

O Sistema Nacional de Dados Ambientais e a coleta de dados por satélite

Marcos Aurélio Ferreira dos Santos¹
Maria de Fátima Mattiello Francisco²
Wilson Yamaguti³

¹CRN – Centro Regional do Nordeste, INPE, Brasil
aurelio@crn.inpe.br

²CCR – Coordenação dos Centros Regionais, INPE, Brasil
fatima.mattiello@dir.inpe.br

³DSE – Divisão de Sistemas Espaciais, INPE, Brasil
yamaguti@dss.inpe.br

Abstract: Since 1993, INPE operates the Brazilian Environmental Data Collection System based on SCD-1 and SCD-2 satellites. By 2010, INPE reorganized its data collection system moving the data collection mission center in operation at Cachoeira Paulista, SP to Northeast Regional Center in Natal, RN. The goal was to establish a center of excellence in data collection services and applications. This paper focus on the description and evaluation of the National Environmental Data System, called SINDA in operation since 2010. The SINDA manages the data collection platform catalog (users, platform identification, location), processes the data files transmitted by the receiving ground station and converts data into engineering units, stores raw and processed data into data base and provides dissemination functions through web services. Today SINDA can process, store and distribute data transmitted not only by satellites, but by other means such as GPRS and internet. The hardware and software architecture is discussed. New design efforts have been concentrated in the improvement of the data dissemination to the users by web pages and data format according to World Meteorological Organization standards (meteorological, oceanographic and hydrological data formats). The tools used to monitor the SINDA quality of services are discussed. New demanding for environmental data especially for disaster monitoring with shorter system response time will guide the future development to strength the redundant hardware architecture as well as processing capability to improve the data validation according to the users' needs.

Palavras-Chave: Data Collection Platform, National Environmental Data System, Brazilian Environmental Data Collection System, Plataforma de Coleta de Dados, Sistema Nacional de Dados Ambientais, Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais.

1. Introdução

Atualmente, o Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais é constituído pelo segmento espacial através dos satélites SCD-1 e SCD-2, pelas diversas redes de Plataformas de Coleta de Dados (PCD) espalhadas pelo território nacional, pelas Estações de Recepção de Cuiabá e de Alcântara, e pelo centro de missão denominado de Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA) instalado nas facilidades do INPE em Natal, RN. O Laboratório de Instrumentação Meteorológica (CPTEC/LIM) localizado em Cachoeira Paulista realiza serviços de calibração e de manutenção de sensores. A Figura 1 ilustra o Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais.

O propósito deste artigo é apresentar a descrição do SINDA em função da reorganização realizada em 2010, com a mudança do centro de missão anteriormente em operação no Centro Espacial de Cachoeira Paulista para o Centro Regional do Nordeste (CRN) em Natal, RN, bem como avaliar o desempenho alcançado no processamento, armazenamento e disseminação dos dados aos usuários do sistema.

Os dados das plataformas de coleta de dados ambientais, retransmitidos pelos satélites e recebidos nas estações de Cuiabá ou de Alcântara, são enviados ao SINDA para processamento, armazenamento e disseminação aos usuários. O envio desses dados ao usuário é feito através da Internet, em no máximo 30 minutos após a recepção.

A meta inicial de desempenho do sistema, que considerava apenas um satélite, era receber corretamente pelo menos uma mensagem/dia de cada plataforma, independente de sua localização conforme Yamaguti et al. (2009).

Atualmente esta meta não é aceitável para a maioria das aplicações que utilizam o sistema, que impõe a recepção de pelo menos cinco mensagens distribuídas ao longo do dia. Isto só é satisfeito considerando a operação simultânea dos dois satélites. Um sistema de coleta de dados baseado em satélites com órbitas de baixa inclinação (menor ou igual a 30 graus) se mostra muito adequado para o Brasil, pois, além de permitir um número grande de passagens por dia, apresenta uma cobertura satisfatória da região sul do país segundo Yamaguti et al. (2012).



Figura 1 - Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais, mostrando os círculos de visibilidade das estações de Cuiabá e de Alcântara.

A rede de plataformas do sistema iniciou-se em 1993 com cerca de 60 unidades, permanecendo este número estacionário até 1996. A partir desse ano verificou-se um crescimento notável com a aquisição de cerca de 200 plataformas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), sendo 176 do tipo hidrológico e 24 do tipo meteorológico. Na mesma época, iniciativas como a do Programa de Monitoramento de Tempo, Clima e Recursos Hídricos do MCT (PMTCRH) fizeram o número de plataformas crescer consideravelmente, como se observa na Figura 2. Com a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), a rede existente de plataformas, até então controlada pela ANEEL, foi repassada para a ANA.

2. Status do Centro de Missão de Coleta de Dados

Ao longo de 20 anos, o centro de missão do sistema de coleta de dados, que é responsável pelo processamento, armazenamento e disseminação dos dados coletados pela rede de PCDs, operou com uma arquitetura computacional e de software concebidos com as tecnologias estado-da-arte disponíveis nos anos 90.

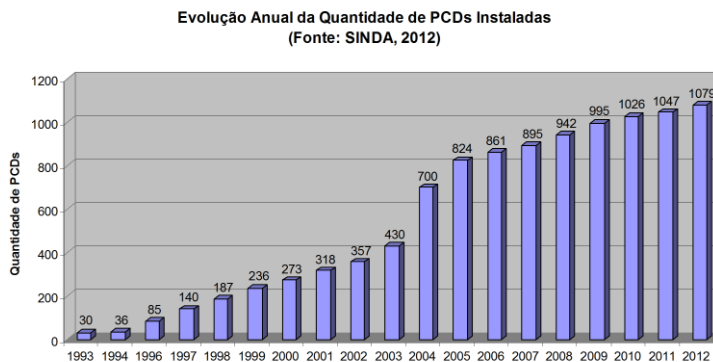


Figura 2 - Evolução na quantidade de plataformas instaladas no

A modernização e revitalização do sistema de coleta e dados é uma das prioridades de desenvolvimento e atuação do INPE em âmbito nacional, principalmente para atender às demandas como da Rede Hidrometeorológica Nacional e de sistemas de alerta de desastres naturais.

Com a transferência do centro de missão em 2010 para a unidade do INPE em Natal, RN, a infraestrutura de hardware desse sistema computacional, então denominado Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA), investimentos foram feitos para atender à crescente demanda de dados ambientais para fins de P&D.

A Figura 3 apresenta a infraestrutura computacional e de rede do SINDA em operação no CRN.

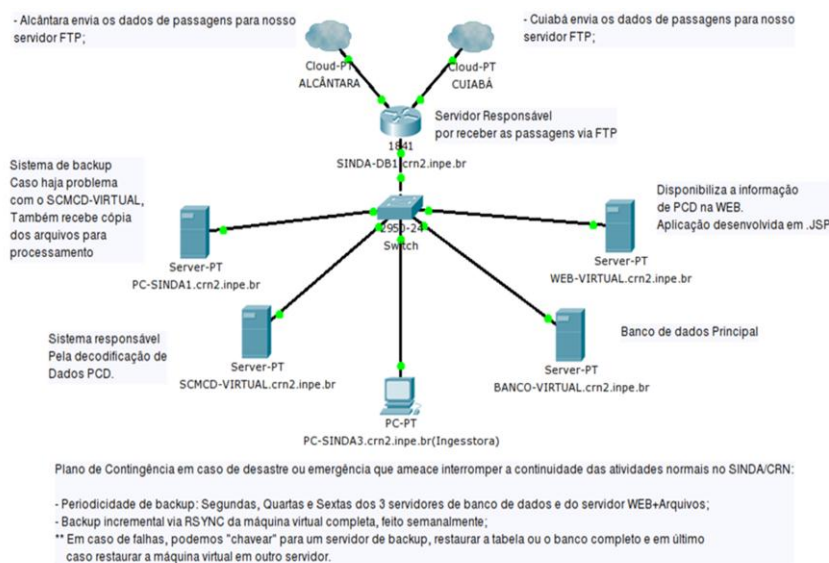


Figura 3 - Infraestrutura de computação do SINDA

O SINDA conta com solução tecnológica DELL - PowerEdge R710 com processador XEON, 750GB de armazenamento, 8GB RAM, Placas de rede Gigabit/Ethernet e fontes redundantes, promovendo alta performance no gerenciamento e processamento de tarefas.

O software legado do SINDA realiza as seguintes funções:

- Cadastro de Plataformas de Coleta de Dados (PCDs) instaladas na rede;
- Aquisição e processamento das mensagens de PCDs que são retransmitidas pelos satélites SCD-1 e SCD-2 para as estações de recepção de Alcântara e de Cuiabá;
- Verificação da consistência dos dados adquiridos pelos sensores de cada PCD;
- Conversão dos dados de PCDs (valores medidos pelos sensores ambientais) para unidades de engenharia;
- Armazenamento em Banco de Dados dos dados ambientais coletados pelas PCDs;
- Disseminação dos dados de PCDs aos usuários da missão via WEB, ilustrado na Figura 4.

O fluxo de processamento de dados utilizado na infraestrutura computacional e de rede do SINDA é feita através dos seguintes passos:

- O servidor SINDA-DB1 recebe os arquivos .de dados enviados pelas estações de Alcântara e de Cuiabá via FTP;
- A máquina ingestora transfere os arquivos de dados para processamento em SINDAVIRTUAL (SCMCD);
- O dado de engenharia é criado;
- A máquina ingestora processa as informações e envia para os bancos de dados (PostgreSQL) para disponibilização aos usuários;
- O usuário acessa a página <http://sinda.crn2.inpe.br/PCD> e tem acesso as informações via WEB.

A página WEB do SINDA foi atualizada com:

- Criação da logomarca do SINDA e do novo banner na pagina web;
- Modificação de todas as páginas, scripts, arquivos textos e imagens que compõem o site, para refletir as mudanças associadas ao novo domínio do SINDA dentro do CRN, (<http://sinda.crn2.inpe.br/>);
- Inserção de novos itens como dados de Radiação Solar, e novas consultas ao banco de dados relacionado às Redes de PCDs e às Boias do projeto PIRATA – Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic ;

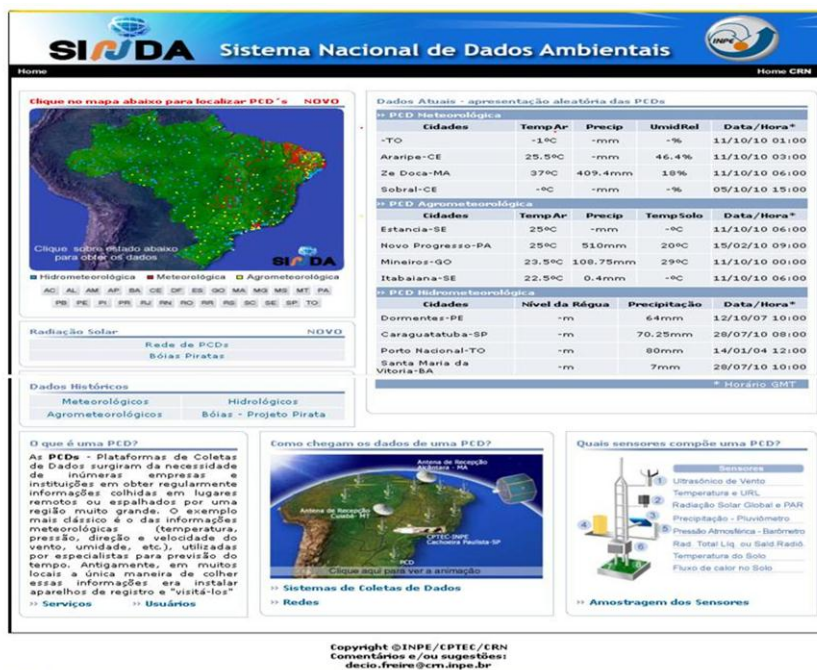


Figura 4 – Página WEB do SINDA

O SINDA é parte integrante do Centro Brasileiro de Coleta de Dados (CBCD) em implantação no CRN, que tem por base estimular a realização de atividades de P&D de tecnologias de satélites de coleta de dados no CRN de forma combinada às atividades operacionais de um centro de missão. (Mattiello-Francisco, 2010).

3. Modernização do SINDA

A modernização do software de processamento e armazenamento de dados faz-se necessária para melhor desempenho da operação, compatibilidade com a infraestrutura

de hardware instalada no SINDA e atendimento à crescente demanda de novas PCDs para o sistema.

Incentivos à cooperação de científica entre institutos de pesquisa e universidades, como o projeto SINDA, aprovado no Edital 33/2010 CNPq/AEB, têm apoiado a prototipação de nova versão do sistema computacional SINDA com a aplicação de tecnologias da informação de última geração segundo PEREIRA et al (2012).

A Figura 5 apresenta uma visão do projeto SINDA cuja execução foi dividida em duas partes. A primeira consiste no novo sistema de processamento dos dados recebidos pelas estações, com a decodificação e processamento dos dados de engenharia e arquivamento no banco de dados. As funcionalidades caracterizadas na segunda parte constituem o novo Portal do SINDA, em fase de teste no CRN, com funcionalidades de busca, estatística, e otimização de acesso aos dados pelos usuários.

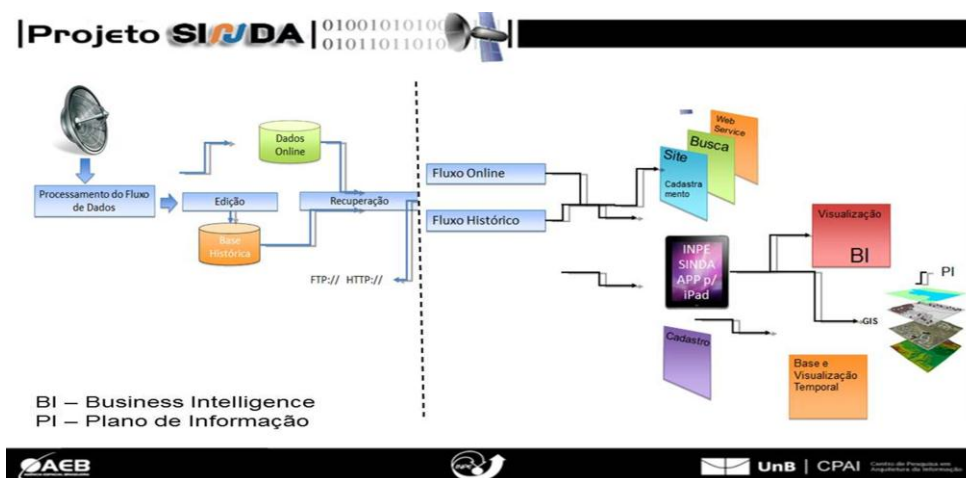


Figura 5 – Arquitetura da nova versão do SINDA

Considerando a existência de outras tecnologias diferentes de satélites para aquisição de telemetrias de dados ambientais, a modernização do software SINDA visa ampliar o escopo das entradas para processamento. Pacotes de dados brutos coletados pelas PCDs poderão ser enviados para o sistema computacional SINDA por diferentes fontes, tais como:

- o pelas Estações de Solo do INPE, em Cuiabá, MT, ou Alcântara, MA. Essas estações recebem os dados transmitidos pelos satélites que compõem a constelação de satélites do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados;
- o por PCDs que transmitem pacotes de dados via telemetria GPRS;
- o ou por rede local/Internet.

Estes pacotes de dados de PCDs são disponibilizados no sistema computacional SINDA, no CRN, logo após a passagem do satélite pela estação de recepção do INPE, em Cuiabá, MT, ou Alcântara, MA, e/ou assim que recebidos das PCDs via GPRS/rede.

O processamento do arquivo de dados de PCDs consiste na decodificação das mensagens de dados ambientais codificadas pelas PCDs e conversão dos dados de sensores em unidades de engenharia.

Com relação à base de dados histórica do SINDA, os dados extraídos dos pacotes recebidos e decodificados deverão ser armazenados em conformidade com os padrões

WMO (World Meteorological Organization)

http://en.wikipedia.org/wiki/World_Meteorological_Organization.

Para promover a padronização de observações meteorológicas, a WMO mantém várias formas de codificação para representar e trocar dados meteorológicos, oceanográficos e hidrológicos. Os códigos tradicionais são baseados em caractere, do tipo SYNOP, CLIMAT e TEMP. Novas formas de codificação da WMO são projetadas para portabilidade, extensibilidade e universabilidade, tais como *Binary Universal Form for the Representation of meteorological data* (BUFR), *Character form for the Representation and EXchange of data* (CREX), e, *GRIdded Binary or General Regularly-distributed Information in Binary form* (GRIB) para dados geo-referenciados.

4. Desempenho do SINDA

O índice de satisfação dos usuários pode ser caracterizado em termos de acesso aos dados, principalmente pelos maiores usuários, que são instituições públicas, e estes indicadores qualitativos são apresentados em termos estatísticos [Figura 6]. Outro indicador, também qualitativo, são os *emails* de respostas aos atendimentos a usuários, que sempre demonstram satisfação com os dados disponibilizados e fornecidos pelo SINDA.

A análise de desempenho é feita utilizando a ferramenta *open source* Nagios para monitorar *hosts* e serviços, alertando quando ocorrerem problemas e quando do restabelecimento dos serviços.

O tráfego de rede é monitorado utilizando a ferramenta Cacti. As medidas da qualidade do enlace ou saturação, proporcionam exatidão no gerenciamento de QoS (Qualidade de Serviço) disponibilizado para a aplicação.

O desempenho de qualidade de recepção de uma mensagem transmitida por uma PCD depende das passagens dos satélites sobre a PCD (enlace ascendente), da densidade local de plataformas, da área de cobertura das estações de recepção de Cuiabá e de Alcântara e desempenho do Processador de Coleta de Dados da estação (enlace descendente).



Figura 6 – Dados Estatísticos de monitoramento de tráfego

O enlace ascendente PCD até o satélite define basicamente o desempenho global do sistema em termos de taxa de erros, considerando as estações de recepção de Cuiabá e de Alcântara.

O PROCOD, equipamento Processador de Coleta de Dados das estações de recepção tem papel fundamental na recuperação das mensagens transmitidas pelas PCDs em função das características do sistema. Os satélites SCD-1 e SCD-2 retransmitem os sinais em UHF transmitidos pelas PCDs em banda S para que as estações de recepção possam recuperar as mensagens das PCDs. Não há armazenamento dos dados a bordo dos satélites.

O desempenho do processamento e da disseminação dos dados processados aos usuários depende essencialmente do SINDA.

Para avaliação global do sistema, foi realizada uma análise de cobertura baseada em dados reais do sistema hoje em operação e os dados obtidos nas simulações feitas com o software STK (System Tool Kit), com relação à cobertura do sistema.

Para esta análise foram utilizados os arquivos de produção gerados nas estações de Cuiabá e de Alcântara a partir dos dados transmitidos pelos satélites SCD-1 e SCD-2, e processados no SINDA.

Pelo fato destes arquivos possuírem codificação específica foram realizadas algumas etapas de conversão para identificar o número da PCD, data e hora de transmissão. Com os dados obtidos foram inseridos no software STK as coordenadas geográficas das PCDs identificadas a cada passagem do satélite, além do traçado da órbita do satélite obtida a partir da base de dados de rastreamento.

A Figura 7 mostra exemplos de duas passagens do satélite SCD-2 no dia 29/04/2011 referentes aos horários médios de 16h00min e 20h00min, onde se destaca:

- marcas azuis - coordenadas geográficas das PCDs recebidas pelo satélite;
- linha vermelha - trajetória do satélite obtida da base de dados de rastreamento;
- linha verde - limite máximo em que o satélite recebeu sinais de PCDs;
- linha preta tracejada - alcance máximo de visibilidade do satélite.

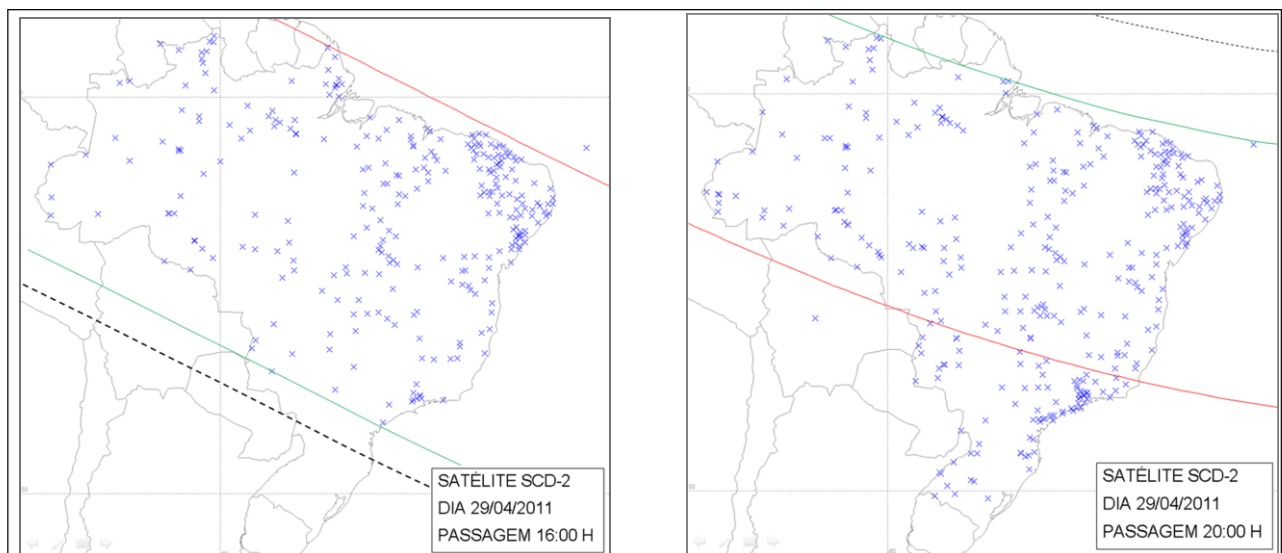


Figura 7 – Localidades cujos dados foram recebidos durante duas passagens do SCD-2 sobre o Brasil.

Os resultados obtidos desta pesquisa mostram que apesar do tempo em operação dos satélites SCD-1 (quase 20 anos em órbita) e SCD-2 (14 anos em órbita) a área de prestação dos serviços de coleta de dados continuam plenamente satisfatórias. Pode-se observar nas duas passagens exemplificadas a grande cobertura, alcançando as marcas de 2.660 km e 2.360 km em cada uma das passagens, para alcances máximos de visibilidade de 2.913 km e 2.704 km respectivamente.

5. Comentários Finais

Apesar das degradações nos subsistemas dos satélites SCD-1 e SCD-2, o sistema continua a prestar regularmente os serviços de coleta de dados. Diversas melhorias foram introduzidas na infraestrutura de solo para a recepção, processamento, armazenamento e disseminação dos dados coletados, entre as quais a nova versão do PROCOD nas estações e as novas facilidades implantadas no SINDA.

As demandas de serviços de coleta de dados continuam a crescer em quantidade de plataformas de coleta de dados e aplicações, bem como o tempo de resposta do sistema passa a ser cada vez mais crítico para atendimento de aplicações como para monitoramento de desastres naturais.

O SINDA além de necessitar assegurar proteção aos dados armazenados contra possíveis falhas de equipamentos de computação vai necessitar expandir seu sistema de processamento em função de demandas como a apresentada pela Rede Hidrometeorológica Nacional com cerca de 3000 plataformas e como a de monitoração de embarcações de pesca com potencial similar em número de plataformas de coleta de dados.

Para o atendimento das demandas da Rede Hidrometeorológica Nacional, gerenciada pela Agência Nacional de Águas, foi estabelecido um grupo de trabalho com representantes da AEB, da ANA e do INPE para discutir e analisar propostas de constelação de satélites em órbita baixa para assegurar a continuidade e a expansão dos serviços de coleta de dados.

Adicionalmente outras iniciativas poderão beneficiar ou incrementar atividades de coleta de dados como a do projeto Conasat em desenvolvimento pelo CRN/INPE para o provimento de uma pequena constelação de satélites baseados em Cubesats para coleta de dados e a do projeto de satélite universitário Itasat. A missão principal dos dois projetos é a validação em voo do novo transponder de coleta de dados, também em desenvolvimento no CRN/INPE,

Referências Bibliográficas

Mattiello-Francisco, M. F. Relatório da Implantação do Centro Brasileiro de Coleta de Dados por satélite no INPE/ Nordeste, Dez, 2010, **Relatório Interno CCR-001-2010**.

Pereira, R.A.; Santos, M.A.F.; Lima-Marques, M.; Mattiello-Francisco, M.F. Improving Satellite Data Archiving Facility for Environmental R&D Purposes Based on Architecture of Information Approach, **12th International Conference on Space Operations – SpaceOPS12, 11-15 June 2012, Stockholm, Sweden**.

Yamaguti, W.; Orlando, V.; Pereira, S. P. **Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais: Status e planos futuros**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14, 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 1633-1640. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00044-7. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.21.20.46/doc/1633-1640.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2012.

Yamaguti, W. et al. **Status do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais (SBCDA) – Julho/2012**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2012. 49 p. (SCD-ETD-009).