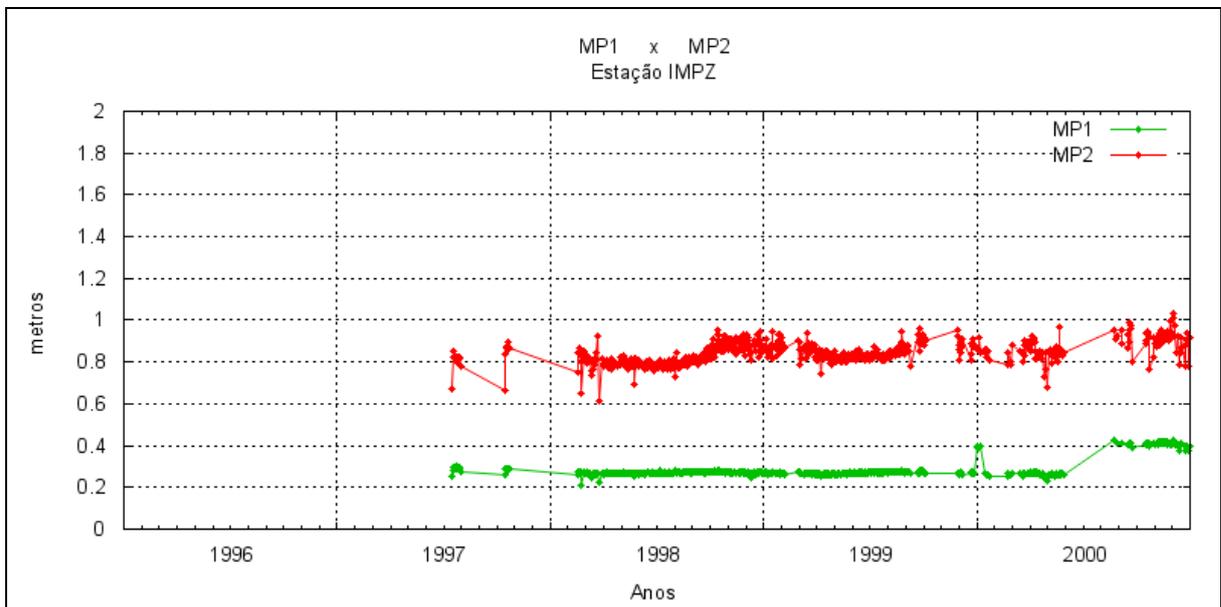


Figura 45 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação IMPZ.

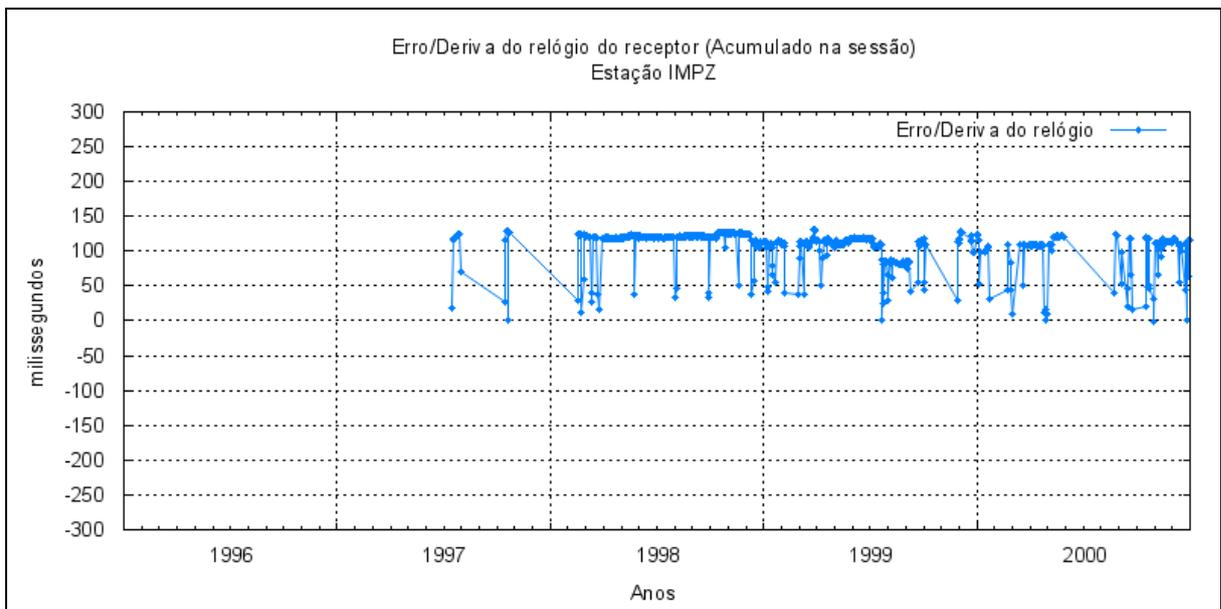


Figura 46 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação IMPZ.

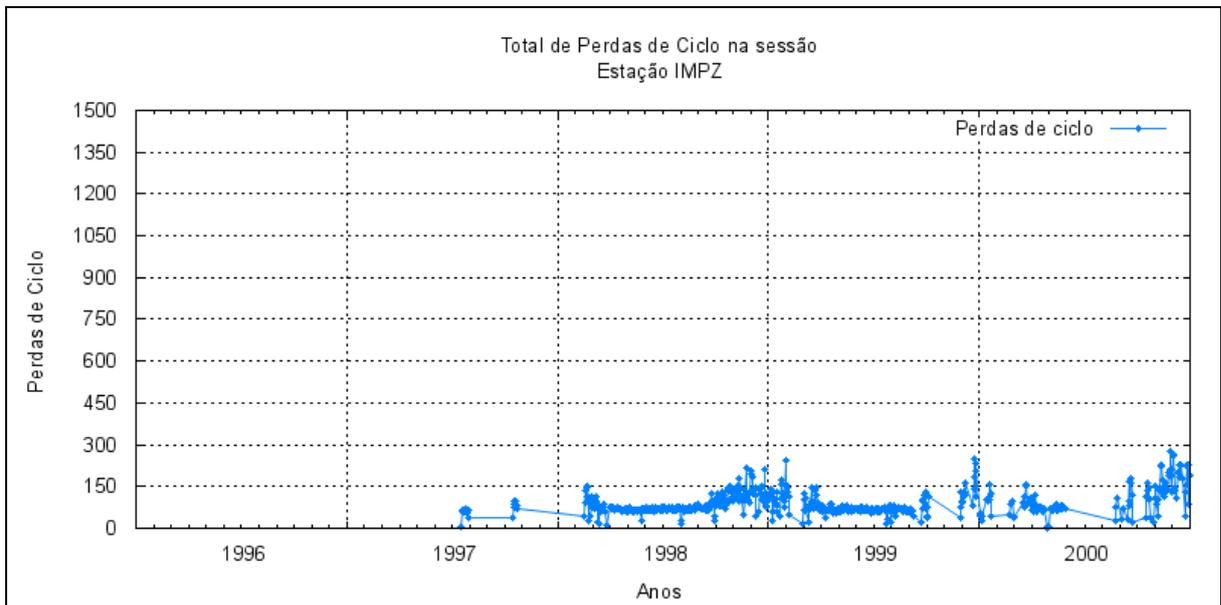


Figura 47 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação IMPZ.

3.8 Análise dos dados da estação MANA

Assim como a estação IMPZ, a estação MANA também apresentou baixo desempenho de funcionamento devido a problemas operacionais. No caso da estação MANA ocorreu queima de equipamentos da estação, por duas vezes, devido à descargas elétricas atmosféricas constantes na região da estação. Apesar do prédio onde estava instalada a estação possuir sistemas de para raios. O que provocou a paralisação da estação nos períodos de março a junho de 1999 e entre setembro de 1999 e abril de 2000 (Figuras 48 e 54).

Contudo, cabe destacar que durante os períodos em que a estação coletava dados de forma normal, seu desempenho era bom e dentro do esperado, como mostra os indicadores de qualidade dos dados da estação.

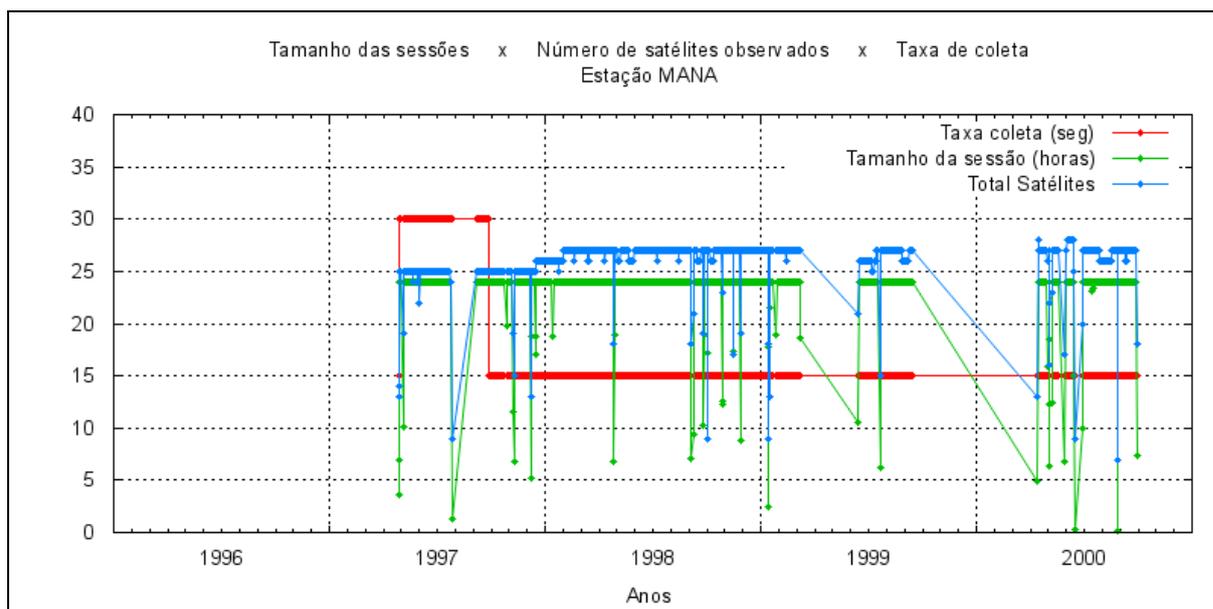


Figura 48 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação MANA.



Figura 49 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação MANA.

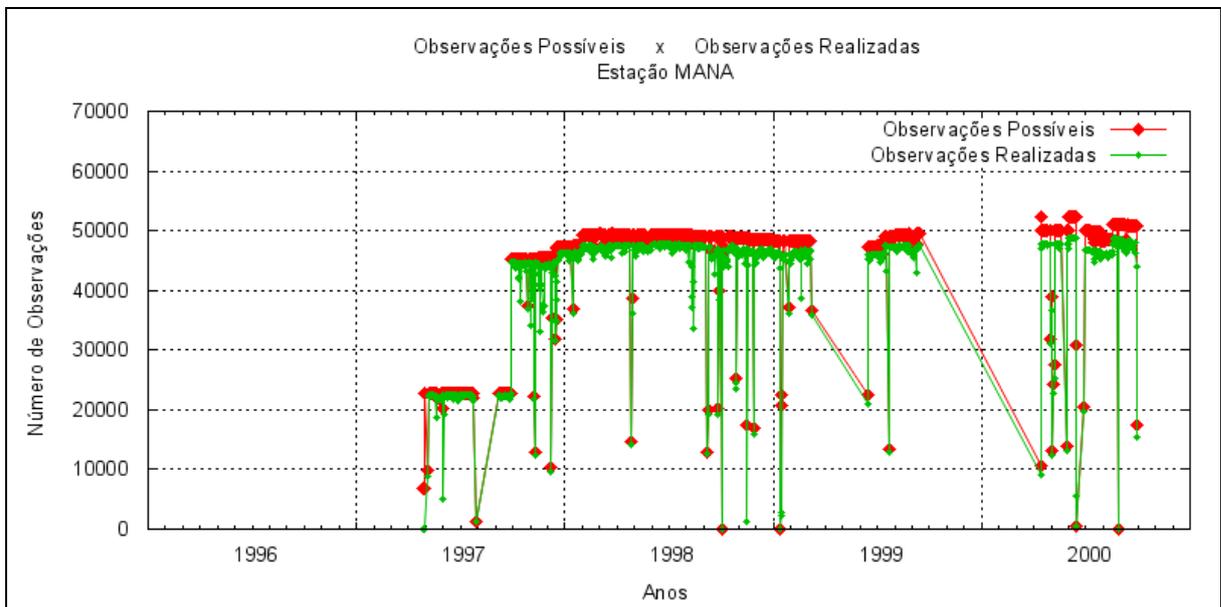


Figura 50 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação MANA.

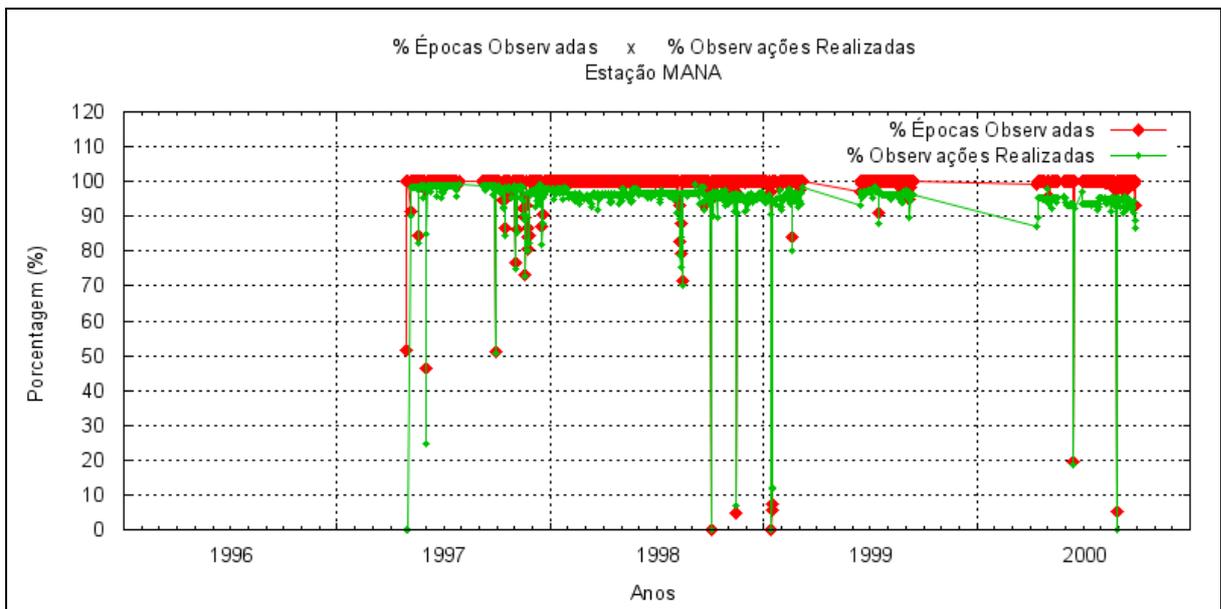


Figura 51 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação MANA.

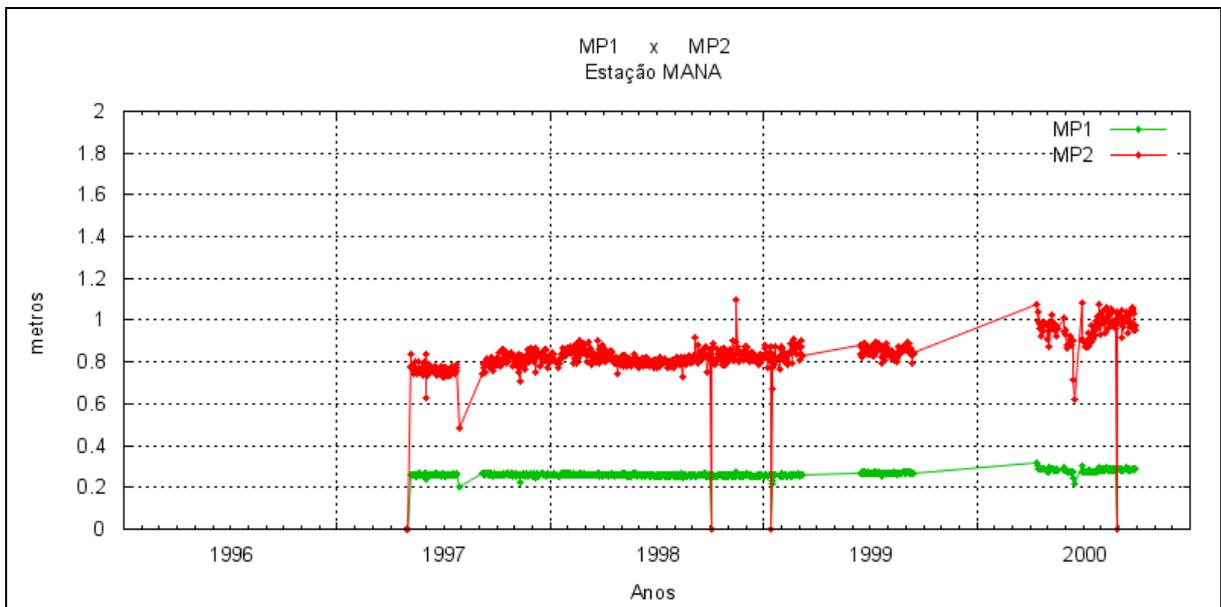


Figura 52 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação MANA.

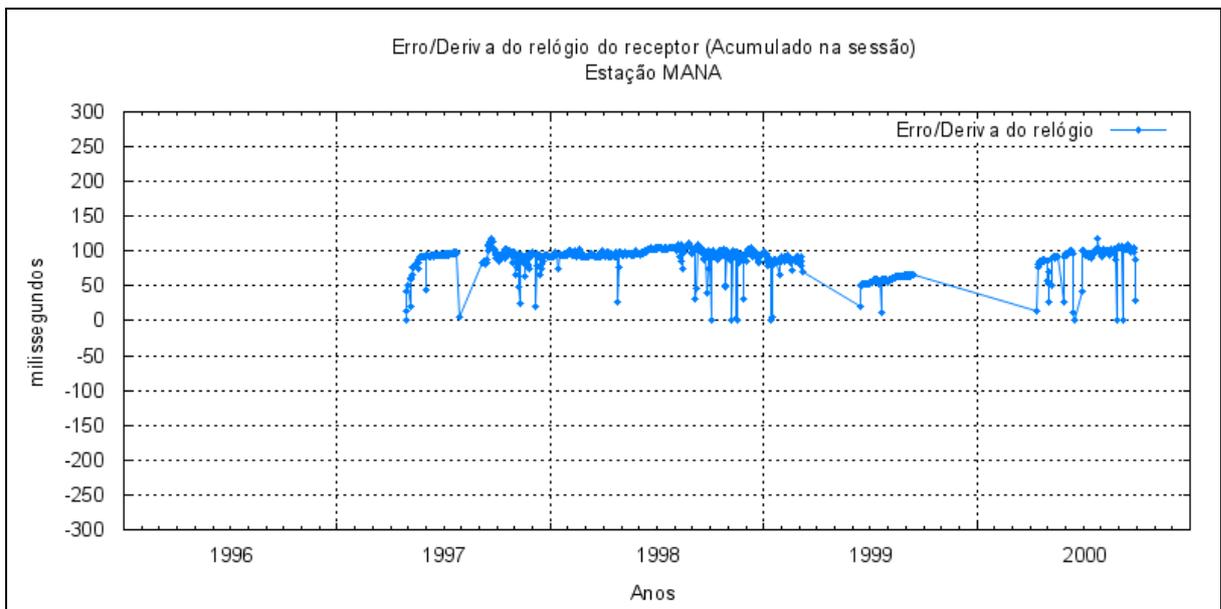


Figura 53 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação MANA.

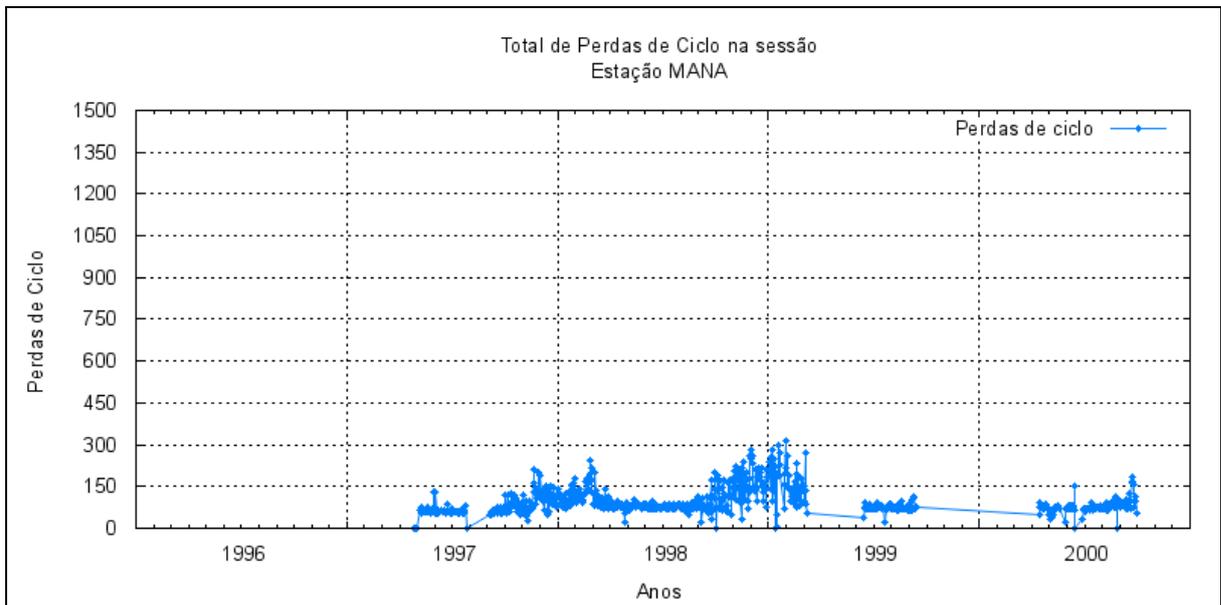


Figura 54 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação MANA.

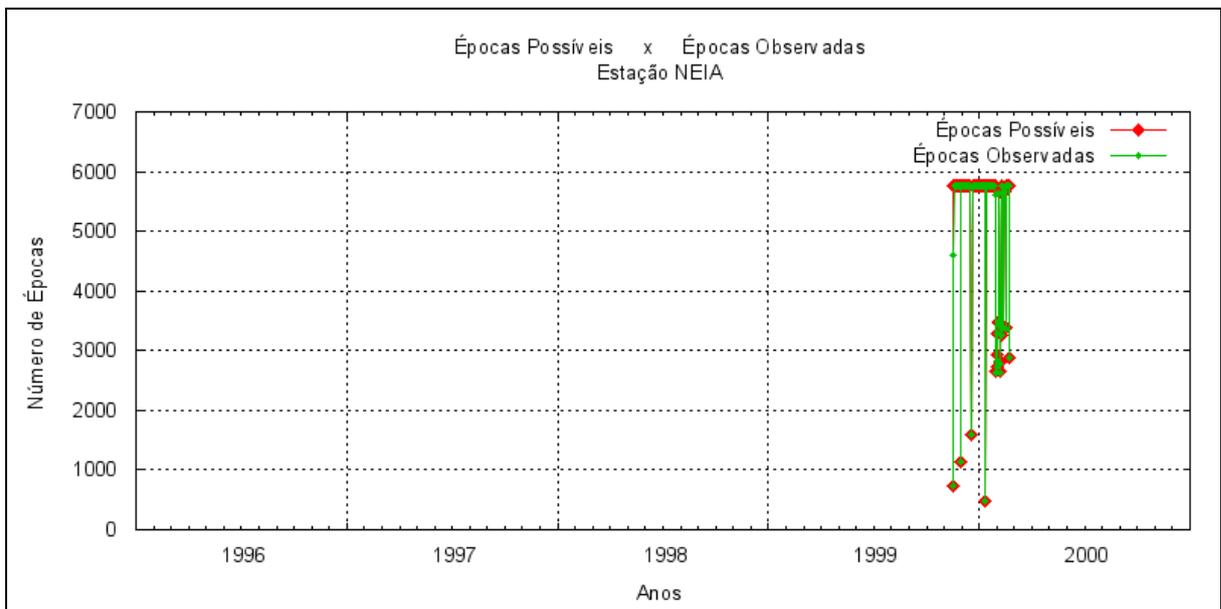


Figura 56 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação NEIA.

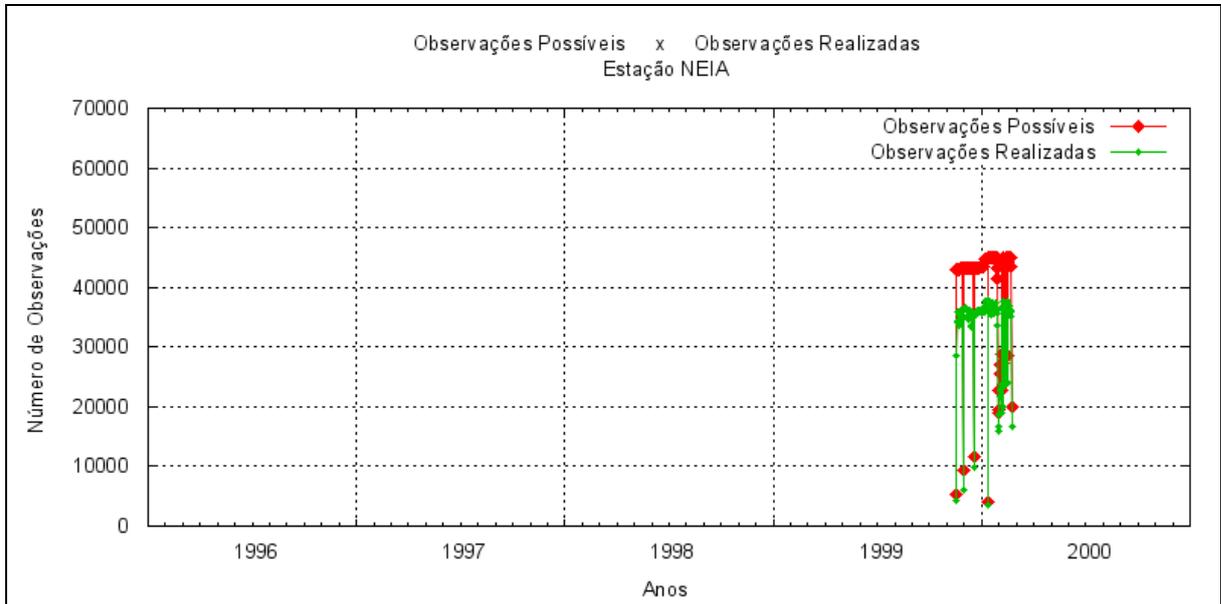


Figura 57 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação NEIA.

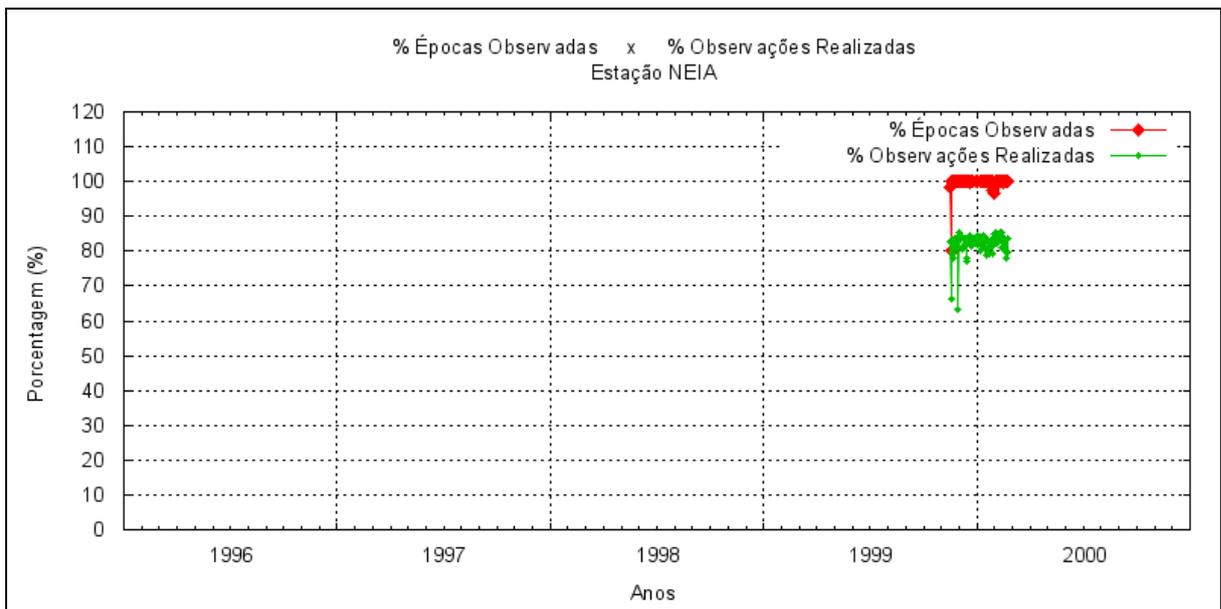


Figura 58 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação NEIA.

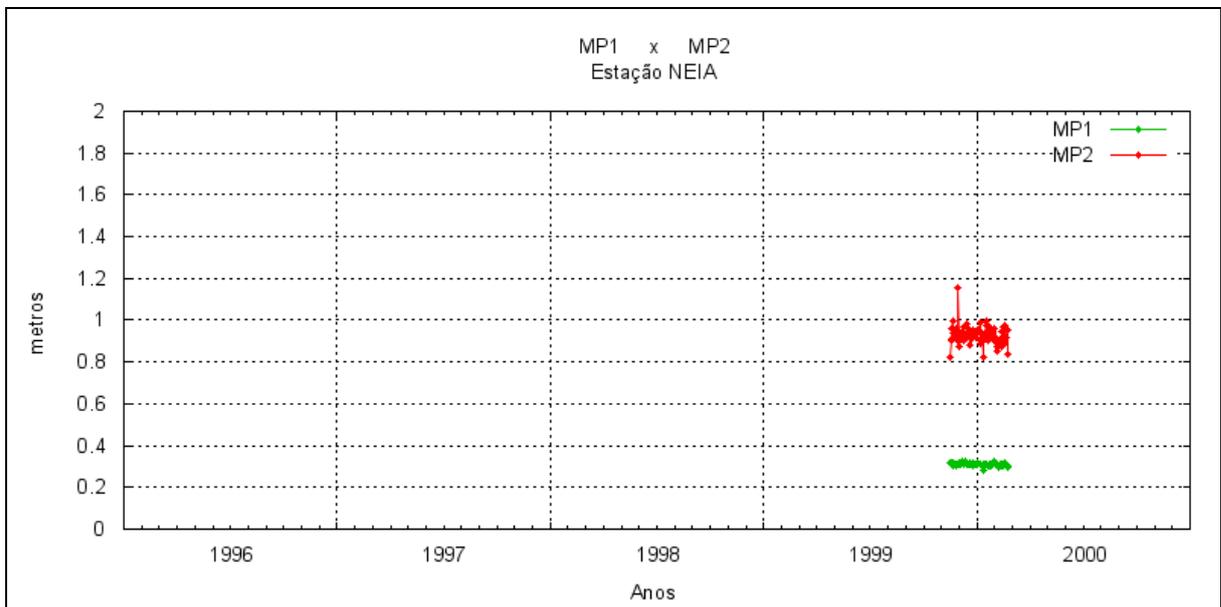


Figura 59 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação NEIA.

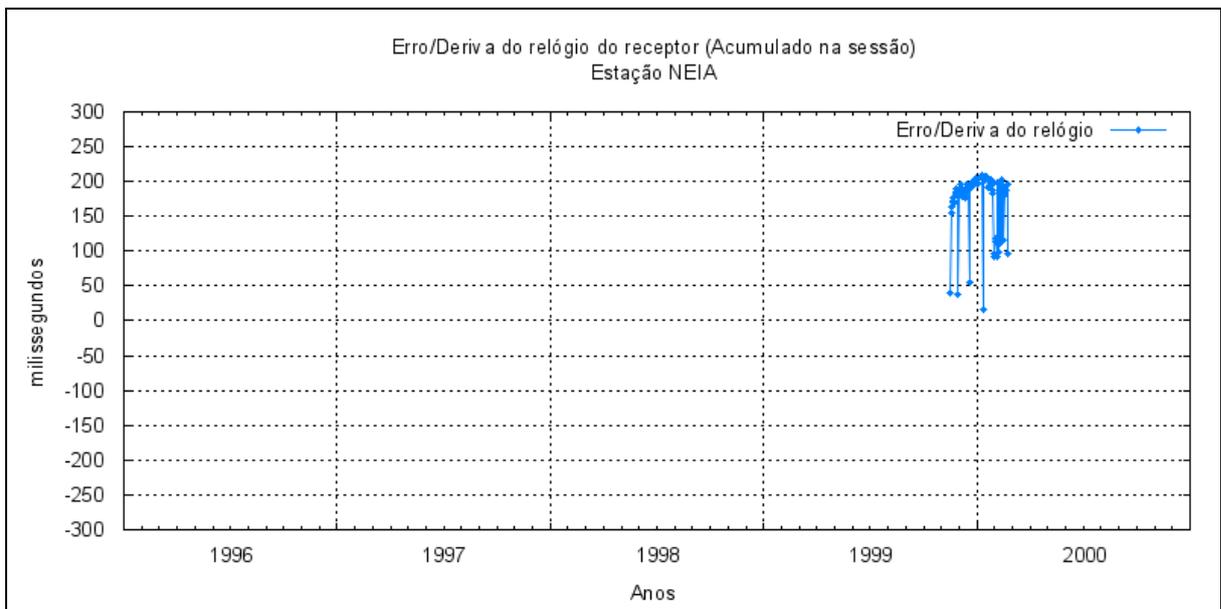


Figura 60 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação NEIA.

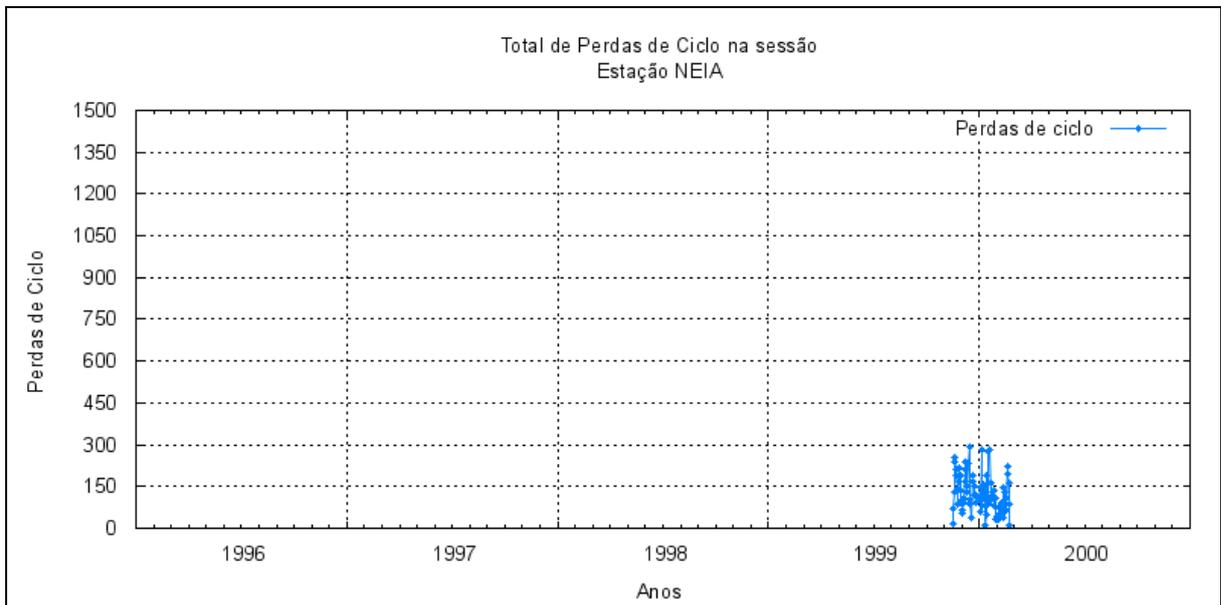


Figura 61 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação NEIA.

3.10 Análise dos dados da estação PARA

O desempenho no funcionamento da estação PARA é um dos melhores, entre as estações da RBMC, pois ocorreu baixa perda de sessões de observação, com poucos dias sem coletas e poucas sessões com tamanho menor que o esperado (23h59min).

Quanto à qualidade dos dados a mesma está dentro do esperado e seus indicadores (Figuras 62 a 68) apresentam ótima correlação entre si, estando condizente com os tamanhos das sessões de coleta, períodos do ano e quantidade de satélite observados, respectivamente.

Também como pode ser observado na Figura 67 o erro do relógio do receptor está bem próximo de zero, o que indica boa qualidade e estabilidade o relógio.

Postas estas observações, a estação PARA pode ser considerada como uma das estações da RBMC tomadas como padrão para a comparação das demais.

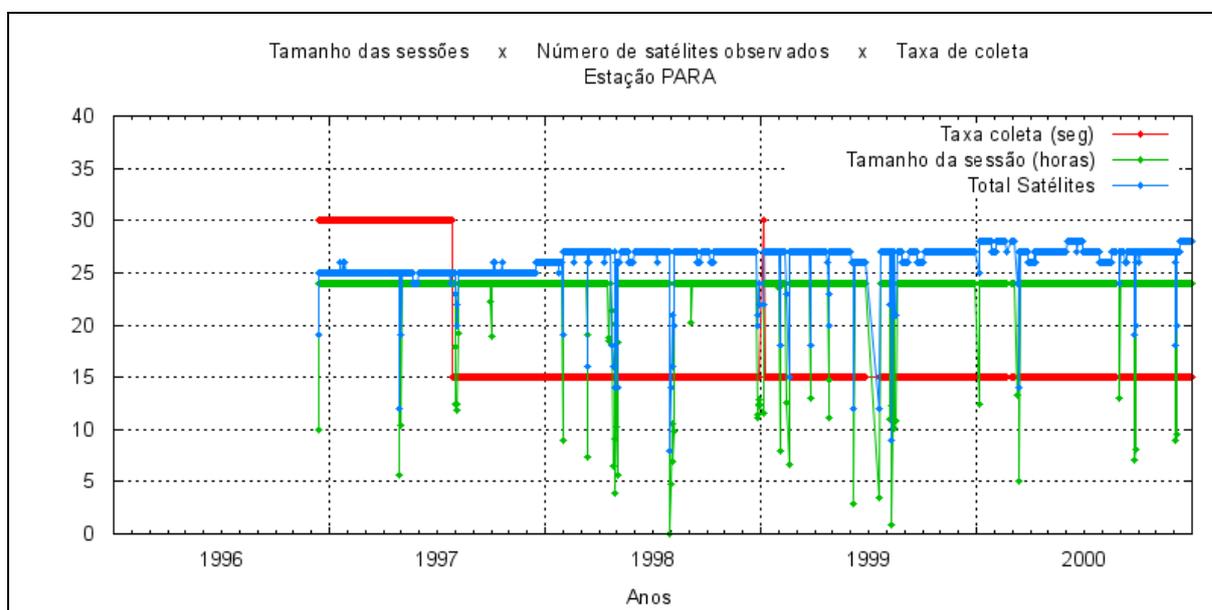


Figura 62 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação PARA.

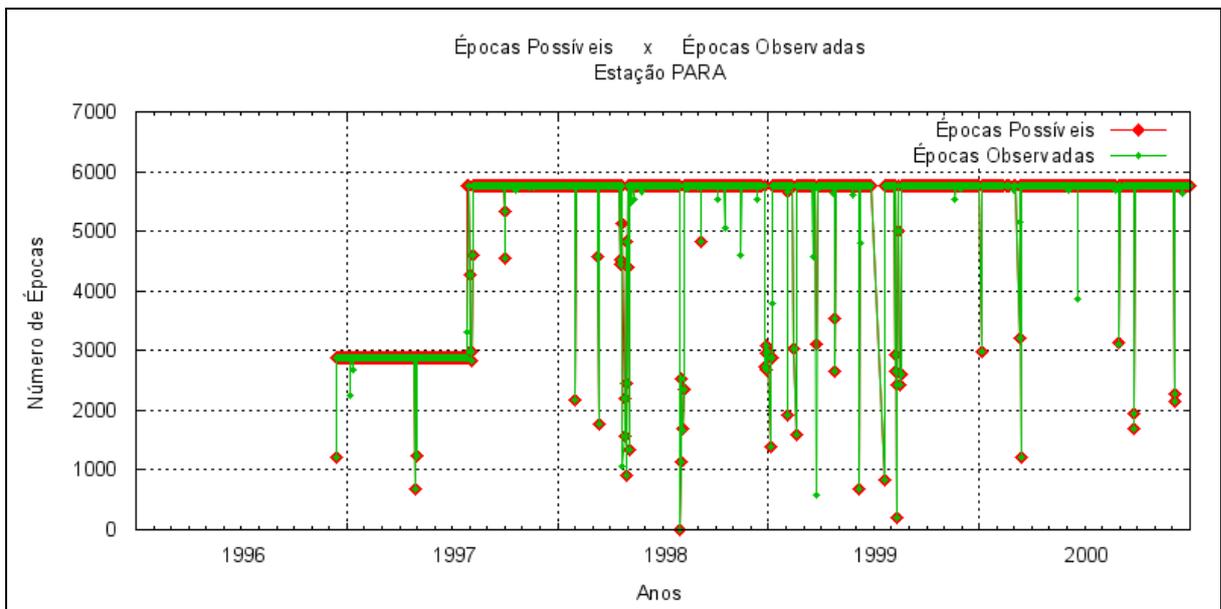


Figura 63 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação PARA.

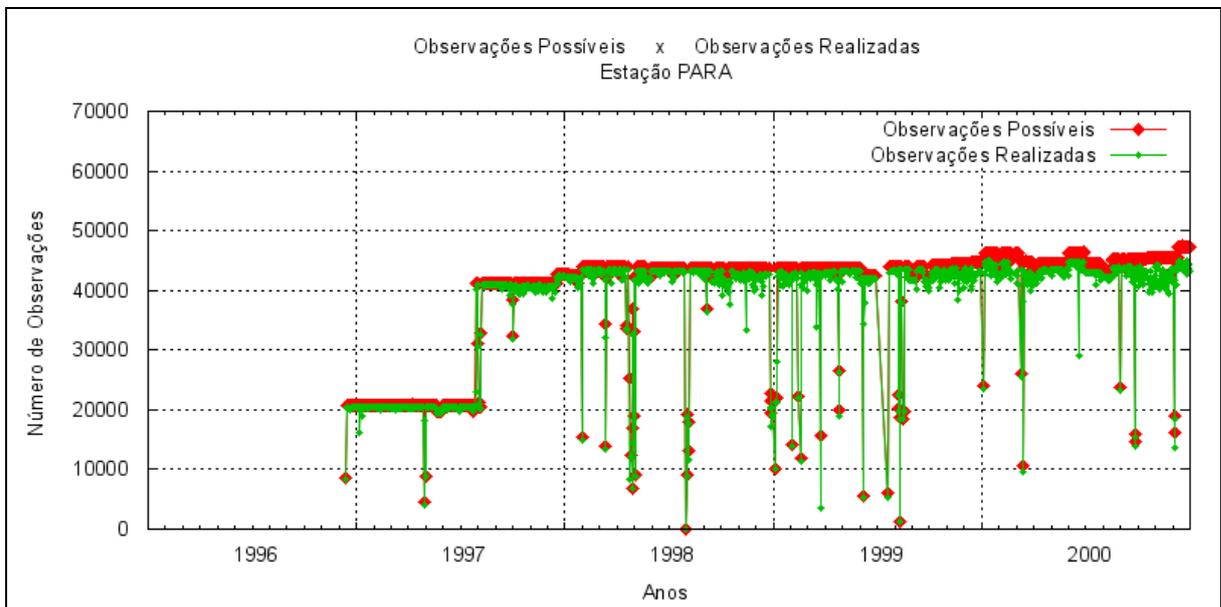


Figura 64 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação PARA.

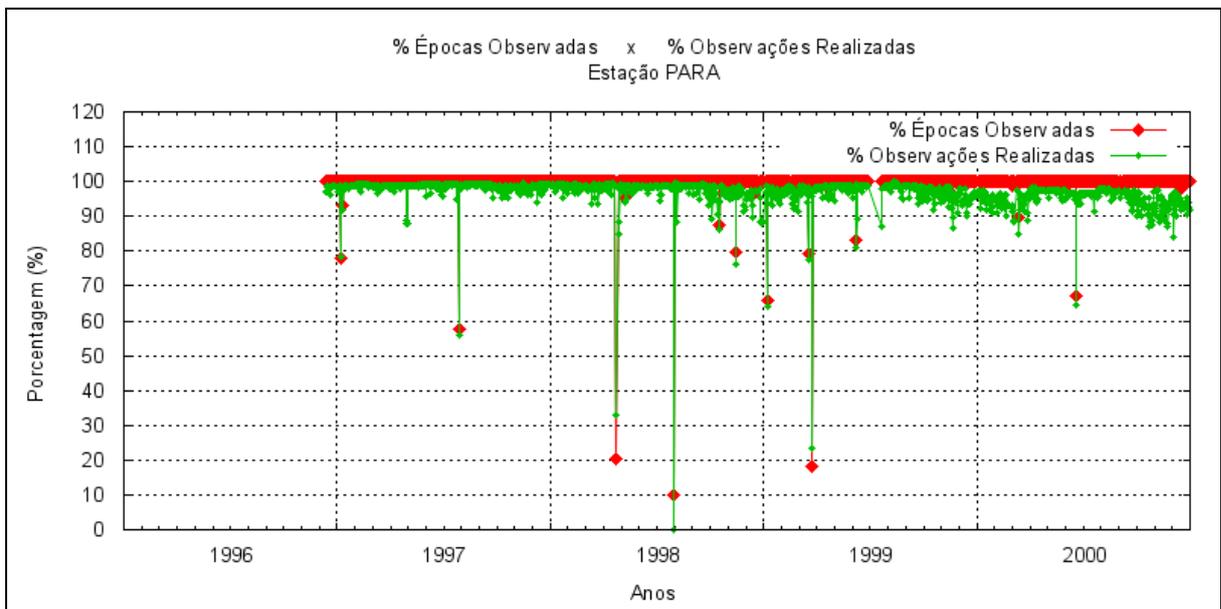


Figura 65 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação PARA.

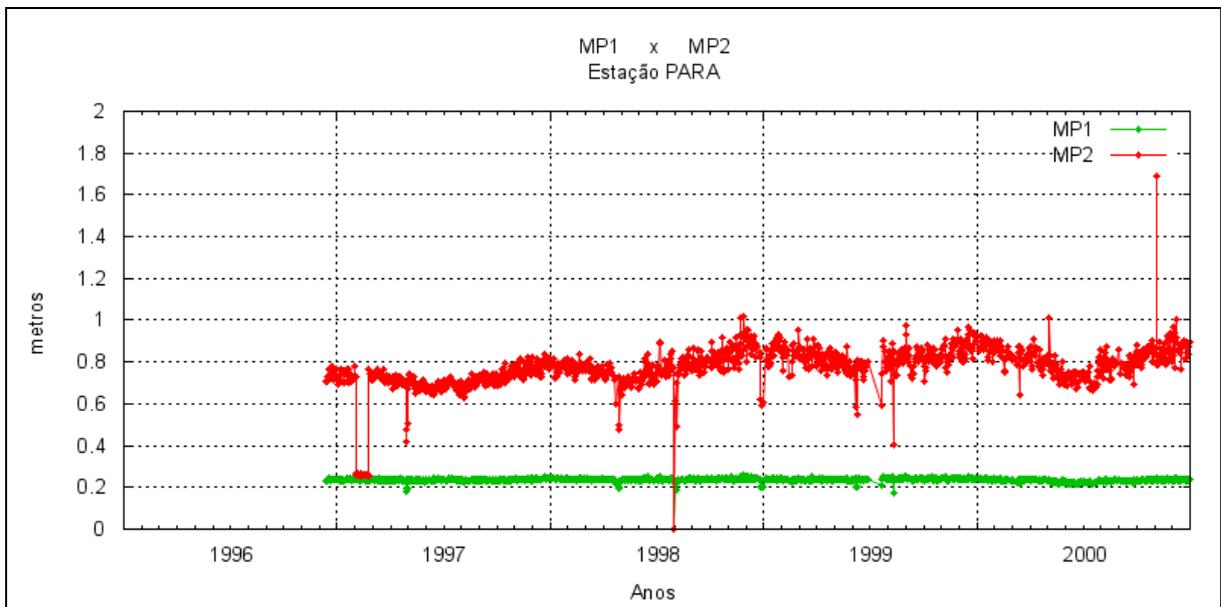


Figura 66 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação PARA.

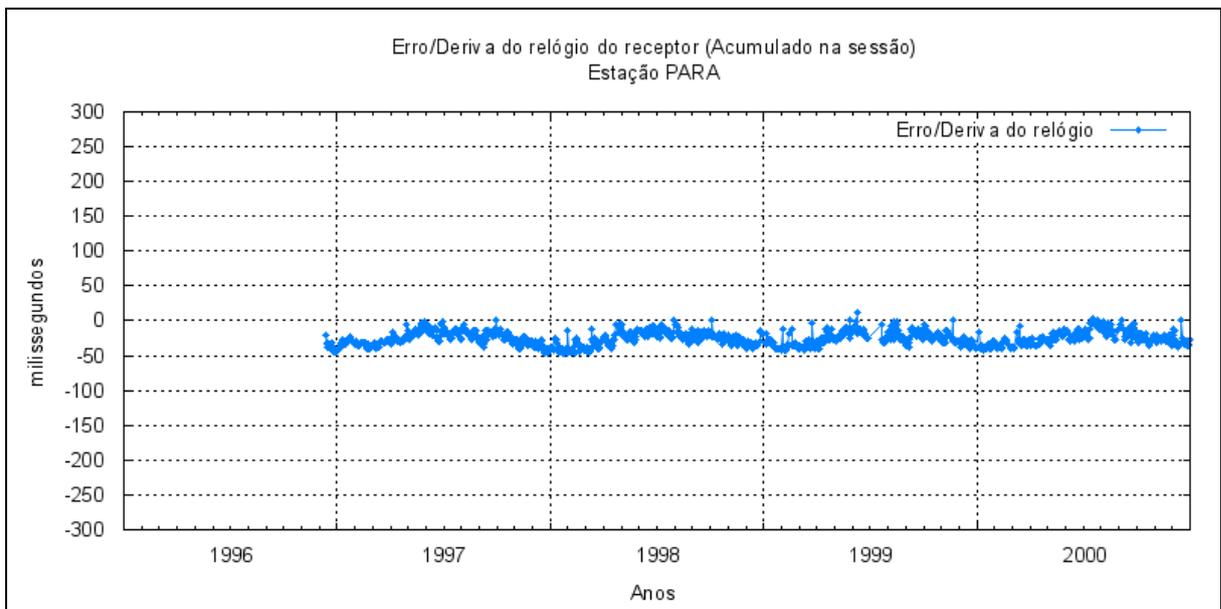


Figura 67 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação PARA.

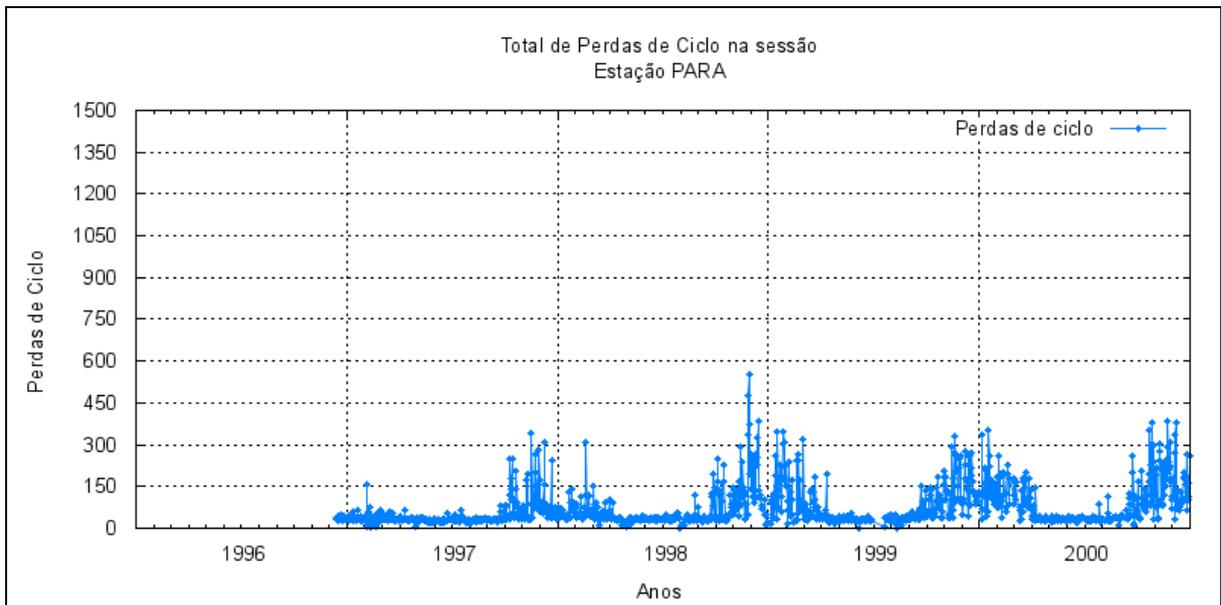


Figura 68 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação PARA.

3.11 Análise dos dados da estação POAL

O desempenho no funcionamento da estação POAL entre os anos de 1999 e 2000 está abaixo do esperado, pois ocorreu significativa perda de sessões de observação, com alguns períodos sem coletas e várias sessões com tamanho menor que o esperado (23h59min).

Quanto à qualidade dos dados a mesma está dentro do esperado e seus indicadores (Figuras 69 a 75) apresentam direta correlação entre si, estando condizente com os tamanhos das sessões de coleta, períodos do ano e quantidade de satélite observados, respectivamente.

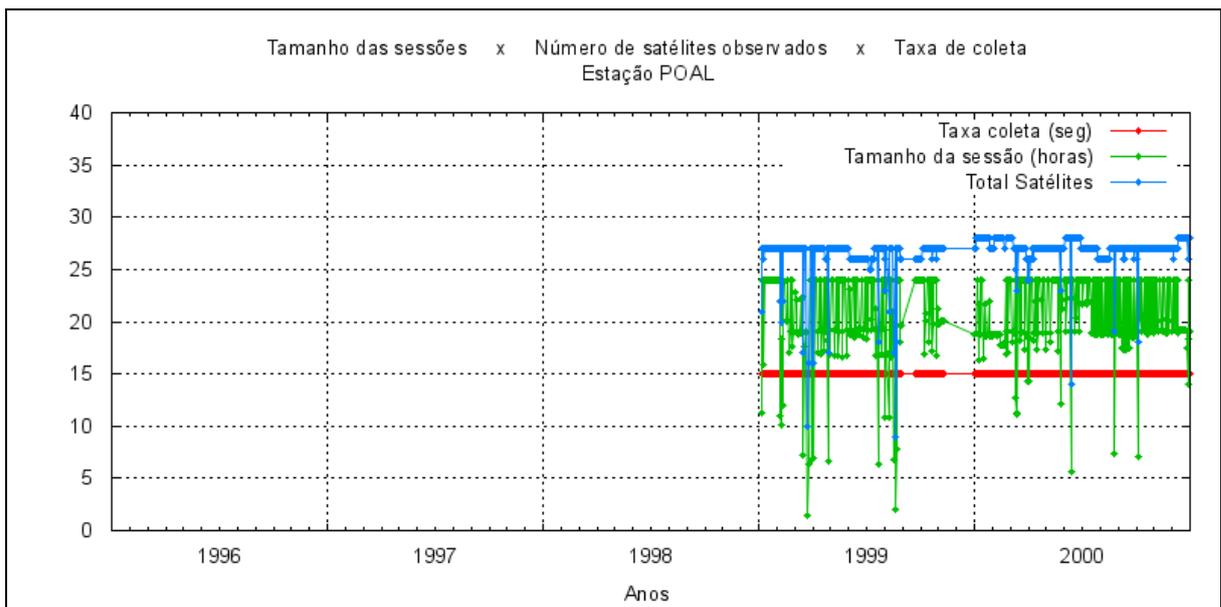


Figura 69 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação POAL.

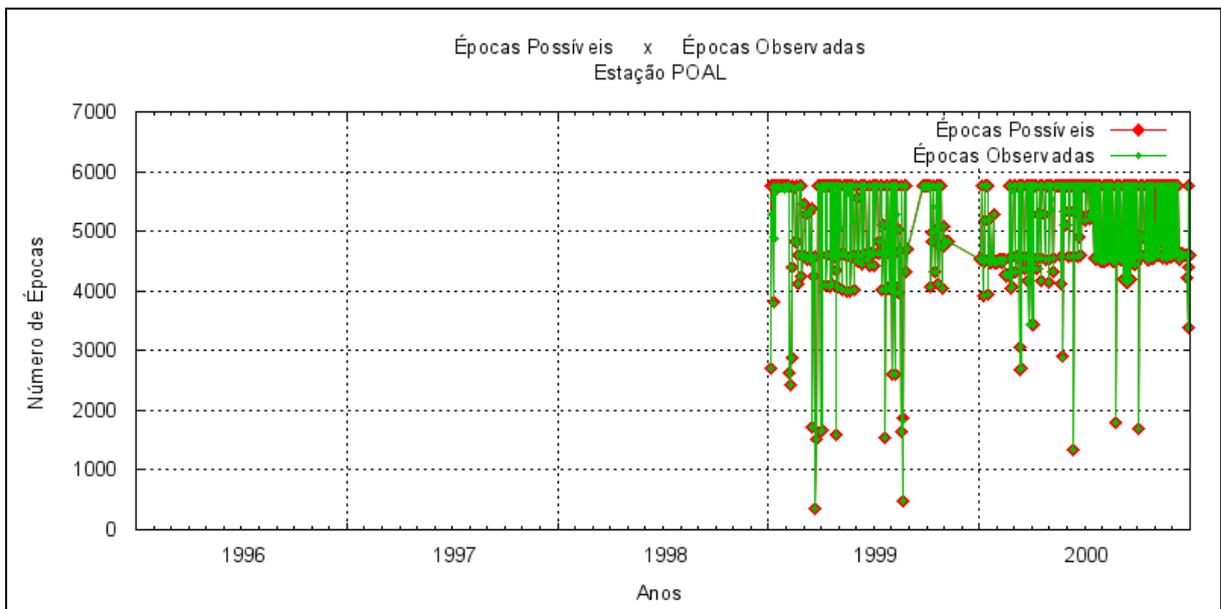


Figura 70 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação POAL.

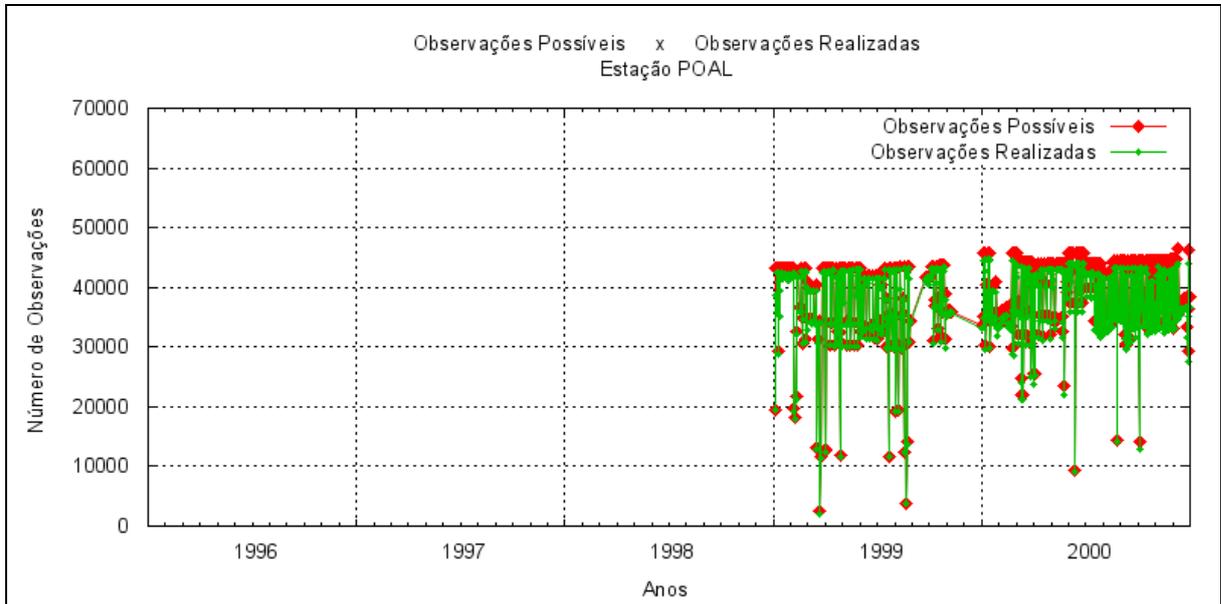


Figura 71 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação POAL.

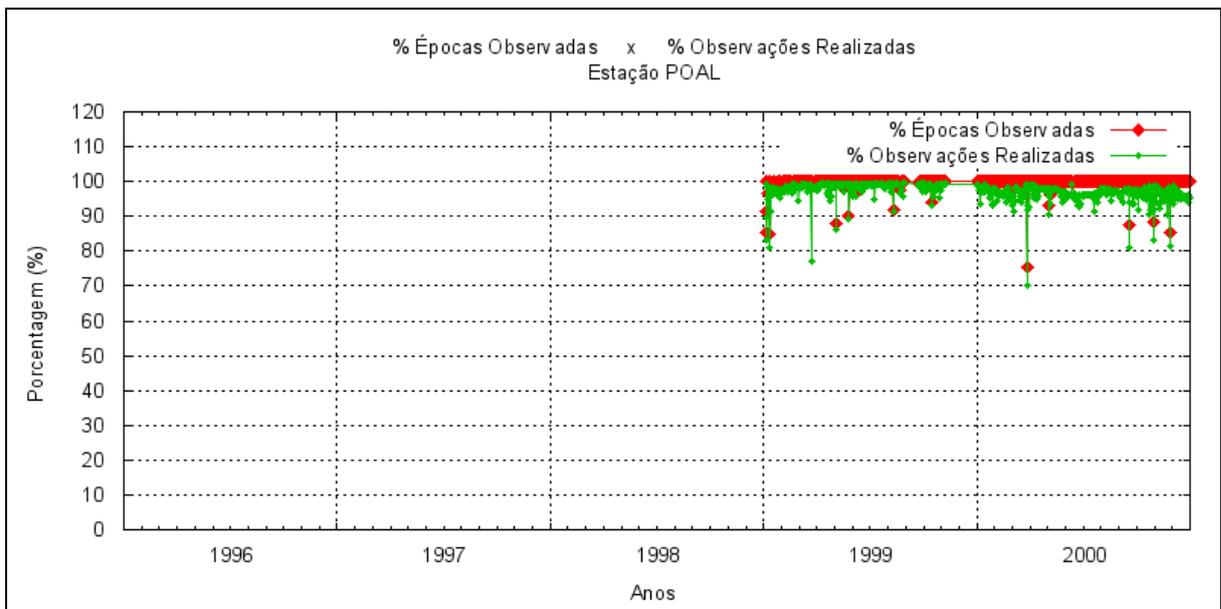


Figura 72 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação POAL.

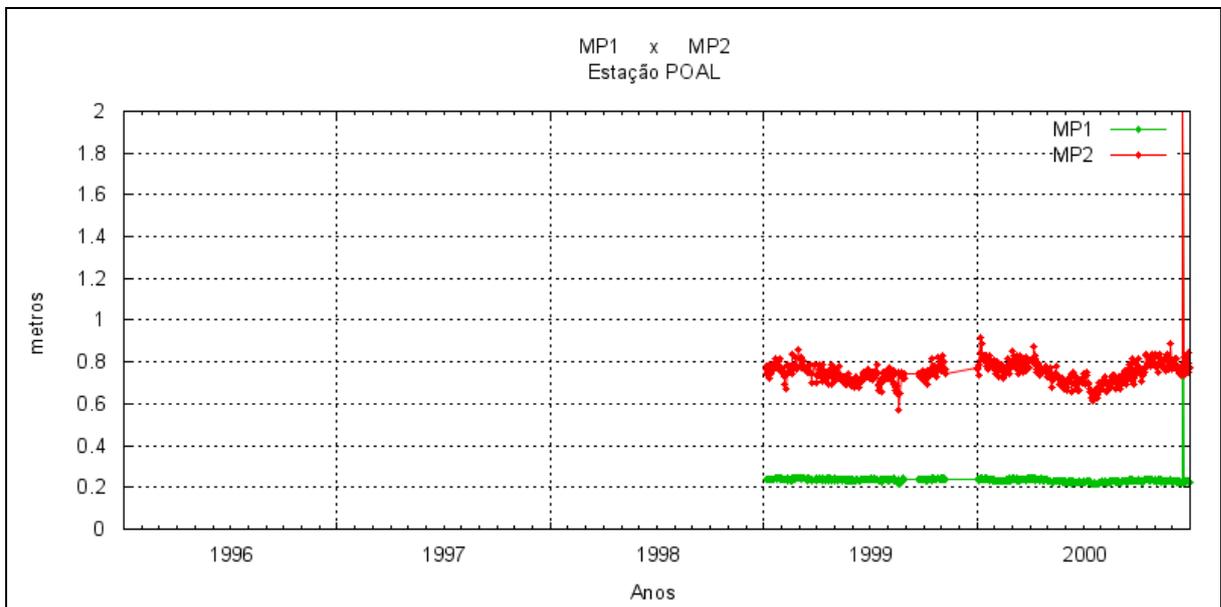


Figura 73 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação POAL.

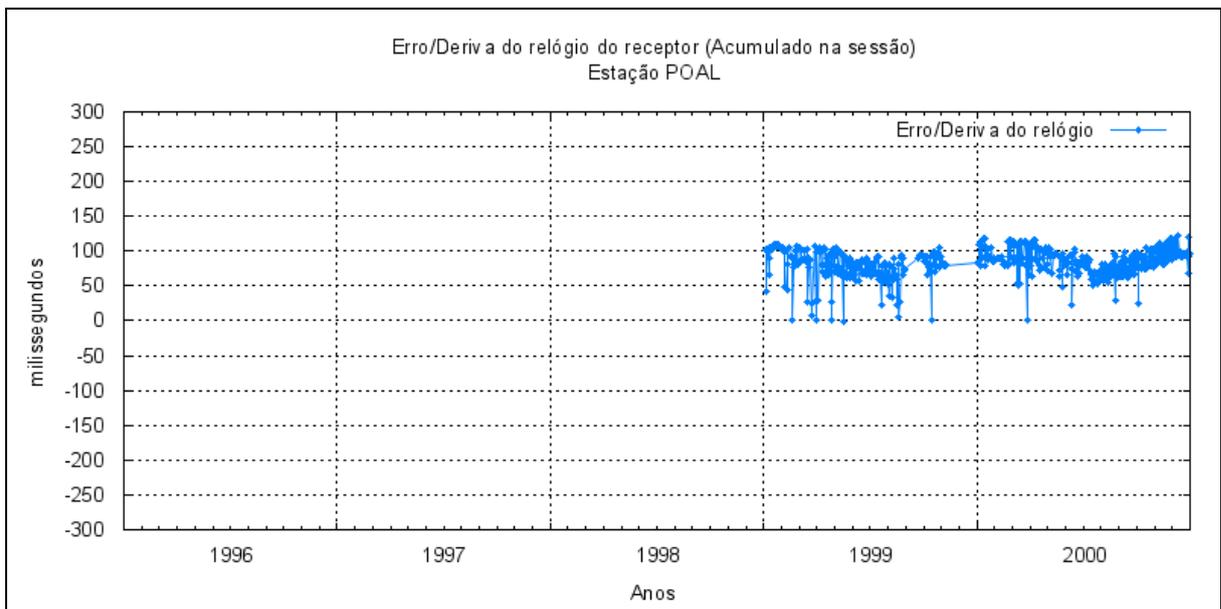


Figura 74 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação POAL.

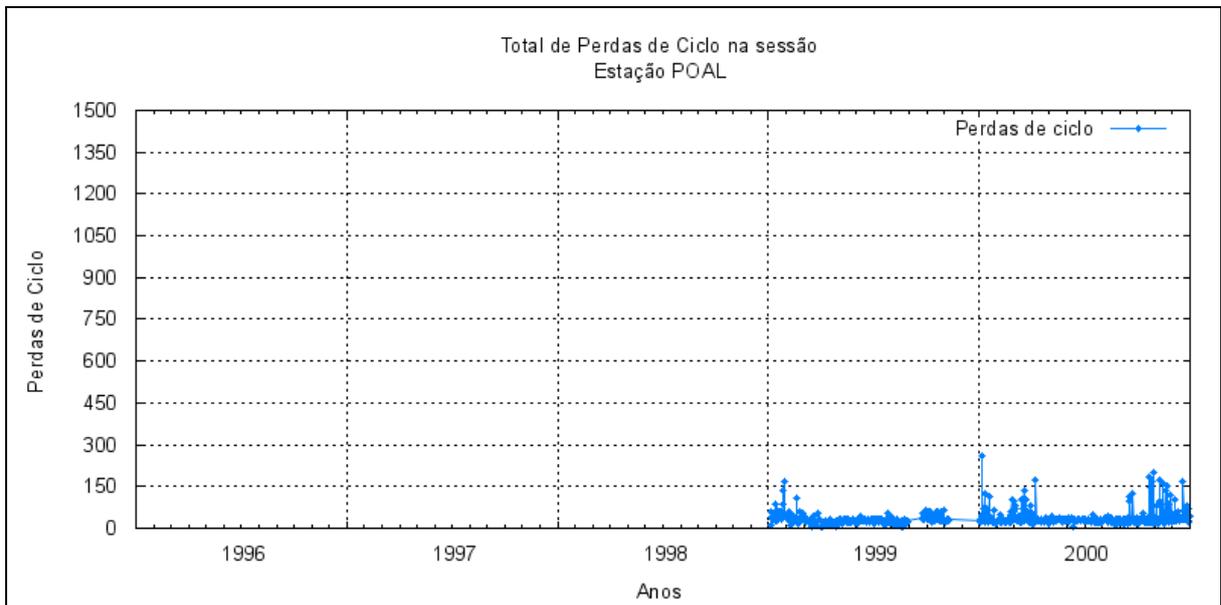


Figura 75 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação POAL.

3.12 Análise dos dados da estação RECF

O desempenho no funcionamento da estação RECF é semelhante ao da estação PARA, ou seja, ocorreu baixa perda de sessões de observação, com poucos dias sem coletas e com poucas sessões com tamanho menor que o esperado (23h59min).

Quanto à qualidade dos dados a mesma está dentro do esperado e seus indicadores (Figuras 62 a 68) apresentam ótima correlação entre si, estando condizente com os tamanhos das sessões de coleta, períodos do ano e quantidade de satélite observados, respectivamente.

Da mesma forma, devido ao bom desempenho do funcionamento da estação RECF e a qualidade dos seus dados coletados, a mesma pode ser considerada como uma das estações da RBMC tomadas como padrão para a comparação das demais.

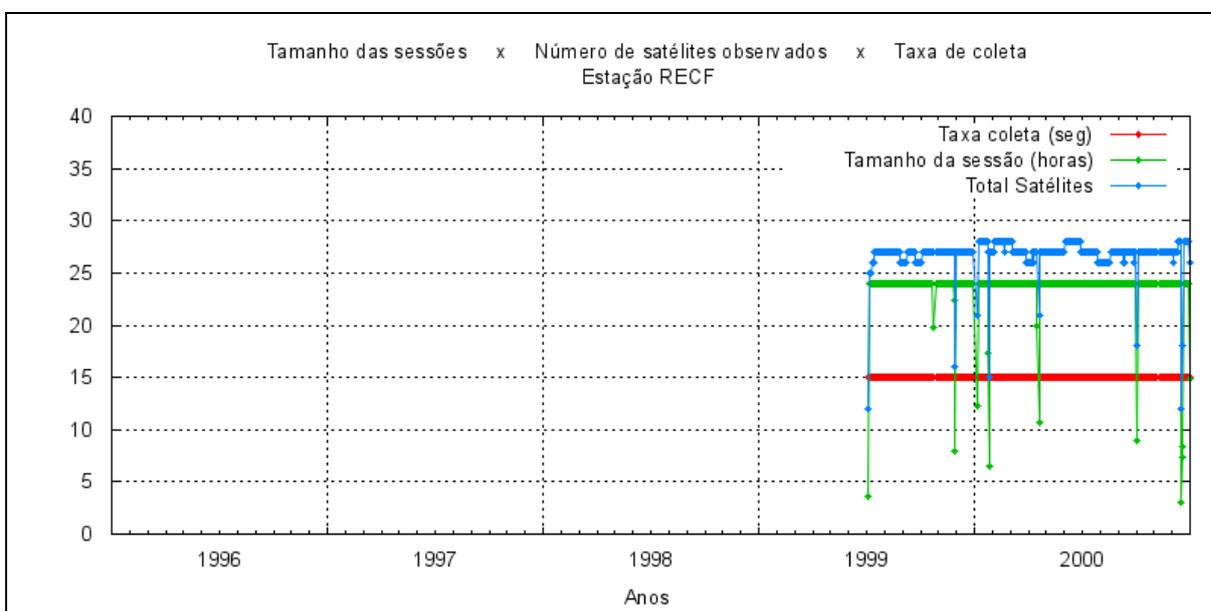


Figura 76 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação RECF.

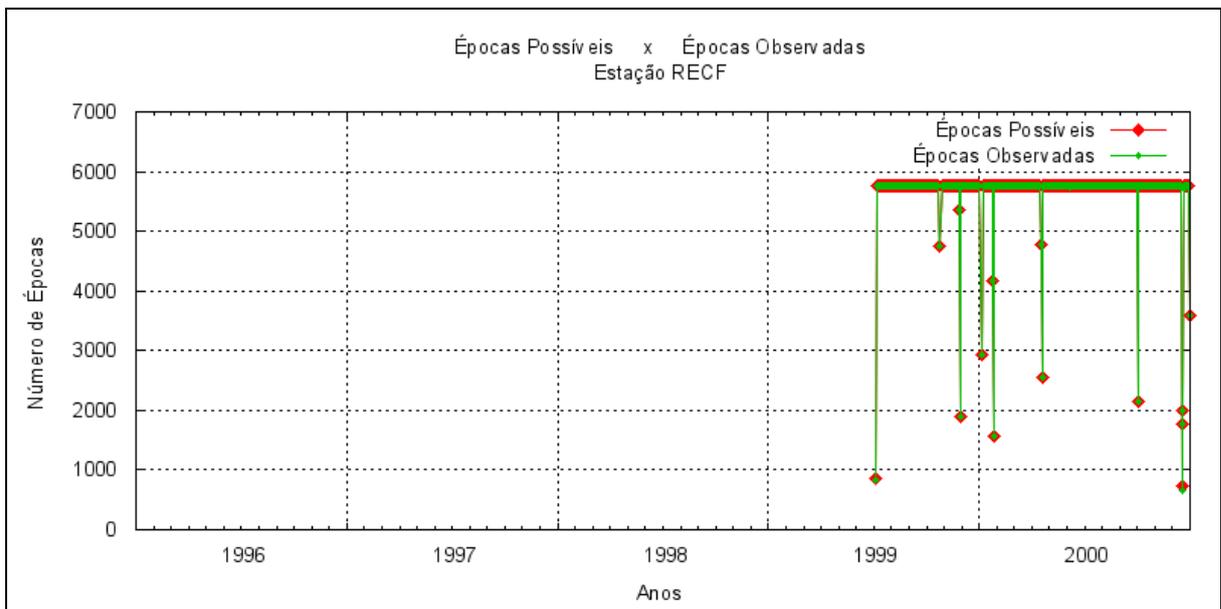


Figura 77 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação RECF.

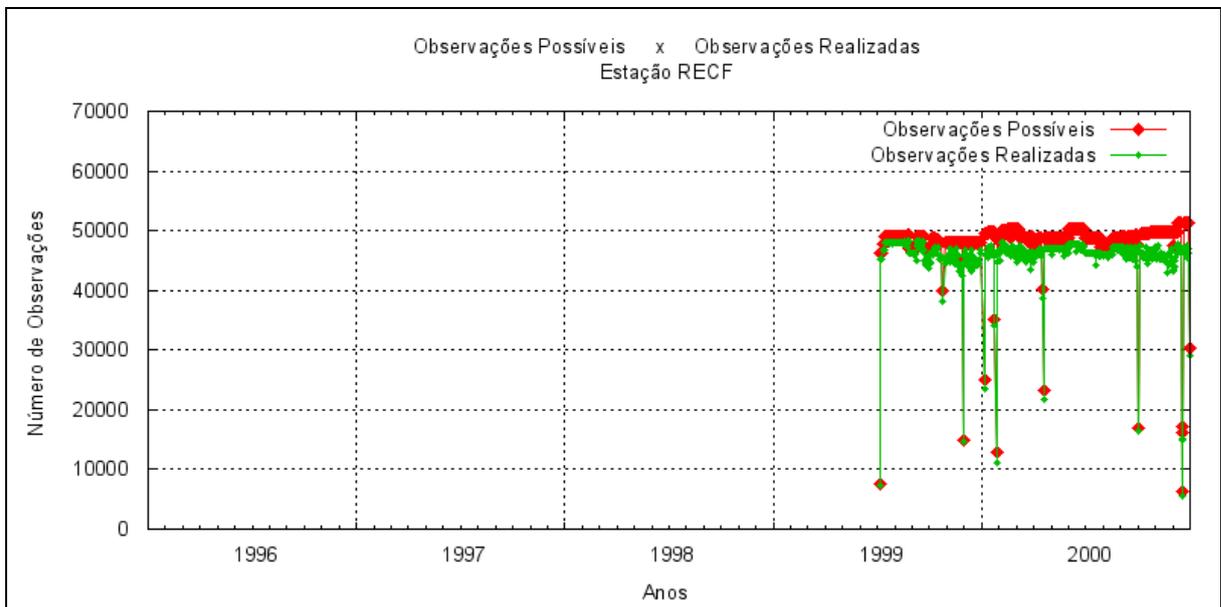


Figura 78 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação RECF.

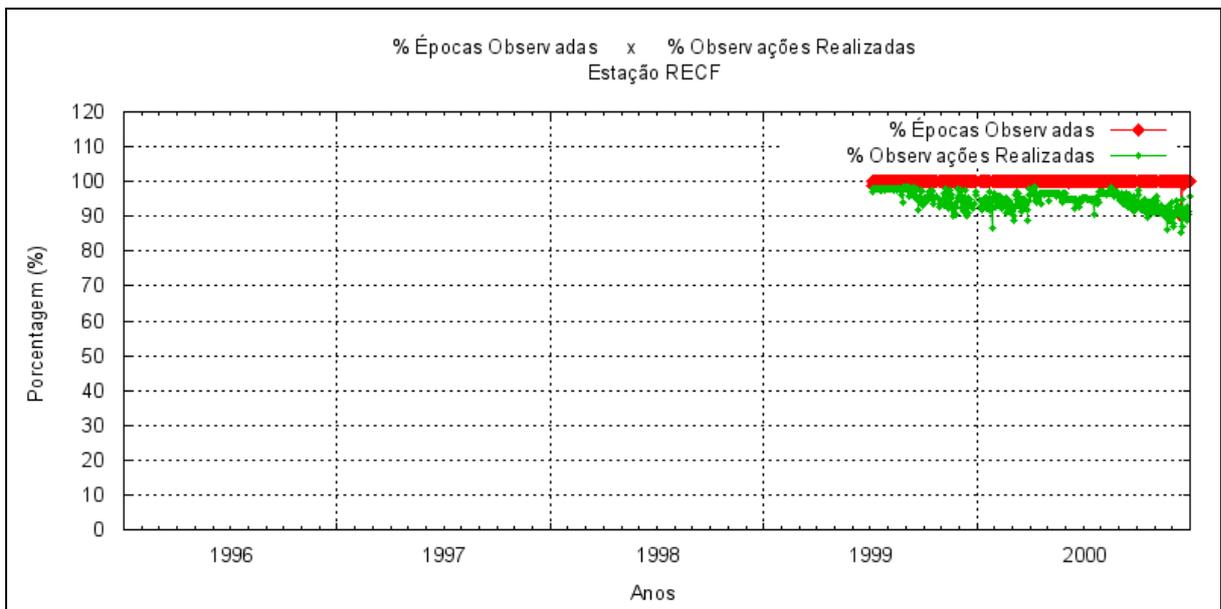


Figura 79 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação RECF.

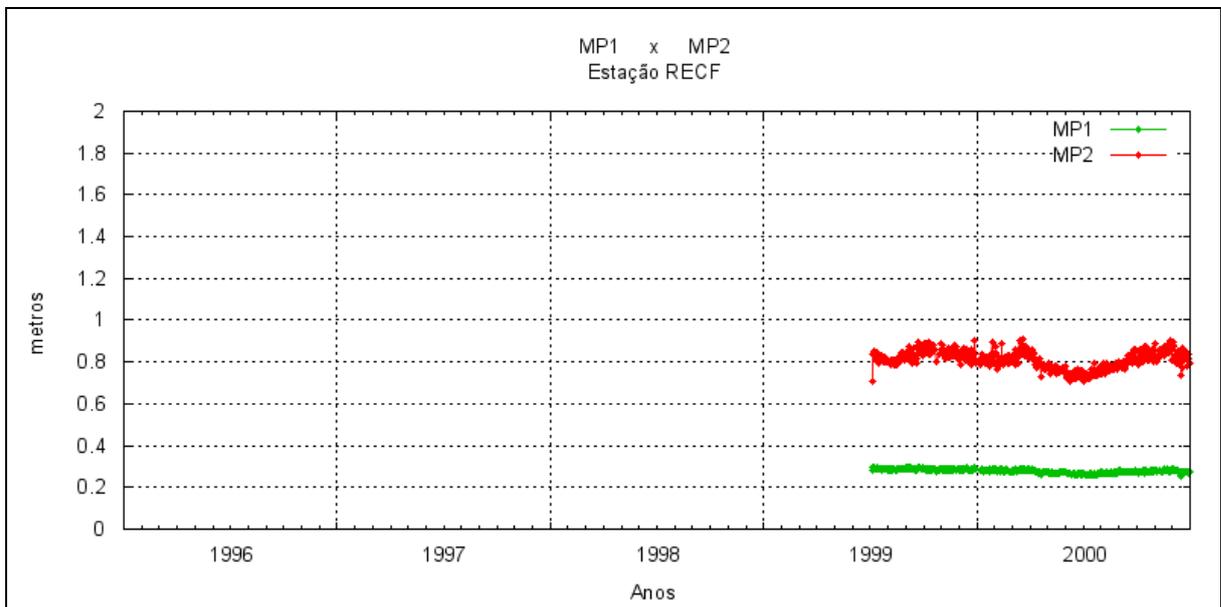


Figura 80 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação RECF.

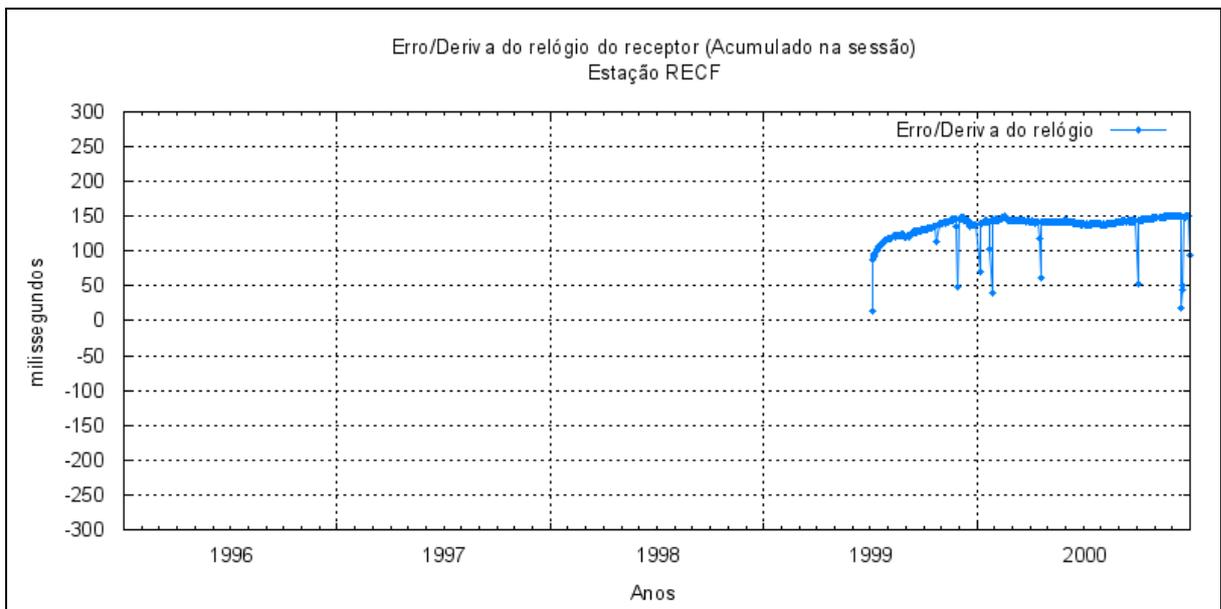


Figura 81 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação RECF.

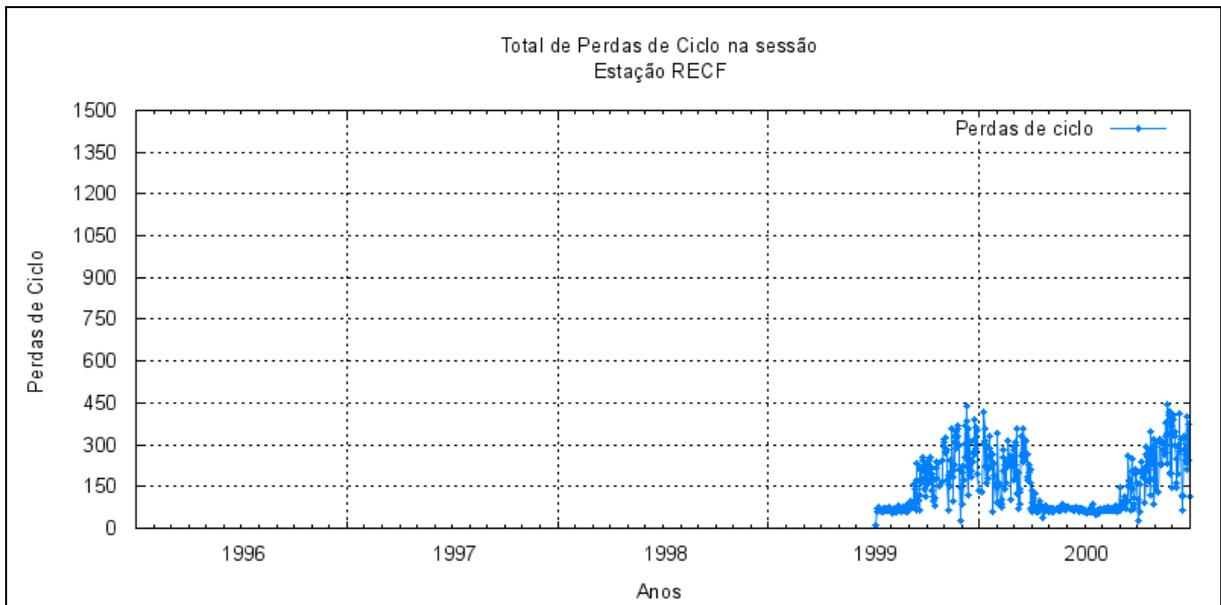


Figura 82 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação RECF.

3.13 Análise dos dados da estação SALV

O desempenho no funcionamento da estação SALV entre os anos de 1999 e 2000 está um pouco abaixo do esperado, pois ocorreu perdas de dados com várias sessões com tamanho menor que o esperado (23h59min).

Quanto à qualidade dos dados a mesma está dentro do esperado e seus indicadores (Figuras 83 a 89) apresentam direta correlação entre si, estando condizente com os tamanhos das sessões de coleta, períodos do ano e quantidade de satélite observados, respectivamente.

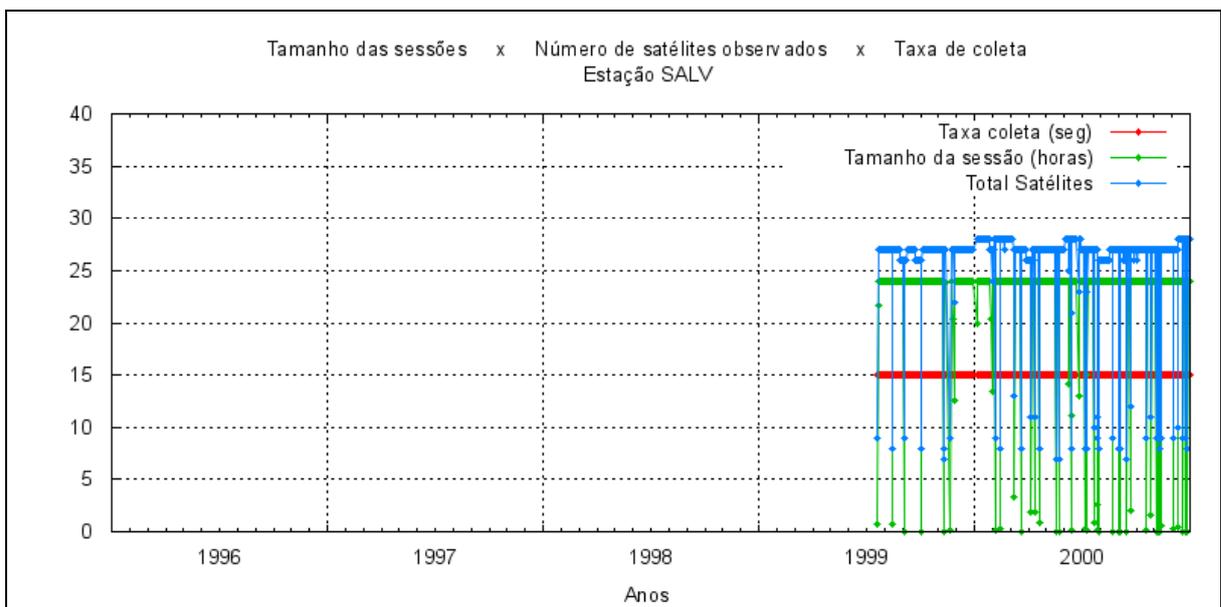


Figura 83 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação SALV.

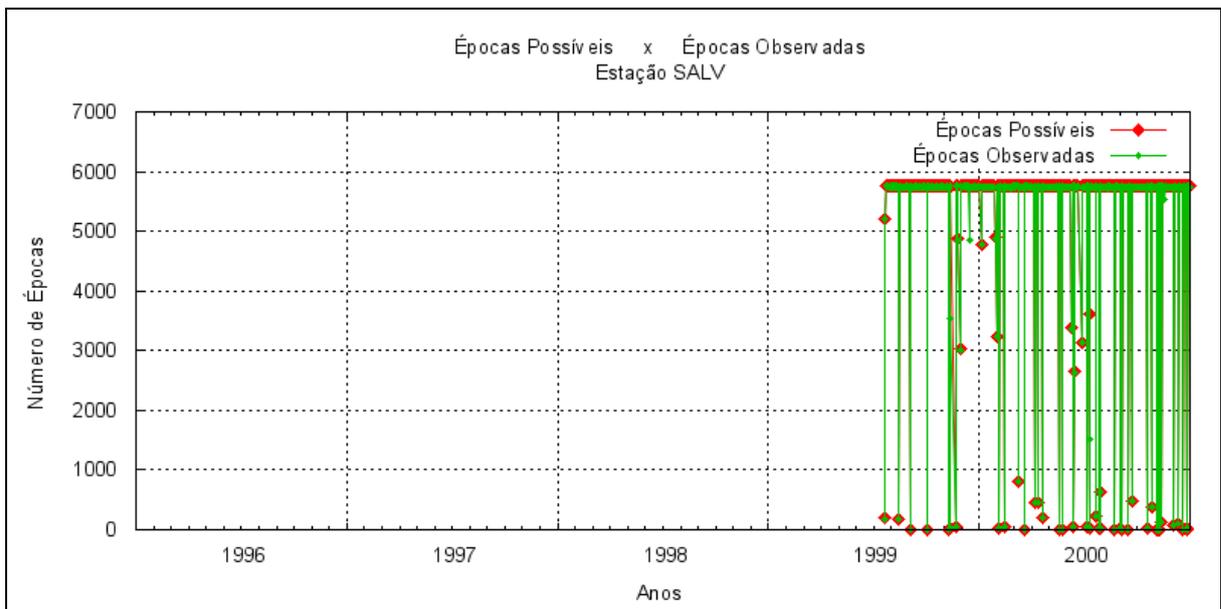


Figura 84 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação SALV.

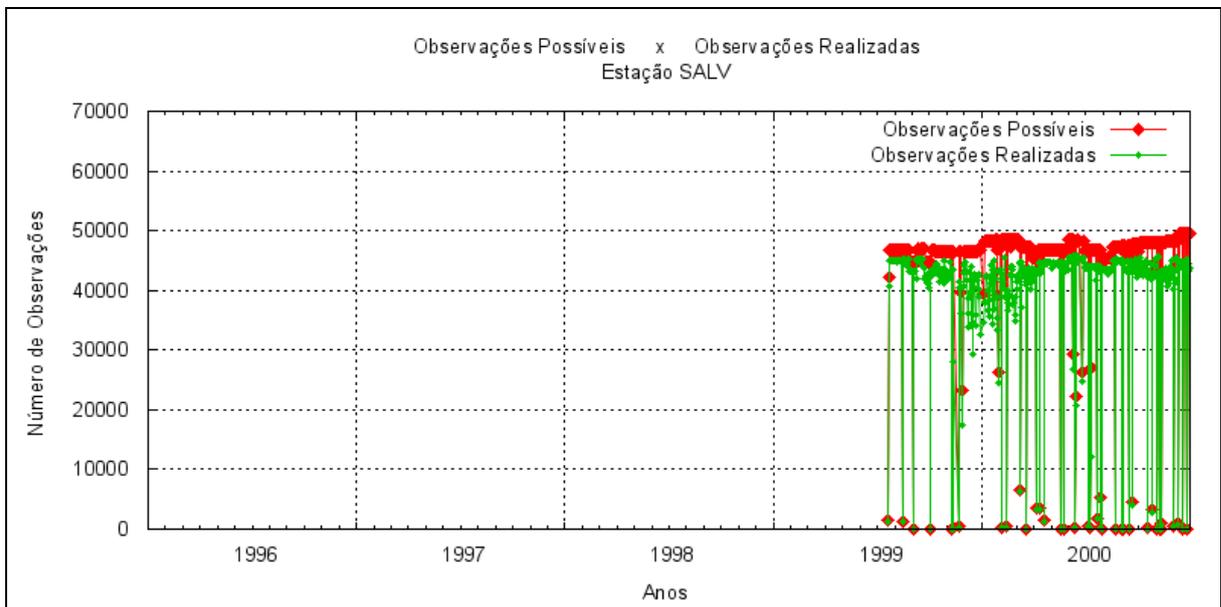


Figura 85 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação SALV.

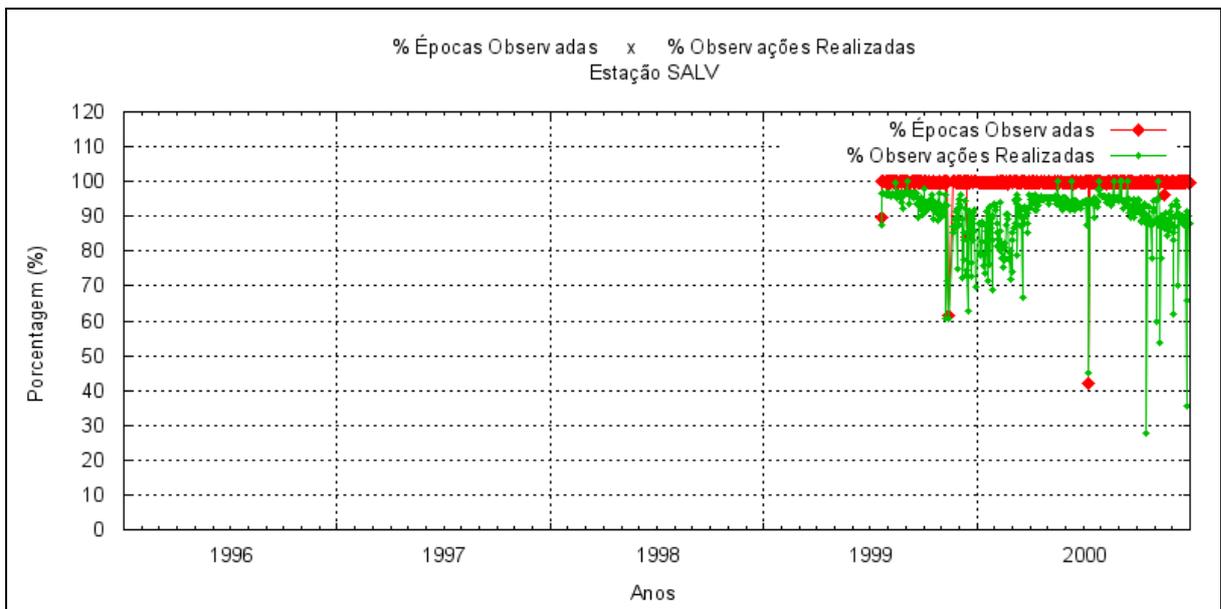


Figura 86 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação SALV.

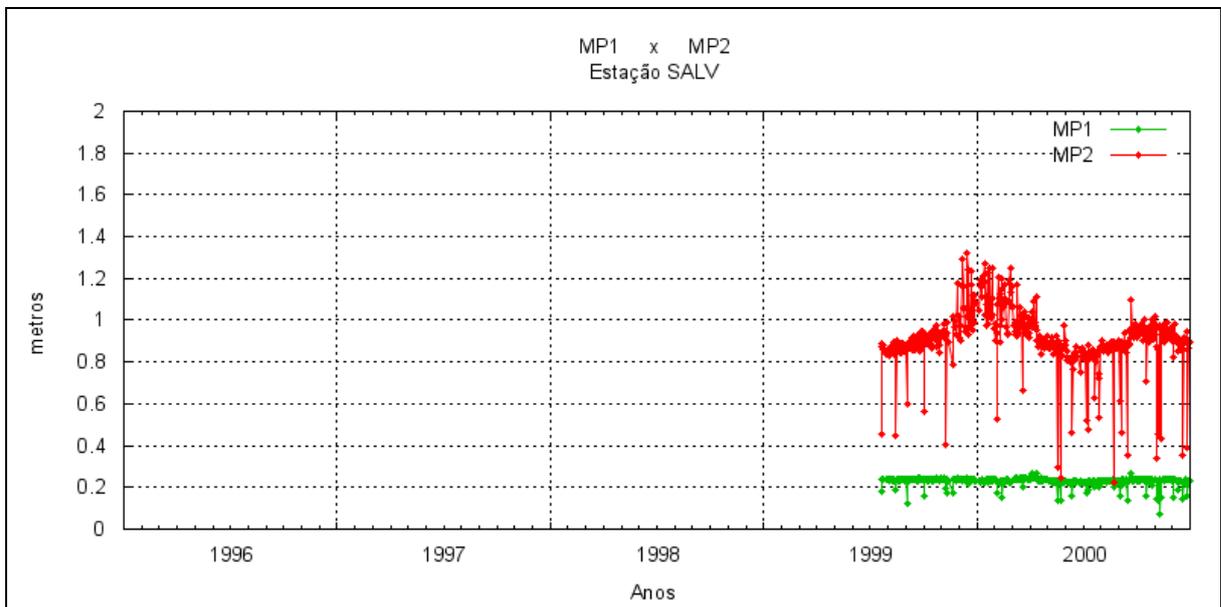


Figura 87 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação SALV.

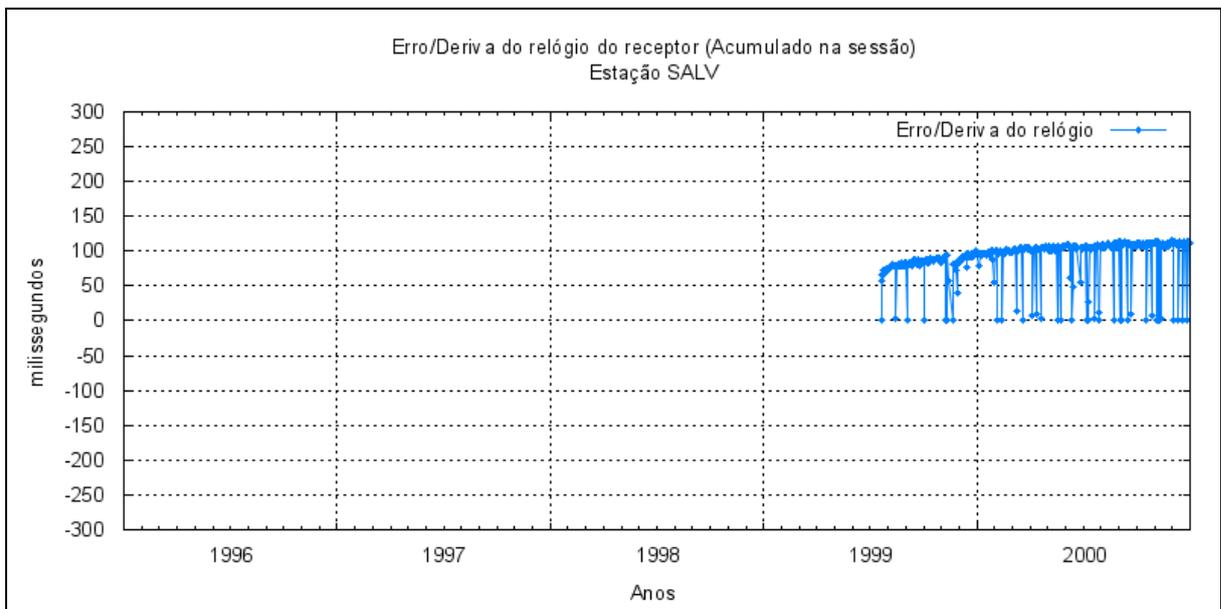


Figura 88 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação SALV.

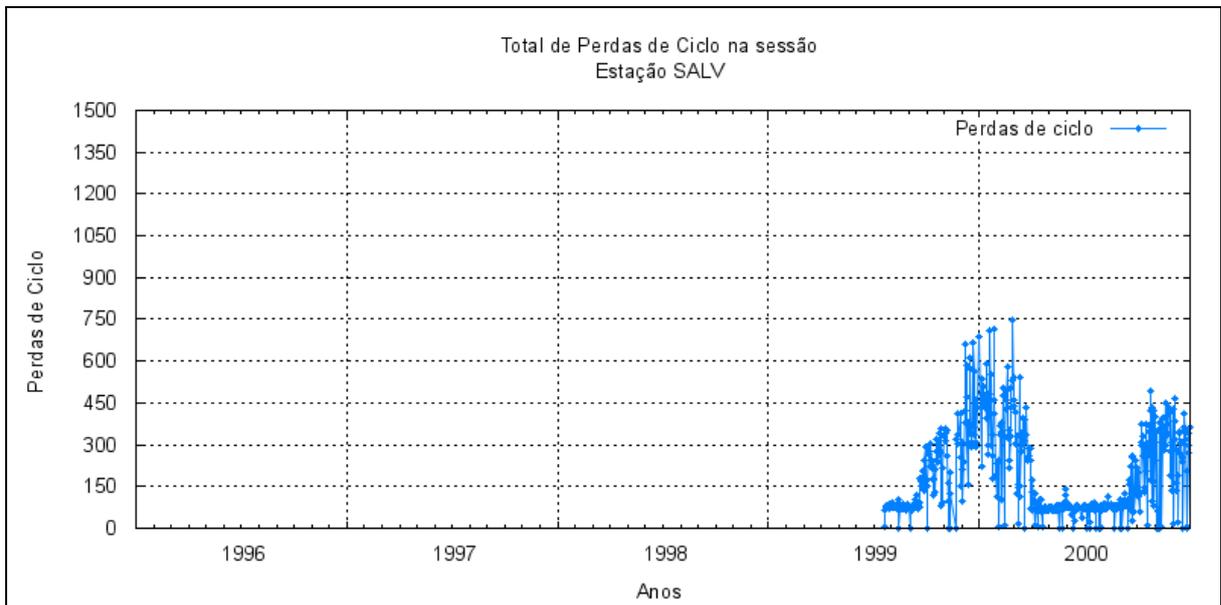


Figura 89 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação SALV.

3.14 Análise dos dados da estação UBAT

Como mostram as Figuras 90 a 96 existem somente três meses de dados após sua instalação e devido a problemas operacionais com a estação não estão disponíveis mais dados até o final do ano 2000.

Para os dados disponíveis pode ser verificado que sua qualidade está dentro do esperado para as condições de funcionamento da estação.

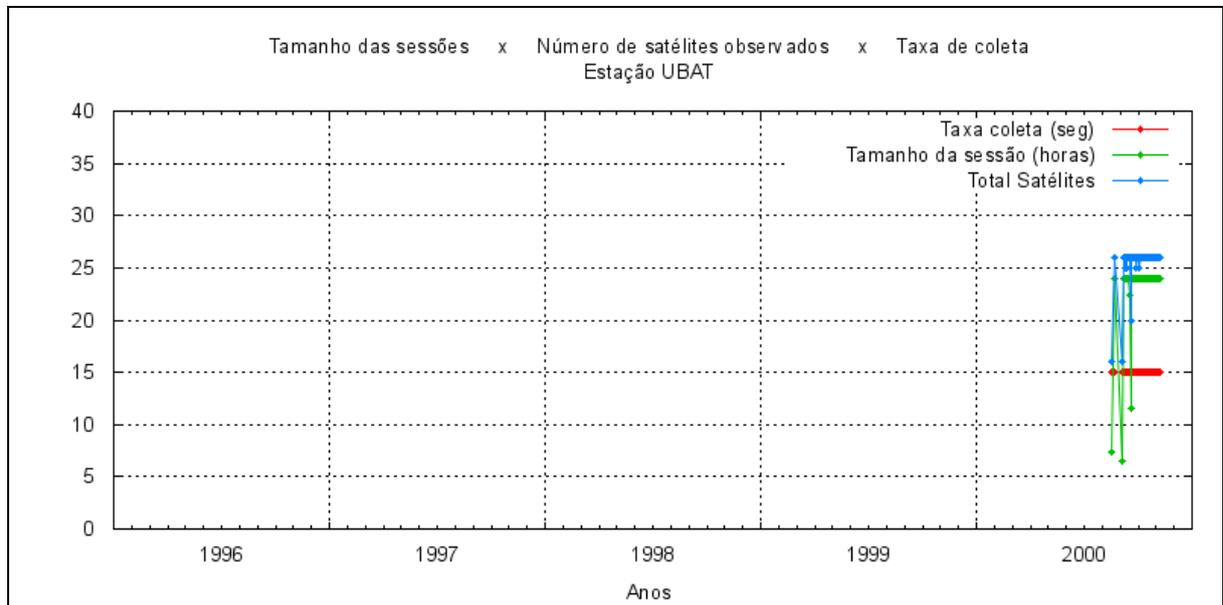


Figura 90 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação UBAT.

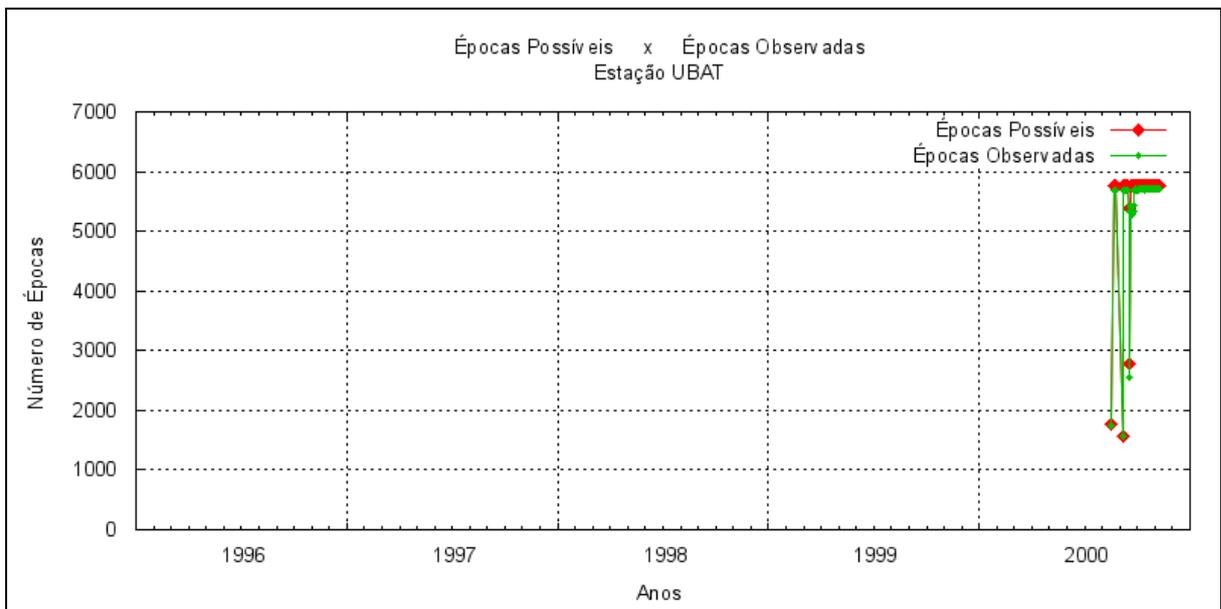


Figura 91 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação UBAT.

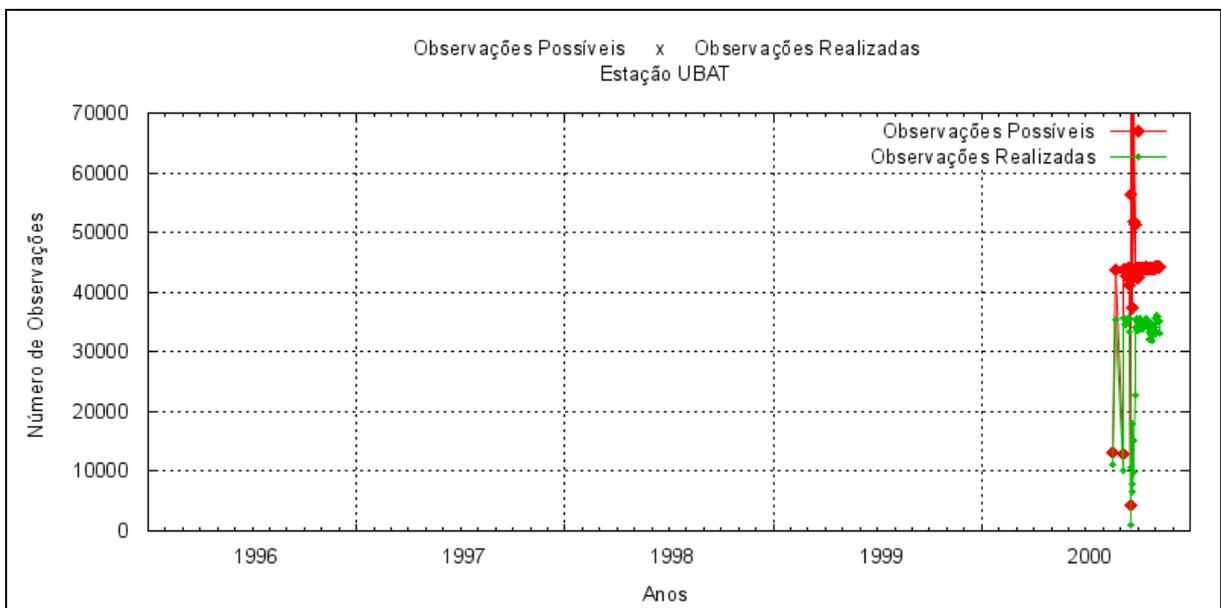


Figura 92 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação UBAT.

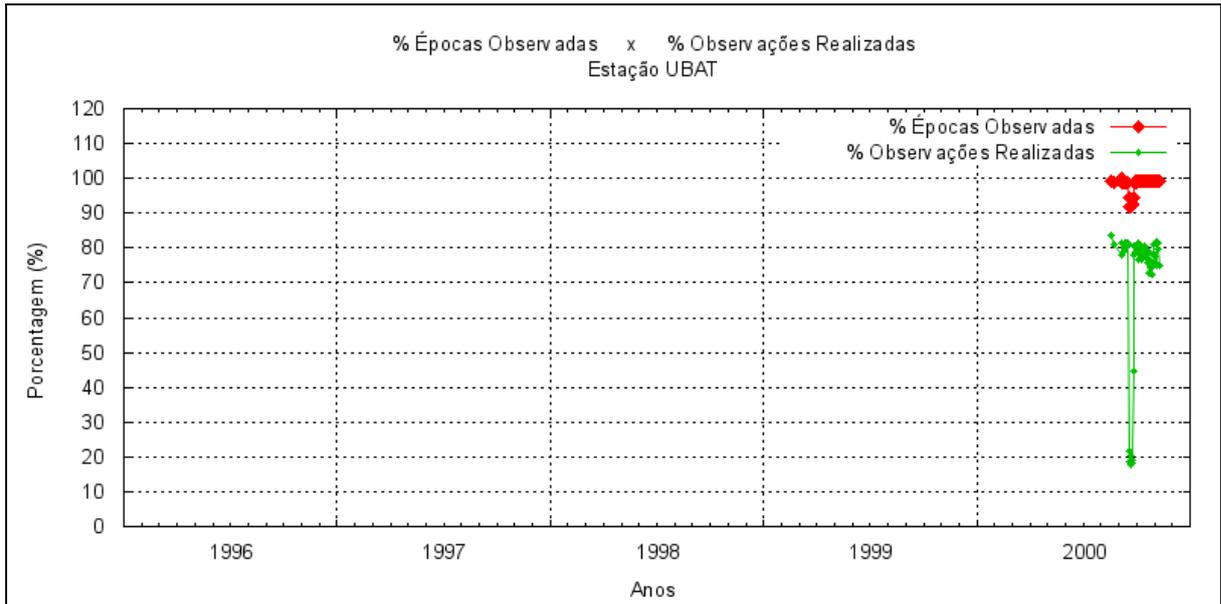


Figura 93 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação UBAT.

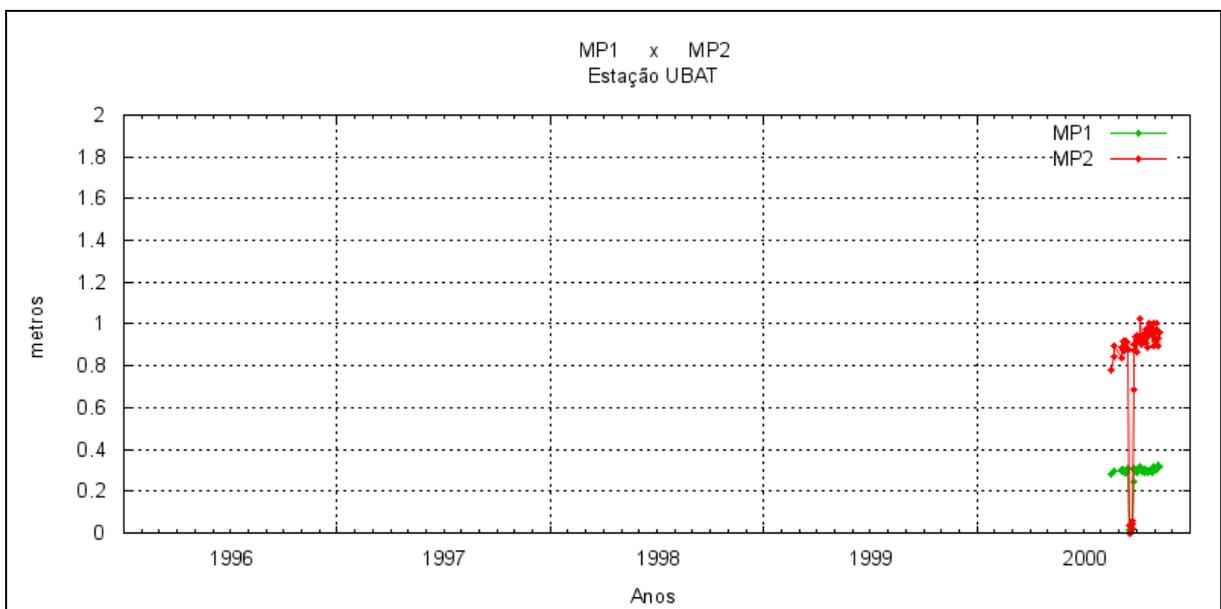


Figura 94 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação UBAT.

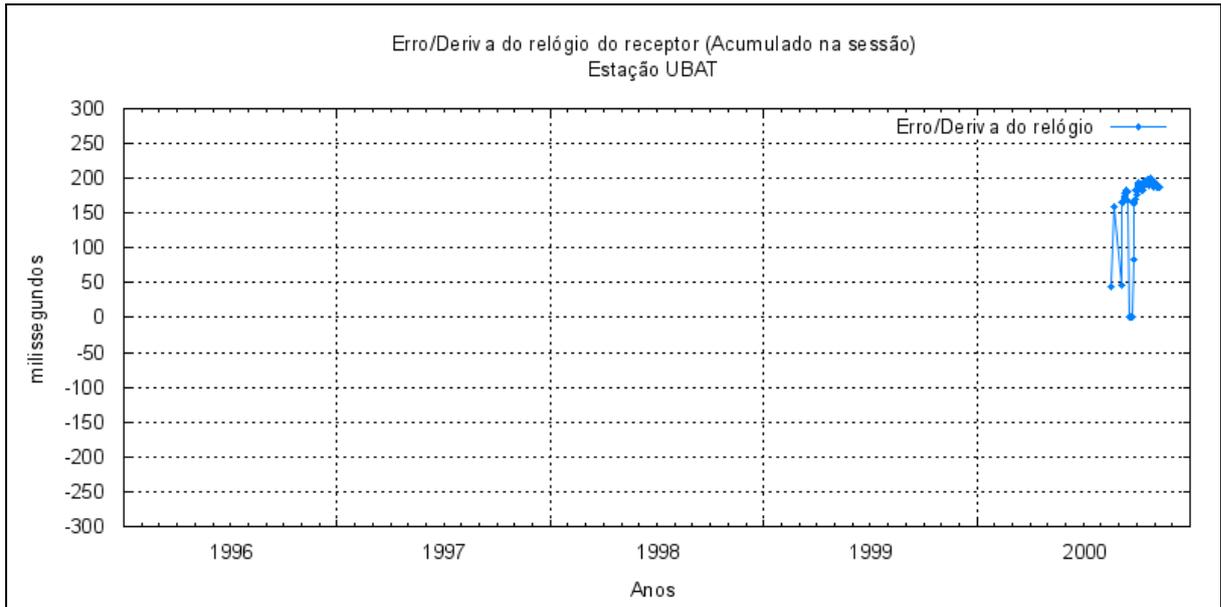


Figura 95 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação UBAT.

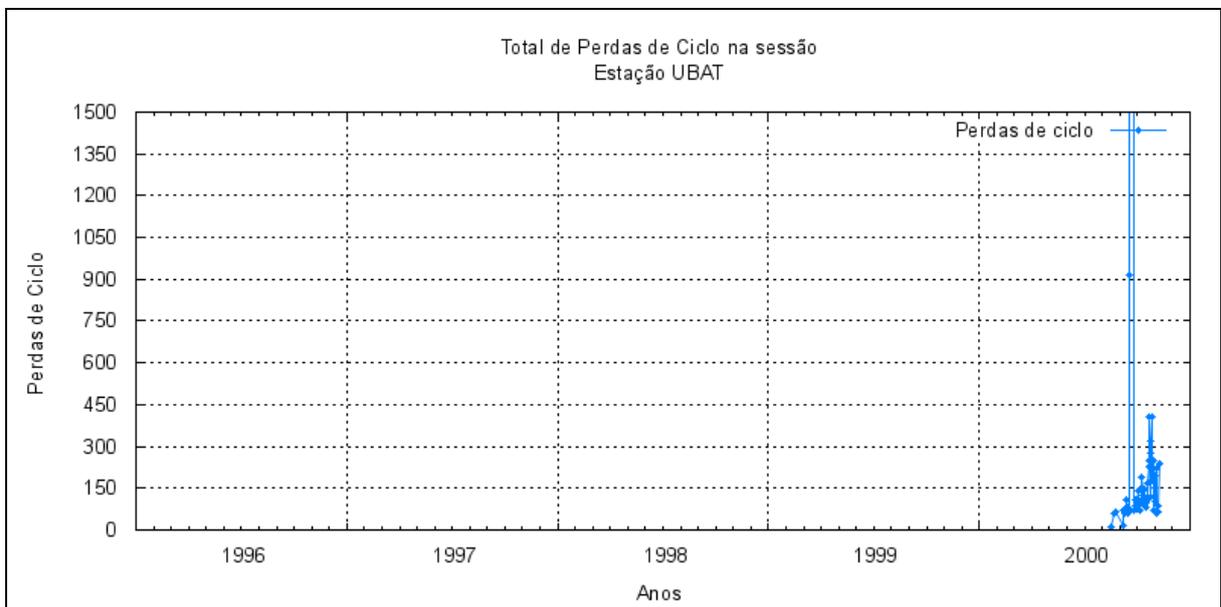


Figura 96 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação UBAT.

3.15 Análise dos dados da estação UEPP

Assim como nas estações PARA e RECF, o desempenho no funcionamento da estação UEPP é um dos melhores entre as estações da RBMC, logo, ocorreu baixa perda de sessões de observação, com poucos dias sem coletas e poucas sessões com tamanho menor que o esperado (23h59min).

Quanto à qualidade dos dados a mesma está dentro do esperado e seus indicadores (Figuras 97 a 103) apresentam ótima correlação entre si, estando condizente com os tamanhos das sessões de coleta, períodos do ano e quantidade de satélite observados, respectivamente.

Da mesma forma, devido ao bom desempenho do funcionamento da estação UEPP e a qualidade dos seus dados coletados, a mesma pode ser considerada como uma das estações da RBMC tomadas como padrão para a comparação das demais.

Algo que o leitor dever ter percebido, durante a análise dos resultados, é o fato de existirem variações para mais ou para menos no número de satélites em alguns períodos, mesmo com a sessão de coleta permanecendo a mesma. Este resultado era esperado pois corresponde à variação do número de satélites disponíveis e saudáveis na constelação GPS. Esta indicação foi apresentada somente agora, pois devido ao bom desempenho do funcionamento da estação UEPP é possível observar este fato com maior facilidade (Figura 97).

Com isso também pode ser observado que quando existe variação no número de satélites disponíveis também ocorre variação no número observações possíveis e realizadas (Figura 99).

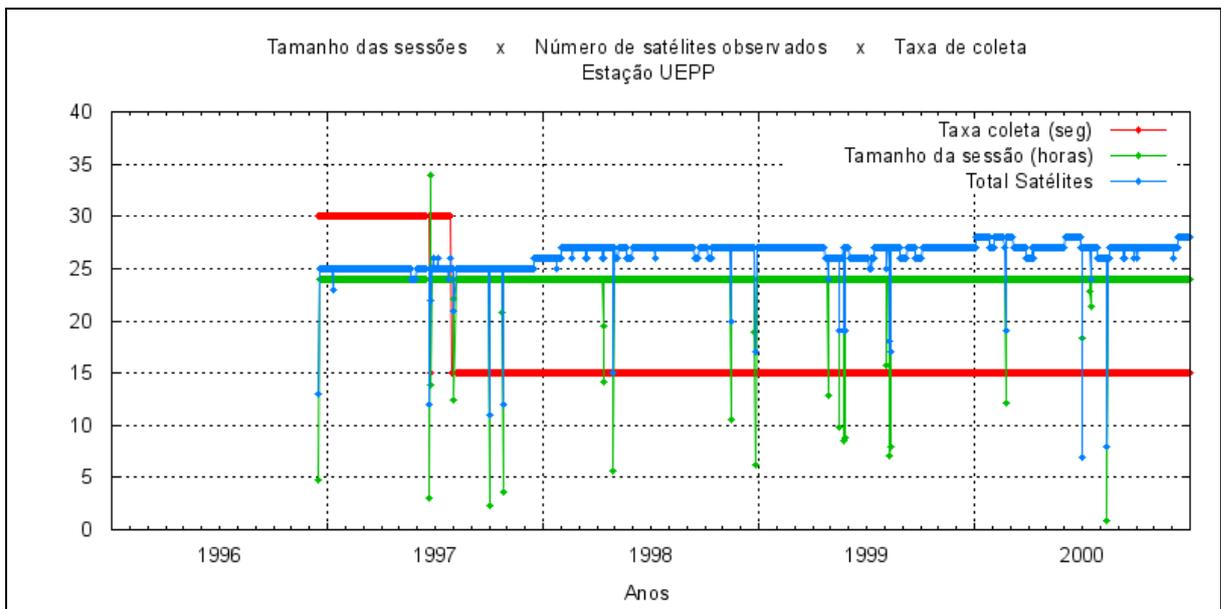


Figura 97 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação UEPP.

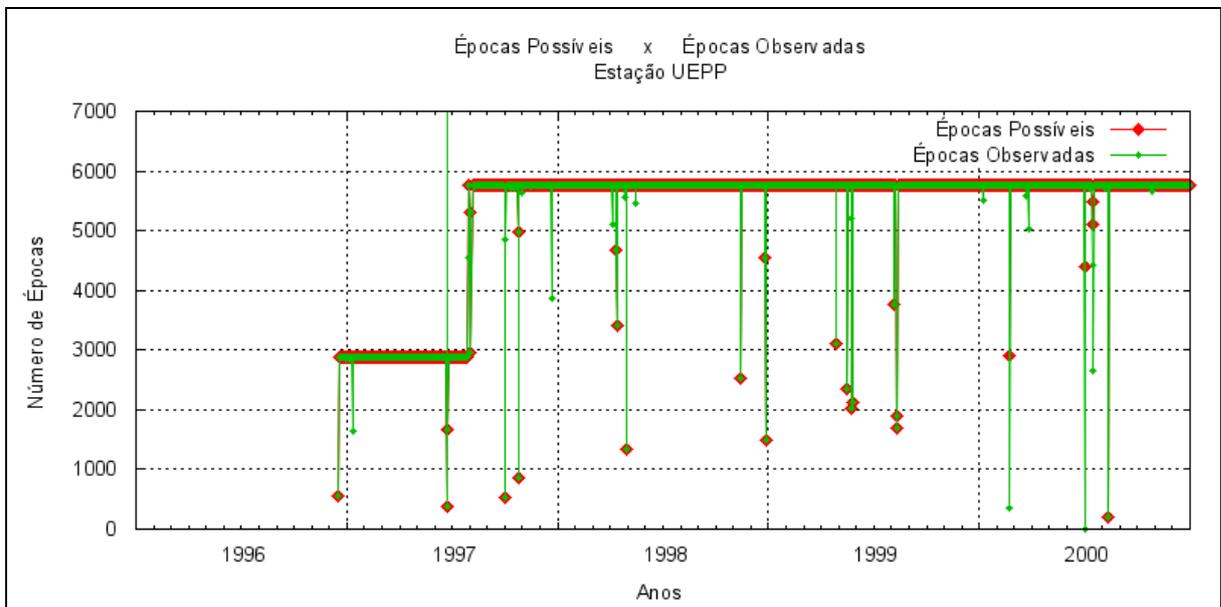


Figura 98 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação UEPP.

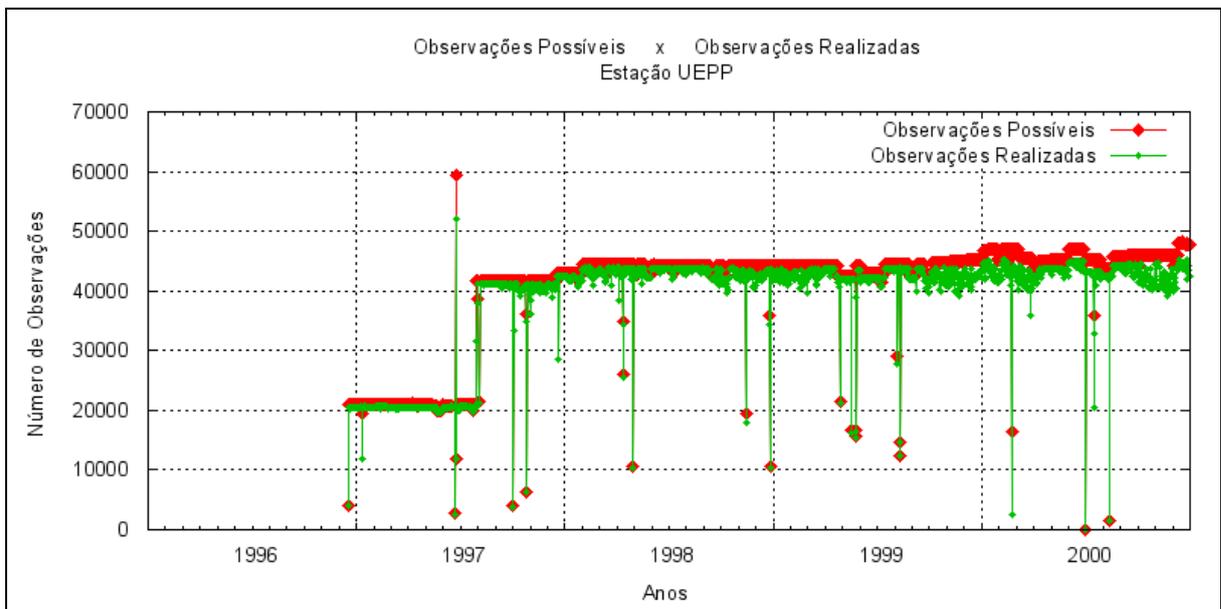


Figura 99 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação UEPP.

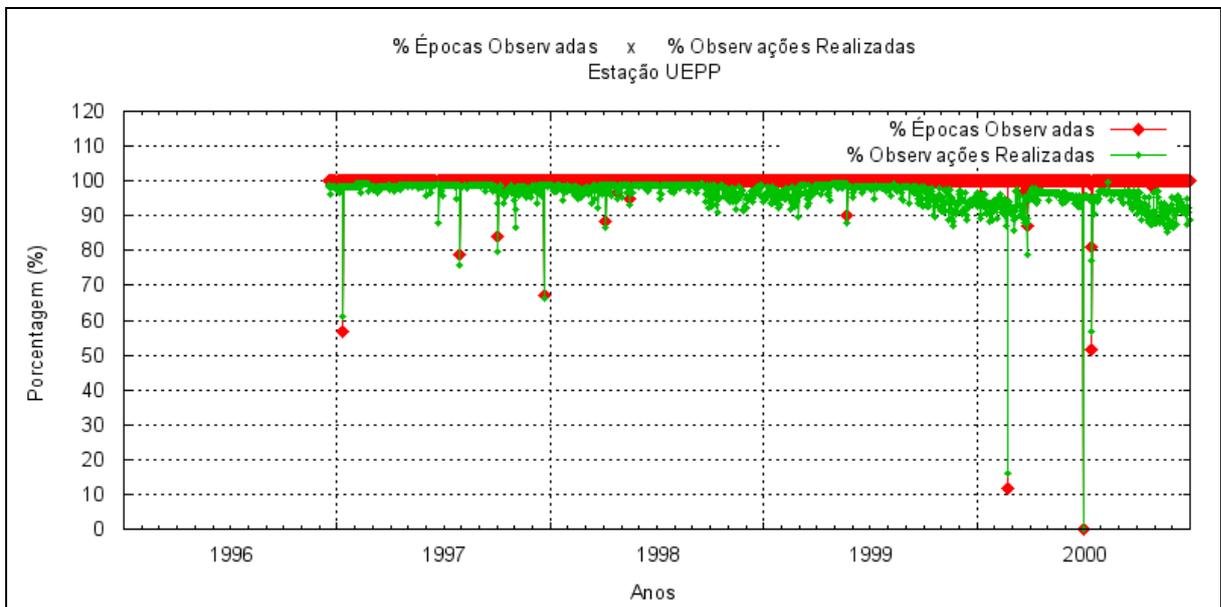


Figura 100 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação UEPP.

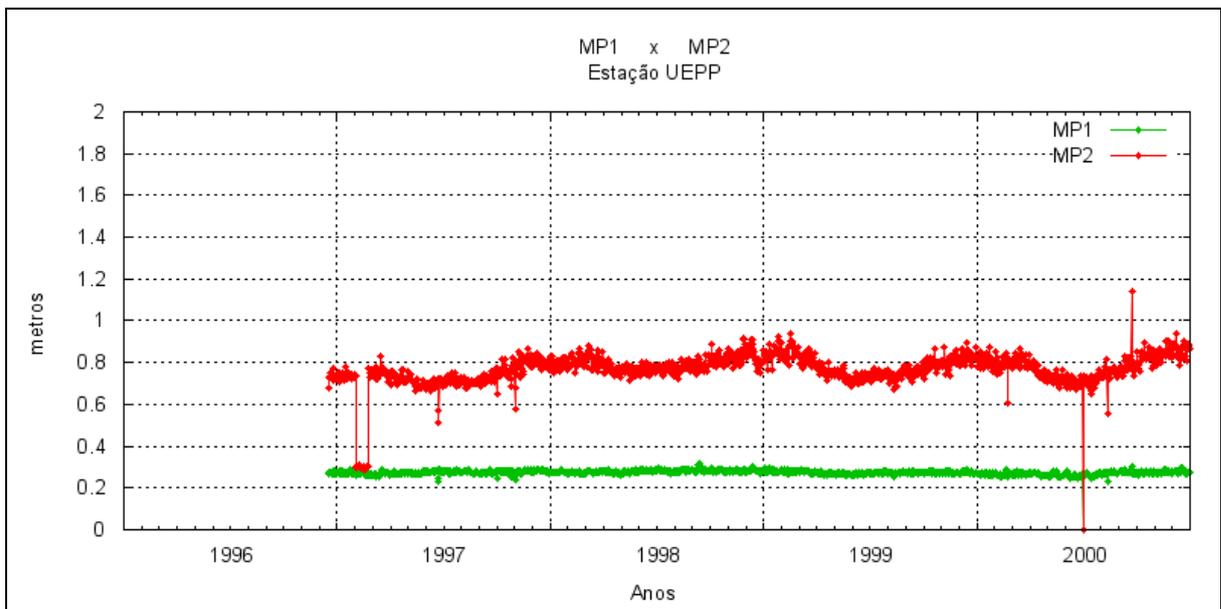


Figura 101 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação UEPP.

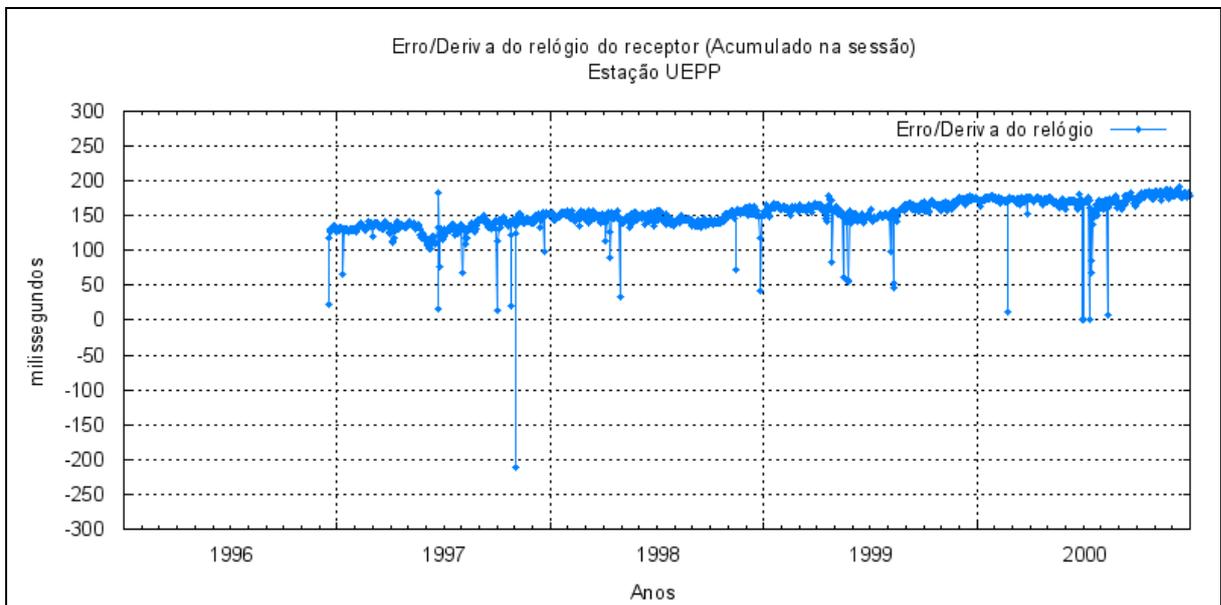


Figura 102 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação UEPP.

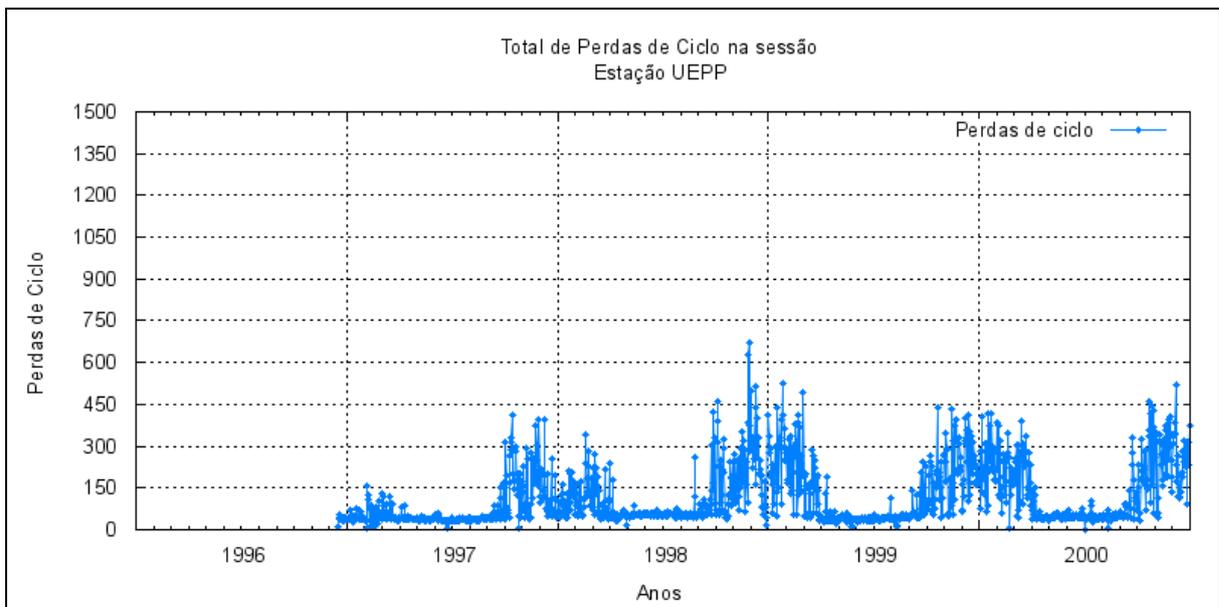


Figura 103 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação UEPP.

3.16 Análise dos dados da estação VICO

Assim como nas estações PARA, RECF e UEPP, o desempenho no funcionamento da estação VICO é um dos melhores entre as estações da RBMC, logo, ocorreu baixa perda de sessões de observação, com poucos dias sem coletas e poucas sessões com tamanho menor que o esperado (23h59min).

Quanto à qualidade dos dados a mesma está dentro do esperado e seus indicadores (Figuras 104 a 110) apresentam ótima correlação entre si, estando condizente com os tamanhos das sessões de coleta, períodos do ano e quantidade de satélite observados, respectivamente.

Da mesma forma, devido ao bom desempenho do funcionamento da estação VICO e a qualidade dos seus dados coletados, a mesma pode ser considerada como uma das estações da RBMC tomadas como padrão para a comparação das demais.

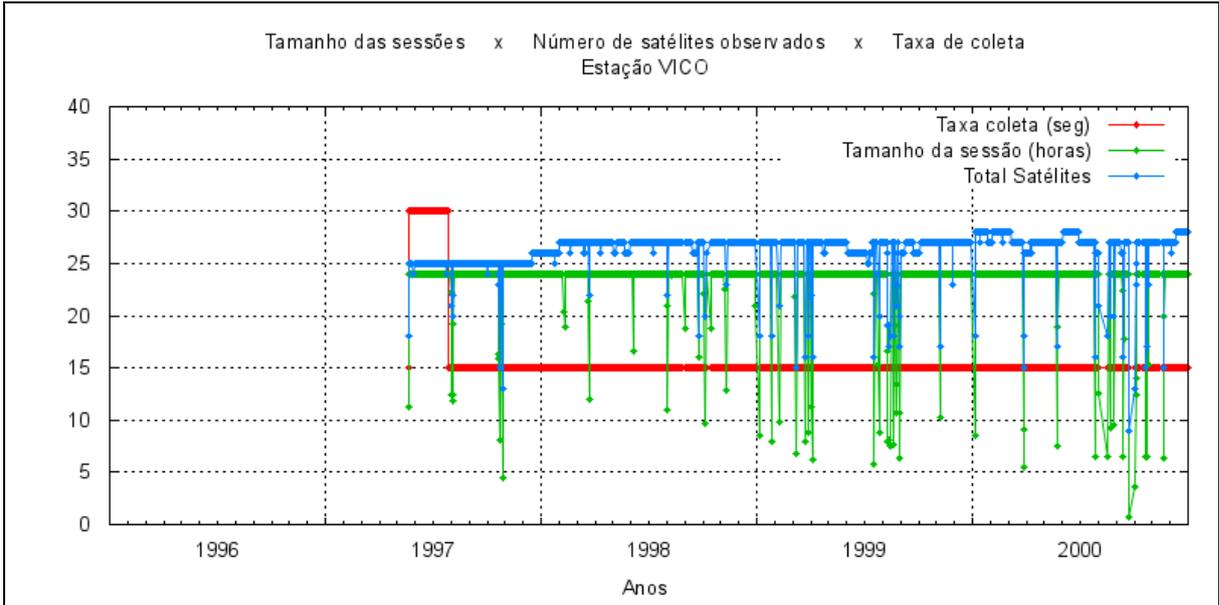


Figura 104 – Tamanho das Sessões de Observação em horas, Número total de satélites observados na sessão e taxa de coleta em segundos para a estação VICO.

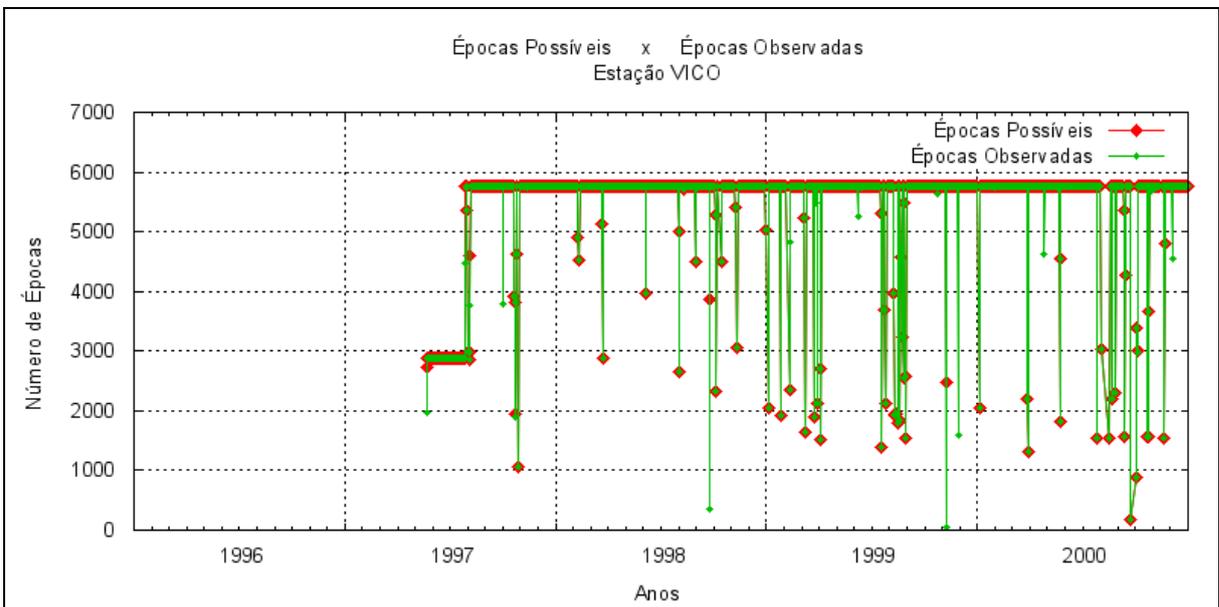


Figura 105 – Número de épocas possíveis de serem observadas na sessão e número de épocas observadas pela estação VICO.

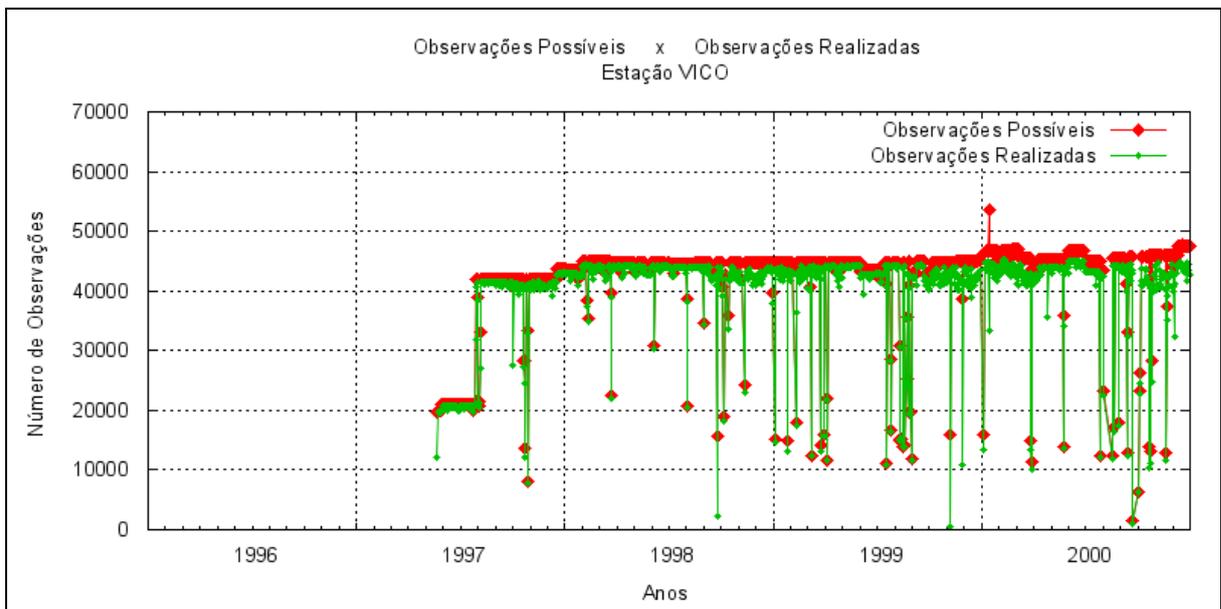


Figura 106 – Número de observações possíveis de serem realizadas na sessão e número de observações realizadas pela estação VICO.

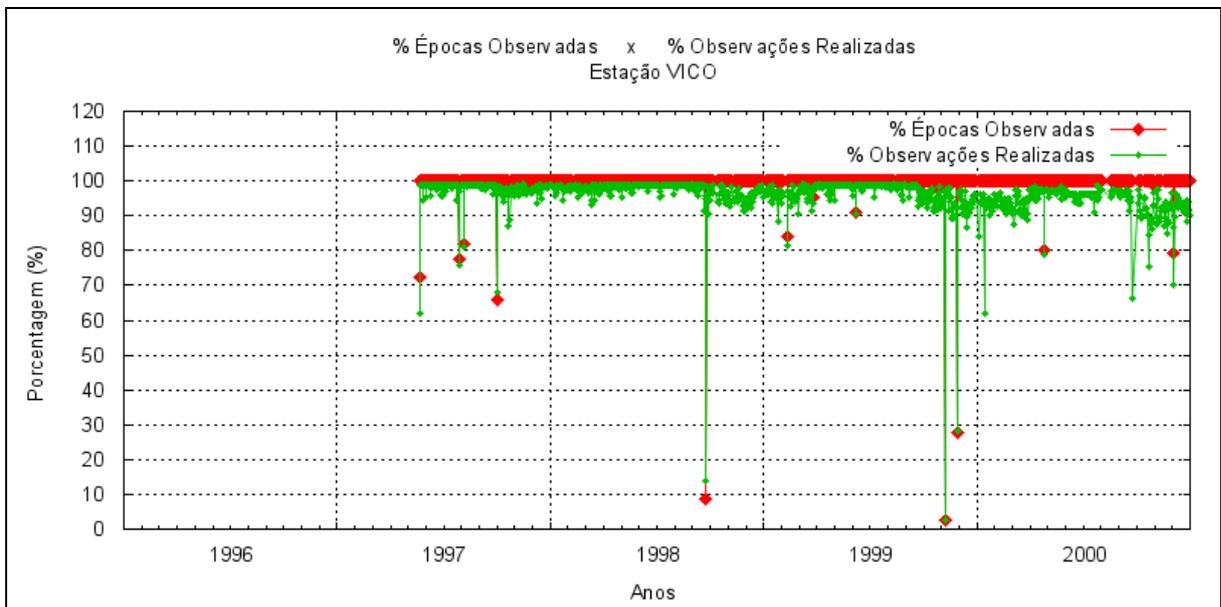


Figura 107 – Porcentagem de épocas observadas e Porcentagem de observações realizadas para a estação VICO.

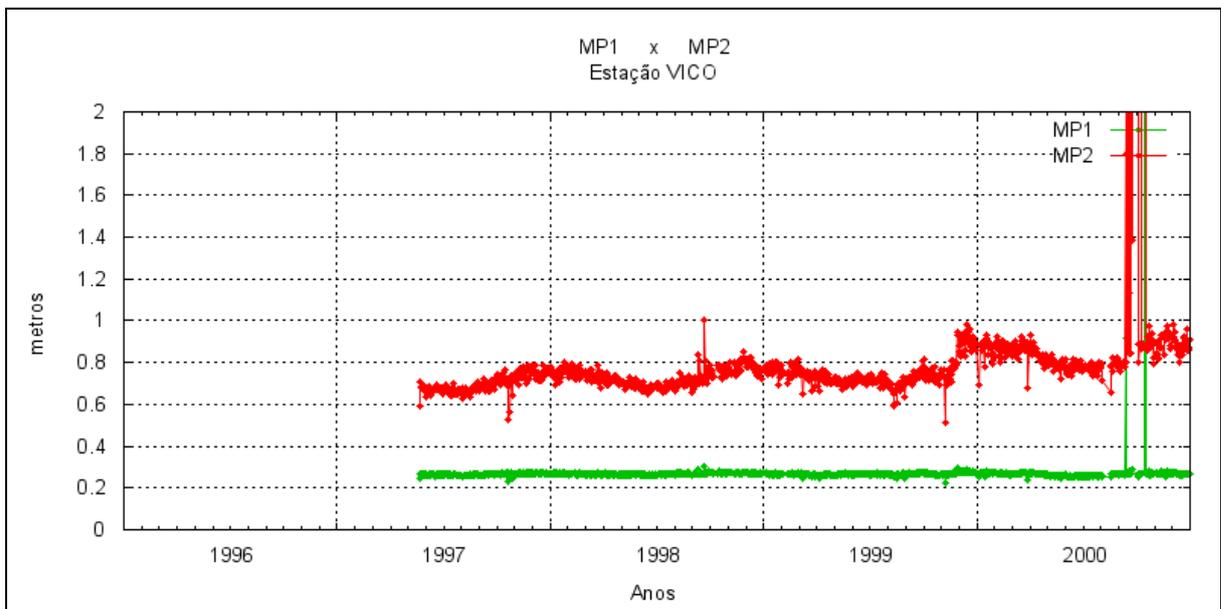


Figura 108 – Médias dos valores de multicaminho na portadora L1 (MP1) e multicaminho na portadora L2 (MP2), das observações realizadas pela estação VICO.

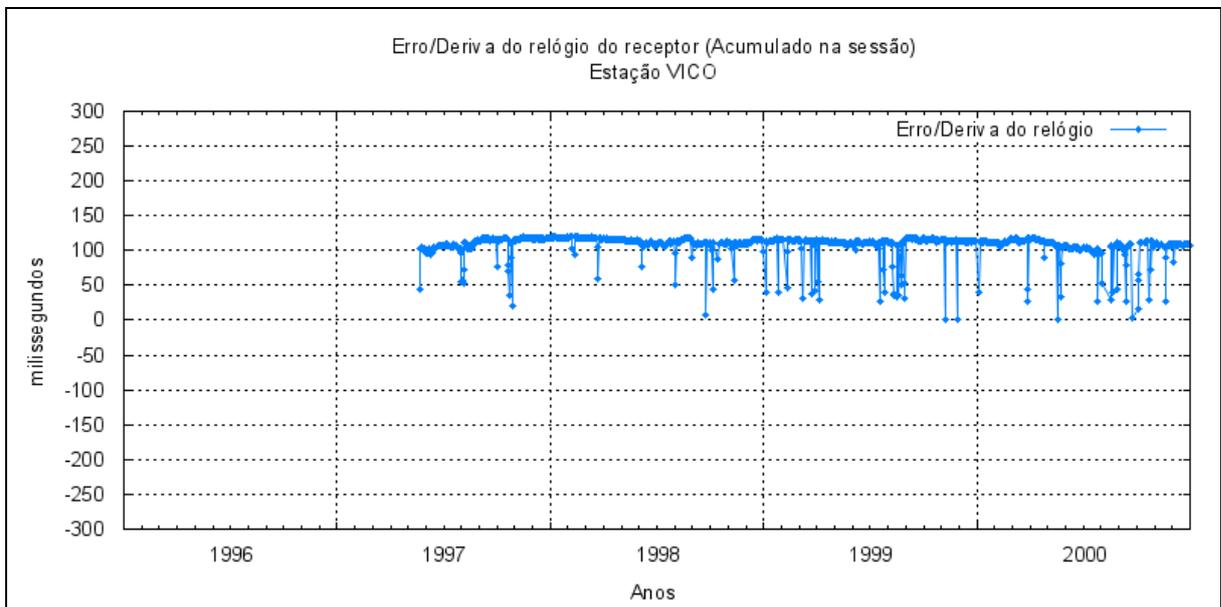


Figura 109 – Erro/deriva do relógio do receptor (acumulado na sessão) da estação VICO.

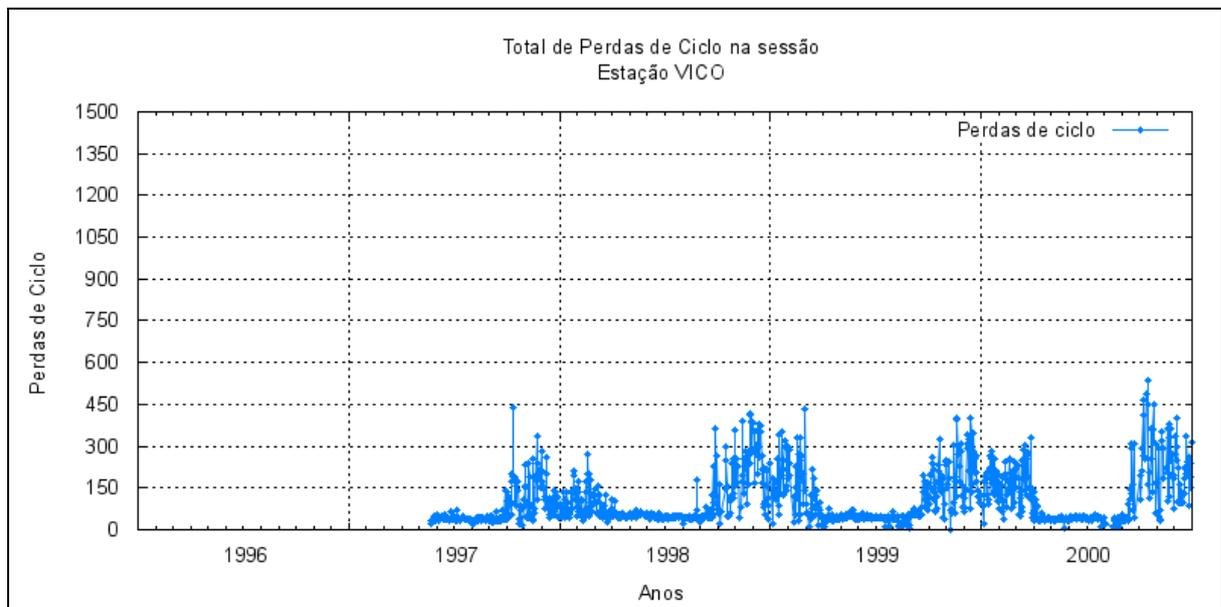


Figura 110 – Total de perdas de ciclo acumulado na sessão em cada sessão de observação, para a estação VICO.

4 CONCLUSÕES

Com as informações e análises apresentadas no decorrer deste documento, pode-se observar que as estações em condições normais de operação proporcionam dados com alto grau de qualidade, disponível na época. Isto pode ser melhor observado nos resultados das estações PARA, RECF, UEPP e VICO. No entanto, pode ser verificada variação anômala dos indicadores de multicaminho, erro do relógio e perdas de ciclo, quando o tamanho das sessões de coleta e quantidade de observações coletadas são menores que os valores esperados.

Outra observação que pode ser verificada é quanto a influência da atividade ionosférica sobre os indicadores de multicaminho e perdas de ciclos. Além da variação sazonal também pode ser constatado que para as estações mais próximas do equador, os valores destes indicadores são maiores. Enquanto para estações localizadas mais distantes, como é o caso de POAL, os valores são menores, quando confrontados os mesmos períodos de coleta.

Além destas indicações os resultados mostram que os receptores com os

relógios mais estáveis são da estação CUIB e PARA.

Vale destacar que apesar de operarem de maneira remota, ocorriam casos em que era necessária a intervenção humana no local das estações, para restabelecer o funcionamento. A parada no funcionamento das estações provocava a perda de dados e diminuição ou perda da sessão de observação. Tal problema ocorria normalmente nos finais de semana, quando não existia ninguém monitorando a estação por parte do IBGE e ninguém nas instituições onde as mesmas estavam instaladas.