

Satélite AQUA: Conceitos e aplicações no sensoriamento remoto e estudos ambientais

Bruno de Oliveira Lázaro¹
Maria Lígia Chuerubim²

^{1,2} Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Faculdade de Engenharia Civil – FECIV
Caixa Postal 593 – 38408-100 – Uberlândia – MG, Brasil
brunodeoliveira38@hotmail.com
marialigia@feciv.ufu.br

Abstract. The artificial satellite AQUA was launched in 2002 in California, United States, as part of a program designed by NASA (National Aeronautics and Space Administration) whose main task was to monitor the water cycle on Earth's surface and in the lower layers of the atmosphere. With this program, NASA aimed to understand the processes of change in the climate globally, in order to propose together with relevant bodies, policies and actions in order to reduce symptomatic of global warming, depletion of the ozone layer, greenhouse effect and other adverse weather events to human life. The satellite Aquia has six special sensors: the AMSR-E (Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS), AMSU-A (Advanced Microwave Sounding Unit-A), AIRS (Atmospheric InfraRed Sounder), HSB (Humidity Sounder for Brazil), CERES (Clouds and the Earth's Radiant Energy System) MODIS (MODIS). These sensors capture specific information on rainfall, evaporation and water cycles, and also measure simultaneously the changes in ocean currents and the interference of water reservoirs in global climate. In this way, the AQUA is configured as an important geotechnology to the service of man in relation to the monitoring of weather events and environmental preservation.

Palavras-chave: AQUA, artificial satellites, remote sensing, climatology, geotechnology, satellite artificial, sensoriamento remoto, climatologia, geotecnologias.

1. Introdução

Um satélite é um objeto que orbita ou gira em torno de outro objeto, podendo ser classificado como satélite artificial ou satélite natural. Os satélites artificiais são aqueles construídos pelo homem e orbitam a Terra com velocidade e altitude constantes. Todos os satélites artificiais geram e processam informações obtidas eletronicamente com base em comunicações por de rádio entre os próprios satélites e estações de monitoramento localizadas na superfície terrestre (INPE, 2014).

Segundo o INPE (2014), os satélites são fundamentais para diversos tipos de estudos e ações sobre o meio ambiente, além de permitir ações em benefício das telecomunicações, da saúde, da defesa do território nacional, entre outras. Quanto às atividades relacionadas ao meio ambiente, podem ser destacadas: a coleta de dados ambientais em locais de difícil acesso; a constatação e acompanhamento de áreas desmatadas; monitoramento de queimadas e eventos extremos; como também, no monitoramento do nível e da qualidade das águas de grandes áreas.

O AQUA é um exemplo de satélite artificial projetado para monitorar as mudanças climáticas e o ciclo hidrológico no planeta. O satélite está, atualmente, em atividade e fora desenvolvido pelos Estados Unidos, tendo também como parceiros o Brasil e o Japão. O objetivo principal de sua criação fundamenta-se no monitoramento de fenômenos físicos referentes à circulação da água e da energia da superfície da Terra e em camadas inferiores da atmosfera terrestre (EMBRAPA, 2014).

Nesta perspectiva, serão abordados neste trabalho aspectos associados à concepção, funcionamento e operacionalidade, com ênfase na caracterização dos sistemas sensores embarcados a bordo do satélite AQUA. Por fim, também serão apresentadas as principais aplicações dos dados gerados por este sensor em aplicações científicas e comerciais e sua importância para com o desenvolvimento de estudos que possibilitem a melhor compreensão dos fenômenos climáticos do planeta e a preservação ambiental.

2. Metodologia de trabalho

Atualmente, é grande a discussão de temas relacionados às variações climáticas e aos impactos ambientais e sociais ocasionados por estas mudanças no planeta. Assim, inúmeros trabalhos e estudos vêm sendo realizados com o intuito de diagnosticar, prever e monitorar a dinâmica atmosférica terrestre a fim de auxiliar no processo de utilização consciente e sustentável dos recursos naturais.

Desta maneira, é objetivo deste trabalho realizar um estudo de contextualização do satélite artificial AQUA. Com este estudo, pode-se compreender melhor a dinâmica de funcionamento e especificações técnicas deste aparelho, bem como otimizar a utilização das informações fornecidas por ele. Sendo assim, este trabalho objetiva levantar um breve histórico do desenvolvimento do satélite AQUA, apontar suas principais especificações técnicas de uso e, por fim, apresentar os principais produtos e implicações que este satélite possui em relação à aplicação de técnicas de sensoriamento remoto no monitoramento dos recursos ambientais da Terra.

Assim, para alcançar este objetivo, este trabalho priorizou como metodologia a obtenção de dados teóricos acerca da contextualização do satélite AQUA. Para tanto, foram utilizados textos teóricos disponibilizados pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, bem como também foram realizados estudos junto a documentos disponibilizados pelo Governo Federal e pela Agência Espacial Norte Americana – NASA (*National Aeronautics and Space Administration*).

Os estudos teóricos empreendidos foram categorizados de modo a contemplar o processo de desenvolvimento histórico do satélite AQUA, sua contextualização espaço-temporal dentro do desenvolvimento das geociências e suas principais atribuições técnicas e conceitos operacionais. Por fim, também buscou-se dados referentes à aplicação dos produtos ofertados por este satélite no âmbito do sensoriamento remoto e da aplicação de geotecnologias em estudos ambientais e climatológicos.

3. Resultados e discussão

3.1 Histórico de desenvolvimento e caracterização básica

O satélite artificial AQUA é uma pesquisa multinacional de satélites em órbita da Terra, projetada pela agência espacial americana (NASA), com o objetivo de analisar a precipitação, evaporação e o ciclo da água ao redor da atmosfera terrestre (IBGE, 2010). O satélite é o segundo componente principal Sistema de Observação da Terra (EOS – *Earth Observation System*), tendo assumido este posto logo após lançamento do satélite o Terra (lançado em 1999) e sucedido pelo Aura (lançado em 2004).

De acordo com a NASA (2014), o AQUA foi lançado em 4 de Maio de 2002, da Base da Força Aérea de Vandenberg, Califórnia, nos Estados Unidos. O aparelho foi lançado a bordo de um Boeing acoplado a um foguete Delta II.

O satélite possui uma órbita heliossíncrona, de modo a orbitar a 705km de altitude, liderando uma formação chamada de "UmComboio" com diversos outros satélites (Aura, CALIPSO, CloudSat e o francês PARASOL). O AQUA pesa cerca de 2.850kg, além do propelente que chega a 230 kg (no lançamento). Quando empacotado para o lançamento, o satélite tem 2,68m x 2,49m x 6,49m. Já quando se encontra orbitando, o Aqua já possui 4,81m x 16,70m x 8,04m. Sua vida útil está prevista para seis anos de serviço e, embora já tenha ultrapassado este tempo, o satélite continua ativo e em órbita.

3.2 Sistemas de sensores e funções técnicas

Durante seu período de vida útil, o AQUA observará os oceanos, a atmosfera, a superfície terrestre, as extensões de gelo e os cristais de neve e a vegetação do planeta. Estas informações serão organizadas em uma sequência de bancos de dados matriciais organizados em imagens georreferenciadas e geoprocessadas (AMBIENTE BRASIL, 2014).

A missão AQUA leva a bordo seis instrumentos sensores que, juntos, medem as mudanças das correntes marítimas e a interferência das nuvens e dos reservatórios de água no clima global. Além disso, os sensores também são utilizados para a obtenção de medidas de fluxo de energia radiante, detecção de velocidade dos ventos e dinâmica de uso e cobertura das terras (EMBRAPA, 2014).

De acordo com a NASA (2002 *apud* AMBIENTE BRASIL, 2014), o satélite AQUA tem como propósito fundamental fornecer informações inéditas, qualitativas e quantitativas sobre a influência da água, nos seus diversos estados, sobre a superfície da Terra. Assim, espera-se que a utilização do AQUA proporcione melhorias sensíveis nas previsões meteorológicas, permitindo assim análises, por exemplo, de fatores complexos da dinâmica ambiental e confluências da mesma perante a ação antrópica na atmosfera.

Segundo a NASA (2014), os sistemas sensores acoplados à constelação de satélites AQUA são os seguintes:

- *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS);
- *Atmospheric Infrared Sounder* (AIRS);
- *Advanced Microwave Sounding Unit* (AMSU-A);
- *Humidity Sounder for Brazil* (HSB);
- *Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS* (AMSR-E);
- *Clouds and the Earth's Radiant Energy System* (CERES).

3.3 MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*)

O sensor MODIS foi desenvolvido pelo *Goddard Space Flight Center* da NASA. Este sensor possui 36 bandas espectrais com variações de comprimentos de onda que vão de 0,4 a 14,4 μm . Sua resolução espacial varia de 250 a 1.000 metros (EMBRAPA, 2014).

O sensor MODIS encontra-se, também, a bordo do satélite TERRA (lançado em 1999) e juntos, os dois satélites conseguem adquirir imagens da Terra com resolução temporal variando de 1 a 2 dias. Além disso, as imagens do MODIS oferecem uma base sistemática de dados na elaboração de produtos sobre as interações entre atmosfera, terra e oceano. Sua resolução radiométrica é de 12 bits (EMBRAPA, 2014).

Este sensor é utilizado na medição de propriedades das nuvens, fluxo de energia radiante, propriedades dos aerossóis, mudanças no uso e cobertura das terras, queimadas, atividades vulcânicas, entre outros (EMBRAPA, 2014). Devido a sua resolução temporal, tem uma importância singular para os trabalhos em agricultura, visto que permite o monitoramento sistemático de algumas culturas agrícolas.

3.4 CERES (*Clouds and the Earth's Radiant Energy System*)

O CERES foi projetado pelo Langley Research Center da NASA para medir o fluxo radiante da Terra e fornecer dados para estimativas de propriedades físicas das nuvens, localizadas no topo da atmosfera. Em combinação com o sensor MODIS, oferece informações detalhadas sobre propriedades das nuvens (EMBRAPA, 2014).

O primeiro sensor CERES foi lançado a bordo do satélite TRMM, em 1997. O segundo foi lançado a bordo do satélite TERRA, em 1999, e o terceiro, por fim, a bordo do satélite AQUA em 2002 (EMBRAPA, 2014).

De acordo com a NASA, (2014) a resolução radiométrica do CERES é composta por 3 níveis que medem a reflexão solar no intervalo de comprimento de onda de 0,3 a 5 μm . Suas bandas espectrais variam de 8 a 12 μm e sua radiação total de 0,3 a 100 μm . A resolução espacial do CERES é de 20 km e sua resolução temporal é de aproximadamente 1 hora. A Figura 1 ilustra a incidência do furacão Lili sobre o golfo do México, em 1 de outubro de 2002, por meio de uma imagem captada pelo sensor CERES.

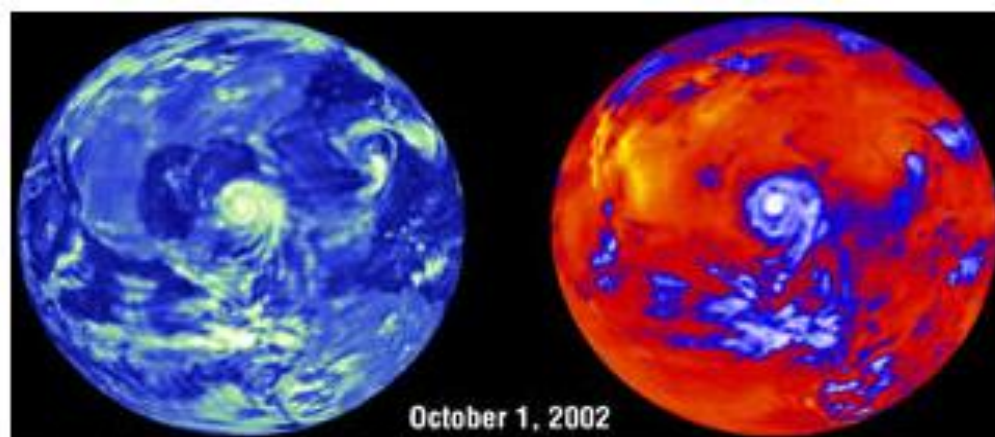


Figura 1. Furacão Lili no golfo do México.

3.5 AMSR-E (*Advanced Microwave Scanning Radiometer*)

Desenvolvido pela *National Space Development Agency of Japan* (NASDA), este sensor possibilita a geração de modelos numéricos e matemáticos de previsão global aplicados à meteorologia. Ele serve para melhorar a exatidão, por exemplo, da previsão de fenômenos locais, como chuvas fortes localizadas, propriedades físicas das nuvens, temperatura na superfície do oceano, velocidade do vento, fluxo de energia radiante, presença de água, neve ou gelo na superfície da Terra (EMBRAPA, 2014).

De acordo com a EMBRAPA (2014), ele é um sensor ativo, isto é, pode coletar dados durante dia e noite, sem a interferência de nuvens, pois opera na região das microondas. Possui 20 canais espectrais e atua em seis frequências, com polarização dupla, oferecendo cenas de 1.445 km de extensão. A Tabela 1 indica as resoluções do sensor AMSR-E e a Figura 2 ilustra a ocorrência do furacão Katrina nos Estados Unidos, em agosto de 2005.

Tabela 1. Resolução do sensor AMSR-E.

Sensor	Canais/Bandas Espectrais	Frequência	Ângulo de Visada	Polarização	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada
AMSR-E	Banda K	6,925 GHz	55°	Horizontal e Vertical	75 x 43 km	diária	1445 km
		10,65 GHz			51 x 29 km		
		18,7 GHz			27 x 16 km		
		23,8 GHz			32 x 18 km		
		36,5 GHz			14 x 8 km		
		89 GHz			6 x 4 km		

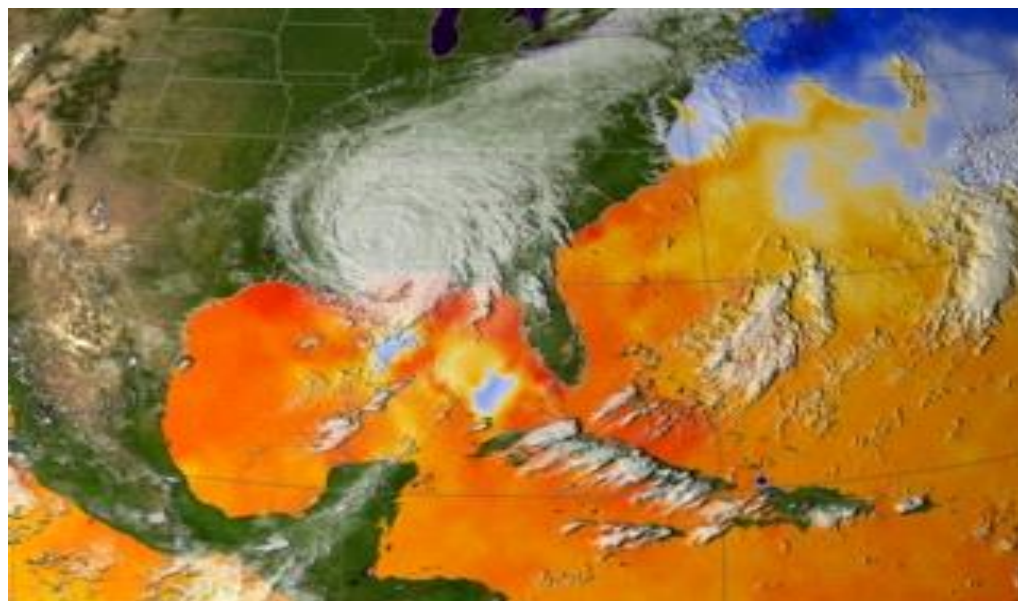


Figura 2. Ocorrência Furacão Katrina nos Estados Unidos em agosto de 2005.

3.6 HSB (*Humidity Sounder for Brazil*)

O *Sensor de Umidade* - HSB, de responsabilidade do *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais* - INPE, compõe um avançado sistema operacional de sondagem, juntamente com outros cinco instrumentos, sendo quatro de origem americana e um japonês. Esse instrumento operou até 05 de fevereiro de 2003 (AMBIENTE BRASIL, 2014).

De acordo com o INPE (2015), o HSB era um sensor que operava na faixa das microondas, que incluía dois outros instrumentos sensores americanos: o AIRS (*Atmospheric Infrared Sounder*), um sensor atmosférico que atua no infravermelho; e o AMSU-A (*Advanced Microwave Sounding Unit*), que compreende uma unidade avançada de sondagem em microondas. (AMBIENTE BRASIL, 2014).

O sensor HSB foi responsável por gerar perfis de umidade atmosférica e dados de calibração para o AIRS juntamente com o AMSU-A, além de ajudar a filtrar os efeitos das nuvens provocados nos dados obtidos por este sensor. A expectativa na criação desse sensor foi à geração de perfis de temperatura e umidade de colunas de ar, com grande precisão. (AMBIENTE BRASIL, 2014).

O radiômetro de microondas do sensor HSB operou em 4 canais nas faixas de 1 a 150 e 3 a 183 GHz. Além disso, ele foi capaz de gerar e processar cenas de 1.650 km de extensão e resolução espacial de 13,5 km (EMBRAPA, 2014).

3.7 AMSU-A (*Advanced Microwave Sounding Unit-A*)

O AMSU-A possui tecnologia derivada do sensor MSU (*Microwave Sounding Unit*) que esteve a bordo do TIROS-N em 1978. O primeiro AMSU-A foi lançado em maio de 1998 e, além do AQUA encontra-se também a bordo dos satélites NOAA-L (16) e NOAA-M (17), (EMBRAPA, 2014).

O AMSU-A é um instrumento que opera na faixa das microondas com vários canais que medem a temperatura atmosférica global e adquirem dados sobre a água disponível na atmosfera em todas as suas formas (exceto das pequenas partículas de gelo que são transparentes aos comprimentos de onda do sensor) (EMBRAPA, 2014).

O sistema de sondagem do sensor AMSU-A possui 15 canais espectrais com frequência que varia entre 15 a 90 GHz, com resolução espacial de 40 km. A combinação dos dados

desse instrumento com os disponibilizados pelo AIRS resulta em maior acurácia na avaliação de dados de temperatura e umidade da atmosfera. (EMBRAPA, 2014).

3.8 AIRS (*Atmospheric InfraRed Sounder*)

O AIRS é um instrumento de alta resolução espectral que opera com 2.378 bandas, localizadas na faixa do infravermelho termal (3,7 – 15,4 μm) e 4 bandas que operam na região do visível e infravermelho próximo (0,4 – 1,0 μm). Ele foi projetado pelo *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) com o objetivo de trabalhar em conjunto com os sensores AMSU-A e HSB na determinação de temperatura da atmosfera, com acurácia de 1° Celsius em camadas de 1 km e umidade relativa de 20%, em camadas de 2 km, na troposfera.

As cenas possuem 1.650 km de extensão, com resolução espacial no infravermelho termal de 13,5 km na horizontal e 1 km na vertical, e de 2,3 km no nadir, na região do visível e do infravermelho próximo. Os dados deste sensor são utilizados, principalmente, em previsão do tempo e mudanças climáticas globais (NASA, 2014).

A Figura 3 ilustra a ocorrência do Tufão Mirinae em 2009 nas Filipinas, por meio dos dados gerados pelo processo de fusão de imagens obtidas pela combinação dos sensores AMSU-A e AIRS.

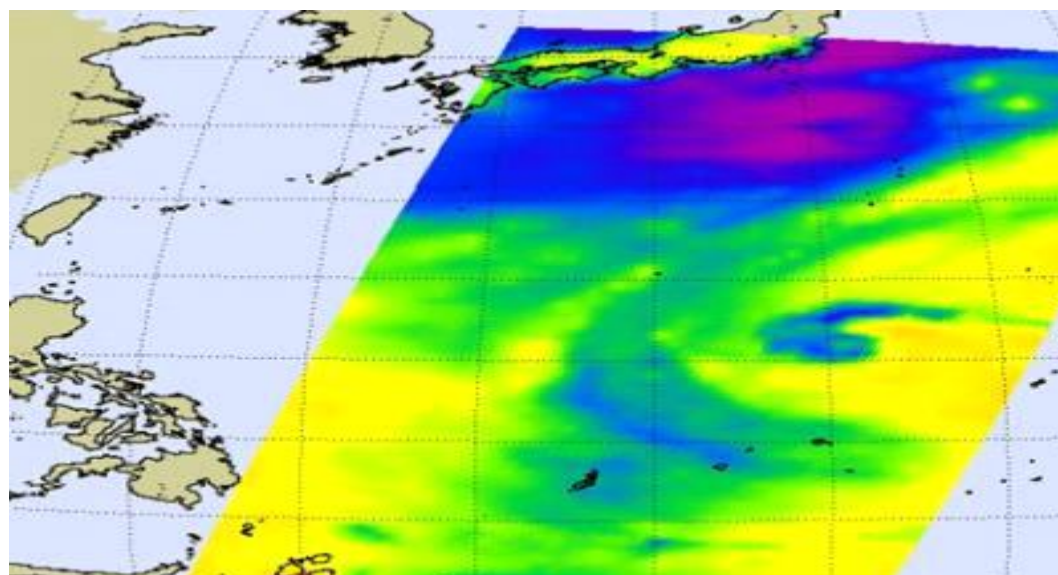


Figura 3. Tufão Mirinae captado pelos sensores AMSU-A e AIRS .

3.9 Exemplos de aplicação da tecnologia AQUA

O AQUA fora concebido com o objetivo de fornecer informações precisas, tanto em âmbito quantitativo como qualitativo, no que diz respeito à dinâmica hidrológica na superfície terrestre e camadas mais inferiores da atmosfera. Desta maneira, os sensores localizados e instalados no satélite agem de forma a proporcionar a correlação de imagens e parâmetros precisos e com elevada acurácia, a fim de estabelecer critérios de análise dos impactos ambientais oriundos dos fluxos hídricos e climático no planeta.

O satélite AQUA se desenvolveu como um instrumento que pode auxiliar os cientistas na compreensão de efeitos climáticos adversos originados pelas alterações ambientais globais decorrentes ou não da ação antrópica, como fora apresentado, anteriormente, nas figuras expostas neste trabalho. De forma mais específica, o AQUA vem sendo utilizado, desde a assinatura do Protocolo de Quioto em 1997, para analisar fenômenos relacionados à concentração de dióxido de carbono na atmosfera, conforme ilustra a Figura 4. Estes mapeamentos se mostraram de extrema importância para a elaboração de políticas públicas e privadas, por parte dos países compactuados do Protocolo, que visassem reduzir a emissão de

CO₂ na atmosfera de seus territórios nacionais, diminuindo assim significativamente os impactos causados pelo Efeito Estufa, Redução da Camada de Ozônio, desmatamentos e poluição atmosférica.

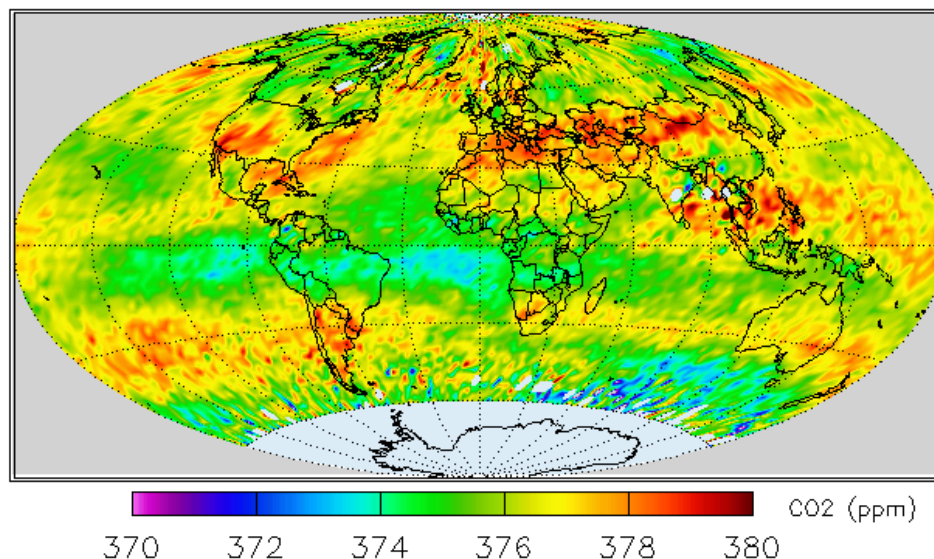


Figura 4. Concentração de dióxido de carbono na atmosfera em julho de 2004.

Atualmente, o AQUA também vem sendo utilizado para fornecer dados que permitam calcular a velocidade dos ventos na superfície do oceano a 10 m acima do nível do mar, por meio da imagem gerada por um sensor e derivada a partir de dados de rugosidade do oceano. Assim, é possível diagnosticar modificações no nível das marés e da superfície livre da água oceânica de modo a acompanhar e monitorar o derretimento das calotas polares e aumento do nível dos mares.

4. Conclusão

Com a realização deste estudo de contextualização, foi possível observar que cada satélite artificial é projetado de forma específica para auxiliar e aumentar a eficácia das atividades humanas na Terra. Assim sendo, os satélites artificiais atuam em diversas áreas de estudos e ações de modo a oferecer escopos para órgãos e pessoas competentes aprimorarem a gestão de determinados parâmetros para a vida humana.

Neste contexto, o AQUA é um exemplo de satélite artificial que favorece os estudos e ações relacionados ao meio ambiente, assunto este que vem ganhando destaque no âmbito acadêmico e profissional de diversas áreas da atividade humana, como o caso do sensoriamento remoto, engenharias e demais geociências.

Com o propósito de fornecer informações inéditas sobre a influência da água sobre a Terra, o AQUA melhora significativamente as previsões meteorológicas e promove o estabelecimento de parâmetros de análise geoespacial de variáveis climáticas e hidrológicas. Assim, a utilização do satélite AQUA como fornecedor de informações acuradas para estes contextos auxilia também na elaboração de políticas agrícolas, industriais e urbanas sustentáveis, de modo a contribuir significativamente com a preservação ambiental dos recursos naturais no planeta e consequente redução dos impactos socioambientais nos ecossistemas e da vida na Terra.

Apesar de originalmente ter sido desenvolvido para ter uma vida útil de seis anos, o AQUA já superou esse objetivo e continua transmitindo dados e informações de alta qualidade a

partir de seus sensores AIRS, AMSU, CERES, MODIS e, ainda que em qualidade reduzida, do AMR-E.

Por fim, tento em vista que a superfície da Terra é constituída, em sua grande parte, por água, as informações captadas pelo satélite AQUA são interessantes não somente pelas relações entre a água e as mudanças climáticas, mas também pela possibilidade que elas oferecem de se estudar e aprofundar as análises da evolução dessas relações. Sendo assim, cabe aos profissionais capacitados nas áreas de Geociências, Sensoriamento Remoto e Engenharias contribuir com as análises e estudos provenientes do AQUA, de forma a produzir conhecimento teórico e prático capaz de auxiliar na manutenção da qualidade de vida de toda a biosfera e suas populações.

Agradecimentos

A realização deste trabalho só foi possível mediante a confluência de esforços técnicos, acadêmicos e profissionais de diversas áreas do conhecimento. Portanto, torna-se indispensável agradecer àqueles que contribuíram com a construção deste artigo. Desta forma, agradecemos à Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e ao Departamento de Engenharia de Tráfego da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo pelo amparo às pesquisas desenvolvidas.

Referências

Ambiente Brasil. **O Brasil no Aqua Project.** Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_agua_salgada/o_brasil_no_aqua_project.html>. Acesso em 20 jan. 2015.

EMBRAPA. **AQUA – Aqua Project Science.** Disponível em: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/missao_aqua.php>. Acesso em 13 dez. 2014.

INPE. **O que são satélites artificiais.** Disponível em: <<http://www.inpe.br/acessoainformacao/node/422>>. Acesso em 04 dez. 2014.

NASA. **Aqua Project Science.** Disponível em: <<http://aqua.nasa.gov/about/>>. Acesso em 12 dez. 2015.

NASA. **Polar-Orbiting Missions.** Disponível em: <<http://npp.gsfc.nasa.gov/atms.html>>. Acesso em 05 mar. 2015.

NSIDC. **AMSR-E/ Aqua Data.** Disponível em: <http://nsidc.org/data/amsre/image_gallery/katrina.html>. Acesso em 04 dez. 2014.