IV-200 – USO DO ALGORITMO SEBAL PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE UMA SUB-BACIA NO SEMI-ÁRIDO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Antonio Carlos Lima Pereira [(1)]
Tecnólogo em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Especialista em Gestão e Perícia Ambiental pelo Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) e Especialista em Geoprocessamento e Cartografia Digital pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).
Arthur Mattos[(2)]
Licenciatura Em Física pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), bacharelado em Meteorologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Mestre em Engenharia Civil Hidraulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP); Doutor em Engenharia Civil Hidraulica e Saneamento pela EESC da Universidade de São Paulo e Livre Docência em Hidrologia e Recursos Hídricos pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Professor Titular em Engenharia Sanitária da UFRN

Endereço[(1)]**:** UFRN - CT Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária (LARHISA) - Campus Universitário. CEP: 59072-970 - Natal (RN) Brasil. Tel: +55 (84) 3215-3775 - e-mail: carlos.tecnologia@yahoo.com.br; email: armattos@ct.ufrn.br

RESUMO

A gestão responsável e sustentável dos recursos hídricos é uma preocupação importante do gestor público, onde a investigação hidrológica pode fornecer informações que permitam no setor da irrigação os agricultores, proprietários e funcionários do governo decidir de forma adequada a gestão dos recursos hídricos, fazendo com que haja um menor investimento econômico, aumento da produção agrícola e proteção futura dos recursos hídricos. Apesar de o Brasil ter uma grande disponibilidade de água doce, algumas regiões estão em situação de alerta. Com isso, é cada vez mais importante que medidas preventivas e corretivas sejam tomadas para preservar os recursos hídricos e manter a exploração dos mesmos de maneira sustentável. No entanto, isso só é possível quando se tem o conhecimento sobre a real situação desses recursos. No gerenciamento dos recursos hídricos, a localização geográfica e os dados relevantes na caracterização da situação, como por exemplo a evapotranspiração, apresentam-se como informações importantes para as tomadas de decisões. Uma nova abordagem que utiliza a unidade de evapotranspiração, controlada principalmente por sensoriamento remoto, é adotada no planejamento de recursos hídricos, monitoramento e gestão. O sensoriamento remoto e sistemas de gestão da evapotranspiração podem ser construídos nas bacias hidrográficas, visando melhoria dos dados quantitativos sobre a variação temporal da evapotranspiração, para diferentes usos do solo e os períodos de cultivo nas bacias. Diferentes algoritmos que possibilitam a estimativa deste fenômeno em escala regional baseada em imagens orbitais foram desenvolvidos nos últimos anos, dentre os quais se destaca o SEBAL - Surface Energy Balance Algorithm for Land. Portanto, a carência de trabalhos e projetos que possam vir a determinar evapotranspiração real das bacias do semi-árido brasileiro, deixa em evidência uma necessidade do emprego de técnicas de sensoriamento remoto e confecção de mapas temáticos, além de outros parâmetros derivados de imagens orbitais, onde, o monitoramento dessas bacias, possibilitará a identificação de alterações, antrópicas ou não, que venham ocorrer na bacia de interesse. E tendo em vista a escassez de recursos hídricos, que é grave na sub-bacia do açude Cruzeta, a gestão desses recursos através da evapotranspiração, extraídos principalmente de sensoriamento remoto por satélite, será uma nova abordagem introduzida no Projeto Monitoramento da Evaporação e Mudanças Climáticas do Rio Grande do Norte – MEVEMUC/RN.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração, SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land), Recursos hídricos, Gestão de recursos hídricos, Semi-árido.

INTRODUÇÃO

Em decorrência do crescimento populacional e o aumento da produção no planeta, a demanda por água se eleva rapidamente, pressionando os estoques disponíveis. Este fato, atualmente, acarreta tensões sociais em muitas regiões, fazendo com que o acesso à água superficial e subterrânea seja um tema de crescente preocupação. A demanda crescente pela água por parte da população mundial nas últimas décadas incentiva a sociedade e os pesquisadores da necessidade de se buscar um modelo mais eficiente para a exploração dos recursos hídricos. Logo, a ausência de planejamento adequado no sistema hídrico e o desconhecimento sobre os processos industriais e agroindustriais elevam o consumo de água de boa qualidade para usos não tão exigentes, aumentando assim os investimentos nos recursos hídricos.

Em um planeta em que a água potável está se tornando cada vez mais escassa e consequentemente com investimentos elevados, o estudo das perdas hídricas assume importância crescente. Para o solo vegetado e para os reservatórios de água doce, a evapotranspiração e a evaporação representam, respectivamente, uma demanda considerável de água, justificando-se todos os esforços para quantificá-la e tentar minimizá-la. As perdas por evaporação ou evapotranspiração, exatamente por subtraírem uma substancial fração dos recursos hídricos disponíveis, não podem ser negligenciadas a nível de planejamento e tampouco de execução, em inúmeras atividades humanas. Neste contexto enquadra-se o abastecimento de água para as populações, a agricultura e a indústria.

Estudos sobre a dimensão espacial e temporal da transferência de vapor d'água para a atmosfera facilita bastante o estabelecimento de políticas visando ao uso racional da água. Esses estudos possibilitam a aquisição de conhecimentos que proporcionem melhor controle do aproveitamento de grandes reservatórios, racionalizando a demanda de água para fins industriais, domésticos e agrícolas. Também torna possível quantificar melhor as lâminas de água usadas na irrigação e os turnos de rega, minimizando os desperdícios e mantendo o solo em uma faixa de umidade adequada às plantas.

A gestão responsável e sustentável dos recursos hídricos é uma das preocupações mais importantes, onde, a investigação hidrológica pode fornecer informações que permitam aos agricultores, proprietários e funcionários do governo decidir de forma adequada a gestão dos recursos hídricos, fazendo com que haja um menor investimento econômico, aumento da produção agrícola e proteção futura dos recursos hídricos.
A evapotranspiração é um fenômeno complexo que depende das condições atmosféricas, da disponibilidade hídrica local e das características da superfície evaporante, e em reservatórios ainda sofre influência da sua geometria, profundidade e composição da água armazenada. Por isso, as perdas por evaporação vêm sendo objeto de estudo prioritariamente nos grandes reservatórios para o melhor aproveitamento das águas acumuladas a fim de atender às demandas instaladas.

A determinação experimental da evapotranspiração pode ser feita de diferentes maneiras: lisímetros, método das correlações turbulentas, método da Razão de Bowen, balanço hídrico no solo, dentre outros. No entanto, essas determinações são válidas para áreas com relativa homogeneidade e de pequena dimensão. Quando o interesse é a determinação da evapotranspiração em escala regional, ou com cobertura sobre uma grande área, a utilização dessas técnicas fica praticamente impossível de ser efetivada. Nesse sentido, o uso de técnicas de sensoriamento remoto baseado em imagens de satélites se apresenta como uma alternativa com grandes potenciais e já tem sido usada em escala operacional em alguns países. Uma nova abordagem que utiliza a unidade de evapotranspiração, controlada principalmente por sensoriamento remoto, é adotada no planejamento de recursos hídricos e de gestão. O sensoriamento remoto e sistemas de gestão da evapotranspiração podem ser implantados nas bacias hidrográficas, podendo ocorrer à melhoria dos dados quantitativos sobre a variação temporal da evapotranspiração, para diferentes usos do solo e os períodos de cultivo nas bacias. Diferentes algoritmos que possibilitam a estimativa da Evapotranspiração em escala regional baseada em imagens orbitais foram desenvolvidos nos últimos anos, dentre os quais se destaca o Surface Energy Balance Algorithm for Land - SEBAL (Bastiaanssen et al 1998).

Entretanto, a carência de trabalhos e projetos que possam vir a determinar evapotranspiração real das bacias do semi-árido brasileiro, deixa em evidência uma necessidade do emprego de técnicas de sensoriamento remoto e confecção de mapas temáticos, além de outros parâmetros derivados de imagens orbitais, onde, o monitoramento dessas bacias, possibilitará a identificação de alterações, antrópicas ou não, que venham ocorrer na bacia de interesse.

Apesar do Brasil possuir uma grande disponibilidade de água doce, algumas regiões já estão em situação de alerta. Com isso, é cada vez mais importante que medidas preventivas e corretivas sejam tomadas para preservar os recursos hídricos e manter a exploração dos mesmos de maneira sustentável. No entanto, isso só é possível quando se tem o conhecimento sobre a real situação desses recursos. No gerenciamento dos recursos hídricos, a localização geográfica e os dados relevantes na caracterização da situação apresentam-se como informações importantes para as tomadas de decisões. E tendo em vista a escassez de recursos hídricos, que é grave na sub-bacia do açude Cruzeta, a gestão desses recursos através da evapotranspiração, extraídos principalmente de sensoriamento remoto por satélite, é uma nova abordagem introduzida no Projeto Monitoramento da Evaporação e Mudanças Climáticas do Rio Grande do Norte – MEVEMUC/RN.

Este projeto tem como objetivo, dentre outros, a criação de uma rede de monitoramento para avaliar a evapotranspiração na região crítica (semi-árida), do Rio Grande do Norte como subsídio para prever as mudanças climáticas regionais e o agravamento das secas. Os estudos visam à seleção de 05 (cinco) sub-bacias hidrográficas, localizadas na bacia hidrográfica Piranhas-Açu, onde encontra-se os principais reservatórios da região semi-árida (sub-bacias do rios Seridó, Sabugi e Acauã).

Unindo à análise dos balanços hídrico, energético e de massa verificar os impactos causados pelas mudanças climáticas sobre o abastecimento de água, sobre a agricultura e sobre a resiliência da floresta (caatinga), caracterizada por solos rasos com afloramentos do cristalino, e considerando-a como um bioma, pode-se afirmar que é um dos biomas mais frágeis do mundo, propenso a fortes impactos devido às mudanças climáticas, e a utilização desta rede pode ajudar a prever o agravamento das secas e os impactos causados por estas mudanças.

Logo, este trabalho tem como objetivos a identificação das taxas evaporimétricas na bacia mencionada englobando os aspectos gerais da seca e degradação ambiental como parte do trabalho. Tomando-se por base o emprego crescente do sensoriamento remoto nos recursos naturais, este estudo será desenvolvido tendo como objetivo identificar as taxas evaporimétricas da sub-bacia do açude Cruzeta pelo emprego do algoritmo SEBAL e imagem do satélite Landsat 5 (TM).

MATERIAIS E MÉTODOS

Ao longo do tempo, diversas metodologias têm sido desenvolvidas para a realização de mapeamentos, fazendo com que esses trabalhos apresentem características muito distintas tanto nos procedimentos adotados quanto na forma de representação dos resultados. Normalmente, o produto final é constituído por um ou mais mapas que procuram representar as condições oferecidas pelo meio físico em função do objetivo do estudo e que, em geral, conforme mencionam Pejon & Zuquette (1995), resultam da superposição ou da hierarquização de fatores.

Por isso, a metodologia empregada neste trabalho fundamentou-se na pesquisa bibliográfica e de análise de produtos cartográficos, sensoriamento remoto e geoprocessamento.

Os resultados esperados com base na metodologia empregada são a obtenção da evapotranspiração na área em estudo, além de tentar entender a problemática da região através de uma pesquisa sócio-ambiental, bem como realizar o primeiro passo para efetuar o monitoramento na evolução da evapotranspiração nesta região.

ÁREA DE ESTUDO

A sub-bacia hidrográfica do Açude Cruzeta está localizada na porção central do Estado do Rio Grande do Norte, tem o seu principal tributário sendo o rio São José, que é um afluente pela margem direita do rio Seridó que por sua vez é afluente pela margem esquerda do rio Piranhas-Açu, a sub-bacia engloba cinco municípios: Cruzeta, Tenente Laurentino Cruz, Florânia e São Vicente e abrange uma área total de 12.658 km² (Figura 01).
O maior e principal açude da bacia é o Cruzeta, que foi construído devido ao cruzamento dos rios Salgado, Quimporó e do Riacho do Meio, ou seja, três rios se encontrando num mesmo ponto, fato que foi aproveitado em 1920 para o início da construção de uma barragem artificial, "açude", e só concluído em 1929 pelo DNOCS, segundo a SEMARH (2010), sua capacidade é de 23.545.745,33 m³, ocupando uma área de 7,49 km².

O açude acima citado é administrado pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca - DNOCS e é o mais importante da bacia, sendo assim fonte hídrica para o município de Cruzeta e comunidades circunvizinhas, bem como têm suas águas captadas para outras atividades, tais como irrigação e uso em olarias próximas ao reservatório.

A sub-bacia tem um clima quente e semi-árido, com estação chuvosa atrasando-se para o outono, precipitação média de 600mm/ano e relevo de 100 a 200 metros de altitude. A população na região é de aproximadamente 20.000 (vinte mil) pessoas, incluindo 04 (quatro) municípios: Cruzeta, Tenente Laurentino Cruz, São Vicente e Florânia. Possuem como principais atividades econômicas a agropecuária, extrativismo, comércio e indústrias cerâmicas. Segundo o cadastro da Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Norte – FIERN, bem como verificado em visitas a campo, encontra-se na sub-bacia, 08 (oito) indústrias cerâmicas de grande porte; uma mina para extração de minério de ferro e algumas pequenas olarias para extração de carvão vegetal.

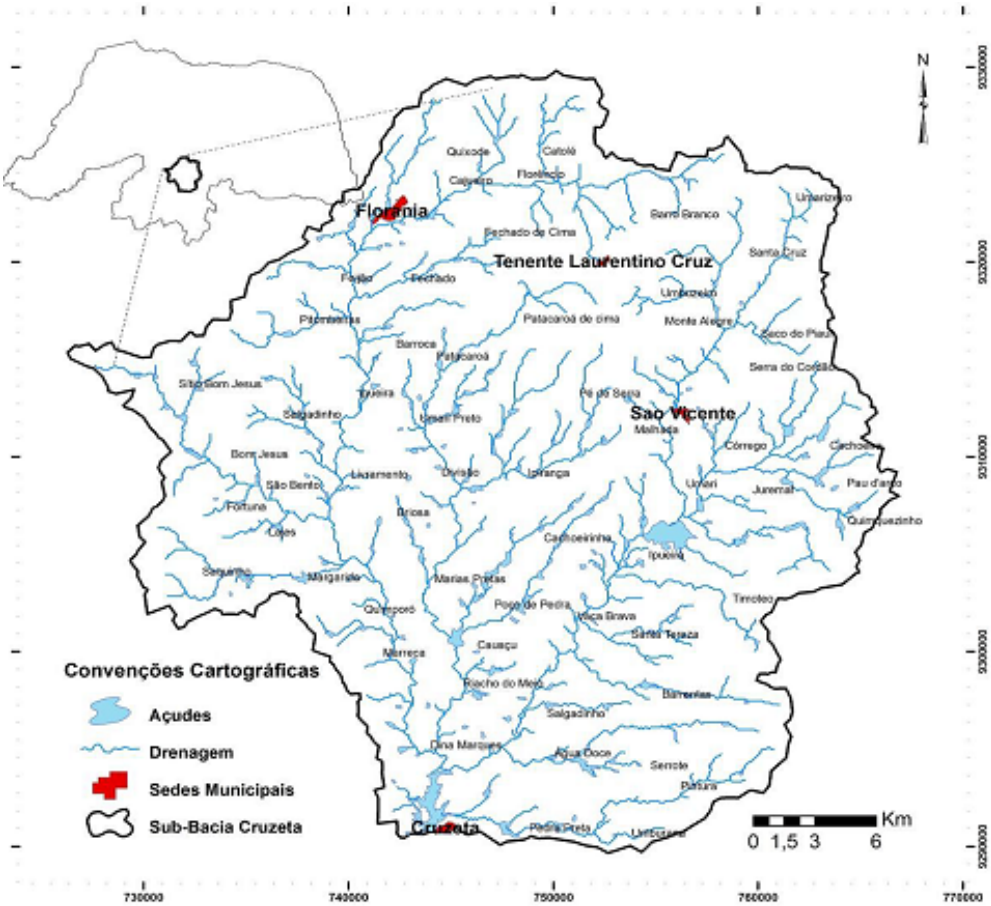

Figura 01 – Área de Localização da Sub-Bacia

MATERIAIS

A imagem do Mapeador Temático (TM) do Landsat 5 foi adquirida junto à Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com data foi de 25/06/2010. Procurou-se adquirir uma imagem com ausência de nuvens para que fosse obtida um máximo aproveitamento dos dados da imagem; compreendendo a órbita/ponto 215/64, tendo seu horário de passagem registrado às 09 h e 45 min, horário local.

Para manuseio e processos entre as bandas, recorte, classificação, realce e outras tarefas, fez-se necessário a utilização do software Erdas IMAGINE 8.5 versão Demo, apropriado para este tipo de trabalho.

METODOLOGIA

A metodologia foi desenvolvida em duas fases:

Fase 01: Estudo Preliminar - Escolha da sub-bacia hidrográfica com os respectivos reservatórios; Pesquisa bibliográfica referente à sub-bacia escolhida e posteriormente a obtenção de uma imagem para obtenção da evapotranspiração real.

Fase 02: Aplicação do algoritmo SEBAL, através de uma série de etapas efetuadas com a ferramenta Model Maker do programa ERDAS - Earth Resources Data Analysis System Imagine 8.5 (Recursos Terrestres de Análise de Dados), medida ao nível do satélite Landsat 5 – TM, para as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7. Com a utilização do SEBAL, podemos obter a carta de evapotranspiração no decorrer de 11 etapas e estas estão explicadas a seguir e são baseadas na metodologia de Bastiansenn e modificada ao longo do tempo, por diversos autores.

As etapas para obtenção da evapotranspiração através do método SEBAL estão ilustradas no fluxograma a seguir (Figura 02):

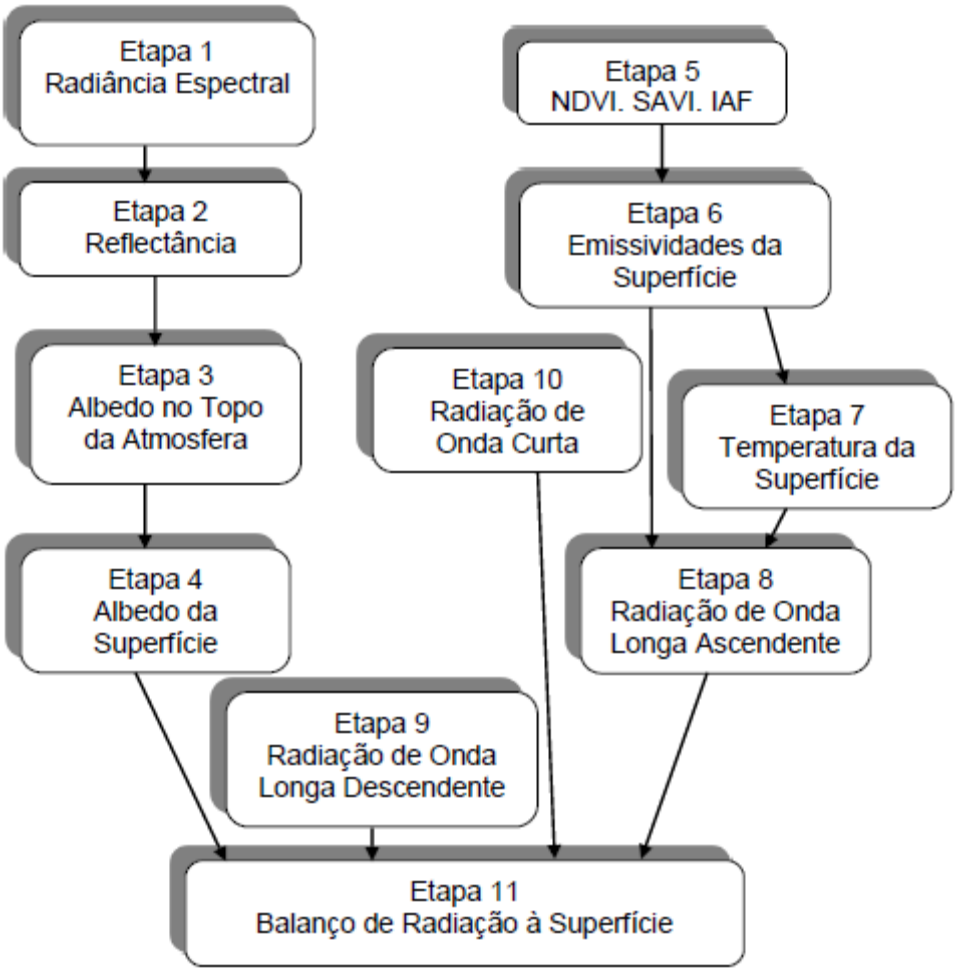

Figura 02 – Fluxograma das etapas do processamento do balanço de radiação à superfície.

Tanto a evapotranspiração de referência diária – $ET_{o,24h}$, quanto a evapotranspiração de referência horária – $ET_{o,h}$, são calculadas usando o método da FAO Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), com dados de estação automática. Os valores de $ET_{o.h}$ foram obtidos no intervalo de tempo que compreendeu o instante da passagem do satélite na área de estudo.

Experimentalmente, o cálculo da evapotranspiração pode ser feita com bastante precisão usando lisímetros de pesagem, técnicas de correlação, e a técnica da razão de Bowen. Estes métodos são limitados, no entanto, porque eles fornecem valores de ponto de ET para uma específica localização e deixar de fornecer o ET em uma escala regional. Esta limitação tem motivado o desenvolvimento da utilização de dados de sensoriamento remoto de satélites para avaliar ET sobre vastas áreas. A principal vantagem do sensoriamento remoto é que o ET pode ser computado, sem quantificar outros complexos processos hidrológicos.

RESULTADOS

No SEBAL, o fluxo de calor latente instantâneo deve ser convertido em lâmina de água evapotranspirada horária. Para tanto, integra-se o mesmo ao longo de uma hora e dividi se o valor correspondente pelo calor latente de vaporização da água – λ ($2{,}45 \times 10^6$ J Kg^{-1}), que resulta no mapa temático da evapotranspiração real horária $ET_{r,h}$:

$$ET_{r,h} = 3600 \frac{LE}{\lambda}$$

A projeção da $ET_{r,h}$ em evapotranspiração real diária – $ETr,24h$ (mm) é feita ao se admitir que a fração da evapotranspiração de referência horária - FE_{ref}:

$$FE_{ref,h} = \frac{ET_{r,h}}{ET_{o,h}}$$

De acordo com Trezza (2002), Tasumi (2003) e Allen et al. (2007), a fração da evapotranspiração de referência horária – FE_{ref} é constante ao longo do dia, sendo $ET_{o,h}$ a evapotranspiração de referência horária (mm). Logo temos:

$$FE_{ref,h} = FE_{ref,24h} = \frac{ET_{r,24h}}{ET_{ref,24h}}$$

Onde a $ET_{o,24h}$ é a evapotranspiração de referência diária (mm).
A evapotranspiração de referência horária – $Et_{o,h}$ (mm) e a evapotranspiração de referência diária $ET_{o,24h}$ (mm), foram obtidas segundo método de FAO Penman Monteith (Allen et al., 1998), quais sejam:

$$ET_{0,h} = \frac{0{,}408\Delta\left(R_n - G\right) + \gamma \frac{37}{T+273} u_2 \left(e_s - e_a\right)}{\Delta + \gamma\left(1 + 0{,}34u_2\right)}$$

Onde: $ET_{0,h}$ (mm h^{-1}) é a evapotranspiração de referência horária, R_n (MJ m^{-2} h^{-1}) é o saldo de radiação, G (MJ m^{-2} h^{-1}) é o fluxo de calor no solo, T (ºC) corresponde a temperatura média horária do ar a 2m de altura, u_2 (m s^{-1}) é a velocidade do vento a 2m de altura, e_s (kPa) é a pressão real de vapor, sendo (e_s – e_a) o déficit de pressão de vapor (kPa), γ (kPa $^oC^{-1}$) é a constante psicrométrica e Δ é a inclinação da curva de pressão de vapor.

A ETH – Evapotranspiração horária determinada pelo algoritmo SEBAL; ET_{0_H}: evapotranspiração de referência horária, calculada para o horário de passagem do satélite, aproximadamente 9:45h. Os dados empregados na operação da evapotranspiração de referência horária foram fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN. Através de uma relação entre a fração de evapotranspiração de referência horária ($FET_{0,h}$) e a fração de evapotranspiração de referência em 24 horas ($FET_{0,24h}$), obtêm-se a evapotranspiração acumulada de 24 horas (ET_{24h}) que é apresentada na Figura 03.

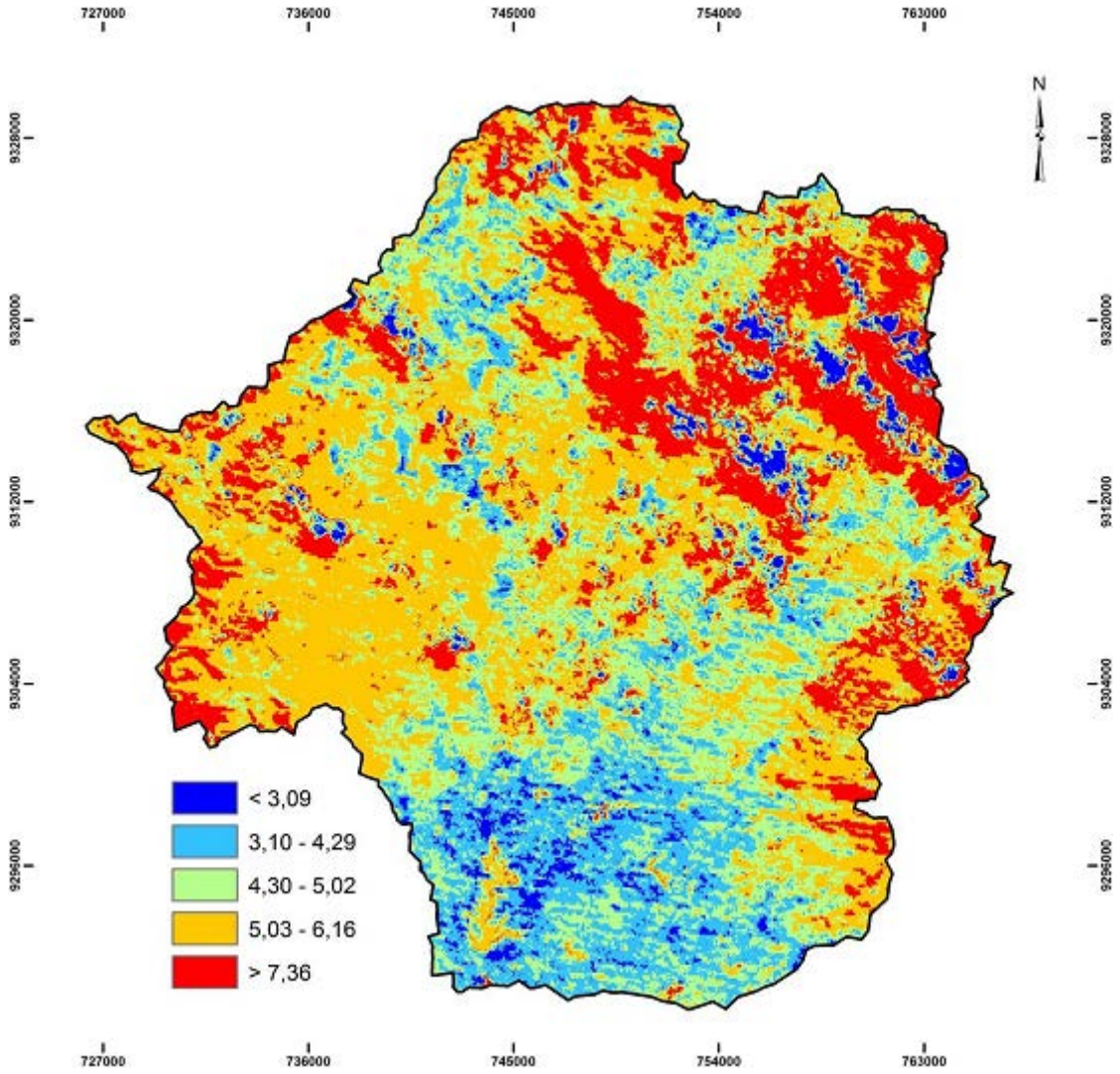

Figura 03 – Evapotranspiração (mm/dia)

A figura 03 evidencia a evapotranspiração na região estudada. Pode-se observar que a maioria dos pixels na região constitui em média uma evapotranspiração de 5,22 mm/dia.

Observa-se na Figura 03 que nas áreas irrigadas prevalecem valores nas classes 4,30 a 5,02 mm (verde claro) e 5 a 6 mm (laranja). Nas demais áreas há predomínio das classes de < 3,09 mm e de 3,10 a 4,29 mm. Nas áreas com ET_{24h} menor que 3,09mm, possivelmente refere-se as parcelas em preparação para estabelecimento de cultivos irrigados. Nas áreas irrigadas a ET_{24h} permanece elevada, oscilando entre 3,10 a 5,02 mm. A imagem corresponde ao final do período chuvoso de 2010, percebe-se um aclive substancial na ET_{24h} nas áreas de vegetação nativa. Nas áreas irrigadas da imagem e demais pomares da região, prevalecem valores de ET_{24h} de 4,30 a 4,02mm. A classe mais elevada decorre de nuvens na imagem estudada.

Todos os dados apresentados acima podem ser comparados com a Figura 04 de uso e ocupação do solo da sub-bacia estudada, que evidencia as áreas de vegetação nativa e antropizada, bem como a rede de drenagem.

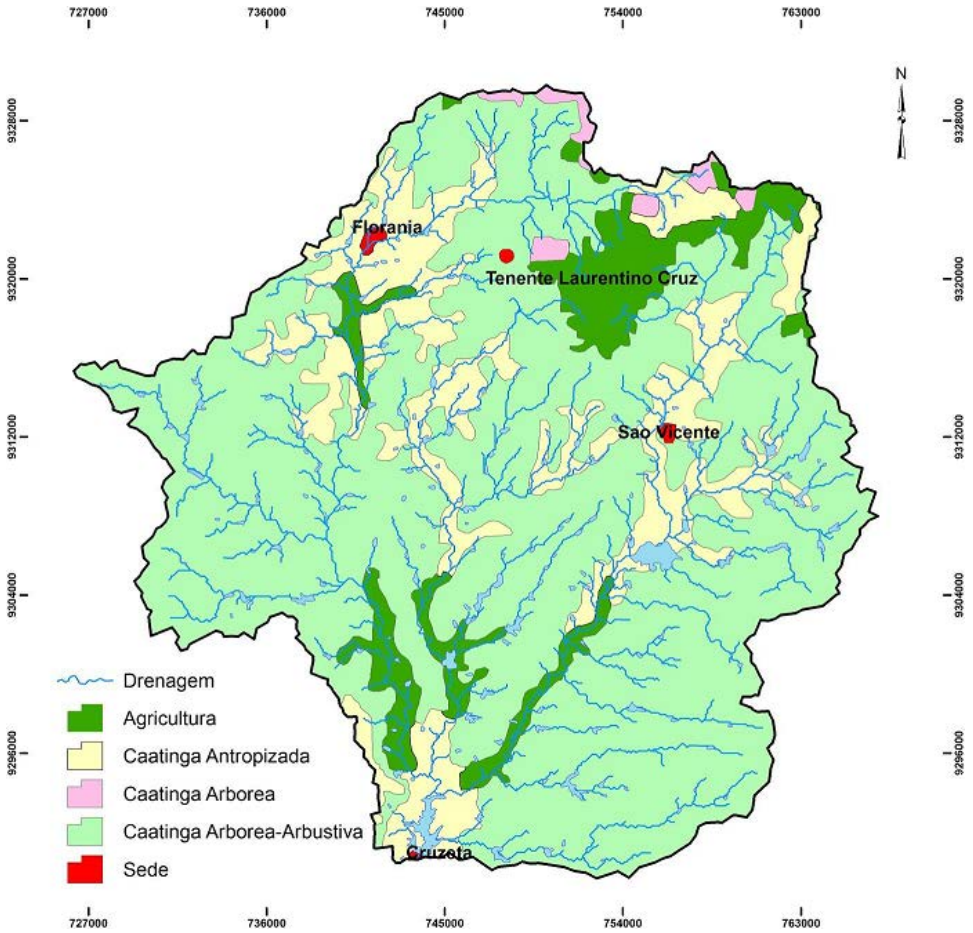

Figura 04 – Mapa de Uso e ocupação do solo na sub-bacia Cruzeta (IDEMA, 1996).

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Os desmatamentos tiveram e têm consequências danosas ao meio ambiente, pois ocasionam o empobrecimento qualitativo e quantitativo da caatinga, acarretam o assoreamento dos corpos d'água pela erosão dos solos, aumentam as vulnerabilidades da população, bem como altera consideravelmente as imagens que são obtidas através do algoritmo SEBAL.

Foi-se percebido que ocorre a influência da perenização dos cursos d'água na umidade do solo nas proximidades dos mesmos, encontrando-se para alguns trechos da mata ciliar valores de NDVI e de evapotranspiração diária bem próximos dos observados nas áreas irrigadas.

Ocorre uma influência da perenização dos cursos d'água na umidade do solo nas proximidades dos mesmos, encontrando-se para alguns trechos da mata ciliar valores de NDVI e de evapotranspiração diária bem próximos dos observados nas áreas irrigadas.
O emprego do SEBAL possui uma alta potencialidade em estudos de monitoramento ambiental, alterações na vegetação e uso da terra, uma vez que a identificação em mudanças das espécies pode ocorrer pelo estudo das cartas de calor latente ou evapotranspiração.

Os resultados mostraram que o SEBAL pode ser utilizado no monitoramento das condições climáticas da sub-bacia hidrográfica do açude Cruzeta e que o mesmo possui capacidade de diferenciação dos diferentes elementos que constituem a área de estudo, habilitando assim ao monitoramento de alterações ambientais nas demais bacias e sub-bacias do estado.

Objetivamente este trabalho mostrou que o algoritmo SEBAL é de grande valia para estudos de degradação ambiental, sobretudo nas alterações da vegetação, uso da terra, e na identificação de algumas alterações, que pode ocorrer, por exemplo, pelo estudo das cartas de NDVI ou de evapotranspiração que podem ser aplicadas em diferentes épocas.

Portanto, o Sistema de Informações Geográficas - SIG aparece, dando ao gestor uma direção para a efetiva atuação da administração pública na melhoria da qualidade ambiental do município. No entanto, a utilização da geotecnologia do SIG como ferramenta essencial à gestão pública sustentável, não deve ser encarada como uma fórmula mágica para a resolução dos problemas de uma cidade, que pode surgir assim, de uma hora para outra, mas como uma ferramenta bastante útil para se analisar os fatores ambientais que devem ser aliados a outros fatores. Logo, o sensoriamento remoto é de grande auxílio no que diz respeito à avaliação, manejo, gerenciamento e gestão de recursos naturais e no estudo de bacias hidrográficas.

Espera-se que este venha a contribuir para um melhor entendimento dos procedimentos utilizados nas estimativas dos componentes do balanço de energia e da evapotranspiração por meio do modelo SEBAL. Ademais, em face da deficiência de estudos dos processos de determinação do uso da água na região a partir da utilização de imagens de satélite, procurou-se fornecer mais um importante subsídio para uma utilização racional dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUTTES, J.P., C. GOLDSTEIN, J. SCHRIVE, G. RAJU, M.S. NARAYANAN e M. DESBOIS, 2000: MEGHA – TROPIQUES: A satellite for studying the water cycle and energy exchanges in the tropics. 51st International Astronautical Congress, Rio de Janeiro, Brazil.
2. AHRENS, C. D., Essentials of Meteorology - A Invitation to the Atmosphere, 4ª edição, Thompson Brooks/Cole, 2005, 480 p, Capítulo 2 (warming the earth and the atmosphere), p. 26-52, Belmont, Califórnia, USA.
3. ALLEN, R. G., TASUMI, M. and TREZZA, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) Advanced Training and User's Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 97 p., 2002.
4. ALLEN, R. G.; MORSE, A.; TASUMI, M. Application of SEBAL for western US water rights regulation and planning. In: International Workshop on Remote Sensing of Evapotranspiration for Large Regions. IEC Meeting of International Commission on Irrigation and Drainage (ICID), 54., Sept. 2003, Montpellier, France. Proceedings. Montpellier: [s.n], 2003.
5. ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements – FAO. Irrigation and drainage, paper 56. Rome, Italy, 318p. 1998.
6. BASTIAANSSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Formulation. Journal of Hydrology, v. 212–213, p.198–212. 1998a.
7. BASTIAANSSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M., A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1, Validation, Journal of Hydrology, n. 212-213, p. 213-229, 1998.
8. BASTIAANSSEN, W. G. M. SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. Journal of Hidrology. V. 229, p. 87-100. 2000.
9. BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 6.ed. Viçosa: UFV, 2002. 657p.
10. BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C., Manual de Irrigação, 7ª edição, Editora UFV, 2005.
11. BRUTSAERT, W. Evaporation into the Atmosphere. D. Reidel. 229p., 1982.
12. HUETE, A.R.; WARRICK, A.R. Assessment of vegetation and soil water regimes in partial canopies with optical remotely sensed data. Remote Sensing of Environment, New York, v.32, p.155-167, 1990.
13. KIJNE, J.W. Determinación de la evapotranspiración. In: ILRI. "Princípios y aplicaciones del drenaje". Wageningen. v.3, cap. 19, pp.59-108, 1978.
14. MEIRELES, M. Estimativa da evaporação real pelo emprego do algoritmo SEBAL e imagem landsat 5-TM na Bacia do Acaraú – CE. Tese de Mestrado – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
15. MONTEITH, J.L. 1965. Evaporation and environment. pp. 205-234. In G.E. Fogg (ed.) Symposium of the Society for Experimental Biology, The State and Movement of Water in Living Organisms, Vol. 19, Academic Press, Inc., NY.