

DINÂMICA ESPECTRAL-TEMPORAL NOS CAMPOS DE UMIDADE, TEMPERATURA E VEGETAÇÃO NA CIDADE DE NATAL/RN POR GEOPROCESSAMENTO

Herbert de Melo Silveira Adalfran
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Bruno Claytton Oliveira da Silva,
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Nivaldo Patrício da Costa Junior
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Fernando Moreira da Silva
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

EIXO TEMÁTICO: GEOGRAFIA FÍSICA E GEOTECNOLOGIAS

RESUMO

O presente trabalho analisou o microclima urbano da cidade do Natal/RN, com vistas a focar a importância da vegetação urbana, que desempenha um papel regulador de umidade e de temperatura extremamente importante. No entanto a cidade vem perdendo boa parte de sua vegetação para o concreto e asfalto. Nesse intuito torna-se necessário a criação e manutenção de áreas protegidas com a função de preservar os recursos hídricos, a estabilidade térmica, a biodiversidade, proteger o solo e garantir o bem-estar da sociedade. Com isso o artigo objetiva-se realizar análise da dinâmica espacial dos campos de umidade, temperatura e vegetação na cidade através de técnicas de álgebra de mapas do sensoriamento remoto. Conforme as análises dos campos espectrais, a cidade do Natal/RN contém áreas que têm o verde expressivo, e com isso o poder de oxigenar e umedecer o ar é amenizado apenas no entorno dessas áreas verdes, assim se faz importante um projeto de arborização com ênfase na espacialização e espécie adequada.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento Remoto, vegetação, umidade

ABSTRACT

The present study examined the urban microclimate of the city of Natal / RN, in order to focus on the importance of urban vegetation, which plays a regulatory role of humidity and temperature extremely important. However the city has lost much of its vegetation to the concrete and asphalt. To that end it is necessary to the creation and maintenance of protected areas with the function of preserving water resources, thermal stability, biodiversity, soil protection and ensure the welfare of society. This article aims to carry out analysis of the spatial dynamics of the fields of humidity, temperature and vegetation in the city through the techniques of algebra maps from remote sensing. As the fields of spectral analysis, the city of Natal / RN contains areas that have green expressive, and with it the power to aerate and moisten the air is tempered only around these green areas, this becomes an important project of afforestation with emphasis on geographical distribution and appropriate species.

KEY-WORDS: Remote Sensing, vegetation, moisture

INTRODUÇÃO

As transformações decorrentes do processo de crescimento da população e expansão urbana geram impactos no ambiente que são intensificados pelas constantes mudanças do espaço, causando um desequilíbrio na natureza e nas interações atmosfera/terra. O novo espaço construído, e constantemente modificado pelas variadas formas de ocupação do solo, altera os elementos meteorológicos, formando diferentes microclimas. Esses desequilíbrios são causados pela impermeabilização do solo, pelos materiais condutores de energia térmica utilizados no meio urbano, pela poluição do ar, pelo aumento das edificações e, principalmente, pela redução da vegetação.

Dentre as diversas transformações ocorridas no espaço urbano, a supressão da cobertura vegetal é uma das que contribui para alterar o clima da cidade, através de mudanças nos seus elementos meteorológicos. Monteiro (1976), ao discutir as mudanças climáticas causadas pela urbanização, atribui à própria cidade uma das responsabilidades pelo aquecimento, tendo como principal causa a substituição da vegetação por construções, que contribui para diminuir a umidade relativa do ar, devido à drenagem ou impermeabilização de áreas úmidas.

A vegetação desempenha um papel regulador de umidade e de temperatura extremamente importante. Tomando-se as áreas florestadas como exemplo, observa-se que suas temperaturas serão inferiores às das áreas vizinhas com outro tipo de cobertura – como campo, por exemplo, uma vez que as copas, os troncos e os galhos das arvores atuam como barreira à radiação solar direta, diminuindo a disponibilidade de energia para aquecer o ar (MENDOÇA, 2007).

Em consequência das trocas de calor e alterações apresentadas no balanço de energia, o clima da cidade apresenta características específicas que o diferem das áreas rurais. Para Monteiro e Mendonça (2003), o clima urbano é derivado da alteração da paisagem natural e da sua substituição por um ambiente construído. Influem sobre o clima urbano muitos aspectos da própria morfologia urbana.

As relações específicas estabelecidas entre a forma da cidade e o clima dependem da escala de abordagem. Oke (2004) classifica as escalas de abordagem climática em: meso, aquela que engloba a área urbana como um todo; local, que abrange partes da cidade; e micro, que compreende ambientes mais restritos como vias e praças. Nas últimas décadas, estudos sobre o clima urbano vem se destacando e ganhando muita importância na área do sensoriamento remoto, pois oferece visões de diferentes escalas e permite a transformação de dados do infravermelho termal em temperatura aparente da superfície terrestre, com baixo custo e alto benefício.

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo avaliar a dinâmica espacial da temperatura, índice de vegetação diferença normalizada e da umidade do ar na cidade do Natal/RN nos anos de 1991 e 2011.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Natal localiza-se no estado do Rio Grande do Norte/Brasil (Figura 01), com geocentro demarcado pela latitude de 05° 47'42" Sul e longitude de 35° 12' 32" Oeste.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo AS, caracterizado como sub-úmido. Esta característica está associada ao aspecto de maritimidade com altos valores de umidade do ar, acima de 80%, temperaturas médias anuais acima de 26,0°C e velocidade média dos ventos com 4,4 m/s. (Santos, 2010).

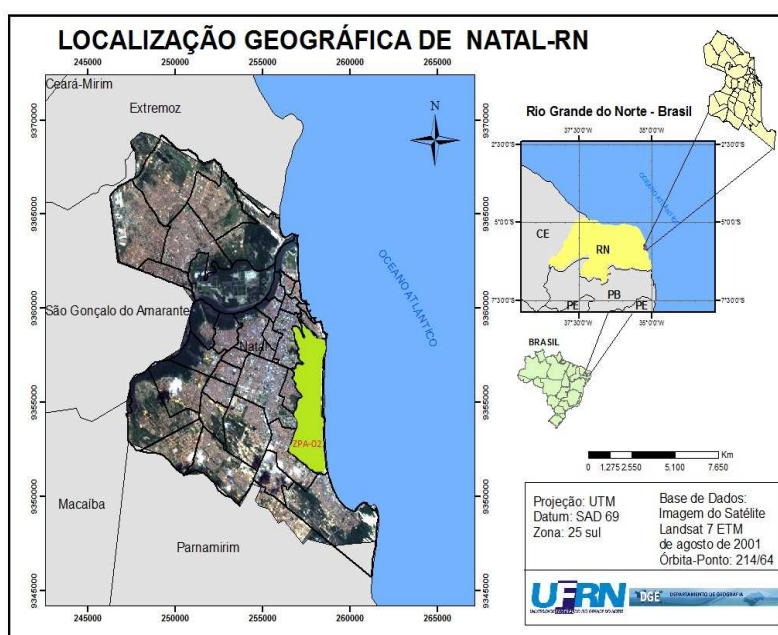


Figura 1: Mapa de localização

Para confecção das cartas foram realizados os seguintes procedimentos: primeiramente, foi realizada a coleta das imagens do sensor TM (*Thematic Mapper*), datadas de 01 de agosto de 1991 e 09 de setembro de 2011, as quais se encontram a bordo do satélite americano Landsat 5. Essas foram adquiridas junto à Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DGI/INPE).

Após a coleta no banco de imagens no INPE, as imagens foram recortadas de acordo com a área de interesse (no caso o perímetro urbano de Natal) compreendendo as coordenadas UTM 242060 L / 262640 L e 9346210 S / 9370210 S, esta operação torna-se necessária por possibilitar o melhor processamento das operações, como também melhor visualização da área de estudo, em seguida o sistema de projeção foi alterado de WGS 1984 para UTM Datum SAD 69 zona 25 sul. Nestes meses foram coletados os dados de temperatura, umidade relativa do ar e perfil do vento na camada limite atmosférica.

Dados obtidos por sensores a bordo de satélite podem e devem dar um novo impulso a análise de clima urbano, uma vez que são relativamente “poucos onerosos”, mas necessitam de uma análise

matemática mais profunda. Neste trabalho é apresentada análises dos campos de divergência de umidade do ar, temperatura da superfície e índice de vegetação diferença normalizados, conforme descrições analíticas a seguir:

a) Divergência horizontal de umidade

$$Dq = \nabla_p \cdot qV = \frac{\partial}{\partial x}(qu) + \frac{\partial}{\partial y}(qv) \quad (01)$$

Onde, Dq é a divergência de umidade ($\text{kg/m}^3\text{s}$) x é a direção ao longo dos paralelos, y é a direção ao longo dos meridianos, $\nabla_p = i \frac{\partial}{\partial x} + j \frac{\partial}{\partial y}$ é o operador vetorial nabla numa superfície isobárica, u e v são as componentes zonal e meridional do vento (m/s). A massa específica do ar é variável no tempo e, por isso, na expressão (02) dever-se-ia encontrar à direita do somatório. Porém, na prática e quando não se dispõe de informação instantânea sobre a temperatura ambiente ou pressão atmosférica para o local de medição e como aproximação toma-se para a massa específica um valor médio ($1,225 \text{ Kg/m}^3$).

Segundo Silva (2011) a determinação do valor da massa específica do ar, na situação em que se disponha de informação da pressão e temperatura do ar, poderá ser efetuada assumindo que o fluxo de ar é composto apenas por ar seco e se comporta como um gás perfeito, logo:

$$\rho = P/RT \quad (02)$$

Onde: $R = 287,05 \text{ J/Kg}^\circ\text{K}$, $T(^{\circ}\text{K})$ e $P(\text{hPa})$ são, respectivamente, a temperatura do ar e a pressão atmosférica. Se, por outro lado, se dispuser apenas de informação relativa à temperatura do ar e à altitude do local, a aproximação ao conceito de atmosfera isotérmica permite a determinação da massa específica do ar através da seguinte expressão:

$$\rho = (P_0/RT) e^{-(gz/RT)} \quad (03)$$

Onde: g e z são, respectivamente, a aceleração da gravidade (m/s^2) e a altitude do local (m).

Utilizou-se o algoritmo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*) que foi desenvolvido por Bastiaansen em 1995. Segundo o autor (2000), o SEBAL é um algoritmo para determinação dos mapas de evapotranspiração para grandes áreas. Ele é processado por meio de rotinas computacionais que predizem um balanço completo da radiação e da energia ao longo da superfície da Terra. O algoritmo contribuiu efetivamente para estimar o Índice de Vegetação Normalizado (*NDVI*), segundo procedimentos a seguir:

Calibração radiométrica

A radiância espectral de cada banda (L_{λ_i}) representa a energia solar refletida por cada pixel por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida a nível do satélite Landsat (aproximadamente 705 km de altura), para as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7; para a banda 6, essa radiância representa a energia emitida por cada pixel e pode ser obtida pela equação (MARKHAM & BAKER, 1987):

$$L_{\lambda_i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (04)$$

Em que **a** e **b** são as radiâncias espectrais mínima e máxima ($W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$), detectadas pelo TM – Landsat 5, cujos valores constam na Tabela 1; ND é a intensidade do pixel (número inteiro compreendido entre 0 e 255, inclusive) e que corresponde às bandas (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7) do TM – Landsat 5.

Bandas	Comprimento de Onda (μm)	Coeficiente de Calibração ($W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$)				Irradiância Espectral no Topo da Atmosfera ($W m^{-2} \mu m^{-1}$)
		De 01/03/1984 até 04/05/2003		Após 05/05/2003		
		a	b	a	b	
Banda 1 (azul)	0,45 – 0,52	-1.52	152.10	-1.52	193.00	1957
Banda 2 (verde)	0,52 – 0,60	-2.84	296.81	-2.84	365.00	1826
Banda 3 (vermelho)	0,63 – 0,69	-1.17	204.30	-1.17	264.00	1554
Banda 4 (IV-próximo)	0,76 – 0,90	-1.51	206.20	-1.51	221.00	1036
Banda 5 (IV-médio)	1,55 – 1,75	-0.37	27.19	-0.37	30.20	215.0
Banda 6 (IV-termal)	10,4 – 12,5	1.2378	15.303	1.2378	15.303	-
Banda 7 (IV-médio)	2,08 – 2,35	-0.15	14.38	-0.15	16.50	80,67

Tabela 1: Descrição das bandas do Mapeador Temático (TM) do satélite Landsat5 com os correspondentes intervalos de comprimento de onda, coeficientes de calibração (radiância mínima – a e máxima – b) e irradiâncias espectrais no topo da atmosfera (TOA).

Reflectância monocromática

A Reflectância monocromática de cada banda (ρ_{λ_i}), definida como sendo a razão entre o fluxo de radiação solar refletido e o fluxo de radiação solar incidente, foi obtida segundo a equação (Allen et al., 2002; Silva et al., 2005):

$$\rho_{\lambda_i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda_i}}{k_{\lambda_i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (05)$$

Em que $L\lambda_i$ é a Radiância espectral de cada banda, $k\lambda_i$ é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($W m^{-2} \mu m^{-1}$), Z é o ângulo zenital solar e dr é o inverso do quadrado da distância relativa Terra-Sol, dada por (Iqbal, 1983):

$$\left(\frac{\Gamma}{\Gamma_0}\right)^2 = 1,000110 + 0,034221\cos \Gamma + 0,001280\sin \Gamma + 0,000719\cos^2 \Gamma + 0,000077\sin^2 \Gamma$$

(06)

Em que $\Gamma = 2\pi (D - 1)/365$ (rad) e D é a ordem de dia do ano.

Albedo no topo da atmosfera e da superfície

O albedo no topo da atmosfera (α_{toa}), isto é, o albedo não corrigido, expresso pela combinação linear das refletâncias monocromáticas, e o albedo da superfície (α), corrigido pelos efeitos atmosféricos, foram obtidos através das equações:

$$\alpha_p = 0,293\rho_1 + 0,274\rho_2 + 0,233\rho_3 + 0,157\rho_4 + 0,033\rho_5 + 0,011\rho_7$$

(07)

$$\alpha_s = (\alpha_p - 0,04)/Tr$$

Onde TR é a transmissividade atmosférica dada por:

$$Tr = 0,75 + 2 \cdot 10^{-5} z$$

(08)

Em que $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4, \rho_5$ e ρ_7 são os albedos planetários das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, e α_{toa} é o albedo planetário, α_p é a radiação solar refletida pela atmosfera, que varia entre 0,025 e 0,04. No SEBAL, este valor geralmente é considerado igual a 0,03 (BASTIAANSEEN, 2000; SILVA et al., 2005) e τ_{sw} é a transmissividade atmosférica, obtida para condições de céu claro em função da altitude de cada pixel, por equação proposta por Allen et al. (2002).

Índice de vegetação

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) foi obtido através da razão entre a diferença das refletividades do infravermelho próximo (ρ_{IV}) e do vermelho (ρ_V) e a soma entre elas (TUCKER, 1979 apud TASUMI, 2003):

(09)

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Em que ρ_{IV} e ρ_V correspondem, respectivamente, às refletividades das bandas 4 e 3 do TM – Landsat 5. O NDVI é um indicador da quantidade e da condição da vegetação verde da área e seus valores variam de -1 a +1, onde quanto mais próximo do -1, significa ausência de vegetação e mais próximo de +1, significa maior concentração de biomassa.

Temperatura da superfície

A temperatura da superfície (T_s), em graus Kelvin, é obtida com base na radiância espectral da banda termal (L16) e emissividade (ϵ_{NB}), obtida pela banda 6 (canal infra vermelho), conforme expressão abaixo:

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{\epsilon_{NB} K_1}{L_{\lambda 6}} + 1\right)}$$

(10)

Onde: K_1 e K_2 : constantes de calibração da banda termal do Landsat5 (Allen et al., 2002); $K_1 = 607,76 \text{ W.m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ e $K_2 = 1260,56 \text{ K}$.

RESULTADOS

As imagens do Satélite LANDSATsensor TM de agosto de 1991 e setembro de 2011 limitam uma série temporal de 20 anos, onde pode-se notar as mudanças significativas da vegetação na cidade do Natal, bem como a evolução da biomassa que influencia o clima urbano local.

O mapa (figura 2) expõe o resultado obtido para o NDVI em agosto de 1991, quando a cidade do Natal tinha 606.887 habitantes (IBGE). O índice mostra a cidade bastante vegetada, e essa acentuação torna-se mais evidente nos extremos da cidade e próximo das (ZPAs) Zonas de Proteção Ambiental. Observa-se que com exceção de dunas expostas e topos de nuvens, que apresentam índice negativo na paleta de cores. No centro urbano, ainda é possível observar NDVI com valores positivos, associado há mais verdor, exuberância e densidade da vegetação.

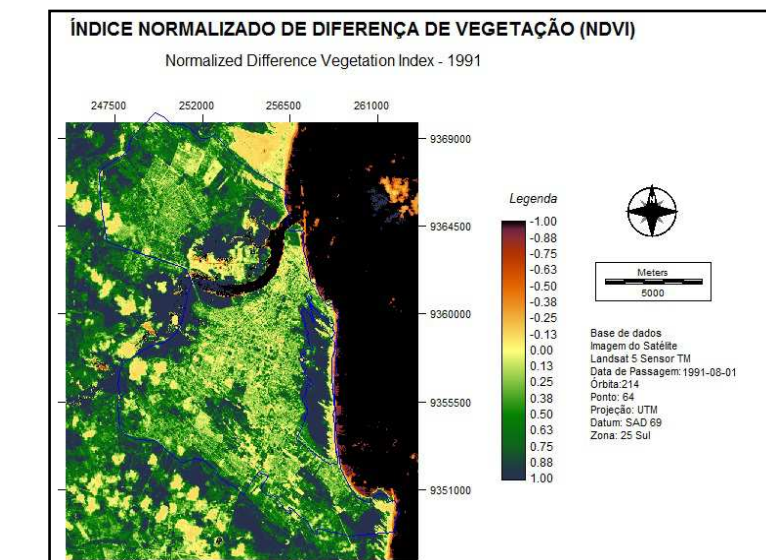


Figura 2: Mapa de índice de Vegetação da cidade de Natal/RN para 01/08/1991.

O mapa (figura 3) apresenta o NDVI para setembro de 2011, onde se pode observar que o índice negativo em, praticamente, onde antes havia áreas florestadas e com vegetação natural bastante densa, deu lugar a asfalto, concreto e áreas residenciais, mudando o tom do índice de verde claro (vegetação arbustiva e arbórea) para o tom de amarelo (vegetação rala). A imagem do satélite aponta que as áreas com o mínimo de vegetação por pixel, chegando ao um negativo na paleta de cores (ao que equivale a ausência de vegetação) é mais evidente no centro da cidade, onde estão localizados os bairros especializados em comércio, na zona portuária e na maioria dos bairros da zona sul da cidade, onde há um intenso crescimento imobiliário. A Zona Norte da cidade perdeu um numero expressivo de biomassa, pois a mesma é a região que mais cresce na cidade. É a única região da cidade impedida de construir arranha-céus. Tal fato se deve ao Plano Diretor da Capital, alegando que, a região não possui saneamento básico em sua totalidade, e principalmente a questão do adensamento do solo que não suportaria empreendimentos de tamanha magnitude.

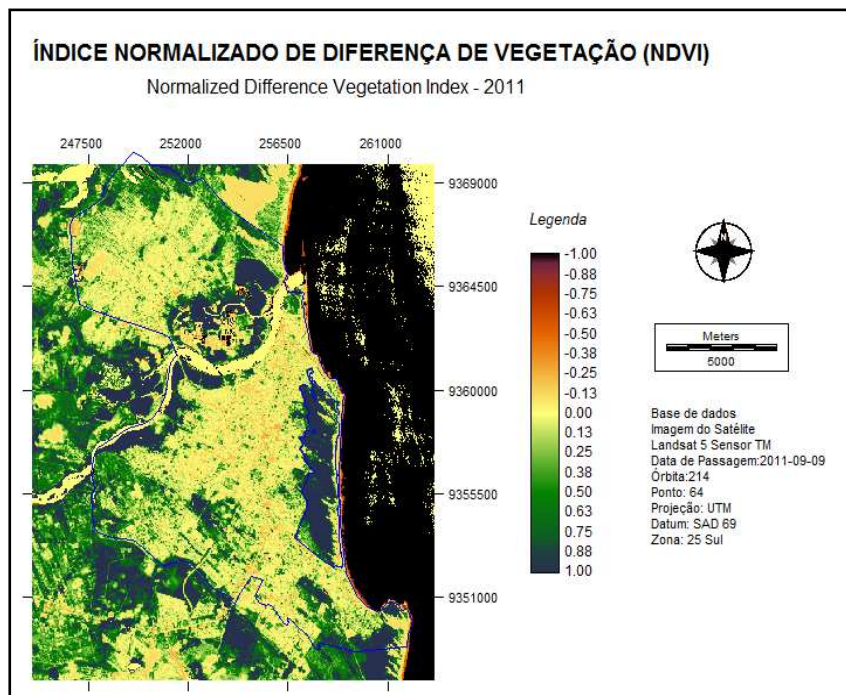


Figura 3: Mapa de índice de Vegetação da cidade de Natal/RN para 09/09/2011.

O mapa (figura 4) apresenta a temperatura de superfície para agosto de 1991, área com forte urbanização apresenta valores máximos, enquanto que áreas com maiores densidades de vegetação apresentam valores mínimos. As áreas da figura 4, que estão representadas pela cor branca (<17.81 -21.68) correspondem as nuvens, a classe em verde escuro (21.69 – 25.57) representa as sombras de nuvens, a classe em azul (25.58 – 29.45) representa recursos hídricos. As classes de cor verde (29.46 – 33.34), vermelho claro (33.35 – 37.22), e vermelho escuro (37.23 – 41.11) mostram diferentes temperaturas dentro da cidade, por vários fatores. Sejam elas por influencia de vegetação ou ausência, e ação do antrópica.

O campo térmico mostra três microclimas distintos na cidade. Verde (áreas de vegetação densa e região de mangue), vermelho claro (áreas extensas e inabitadas, ou com o mínimo de interferência humana com vegetação de médio porte), vermelho escuro (áreas com ação antrópica e/ou de vegetação de pequeno porte).

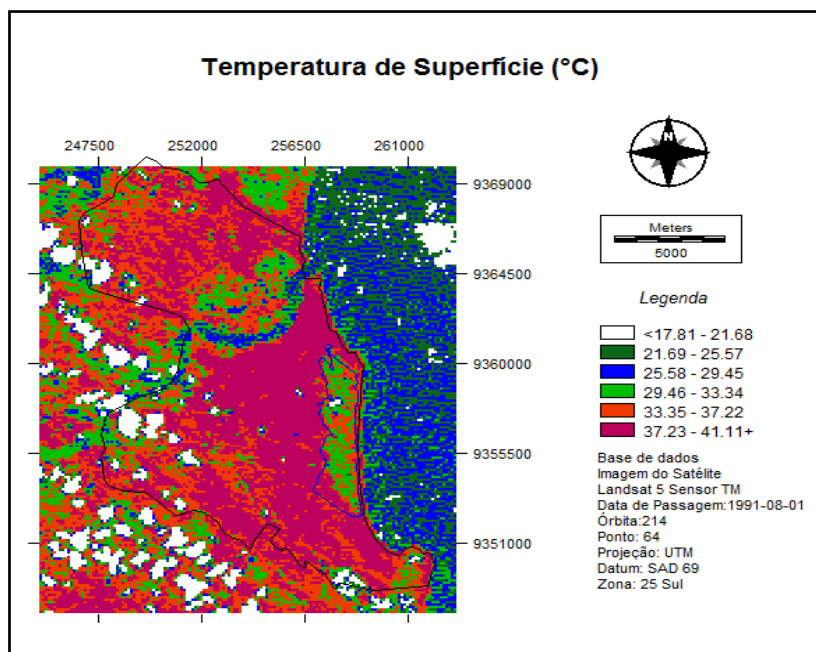


Figura 4: Mapa de temperatura de superfície (°C) na cidade de Natal/RN em 01/08/1991

O mapa (figura 05) apresenta valor mínimo absoluto de 12.43°C e máximo absoluto de 35.40°C para 9 de setembro de 2011. As classes a seguir apresentam as mesmas da figura 04, mostrando a temperatura das nuvens em cor branca, sombra das nuvens em verde escuro. A tonalidade em azul escuro aponta uma temperatura bastante amena (recursos hídricos, estuário do Rio Potengi, Parque da cidade, Parque das dunas, dentre outros). As tonalidades entre verde claro, vermelho claro e vermelho escuro aponta o microclima urbano na cidade do Natal. Conforme mais se aproxima ao centro, maior é a temperatura da superfície, devido a densidade de construção, impermeabilidade do solo urbano e das propriedades termodinâmicas dos materiais constituintes. No entanto, ao redor e dentro da ZPA do Parque das Dunas a temperatura é a mais agradável possível, ultrapassando os limites do parque em sua margem ocidental. O mesmo acontece com o Parque da Cidade e com as adjacências ao estuário do Potengi.

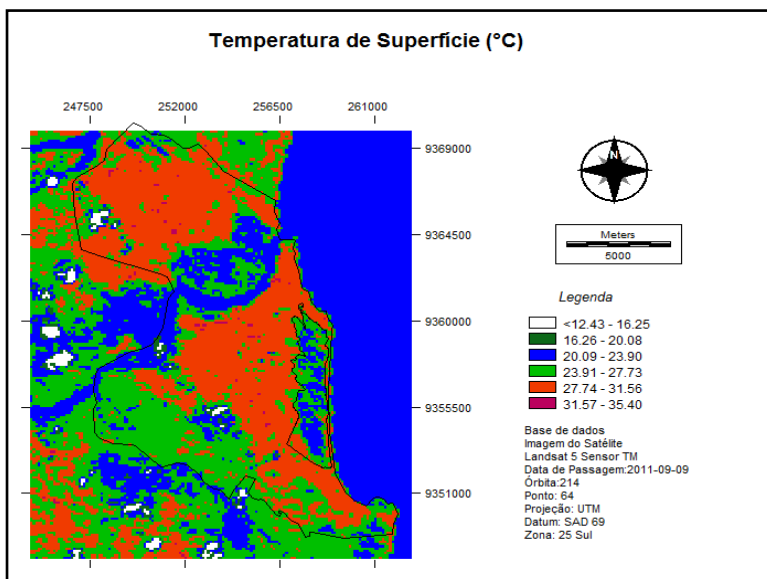


Figura 5: Mapa de temperatura de superfície (°C) na cidade de Natal/RN em 09/09/2011.

O mapa (figura 6) mostra a expansão de massa úmida em $\text{kg/m}^3\text{s}$ a dentro da camada limte atmosférica no mês de agosto de 1991. Verificando a paleta de cores, quanto mais se aproxima na classe de (60.24 – 61.28 $\text{ky/m}_3\text{s}$) cor branca, existe uma maior divergência de massa úmida proveniente da superfície da terra ou de nuvens. As nuvens (classe branca) propagam, na ordem de classificação a maior parte de umidade capitada pelo sensor do satélite, seguido dos recursos hídricos (classe azul claro) e vegetação (verde claro), vegetação rala e áreas pouco habitadas (vermelho claro). No que tange a área em vermelho escuro a há uma menor divergência de massa úmida possível ou até na em alguns casos divergindo massa úmida do seu entorno.

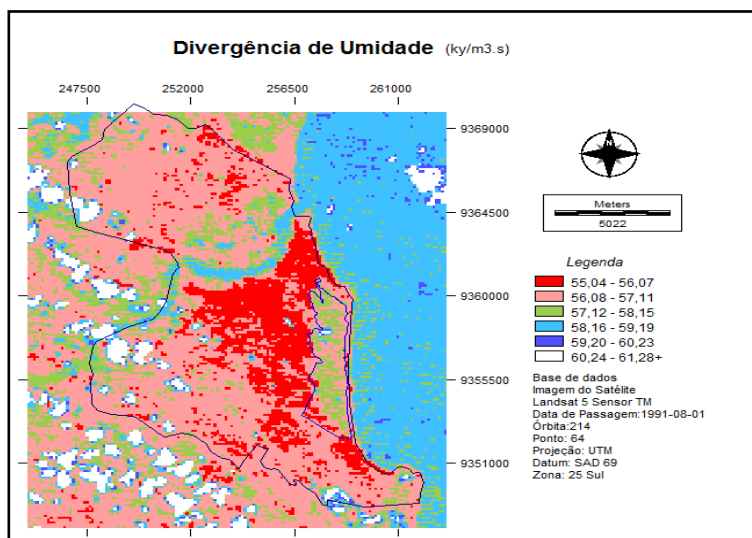


Figura 6: Mapa expansão de massa úmida ($\text{kg/m}^3\text{s}$) na cidade de Natal/RN em 01/08/2011.

O mapa (figura 7) mostra um aumento de áreas que recebem massa úmida na cidade, com uma maior ênfase na zona norte e no centro da cidade (classe vermelho claro), nessas áreas existem adensamento populacional e fluxo de veículos maior que seu entorno, convergindo a umidade em suspensão. Quanto que, mais próximo de áreas com propagação de umidade (classe verde claro), como é o caso do Parque das Dunas, estuário do Potengi e Parque da Cidade há uma condicionando termal favorável.

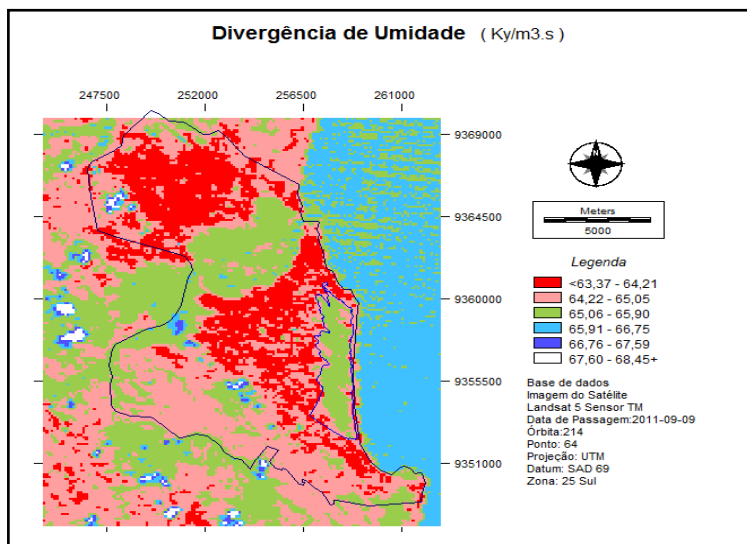


Figura 7: Mapa expansão de massa úmida ($\text{Kg/m}^3\text{s}$) na cidade de Natal/RN em 09/09/2011.

As Zonas de Proteção Ambiental são de suma importância para uma cidade quente, de porte médio, que está em intenso processo de verticalização, onde se perdeu 30% da vegetação em apenas 10 anos, dando espaço para o concreto e o asfalto. Outro fator interessante é a frota de veículos que aumenta de forma geométrica, liberando cada vez mais gases e retendo calor na atmosfera, podendo aumentar a sensação térmica de desconforto. Atrelado a isso, existe uma ligação entre a estratificação social do espaço urbano e as condições de conforto térmico dos habitantes. As classes com pouco poder aquisitivo habitam lugares de maior desconforto climático, consequentemente são estas pessoas que dispõem de menos meios de proteção às intempéries climáticas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A radiação solar atenuada pelas árvores do Parque das Dunas é capaz de reduzir a temperatura do ar nos ambientes circunvizinhos ao dossel, onde os processos de trocas de calor e massa serão mais intensos, assim a divergência de umidade específica mostrou que quanto mais distante do dossel, menos influência terá a vegetação no clima urbano de Natal.

Conforme as análises dos campos espectrais, a cidade de Natal/RN contém áreas que têm o verde expressivo, e com isso o poder de oxigenar e umedecer o ar é amenizado apenas no entorno

dessas áreas verdes, assim se faz importante um projeto de arborização com ênfase na espacialização e espécie adequada.

O uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) tem se apresentado bastante eficaz para possibilitar aos gestores uma visão mais completa sobre o município no que tange a organização do espaço construído.

REFERÊNCIAS:

Algorithms for Land). **Advance Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0.**

BASTIAANSEN, W. G. M.; ZWART, S. J. **SEBAL for detecting spatial variation of water productivity and scope for improvement in eight irrigated wheat systems.** *Agricultural Water Management*.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. de (Org.). **Recursos Hídricos e Planejamento Urbano e Regional.** Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal – Deplan – UNESP – IGCE, 2003.

CARVALHO, M. Monteiro de. **Clima urbano e vegetação: estudo analítico e prospectivo do Parque das Dunas em Natal/Marcia Monteiro de Carvalho.** Natal: s.n., 2001.

FUNDO DE POPULAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - UNFPA. **Situação da População Mundial 2007: desencadeando o potencial do crescimento urbano.** Disponível em: <http://www.unfpa.org.br/relatorio2007/swp2007_por.pdf>. Acessado em 07/02/12.

MENDONÇA, Francisco. DANNIOLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de texto, 2007.

SANTOS, P. A. 2010: **O conforto térmico e a radiação solar: uma abordagem metodológica para Natal/RN.** 50 f. – Monografia (Bacharelado em Geografia) – Departamento de Geografia, CCHLA, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2010. Orientador: Prof. Dr. Fernando Moreira da Silva.

SILVA, Fernando M. **Meteorologia: Sistema de dados Meteorológicos.** Natal/RN - CTGAS – 2011.