

Utilização do Sensoriamento Remoto como Ferramenta no Controle e Monitoração da Qualidade do Ar

Gleidy da Silva Marianelli
Mára Regina Labuto Fragoso da Silva

*Centro Universitário Luterano
gleidymarianelli@gmail.com
Universidade Federal do Espírito Santo
marar@npd.ufes.br*

Resumo. *Crescentemente países industrializados e áreas urbanas estão sofrendo com problemas devidos à poluição atmosférica, principalmente com a emissão de poluentes no ar. As medidas isoladas das estações de medidas passam por uma serie de processamentos para fornecer as informações necessárias e mesmo assim não conseguem abranger uma área de interesse inteira. Além disso, as medidas das estações de observação da qualidade do ar são muito caras. Diante disso, surge a necessidade de se adotar novos meios para tornar esse processo mais eficaz. O uso da tecnologia de sensoriamento remoto vem como mais uma ferramenta poderosa para a solução para as dificuldades encontradas no monitoramento da qualidade do ar.*

1 Introdução

O meio ambiente está passando por um processo de contínua mudança, isso se dá em resposta à evolução natural e às atividades praticadas pelos seres humanos. A grande concentração de poluentes na atmosfera tem sido uma das grandes preocupações atualmente, pois essa questão implica em problemas não só para a degradação do meio ambiente, bem como para a saúde humana.

O CO₂ é um dos principais gases que exercem uma importante troca energética atmosférica possibilitando assim o contínuo processo do efeito estufa. Além disso, a importância desse gás não está associada somente ao efeito estufa, mas também ao processo de fotossíntese. Vale ressaltar que sua concentração tem aumentado progressivamente nos últimos anos [1].

O controle das poluições atmosféricas urbanas tem se tornado uma tarefa delicada e complexa exigindo a utilização de ferramentas que possam fornecer informações detalhadas tanto no nível espacial quanto temporal sobre a área de estudo. Diante disso, a observação destes fenômenos por meio de satélites parece ser a maneira mais efetiva e econômica de coletar os dados necessários para monitorar e modelar questões desse tipo, especialmente em áreas de grande extensão territorial, como é o caso do Brasil.

Segundo [2] os dados obtidos através do sensoriamento remoto têm se mostrado úteis ao monitoramento de questões ambientais por:

- Sua resolução temporal, que permite a coleta de informações em diferentes épocas do ano e em anos distintos, o que facilita os estudos dinâmicos de uma região;
- Sua resolução espectral que permite a obtenção de informações sobre um alvo na natureza em distintas regiões do espectro, acrescentando assim uma infinidade de informações sobre o estado dos alvos;
- Sua resolução espacial que possibilita a obtenção de informações em diferentes escalas, desde as regionais até locais, sendo este um grande recurso para estudos abrangendo desde escalas continentais, regiões até um quarteirão.

A grande vantagem do sensoriamento remoto por satélite é que as informações são adquiridas na forma digital e podem ser atualizadas freqüentemente devido à característica de repetitividade de aquisição das imagens. Além disso, podem ser utilizadas como um complemento das medidas de campo.

O sensoriamento remoto representa, um dos principais instrumentos para o monitoramento da realidade com custos relativamente baixos quando comparado a outras formas de aquisição de dados.

O presente trabalho tem por objetivo mostrar uma visão geral de como estão as pesquisas sobre a poluição atmosférica envolvendo o sensoriamento remoto como fonte de dados, ou seja, relatar estudos realizados, a fim de se conhecer as diferentes metodologias utilizadas para se extrair informações das imagens produzidas por satélites com relação à qualidade do ar.

2 Utilização de Dados de Satélites

Os métodos tradicionais usados pelas estações de observação para derivação de informações sobre a distribuição dos poluentes sobre as cidades são interpolação e extrapolação. Mas esses métodos não levam em consideração os aspectos morfológicos e características estruturais das cidades que estão sendo o alvo de estudo. Tentando suprir essa necessidade vários estudos realizados mostraram as possibilidades de se relacionar dados de satélite e poluição do ar [3].

A alta resolução espacial e os sensores modernos dos satélites são características que tem possibilitado a detecção e identificação de diferentes gases na atmosfera em diferentes altitudes permitindo gerar mosaicos tridimensionais de concentrações e distribuição geográfica desses gases em nosso planeta [4].

2.1 Satélite Landsat

A precisão dos resultados dos métodos tradicionais está diretamente ligada à quantidade de estações de medidas utilizadas para a realização dos cálculos e o quanto estas medidas são representativas para a área em estudo. Recomenda-se 4 estações para uma área de 2.5

Km². Com o custo das estações de medidas é relativamente caro, propõe-se então a adoção de métodos mais baratos, como a utilização de dados de satélites [3].

O estudo elaborado por [3] leva em consideração vários pontos de medidas e observação de contaminantes, ou seja, são levados em consideração não só os pontos de medidas, mas também medidas de ruas de áreas urbanas. Os dados de satélites sobre a área de estudo, Atenas, foram obtidos do satélite Landsat 4 sensor TM.

O método adotado consiste em combinar os dados de satélites com medidas conseguidas nos pontos de medidas terrestres, elaborando assim, uma distribuição espacial dos contaminantes baseado nesses dados. A proposta é construir um vetor multidimensional no qual os dados espectrais adquiridos via satélite de todas as faixas espectrais do sensor, exceto a banda 6, juntamente com as configurações morfológicas de cada vizinhança do pixel seriam armazenados. Este vetor pode ser considerado como um cartão de identidade de cada pixel da imagem. Esse cartão de identidade é comparado com um valor correspondente obtido através das estações de medidas terrestres. Havendo semelhança nos valores que estão sendo comparados, o valor da faixa espectral 6 do satélite Landsat TM é considerado, sendo alocando assim para o pixel correspondente um valor que determina o contaminante. O estabelecimento da relação pixel e contaminante foi possível através de uma regressão computadorizada das imagens de satélites e medidas dos contaminantes extraídos das unidades medidoras.

A utilização de dados de satélites no estudo sobre a poluição atmosférica em Atenas possibilitou a criação de estações de medidas virtuais. Essas estações permitiram visualizar uma distribuição da poluição sobre a cidade e além disso, possibilitou verificar os possíveis lugares onde deveriam ser instaladas novas unidades de medidas a fim de melhorar os resultados dos métodos tradicionais como interpolação. Com esse estudo foi identificar as fontes principais de poluição sobre a cidade de Strasbourg bem como identificar as áreas de ricos nas quais medidas antipoluição deveriam ser adotadas.

Já [5] para a identificação da poluição através de imagens utilizou dados do satélite Landsat TM 4 e SPOT. Com esse estudo foi possível demonstrar a capacidade das imagens de satélites de captar, não somente as fontes e efeitos da poluição atmosférica, mas também suas manifestações visíveis a uma escala urbana.

O método adotado por [5] se baseou em quantificação da relação, ou seja, determinação da intensidade de poluição de uma região através do ruído gerado pela atmosfera nos sinais dos alvos terrestres. A observação da poluição através de imagens obtidas por satélites é baseada na avaliação dos efeitos atmosféricos óticos, que ocorrem em função da presença de partículas moleculares artificiais e naturais na atmosfera, ou seja, a visualização desses ruídos é possível devido a algumas deformações apresentadas pelas imagens.

Essa perturbação radiométrica ocorre apenas para formações de densas partículas opacas e de diâmetro elevado, nesse caso as imagens apresentam um valor muito alto de reflectância para todo tipo de imagem multi-espectral, sendo que, na faixa do infravermelho termal ocorre o fenômeno inverso. Em se tratando de áreas onde existem concentrações de aerossóis e partículas de pequeno diâmetro são identificados outros tipos de efeitos óticos,

como a diminuição do contraste, ou seja, as imagens tornam-se embaçadas e nebulosas. A análise visual desses efeitos só foi possível devido a grande capacidade de resolução espacial da imagem XS utilizada obtida do satélite SPOT-1 sensor HVR.

As imagens obtidas do satélite Landsat 5 TM foram submetidas a um tratamento numérico através da aplicação do algoritmo ATD, baseado na aplicação da equação radioativa dentro da atmosfera, possibilitando assim a cartografia da turbidez da atmosfera. Os resultados mostraram que é possível identificar não somente as plumas densas de poluição, mas também a existência de uma atmosfera pesada. [5].

Segundo [6] o uso das técnicas de sensoriamento remoto também apresentaram resultados significativos quando utilizadas para o monitoramento da poluição sobre a cidade de Madrid. A técnica de sensoriamento remoto foi adotada no estudo devido a imprecisão dos dados das estações de medidas terrestres e ao grande consumo de tempo dos algoritmos que realizavam os cálculos, além disso, as estações de medidas não possibilitavam o completo monitoramento da área de estudo. Com a utilização dessas técnicas as características que não eram atendidas pelos métodos tradicionais como, a cobertura de grandes áreas, passaram a ser considerada. Além disso, os custos com aquisição e processamento dos dados se tornaram mais baratos e os resultados mais precisos do que os fornecidos por qualquer outro método convencional.

No estudo de [6] foram utilizadas imagens dos satélites NOAA, com finalidade de criar índices NDVI que relatam a saúde da vegetação e Landsat 6 TM, para fornecer informações detalhadas da área de interesse. Essas imagens foram classificadas e comparadas com as informações do CORINE (Sistema de Informação para o monitoramento dos Estados Europeus). Além disso, a cada duas semanas o potencial de emissões naturais era calculado a partir de uma função e as medidas de temperaturas foram extraídas de imagens Landsat na faixa TM 6.

Como resultado do estudo de [6] foi desenvolvido um software que permite o cálculo automático de poluentes tanto artificiais como naturais. Esse software estima a cada quinze dias mapas das emissões de poluentes. Essas emissões são classificadas de acordo com a concentração. A figura 1 abaixo apresenta um mapa gerado pelo software desenvolvido estabelecendo a classificação de sete áreas de cobertura da terra para a cidade de Madrid.

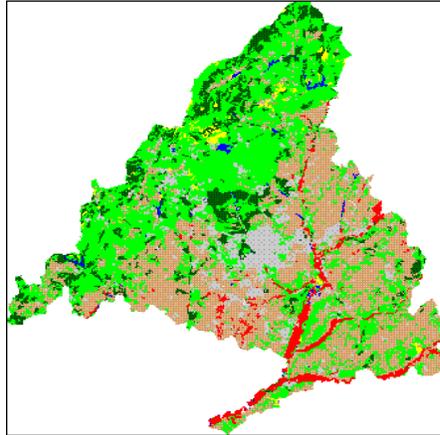


Figura 1: Mapa de classes de cobertura da Terra para a Cidade de Madrid

A figura 2 abaixo demonstra um mapa de emissões de poluentes nas quais as áreas em vermelho correspondem às regiões onde há uma maior concentração de poluentes e as áreas verdes baixas concentrações.

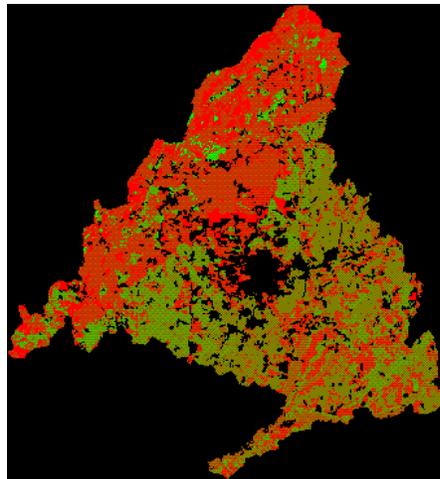


Figura 2: Mapa de distribuição de poluentes

Estudos mostram a possibilidade de se utilizar imagens de satélites de melhor resolução como Landsat para o monitoramento de poluentes de pequeno tamanho. Esses poluentes por terem seu tamanho reduzido são respiráveis o que os tornam muito nocivos à saúde humana [7].

O estudo tem por objetivo elaborar mapas de poluição enfocando os materiais particulados menores que 3 micron presentes na atmosfera principalmente de áreas urbanas, como a cidade de Atenas, na qual o estudo foi desenvolvido. Os mapas de poluição gerados eram interpretados e modelados utilizando medidas de campo, possibilitando assim a verificação de uma grande nuvem de poluição sobre a cidade de Atenas. A identificação desta nuvem de poluição só foi possível devido à utilização de imagens de alta resolução.

A tecnologia de sensoriamento remoto quando não aplicada diretamente ao monitoramento e controle da poluição atmosférica, é utilizada também como ferramenta auxiliar nesse processo.

Um estudo elaborado por [8] utiliza imagens do satélite Landsat TM para realizar uma classificação da vegetação a fim de correlacionar as classes identificadas com o fluxo de CO₂ produzida do solo para a atmosfera.

A área de estudo utilizada por [8] foi uma região que fica a 30 km de Rio Branco no Acre. A primeira parte do estudo consiste em utilizar imagens de satélites Landsat TM especificamente as bandas, 3, 4 e 5 para determinar três classes de vegetação que são: floresta primária, pastagens e florestas secundárias.

A segunda parte do estudo era obter as medidas de CO₂ através de câmeras coletoras instaladas em solo. Esses dados foram empregados em uma equação que determina o fluxo total de CO₂ e o resultado foi comparado com os resultados dos outros anos a fim de avaliar as mudanças ocorridas ao longo do tempo.

Como resultado do estudo foi possível perceber que a alteração da paisagem modificar o nível de seqüestro de carbono produzido do solo para a atmosfera. É importante ressaltar que o estudo é aplicado somente a emissão de CO₂ do solo para atmosfera não levando em consideração a presença de CO₂ líquido existente na atmosfera. A seguir é mostrada a figura 3 que apresenta a classificação da vegetação, na qual as áreas em verde escuro representam a floresta primaria, verde claro a floresta secundária e as áreas em amarelo as regiões de pastagem, e o gráfico do fluxo de emissão total de CO₂ para o ano de 1998, evidenciando o fluxo de CO₂ de cada classe respectivamente.

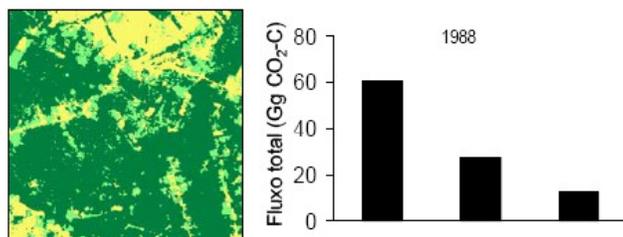


Figura 3: Imagem resultante da classificação territorial e gráfico do fluxo total de CO₂ do ano de 1998.

2.2 Satélite NOAA

Atualmente segundo [9], tornou-se evidente a partir de dados de satélites que a biomassa em chamas desempenha um papel importante na poluição do ar e química da atmosfera. Nesse sentido, muitas pesquisas sobre a utilização de dados obtidos através de sensores remotos foram utilizadas para mapear e medir os componentes do fogo em florestas.

A metodologia adotada por [9] consiste na junção de dados de satélites e análise de regressão. O objetivo é utilizar as imagens de satélites NOAA – AVHRR para descobrir e mapear fontes primárias de contaminantes originados do fogo e em seguida realizar uma análise de regressão a fim de estabelecer uma relação estatística entre os contaminantes:

monóxido de carbono (CM), dióxido de enxofre (SO₂) dióxido de nitrogênio (NO₂), ozônio (O₃) e material particulado menor que 10 microm.

Os dados obtidos de satélites passaram por uma série de processamentos, inicialmente os dados foram calibrados, em seguida foram realizadas correções geométricas e atmosféricas, após foi criada uma máscara de nuvem para determinar o que era realmente fumaça oriunda do fogo da floresta e finalmente houve a extração dos componentes da fumaça na qual através de regressões múltiplas foi possível detectar que o modelo de regressão linear que apresentou a melhor predição na determinação de todos os contaminantes estudados.

De todos os contaminantes estudados o material particulado com tamanho inferior a 10 microm foi identificado como o principal contaminante presente na atmosfera, isso porque, foi possível detectar que esse tipo de material é oriundo de outras fontes de emissão de poluentes e não somente pela queima das florestas. Como forma de melhorar os resultados é necessária a adoção de mais pontos de medidas.

Os dados de satélites foram importantíssimos para determinar a distribuição total do conteúdo dos contaminantes acima em áreas com grandes extensões com custo e tempo mínimo.

2.3 Satélite EO1

Atualmente muitos estudos estão sendo realizados sobre o CO₂, não só pelo fato de ser um dos mais importantes gases que contribuem para o aumento do efeito estufa, bem como o seu progressivo aumento nos últimos anos vem preocupando a sociedade. Estimar o fluxo de CO₂ é uma atitude que vem contribuindo significativamente para a melhora da qualidade do ar e para um melhor planejamento industrial.

Autores como [5] correlacionam a possível identificação do fluxo de CO₂ com a faixa do infravermelho dos sensores enquanto [1] salienta a possibilidade de se utilizar índice espectral NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) para estimar o sequestro de carbono pela vegetação durante a fase de fotossíntese.

De acordo com [1] existe a possibilidade de determinação do fluxo de CO₂ a partir da integração do NDVI com outro índice espectral o PRI (*Photosynthetic Reflectance Index*). O índice PRI está diretamente relacionado com as altas taxas de fotossíntese e o NDVI com o sequestro de carbono, assim quanto maior for a atividade fotossintética maiores serão as feições de absorção na faixa do azul e do vermelho, e mais expressivos serão os valores.

Para esse estudo foram utilizados dados do sensor Hyperion instalado no satélite EO1 e do sensor AVIRIS a bordo de uma plataforma aerotransportada. Para determinação desses índices foi realizada uma razão de bandas. Além disso, para determinação do conteúdo de CO₂ no ar determinou-se a intensidade da feição da absorção do gás centrada em 2.0 microm, isso foi possível através da subtração do ponto de máximas e mínimas reflectância.

Através da integração desses dois índices e por meio de regressão linear foi possível constatar que áreas com maiores densidades florestais apresentam uma maior eficiência no sequestro de carbono e baixos teores de CO₂ atmosférico. Já em áreas urbanas e solo

exposto apresentam um comportamento inverso. Além disso, foi possível identificar que dados do AVIRIS, ou seja, dados de alta resolução, apresentaram melhores resultados que os dados apresentados pelo sensor Hyperion que foram imageados a 705 km da terra.

2.4 Satélite Terra

2.4.1 Sensor Aster

Vários estudos relacionados à dispersão de poluentes utilizando modelos numéricos têm sido realizados. Um estudo elaborado por [10] evidencia a questão de dispersão de poluentes utilizando em conjunto com modelos numéricos dados de satélites.

O estudo realizado por [10] utiliza dados do sensor Aster como ferramenta auxiliar no processo de monitoramento da qualidade do ar. Esse estudo tem como objetivo realizar uma análise espacial de dados topográficos com base em modelos digitais de terreno (MDT) para verificar a dispersão de poluentes na usina Termoelétrica Presidente Médice em Candiota – Rio Grande do Sul. As informações obtidas através de satélite juntamente com dados de umidade de solo submetidas ao modelo numérico RAMS (*Regional Atmospheric Modeling System*), possibilitaram simular o comportamento da atmosfera nos processos de dispersão de poluentes emitidos na região. Para o melhor conhecimento da dispersão dos poluentes os dados obtidos através da simulação numérica do modelo RAMS foram comparados com dados de concentração de dióxido de enxofre e material particulado obtido através de estações de medidas instaladas na usina.

A seguir é apresentada a figura 4, que constitui o mosaico de imagens do sensor Aster utilizadas para elaboração do modelo de elevação digital do terreno da área estudada.

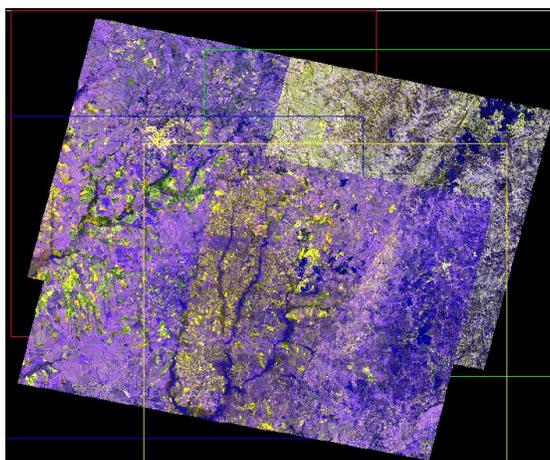


Figura 4: mosaico de imagens do sensor Aster utilizado para geração do MDT.

O mosaico de imagens do sensor Aster possuía uma resolução espacial de 15m, porém essa resolução teve que ser reamostrada para 500m a fim de evitar instabilidade durante o processamento computacional do modelo RAMS. O modelo numérico é feito somente em grades regulares, o mosaico apresenta uma estrutura irregular necessitando de ser

transformado para uma grade regularmente espaçada. Dessa forma, uma nova grade foi elaborada englobando a grade original, atribuindo o valor zero aos pixels correspondentes as áreas sem informação. A seguir é mostrada a figura 5 que representa o modelo digital de terreno obtido através do processamento do modelo RAMS com resolução espacial de 500m.

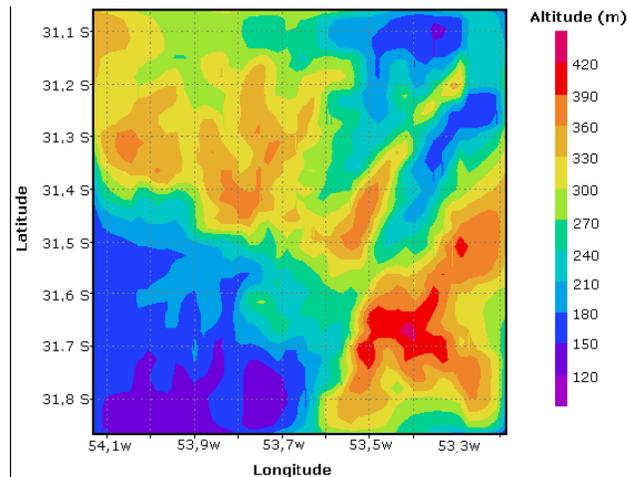


Figura 5: modelo digital do terreno obtido através do modelo RAMS com resolução de 500m.

Como resultado da análise sobre os dados, constatou-se que a utilização de modelos digitais de terreno é importante para melhorar os resultados, porém esses modelos devem apresentar altas precisões em suas informações.

2.4.2 Sensor MODIS

O estudo elaborado por [11] apresentou a grande possibilidade de se monitorar o metabolismo do carbono através das características apresentadas pelo sensor MODIS.

O objetivo desse estudo consiste em analisar os ecossistemas naturais convertidos e alterados a partir do excesso do índice de carbono e de água em estações secas e chuvosas. Foi utilizado como metodologia a integração do índice de vegetação EVI, (*Improved Enhanced Vegetation Index*) projetado para prolongar a condição de sensibilidade da alta biomassa e clorofila saturada, o índice LSWI (*Land surface water index*) que possibilita a determinação da umidade e o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) que permite analisar o estado em que se encontra a vegetação. Os índices mostraram que podem monitorar a atividade da vegetação, fornecendo informações úteis na predição da saúde da vegetação e a mudança do clima.

2.5 Satélite GOES

O estudo realizado por [12] tem por objetivo utilizar imagens de satélites e modelagem numérica para verificar os dias favoráveis à dispersão de poluentes nas usinas termoelétricas de Charqueadas e São Jerônimo. As imagens de satélites foram obtidas do

satélite GOES – 8 na faixa do infravermelho. Além disso, foram utilizadas em conjunto com os dados de satélites informações sobre campos de ventos e pressão atmosférica ao nível do mar a fim de identificar os dias favoráveis as dispersões de poluentes. Após isso, utilizou-se o modelo numérico RAMS (*Regional Atmospheric Modeling System*) juntamente com dados de umidade do solo e dados do terreno com o intuito de estudar a dispersão dos poluentes nas usinas termoeletricas e descrever as condições meteorológicas atuantes na área de estudo. Ao modelo numérico RAMS foi acoplado uma sub-rotina contendo uma equação para determinar o transporte de uma substancia presente numa massa de ar.

Para a elaboração do estudo foi necessário alterar algumas rotinas do modelo numérico RAMS. A primeira alteração foi referente à topografia, essa rotina foi alterada a partir de uma nova malha de dados, com informações de resolução espacial modificada para 500 m. A segunda rotina a ser alterada é a que se refere à dispersão do material poluente, visando o estudo da trajetória e deposição do material emitido pela usina, associada às condições atmosféricas e de terreno. A partir disso, quatro simulações diferentes utilizando dados de satélites e medidas de umidade do solo foram realizadas no modelo numérico RAMS.

O resultado dessas simulações foi à contribuição individual de cada uma das variáveis e o efeito da interação entre elas em relação à dispersão de poluentes. Ao comparar os valores obtidos pelo modelo com os valores das estações de medidas pode-se observar que os valores apresentados pelo modelo ficaram abaixo do esperado, isso se deu ao fato de que o modelo leva em consideração somente às emissões da usina e não o material particulado ao redor da estação, como a poeira presente no ar e, além disso, a utilização de modelos digitais de terreno otimizam os resultados, porém torna o processamento muito lento.

3. Conclusão

O presente trabalho permitiu comprovar que a utilização de dados de satélites no monitoramento e controle da qualidade do ar é possível e tem sido pesquisada mais intensamente recentemente, sugerindo a eficácia do método. Além disso, foi constatada a existência de diversos satélites que possibilitaram o estudo dessa questão abrangendo diferentes aspectos. A utilização dessa tecnologia possibilitou:

- O monitoramento das áreas em diversas escalas, ou seja, desde ruas até continentes puderam ser monitorados;
- A validação e complemento dos resultados obtidos através dos métodos tradicionais, ou seja, os dados de satélites além de validar se os resultados dos métodos convencionais possibilitavam também a obtenção de informações não identificadas por esses métodos.
- A diminuição dos custos com o monitoramento da poluição atmosférica, já que o uso de imagens de satélites possui um custo bem mais acessível do que a implantação de estações de medidas terrestres.
- A identificação de diversos tipos e tamanhos de poluentes existentes na atmosfera;

- O mapeamento das fontes de emissão de poluentes;
- Determinação do trajeto espacial dos poluentes;

Os dados de satélites têm sido utilizados em diversas áreas e tem apresentado bons resultados. Além disso, os estudos abordados demonstraram as varias formas de se utilizar às imagens de satélites para o monitoramento do ar.

O estudo elaborado por [3] utiliza imagens de satélites Landsat para verificar quais locais seriam necessários à implantação de unidades de medidas terrestres a fim de melhorar os resultados dos métodos convencionais. Em contrapartida [6] também utiliza imagens de satélites para melhorar as informações das estações de medidas, porém imagens do satélite Landsat juntamente com dados NOAA, contudo o método adotado por [6] evidencia a adoção de características apresentadas pelas imagens de satélites que não podem ser observadas através das estações terrestres e que são de extrema importância para um resultado correto.

Já o estudo elaborado por [10] e [12] utilizam imagens de satélites para verificar a trajetória dos poluentes sobre uma área. A metodologia adotada por [10] consiste em utilizar imagens do sensor Aster para elaborar um modelo de elevação de terreno e dessa forma, prever a trajetória do poluente. Já [12] utiliza imagens de satélites GOES juntamente com campos de ventos e pressão atmosférica com o objetivo de verificar os dias que são favoráveis a dispersão de poluentes.

Um enfoque muito grande tem se dado ao CO₂, estudos elaborados por [1], [8] e [11] evidenciam as possíveis formas que se podem utilizar imagens de satélites como ferramenta auxiliar no processo de controle do ar. Em [1] as imagens do sensor AVIRIS e HYPERION são utilizadas para gerar índices sobre a saúde da vegetação e estabelecer o índice de seqüestro do carbono. Já [8] utiliza as imagens do satélite Landsat para elaborar uma classificação territorial e em seguida estabelecer o fluxo de CO₂ produzidos nessas classes. Contudo [11] utiliza dados do sensor MODIS para gerar também índices que revelam a saúde da vegetação e mudanças do clima.

Segundo [5] a utilização de imagens também é possível para identificar os locais nos quais deveriam ser instaladas unidades de medidas terrestres para melhorar os resultados dos métodos de monitoramento do ar convencionais.

Por fim o estudo realizado por [9] utiliza imagens de satélites para monitorar poluentes emitidos através do fogo e identificar as fontes de fogo na floresta. Nesse estudo foram utilizadas imagens do satélite NOAA.

Os dados demonstraram ser uma ótima opção para a realização do monitoramento e controle do ar mesmo quando não usados como fonte principal de monitoramento da poluição. Eles apresentaram grande eficiência quando utilizados como uma ferramenta auxiliar nesse processo, fornecendo informações que serão acopladas em outros métodos de controle de poluentes no ar.

4. Referências

- [1] BAPTISTA, Gustavo Macedo de Melo; Validação da modelagem de seqüestro de carbono para ambientes tropicais de Cerrado, por meio de dados AVIRIS e HYPERION. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBRS) 11, 2003, Belo Horizonte. Anais, p. 1037-1044. Disponível em: <http://iris.sid.inpe.br:1908/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/09.07.21.45/doc/10_002.pdf>. Acessado em: 04/08/2004.
- [2] SAUSEN, Tânia Maria; Sensoriamento Remoto e Suas Aplicações para Recursos Naturais. Disponível em: <http://www.herbario.com.br/fotomicrografia07/senso_aplic_rec_natur.htm>. Acessado em: 03/09/2004.
- [3] WEBER, C. et al; Urban Morphology, Remote Sensing and Pollutants: An application to the city of Strasbourg, France. Disponível em: < http://imaville.u-strasbg.fr/publis/aci_ua1.pdf> . Acessado em: 10/10/2004.
- [4] DIAS, Nelson Wellausen; Contribuições do sensoriamento remoto para a compreensão da complexidade ambiental. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBRS), 12, 2005, Goiânia. Anais, p. 2949-2956. Disponível em: < <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.12.28/doc/2949.pdf>>. Acessado em: 03/05/05.
- [5] SIFAKIS, Nicolas. Potentialités de L'imagerie à haute resolution spatiale pour le suivi de la répartition des pollutions atmosphériques dans la basse troposphere: Etude du cas d'Athènes. Disponível em: <<http://www.space.noa.gr/rsensing/documents/photointerpretation.ppt>> . Acessado em: 03/09/2004.
- [6] COMUNIDADE AUTONOMA DE MADRID. Estimation of Atmospheric Emissions. Disponível em: http://www.xanthi.ilsp.gr/kemes/view_data/search.asp .Acessado em: 15/09/05.
- [7] INSTITUTE OF SPACE APPLICATION AND REMOTE SENSING: National Observatory of Athens. Tracking Urban Particulate Pollution with Landsat Images.> Disponível em: < http://www.space.noa.gr/rsensing/isars_highresol_pollution.htm>. Acessado em 16/06/2004.
- [8] SALIMON, Cleber Ibraim, et al; Mudança de cobertura da terra e fluxo de CO₂ do solo para atmosfera na Amazônia Sulocidental. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBRS), 11, 2003, Belo Horizonte. Anais, p. 699-705. Disponível em:<http://lagavulin.ltid.inpe.br:1905/col/ltid.inpe.br/sbsr/2003/03.27.11.57/doc/sumario_index.PDF>. Acessado em: 23/07/2004.
- [9] HASHIM, Mazian, et al; Mapping and measuring the troposphere pollutants originated from the forest fire in south east Asia. Disponível em: < <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2000/ps2/ps202.shtml>>. Acessado em: 15/09/2004.

- [10] PAZ, Sheila Radmann, et al; Validação de modelos digitais de terreno do sensor Aster no estudo da dispersão de poluentes na região de Candiota. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBRs), 12, 2005, Goiania. Anais, p. 3239-3236. Disponível em: < <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbrs/2004/11.21.16.26.58/doc/3229.pdf>>. Acessado em: 03/05/05.
- [11] HUETE, Alfredo Ramon, et. al; Remotely-sensed carbon and water variations in natural and converted ecosystems with time series MODIS data. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBRs), 12, 2005, Goiania. Anais, p. 2949-2956. Disponível em: < <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbrs/2004/11.22.19.10/doc/573.pdf>>. Acessado em: 03/05/05.
- [12] SALDANHA, Claudinéia Bazil, et al; Utilização de imagens de satélite e modelagem numérica para a determinação de dias favoráveis a dispersão de poluentes. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBRs), 12, 2005, Goiania. Anais, p. 3301-3308. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbrs/2004/11.17.14.16/doc/3301.pdf>. Acessado em: 03/05/05.