

# REDE DE RADARES METEOROLÓGICOS: AÇÃO CONJUNTA DECEA – INPE/CPTEC

Carlos Frederico de Angelis<sup>1</sup>  
Luiz Augusto Toledo Machado<sup>1</sup>  
Carlos Augusto Morales<sup>2</sup>  
Sergio Antonio Alves Silva<sup>3</sup>  
Carlos Roberto Henriques<sup>3</sup>  
Jimmy Nogueira<sup>3</sup>

**RESUMO** - Este artigo relata a integração da rede de radares meteorológicos pertencentes ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) que está sendo feita a partir do convênio de cooperação técnico-científica assinado entre DECEA e INPE/CPTEC. A integração iniciou-se em 2004 e atualmente apresenta uma rede de seis radares de banda S e 2 graus de abertura de feixe eletrônico, operando sincronizadamente a cada quinze minutos. Os produtos obtidos a partir da varredura volumétrica de cada radar são enviados a centros regionais pertencentes ao DECEA e a um centro nacional pertencente ao INPE/CPTEC. Mapas de estimativas de precipitação avaliada por radar sobrepostos em imagens infravermelho do satélite GOES-12 são elaborados operacionalmente pelo CPTEC. Mapas de refletividade dedicados à proteção ao voo, porém com acesso irrestrito a qualquer usuário, são elaborados pelo DECEA. A integração dos radares é considerada um marco histórico na meteorologia brasileira, uma vez que, apesar de existirem mais de vinte radares sobre o país, nenhum esforço para a operação conjunta deles fora feito até então. O sucesso do convênio DECEA-INPE/CPTEC mostra que é possível o trabalho conjunto de diversas instituições, sendo o resultado final benéfico para todos os envolvidos, e principalmente para a sociedade brasileira.

**ABSTRACT** - This assignment presents the efforts which are being made in order to integrate a radar network of six weather radars over Brazil. The integration started in 2004 when was defined a common scanning strategy to run every fifteen minutes in each of the six S band 2 degree beam width radar. The data were originally transmitted to regional centres and now they are also transmitted to a national centre. Products showing precipitation maps are produced together with GOES 12 infrared images every thirty minutes by INPE/CPTEC. Products showing the reflectivity values are produced by DECEA every fifteen minutes and are used mainly for air traffic purposes. The integration of those radars is an unique and relevant fact which can be considered a mark for the Brazilian meteorology. The technical and scientific results obtained from this work shows that it is possible to join different institutions and get benefits for all actors involved in the job.

**Palavras chaves:** radar meteorológico

**INTRODUÇÃO** - A precipitação é a principal fonte de água doce na América do Sul. O continente possui aproximadamente 344 milhões de habitantes distribuídos em treze países e conta aproximadamente com 18.520.000 km<sup>2</sup> de área. A América do Sul está localizada em uma área extremamente chuvosa e é um dos lugares que apresentam maior disponibilidade de água doce no mundo. O volume de água estimado para cada habitante do continente é de aproximadamente

---

<sup>1</sup> INPE/CPTEC – Rod. Dutra, km 40 – Cachoeira Paulista – SP CEP: 12630-000 email: angelis@cptec.inpe.br

<sup>2</sup> IAG/USP – Rua do Matão, Cidade Universitária – São Paulo -SP

<sup>3</sup> DECEA/DMET – Departamento de Controle do Espaço Aéreo – Aeroporto Santos Dumont, Rio de Janeiro - RJ

33.500 m<sup>3</sup> (World Bank, 2004). Apesar da abundante disponibilidade de água doce, a distribuição desse mineral sobre a superfície do continente não é uniforme e alguns lugares apresentam grandes déficits de disponibilidade como as regiões de Atacama no Chile e o semi-árido do nordeste brasileiro. A água no continente é principalmente consumida em residências, indústrias e irrigação. Porém, a distribuição desse uso não é uniforme e somente a irrigação consome cerca de 70% da demanda total por água doce no continente (Global Water Partnership, 2002).

Estimativas confiáveis de precipitação são necessárias para uma série de aplicações, entre as quais o apoio ao entendimento dos mais variados regimes de chuva, a compreensão do ciclo hidrológico e aos estudos climatológicos e meteorológicos. Além disso, estimativas de precipitação são fundamentais para o planejamento estratégico não só dos recursos hídricos, mas também de todas as atividades que fazem uso desses recursos. Na agricultura um bom conhecimento do regime de precipitação de uma dada área pode contribuir para o planejamento e gerenciamento da produção assim como aperfeiçoar o uso da água em irrigações. Em áreas urbanas o conhecimento da dinâmica da precipitação pode auxiliar a busca de soluções para problemas decorrentes da falta de planejamento urbano como o sub-dimensionamento da rede de drenagem urbana e no gerenciamento e planejamento do uso da água potável e saneamento em geral. Na área de Engenharia Civil o conhecimento do regime de precipitação pode ser útil na identificação e desenvolvimento de materiais aptos ao clima local e com isso minimizar possíveis perdas econômicas causadas por corrosão e erosão das estruturas e construções. O conhecimento do ciclo hidrológico e sua relação com as mudanças climáticas e do uso da terra são fundamentais para a modelagem climática de cenários futuros.

Pluviômetros espalhados pela superfície terrestre coletam informações precisas da precipitação somente para uma pequena área localizada no entorno do dispositivo. O monitoramento detalhado sobre extensas áreas exige a existência de uma densa rede de pluviômetros, o que em certos casos é inviabilizado em áreas de difícil acesso como a floresta Amazônica e regiões montanhosas. Radares meteorológicos são uma excelente alternativa para a falta de uma densa rede de pluviômetros porque apresentam a capacidade de estimar a precipitação em locais bem distantes de onde se encontram localizados.

No Brasil atualmente existem mais de vinte radares meteorológicos que pertencem a diversas instituições. A Figura 1 mostra a distribuição dos radares em território brasileiro e inclui dois radares pertencentes à Argentina.

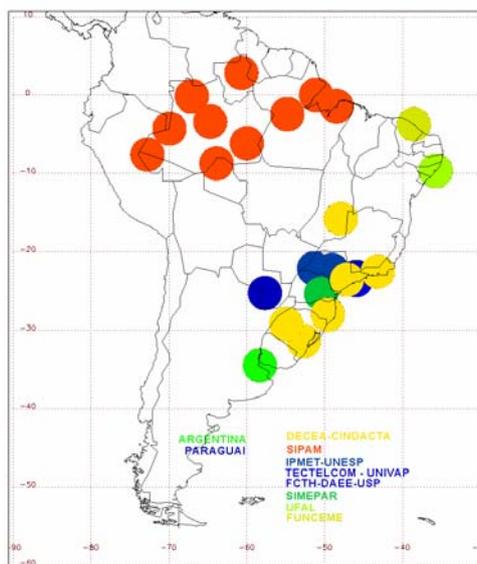


Figura 1: Localização dos radares existentes no Brasil e instituições responsáveis. As circunferências indicam uma área de cobertura com raio de 250 km de cada radar

A integração da rede de seis radares pertencentes ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) está sendo realizada em convênio com o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC-INPE) desde 2004. Esta é a primeira tentativa concreta no Brasil de se integrar de forma operacional uma rede de radares situados nas regiões sul, sudeste e centro-oeste do país. O resultado dessa integração foi o estabelecimento de uma rede que opera de forma sincronizada 24 horas por dia, produzindo dados que são enviados ao CPTEC em tempo real.

**CONFIGURAÇÃO DA REDE DE RADARES** - Muitos tipos de configurações para uma rede de radares são possíveis de serem feitos, porém uma configuração típica é sugerida por Gustafsson e Ekengren (1985). Nesta estrutura cada radar tem seu próprio processador que utiliza os dados brutos obtidos em cada varredura volumétrica para gerar produtos específicos como CAPPI's (Constant Altitude Plan Position Indicator) e PPI's (Plan Position Indicator). Após isso, tanto os dados brutos quanto os produtos são enviados para centros regionais e postos remotos de visualização. A configuração original da rede de radares do DECEA seguia essa estrutura, porém devido a limitações na largura da banda da rede de comunicação entre os radares e os centros regionais, somente produtos derivados dos dados brutos tais como CAPPI's e PPI's eram transferidos. Todos os dados brutos eram perdidos uma vez que não havia nenhum tipo de gravação desses dados. Na mesma configuração original, todos os radares operavam de forma independente sem nenhum sincronismo entre eles.

A partir da assinatura do convênio de cooperação técnico-científico DECEA-INPE/CPTEC, iniciou-se um trabalho de integração efetiva da rede de radares. Foi definido que todos os radares devem operar de forma sincronizada fazendo duas varreduras volumétricas padrão a cada quinze

minutos. Essas varreduras possuem características distintas objetivando atender as demandas de cada instituição. Uma varredura apresentando quinze elevações e com alcance de 250 km inicia-se a cada quinze minutos. Essa varredura visa monitorar toda a atmosfera presente na área de cobertura dos sensores, e as informações derivadas dessa operação são usadas tanto pelo INPE/CPTEC como pelo DECEA. Imediatamente após seu término, a segunda varredura apresentando apenas três elevações, porém com um alcance de 400 km, é disparada. Essa varredura, chamada de vigilância, é feita para uso dedicado à proteção ao voo de aeronaves localizadas dentro da área de cobertura de cada radar.

A partir das varreduras volumétricas são gerados produtos CAPPI's em quatro altitudes diferentes para uso conjunto do INPE/CPTEC e DECEA. Também são gerados produtos MAXCAPPI para uso exclusivo do DECEA. Os produtos são enviados para os centros regionais de controle e operação do DECEA, e após isso ao INPE/CPTEC. Cada instituição utiliza essas informações para atenderem suas necessidades específicas. Enquanto o DECEA aproveita os dados para a proteção ao voo, o INPE/CPTEC os usa para o monitoramento da precipitação.

A nova estrutura da rede integrada de radares prevê a instalação de internet em cada radar o que permite o envio dos dados brutos a um centro nacional de coleta de informações. Atualmente dois radares já estão operando dessa forma e seus dados estão sendo enviados diretamente para o INPE/CPTEC. O uso de internet em cada sítio permite que todos os dados brutos sejam aproveitados e com isso é possível fazer uma base de dados de radar, o que não era possível na configuração original da rede.

A Figura 2 mostra um esquema conceitual da rede de radares DECEA operando com a configuração integrada.

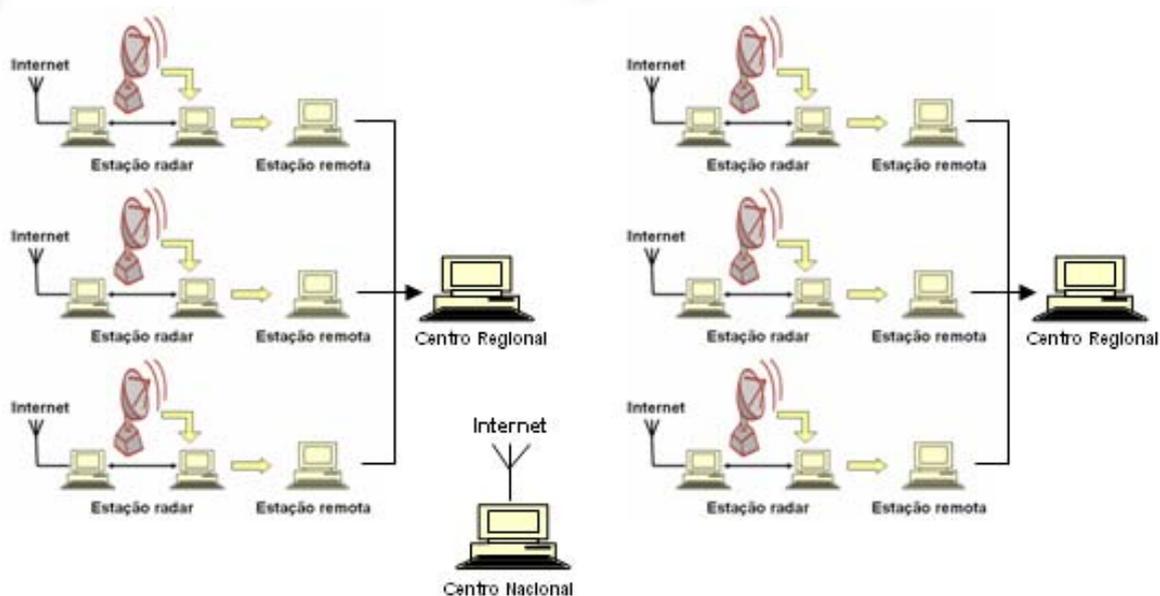


Figura 2: Esquema conceitual da rede de radares DECEA operando após o convênio DECEA-INPE/CPTEC

**MONITORAMENTO DA PRECIPITAÇÃO** - A partir das informações contidas nos CAPPI's recebidos no INPE/CPTEC, são elaborados produtos integrados radar-satélite visando o monitoramento da precipitação. O produto utiliza imagens do canal infravermelho do satélite GOES-12. Os resultados são mostrados em forma de mapas de precipitação estimada a partir da relação Z-R de Marshall-Palmer. A Figura 3 mostra um exemplo da integração radar-satélite.

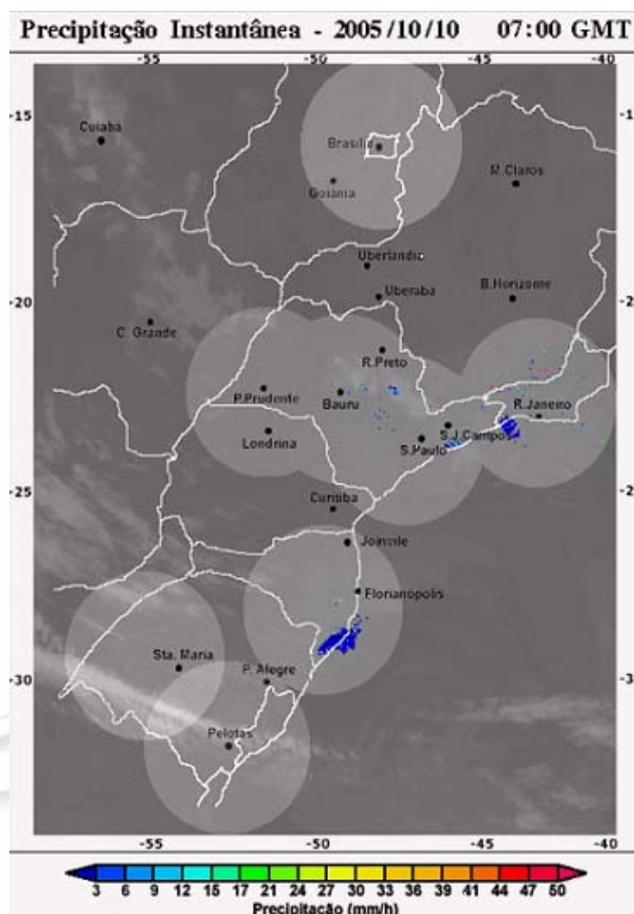


Figura 3: Integração radar-satélite para o monitoramento da precipitação

O uso integrado radar-satélite permite ao mesmo tempo estimar a intensidade da precipitação próxima à superfície juntamente com uma avaliação em escala regional da cobertura de nuvens. O produto mostrado na Figura 3 é feito a cada trinta minutos e apresenta, além dos radares do DECEA, os dois radares do IPMET que disponibiliza seus CAPPI's a 3 km de altura para a elaboração do mosaico.

**PERSPECTIVAS FUTURAS** - A elaboração completa de mapas de precipitação, como mostrado na Figura 3, necessita da calibração dos radares para minimizar as incertezas nas estimativas de precipitação sobre a área de cobertura de cada sensor. Essa calibração deve ser feita através de equipamentos eletrônicos para assegurar um perfeito funcionamento de todos os circuitos que constituem o radar. Além disso, é necessário comparar as medidas feitas pelos radares com algum

valor de referência para assim eliminar eventuais tendências de erro. Atualmente o INPE/CPTEC adotou o radar a bordo do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TMM-PR) como padrão de comparação. A eliminação de possíveis erros em cada radar permite aumentar a certeza nas estimativas de precipitação e também melhorar os cálculos dos valores de refletividade nos locais onde um radar sobrepõe o outro.

Os radares do DECEA amostram a atmosfera em quatro dimensões (latitude, longitude, altura e tempo) e possuem um alcance limitado em 400 km. Como todos os sensores trabalham em sincronismo e adquirem os dados quase no mesmo instante, é possível então elaborar um mosaico similar ao mostrado na Figura 3, porém amostrando toda a estrutura vertical da atmosfera. Esse trabalho será feito a partir de 2007 pelo INPE/CPTEC.

**CONSIDERAÇÕES FINAIS** - O convênio de cooperação técnico-científico firmado entre DECEA e INPE/CPTEC foi um marco histórico para a meteorologia do Brasil. A partir dos trabalhos realizados em conjunto pelas duas instituições está sendo possível integrar uma rede de seis radares e assim beneficiar milhões de pessoas que diariamente estão sob a área de cobertura desses sensores. Os ganhos sociais e econômicos trazidos pela integração dos sensores são incalculáveis, visto que o monitoramento da precipitação é feito de modo contínuo e em tempo quase real, e os resultados disponibilizados em sítios eletrônicos abertos a todos os usuários sem restrições de acesso. Os benefícios científicos também são inúmeros uma vez que os dados de radar estão sendo usados para a criação de ferramentas de previsão de tempo a curtíssimo prazo e também para a elaboração de um sistema de alerta de condições severas, o que mais uma vez beneficiará toda a sociedade brasileira.

Apesar de existirem mais de vinte radares sobre o território brasileiro, nenhum esforço para a operação conjunta desses sensores fora feito. O sucesso do convênio DECEA-INPE/CPTEC mostra que é possível o trabalho conjunto de diversas instituições, sendo o resultado final benéfico para todos os envolvidos, e principalmente para a sociedade brasileira.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Global Water Partnership (2002) Statutes for the Global Water Partnership Network and the Global Water Partnership Organization. December 12, 2002.
- World Bank (2004) *Water Resources Sector Strategy: Strategic Directions for World Bank Engagement*. Washington, D.C.
- Gustafsson, SG e Ekengren, B. (1985) Weather radar networking. Proc. Final Semin. Measurement of Precipitation by Radar, COST Project 72, Ettore Marjorana, Sicily, October 1985, Report No. EUR 10353EN-FR, pp 124-131