

Evolução na capacidade de monitoramento do conteúdo total de elétrons a partir de dados GNSS da RBMC

Wagner Carrupt Machado
Claudinei Rodrigues de Aguiar

Conteúdo

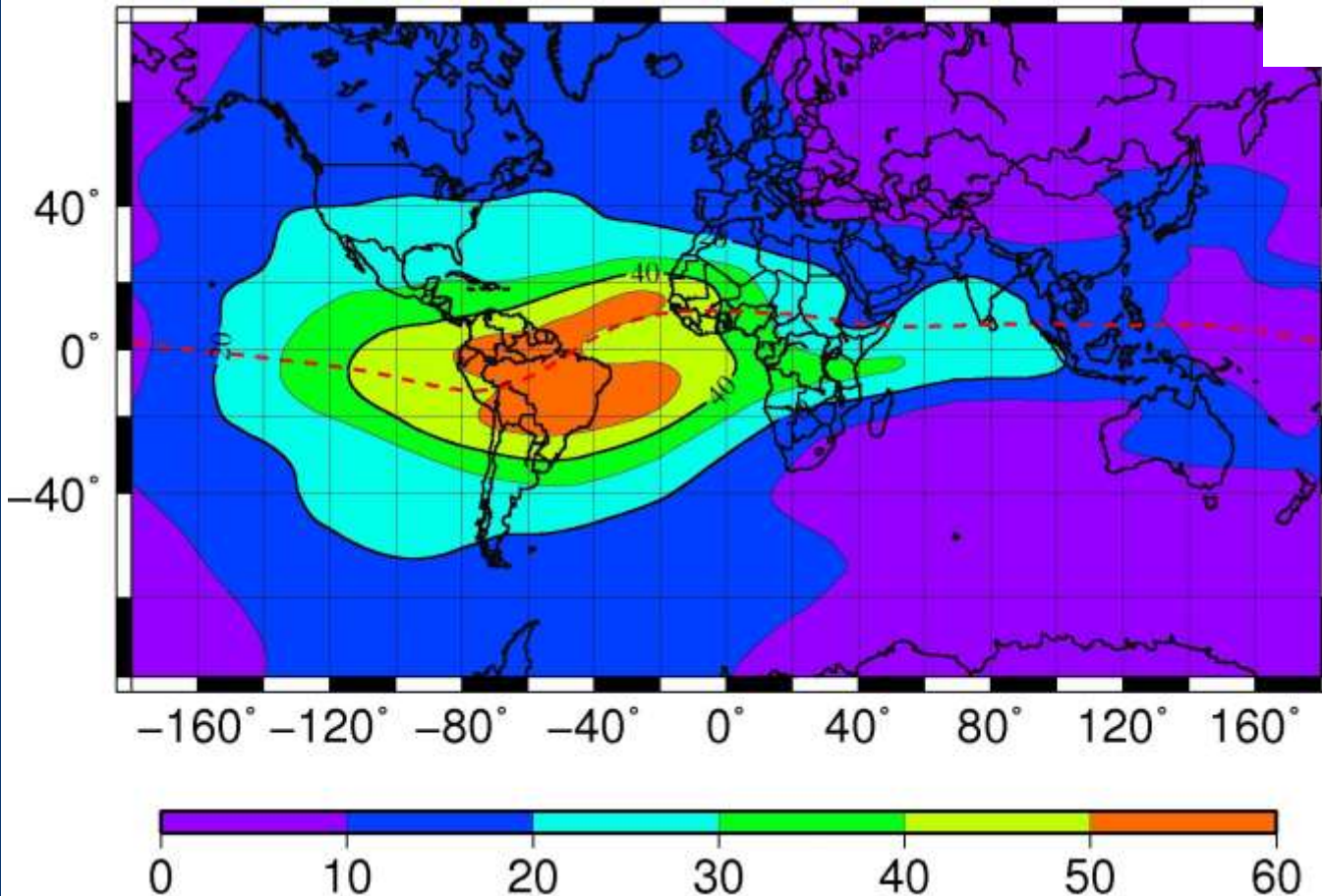
- Introdução
- RBMC:
 - Evolução da densidade de estações;
- GPS e GLONASS:
 - Evolução da quantidade de satélites.
- Modelo do ponto ionosférico:
 - Ponto ionosférico (IPP).
- Análise da capacidade de monitoramento do TEC:
 - Mapas de densidade de ponto ionosférico;
 - Mapas da cobertura temporal dos pontos ionosféricos.
- Conclusão

Introdução

GNSS e ionosfera: - posicionamento e + monitoramento.

- A ionosfera sobre o Brasil.

$$Ion_{PR,i} = \frac{40.3TEC}{f_i^2}$$



18 h TU de
21/03/2011

Introdução

- Modelo do ponto ionosférico:
 - Combinação livre da geometria;
 - Parâmetros: TEC e erro interfrequência;
 - Requer dados de uma rede GNSS.
- RBMC:
 - Objetivo: acesso ao Sistema Geodésico Brasileiro;
 - **Convênio com INCRA**: expansão e modernização.
- Esta pesquisa:
 - Evolução da capacidade de monitoramento do TEC através da RBMC: quantidade e cobertura temporal de pontos ionosféricos (IPP) em 31 de dezembro de 1996, 2006, 2007 e 2012.

Evolução da densidade de estações

Dez 1996

- 4 estações;
- Nenhuma estação na região norte.



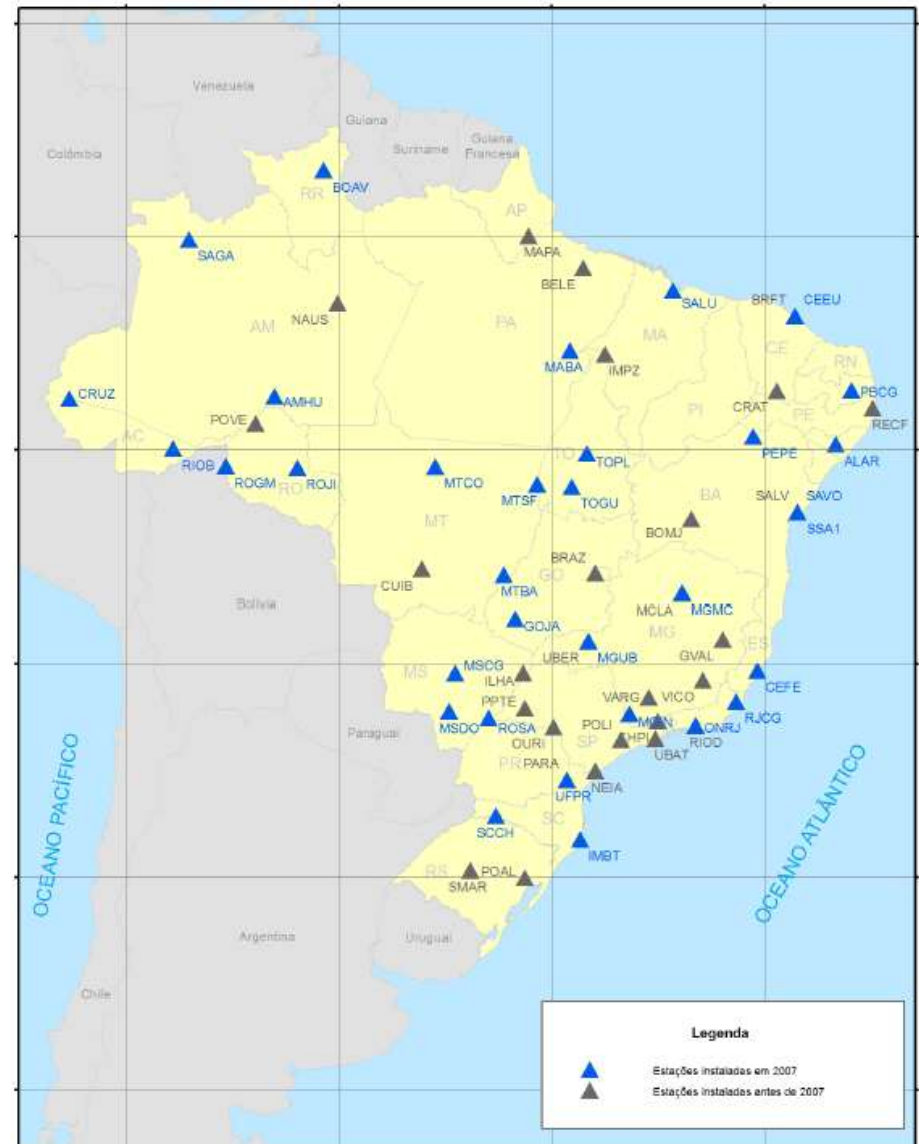
Dez 2006

- 29 estações;
- estação em todas as regiões do Brasil;
- Aumento de 625% (dez 96-dez 06);
- Receptores GPS apenas



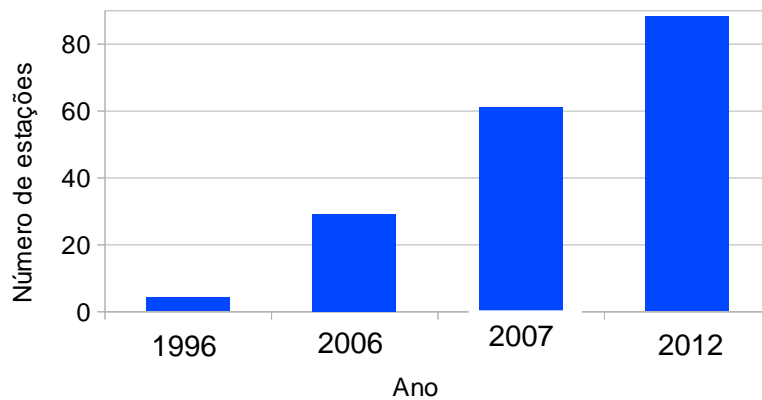
Dez 2007

- 61 estações;
- Aumento de 110 % com o início do convênio com o INCRA;
- Receptores GPS e GLONASS.



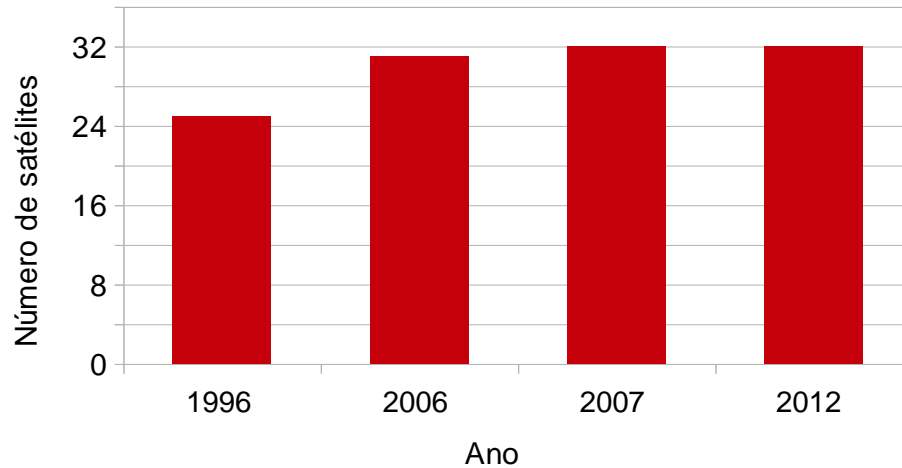
Dez 2012

- 88 estações;
- Aumento de 44 % (dez 07 – dez 2012) e mais de 2000% de dez 96 a dez 2012.

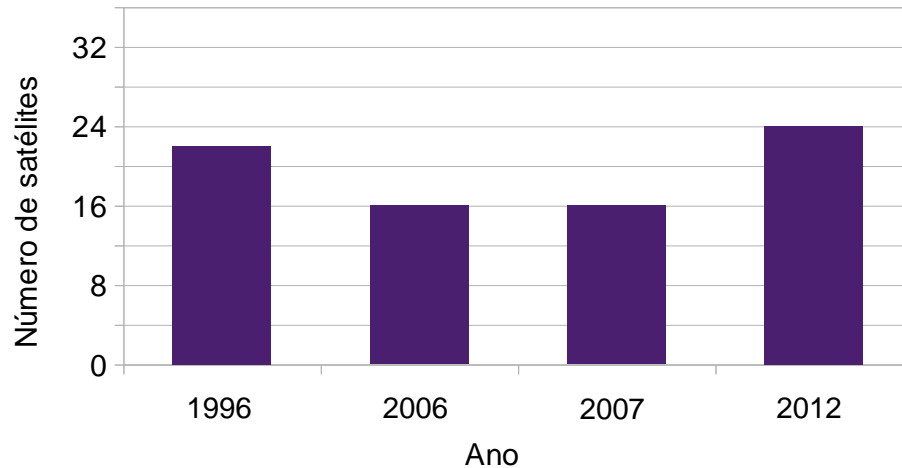


Evolução da constelação de satélites

GPS



GLONASS

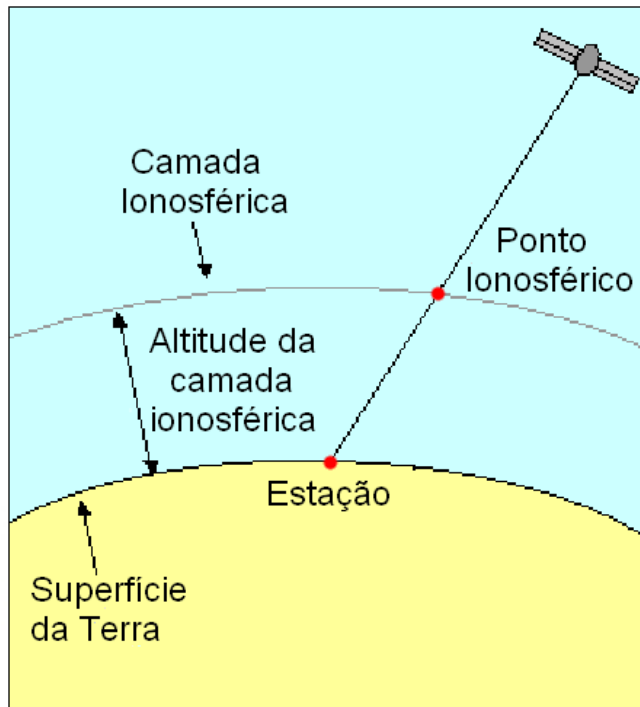


Dez 2012



GPS+GLONASS = 56 satélites

Modelo do Ponto Ionosférico



- Camada ionosférica:
 - 350 km a 450 km de altitude;
- Ponto Ionosférico:
 - intersecção do vetor satélite-receptor com a camada ionosférica;
- Utilizado para se calcular o TEC.
- Posição do IPP: função da **posição do satélite** e da **posição da estação**.

Software Grid Simulator (GS)

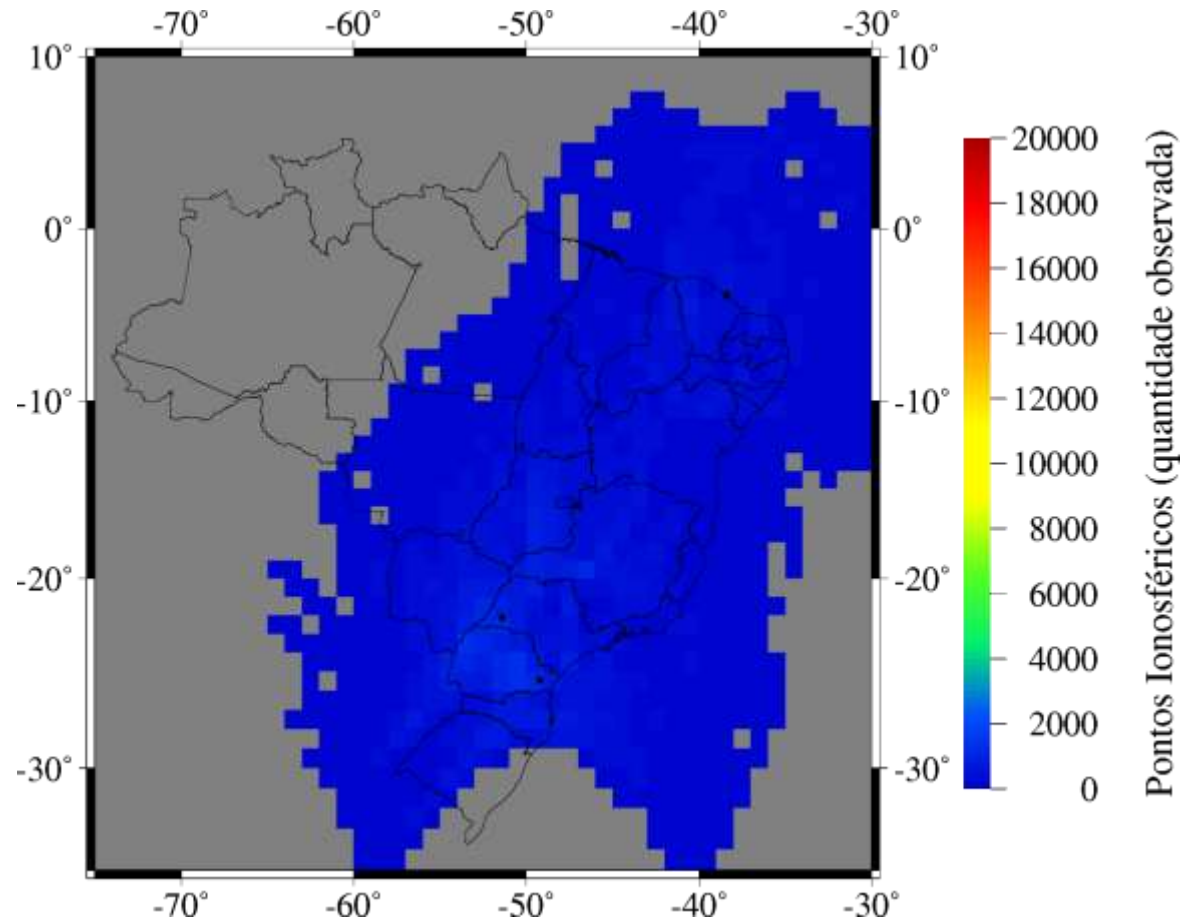
- Aguiar (2006 - atual):
 - aplicativo para análise da distribuição das estações de referência e da constelação de satélites sobre a Grade Ionosférica e seu erro vertical;
 - pacote de softwares que possuem bibliotecas próprias e também utilizam bibliotecas do GMT e ImageMagick (livres);
 - efemérides precisas para calcular a posição dos satélites.

Metodologia

- Análise da quantidade e cobertura temporal dos pontos ionosféricos:
 - Malha de $1^\circ \times 1^\circ$;
 - Duração: 24 h;
 - Intervalo de tempo: 15 s;
 - Função da evolução da densidade de estações;
 - 31 de dez de 1996, 2006, 2007 e 2012.
 - Função da inclusão do GLONASS;
 - 31 dez 2012.

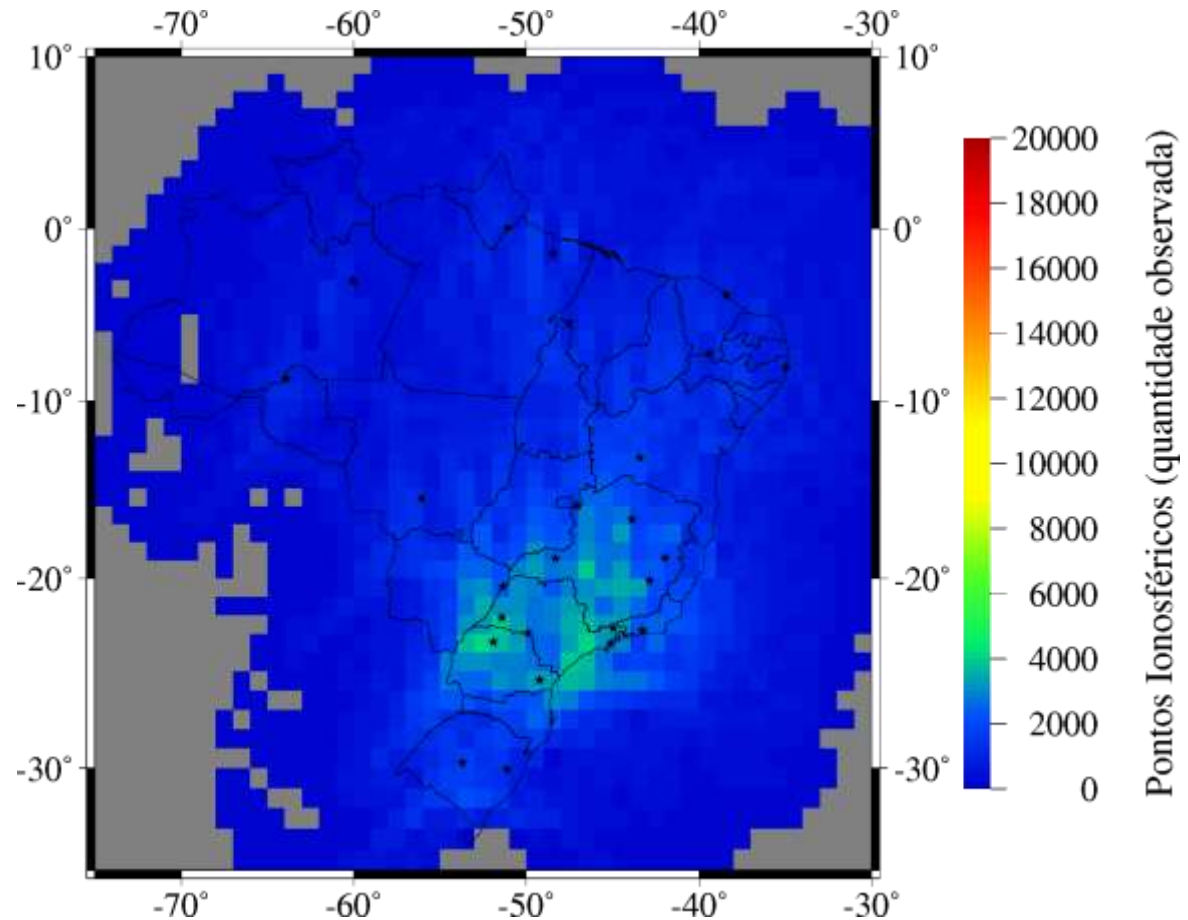
Quantidade de pontos ionosféricos: Densidade de estações 1996

- Total:
195.904
- Pixel sem
informação:
52%



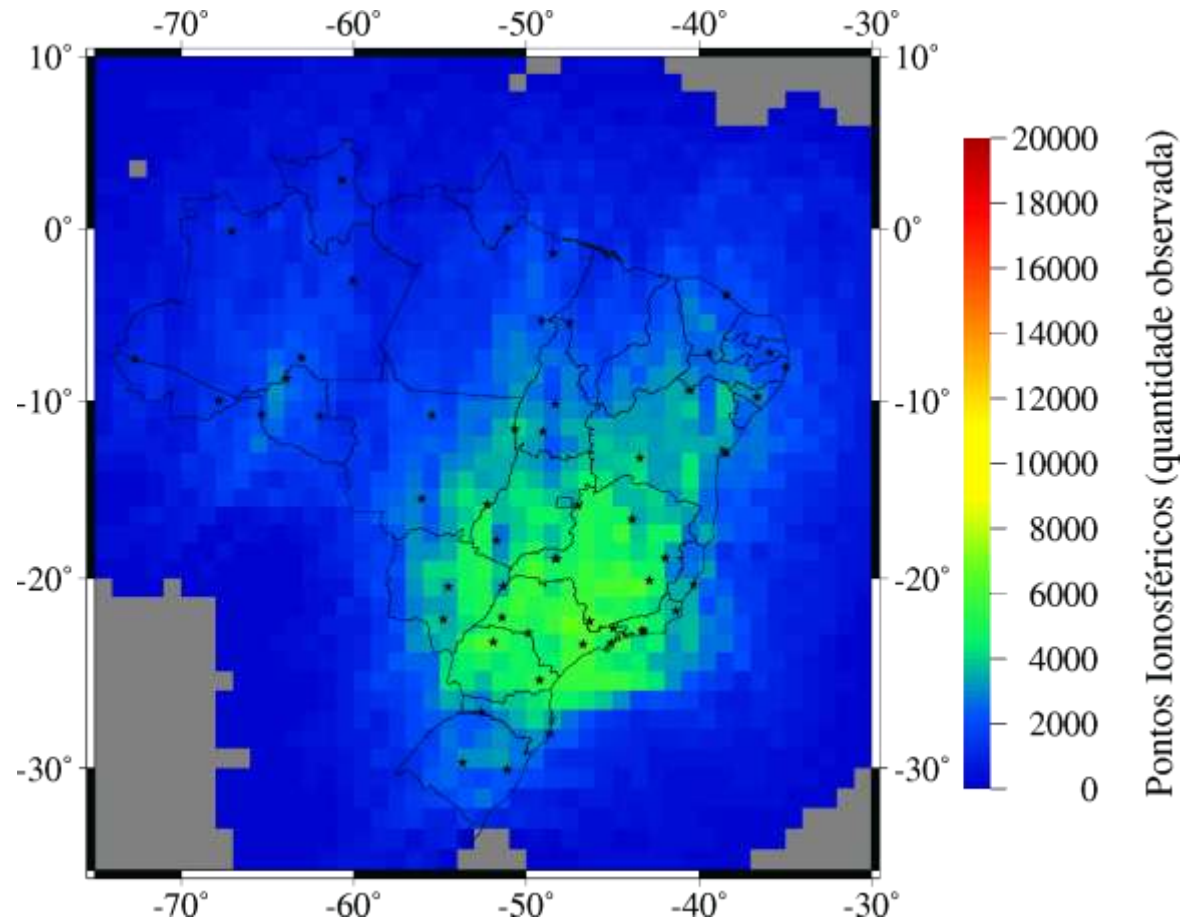
Quantidade de pontos ionosféricos: Densidade de estações 2006

- Total:
1.218.271
- Pixel sem
informação:
16%



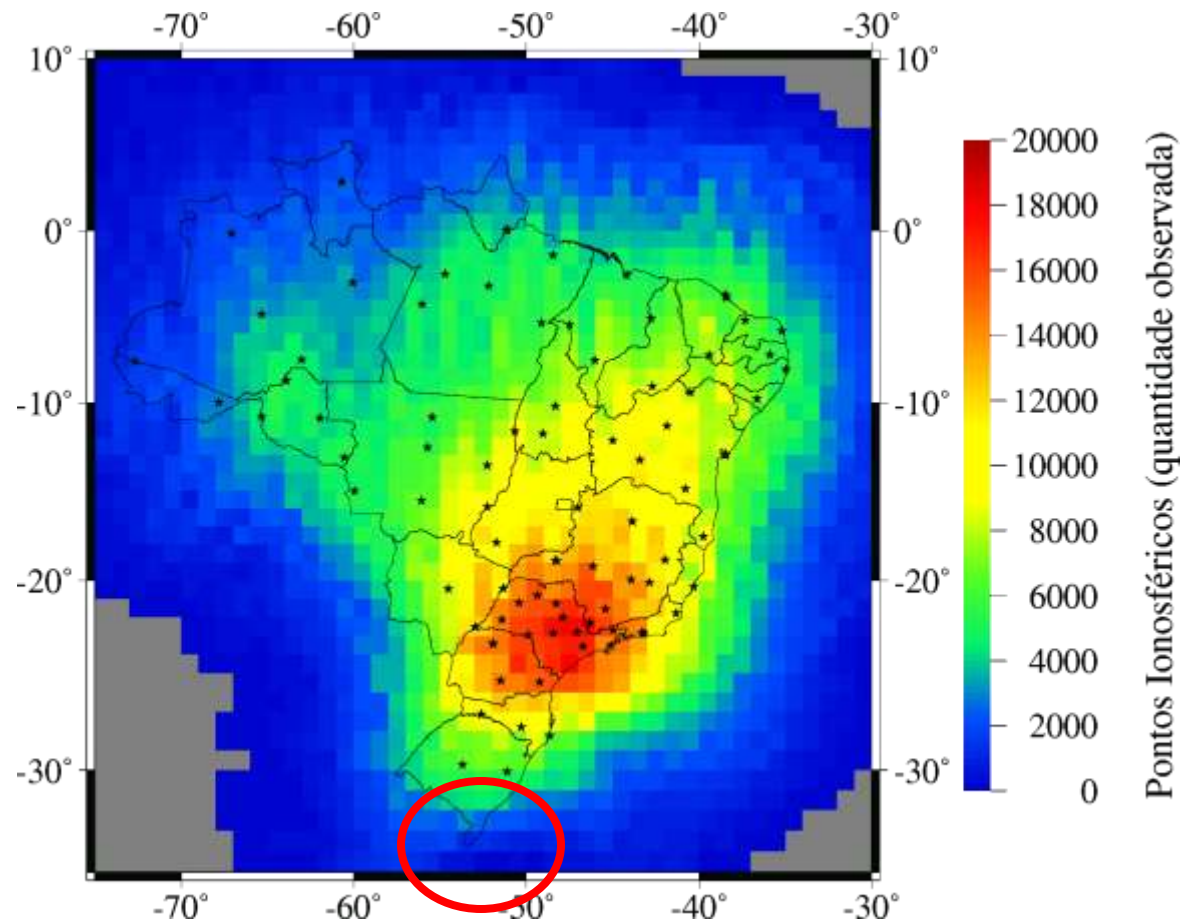
Quantidade de pontos ionosféricos: Densidade de estações 2007

- Total:
2.718.951
- Pixel sem
informação:
8%



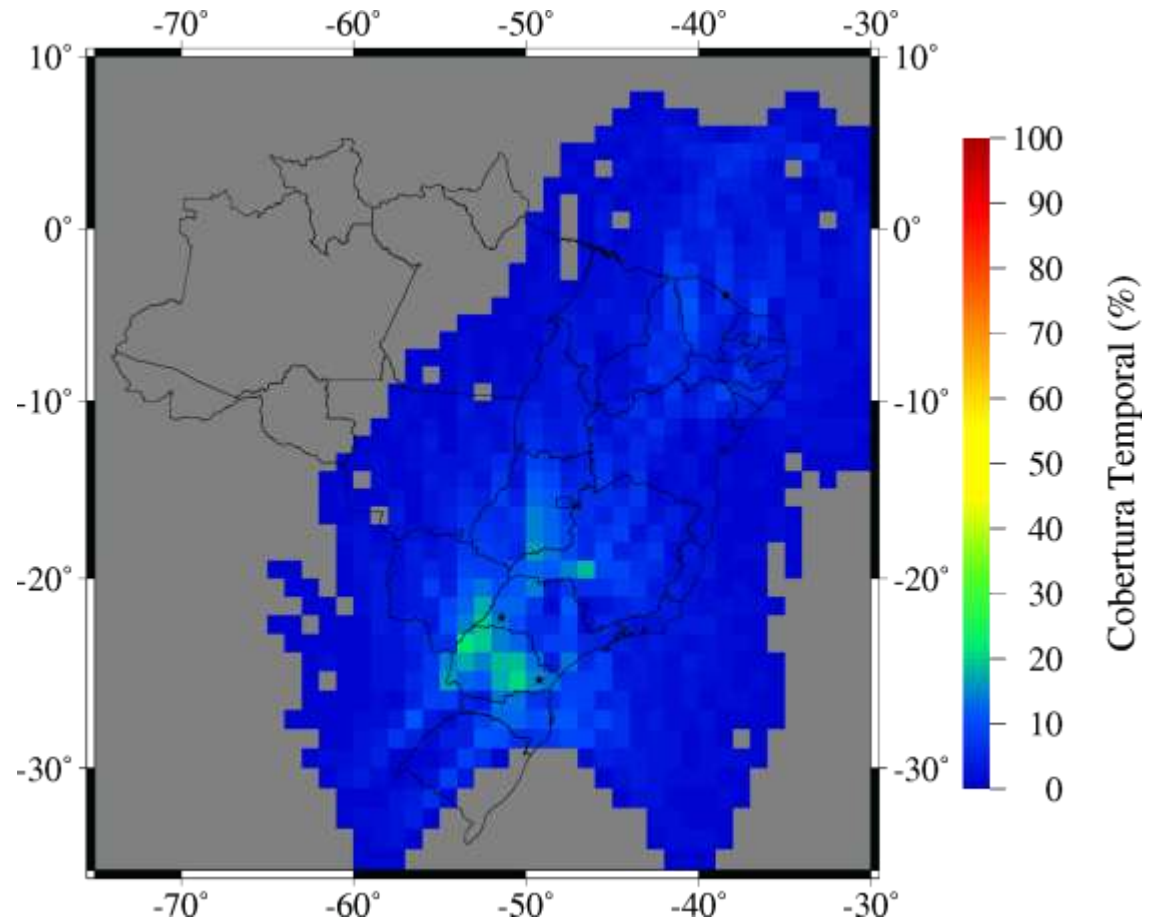
Quantidade de pontos ionosféricos: Inclusão do GLONASS 2012

- Total:
7.244.655
- Pixel sem
informação:
6%



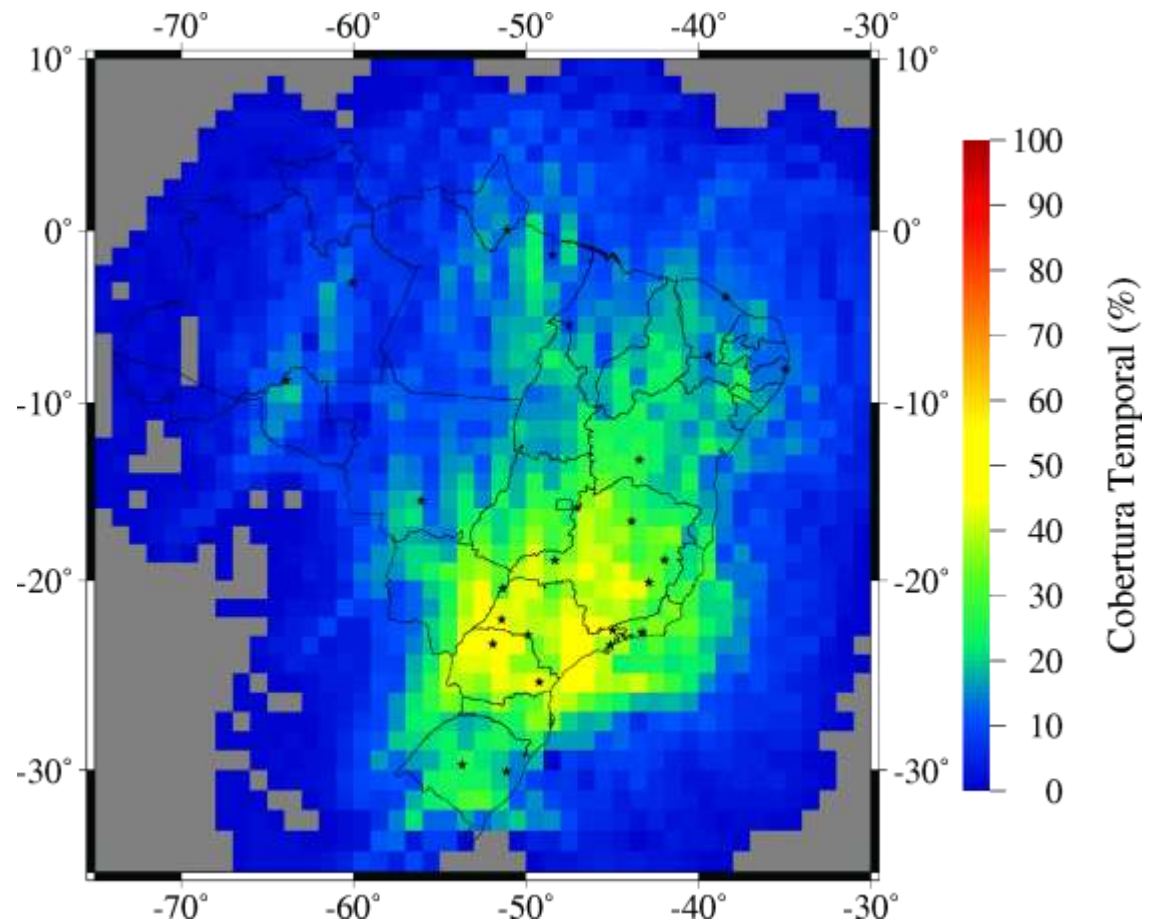
Cobertura temporal dos pontos ionosféricos: 1996

- Média: 1,7%
- 30% sobre parte do Paraná



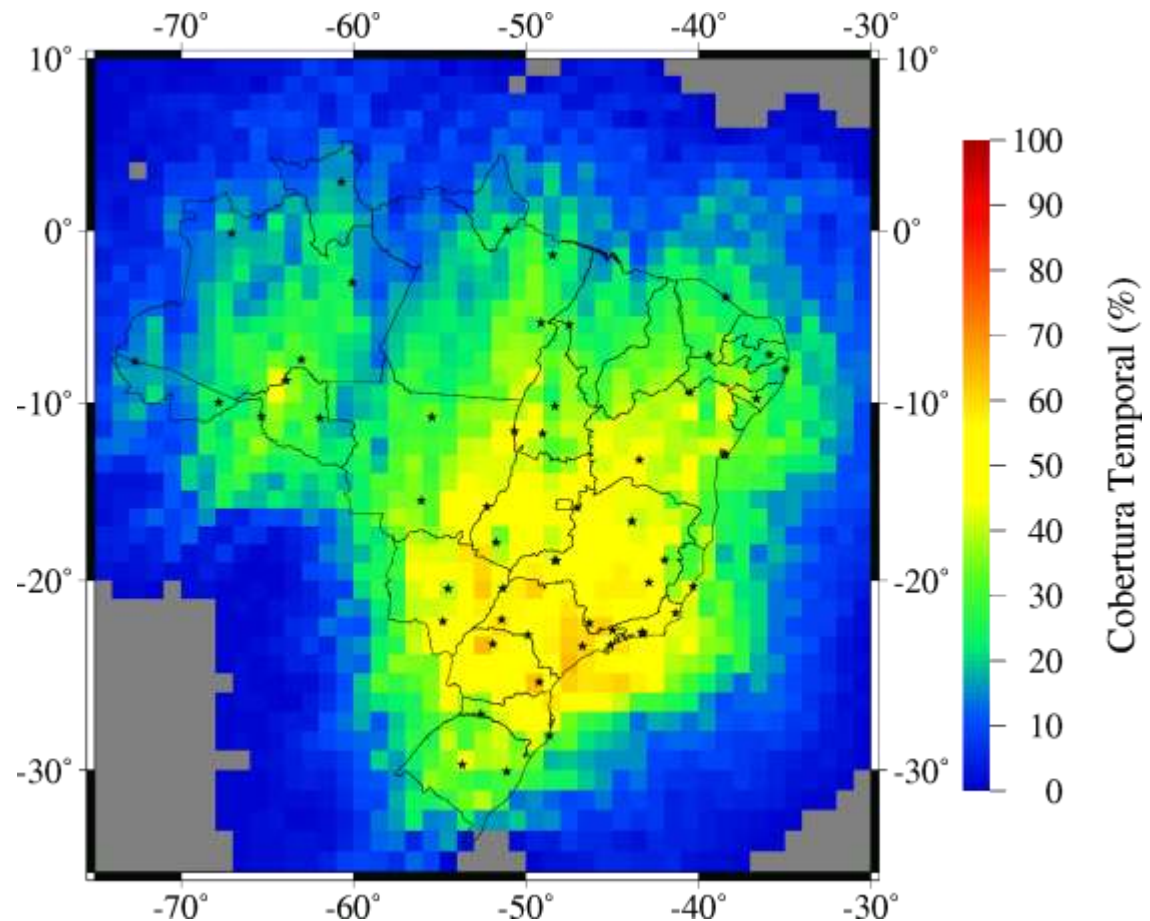
Cobertura temporal dos pontos ionosféricos: 2006

- Média: 9%
- 50% sobre parte do Paraná e São Paulo



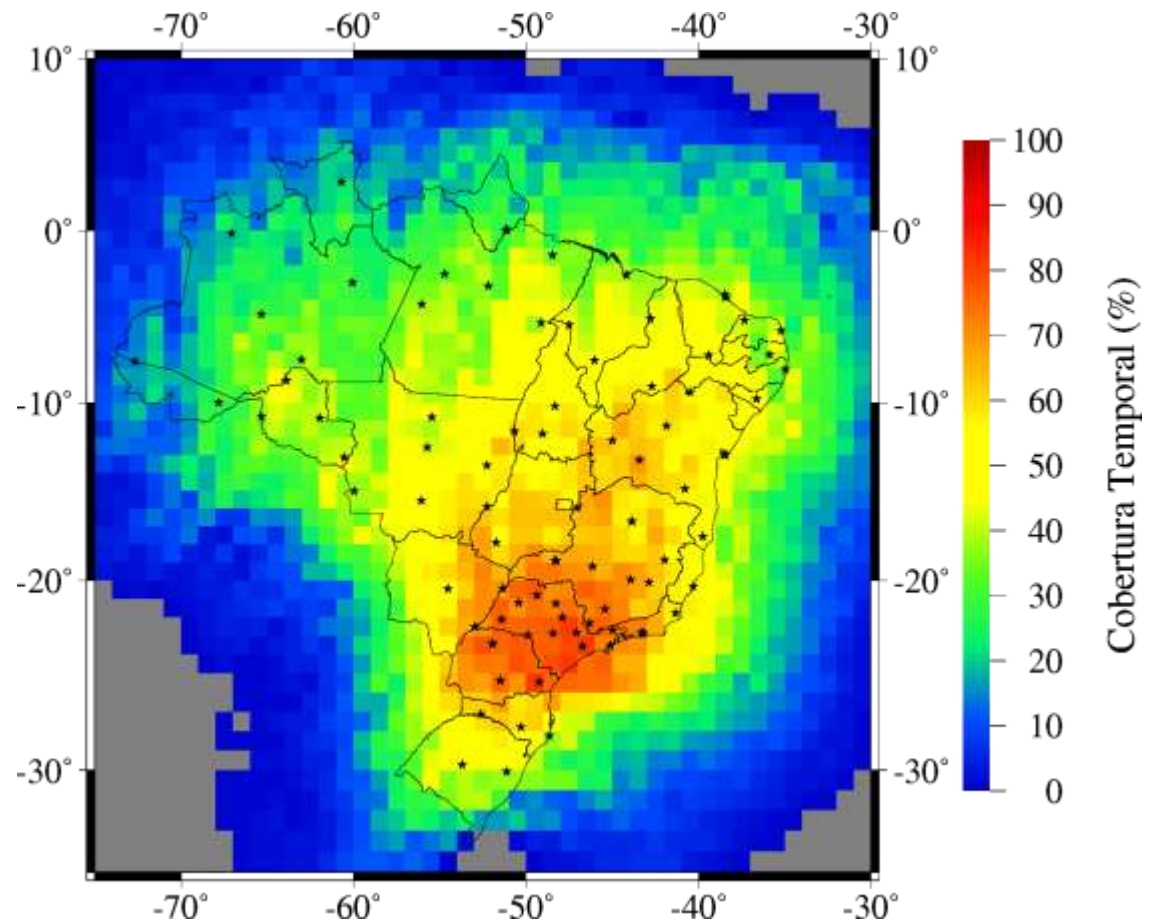
Cobertura temporal dos pontos ionosféricos: 2007

- Média: 18%
- 65% em pequenas áreas do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul



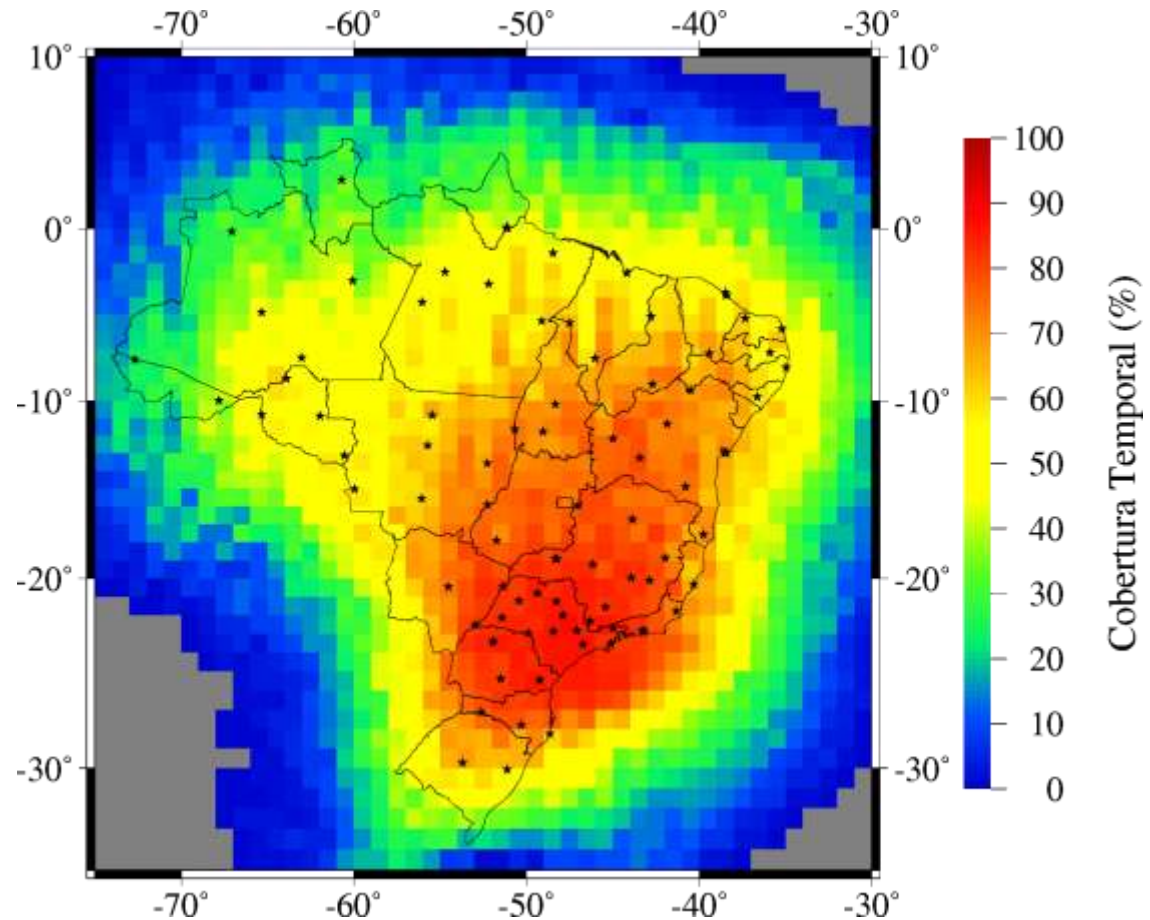
Cobertura temporal dos pontos ionosféricos: 2012

- Média: 25%
- 90% sobre regiões de São Paulo e Paraná



Cobertura temporal dos pontos ionosféricos: Inclusão do GLONASS

- Média: 34%
- 100% sobre São Paulo e grande parte do Paraná



Resultados

- Evolução da densidade de estações da RBMC, bem como da quantidade de satélites:
 - aumento de 3600% na quantidade de IPPs;
 - aumento de 1900% da cobertura temporal (média).
- A inclusão dos satélites GLONASS:
 - aumento de 68% na quantidade de IPP;
 - aumento de 41% da cobertura temporal (média).

Conclusão

- A RBMC é uma **fonte de informação contínua** sobre a atmosfera e sua capacidade de monitorar o TEC foi avaliada;
- Verificação do impacto do aumento da densidade de estações e de satélites sobre a quantidade e cobertura temporal dos IPPs produzidos pela RBMC;
- Em dez 2012 a RBMC e os satélites GPS e GLONASS eram capazes de produzir mais de 7 milhões de IPPs, durante 24 h e com intervalo de 15 s, sobre a região de estudo.

Conclusão

- A inclusão dos satélites GLONASS mostrou que é importante considerar satélites de múltiplas constelações.
- O Estado de São Paulo possui a melhor situação (FCT/Unesp) enquanto que a região norte, noroeste do Mato Grosso e o extremo sul do Brasil apresentam a pior capacidade de monitoramento.
- É importante destacar que além de permitir sondar a ionosfera, a RBMC possibilita a produção de insumos que podem ser utilizados para melhorar o posicionamento com GNSS no Brasil.

Obrigado!!!