

Comportamento Florístico na Zona de Proteção Ambiental - ZPA1 em Natal/RN por Sensoriamento Remoto

Juliana Rayssa Silva Costa¹
Anderson Flávio Silva de Queiroz²
Adalfran Herbert de Melo Silveira³
Fernando Moreira da Silva⁴

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
Av. Senador Salgado Filho, 3000 - Lagoa Nova, 59078-970- Natal - RN, Brasil.
rayssa480@hotmail.com

²Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
Av. Senador Salgado Filho, 3000 - Lagoa Nova, 59078-970- Natal - RN, Brasil.
greuc@hotmail.com

³Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
Av. Senador Salgado Filho, 3000 - Lagoa Nova, 59078-970- Natal - RN, Brasil.
adalfran_vl@hotmail.com

⁴Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
Av. Senador Salgado Filho, 3000 - Lagoa Nova, 59078-970- Natal - RN, Brasil.
fmoreyra@ufrnet.com

Abstract

The present study aims to evaluate over 20 years (1991-2011), the loss of vegetation cover in the Environmental Protection Zone 1 (ZPA-1) in the city of Natal/RN-1 area of the ZPA, using techniques Remote Sensing and Geographical Information System. To perform such analysis we used the evaluation index of vegetation cover known as Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The index assesses the radiative balance at the wavelength of the 0.63λ 0.90λ involving bands 3 and 4 of LANDSAT - 5, contrasting the degree of "greenness" of vegetation indicating gain or loss of coverage. The results showed that the ZPA-1 of Natal/RN in the past twenty years has gone through a process of degradation of high intensity, ie, loss of natural features, especially floristic. In the region south of the ZPA has proven more vulnerable to the floristic degradation, since the real estate speculation is most active. There are small areas preserved, but most shows loss of vegetation. The preservation of the areas is of paramount importance to the quality of the climate of the city, once the vegetation cover attenuates the action of the sun's rays. Therefore, it is necessary that the government enforce more rigorously the areas of ZPA's, so that people can enjoy more pleasant temperatures in the city of Natal.

Keywords: Deficit, Vegetation, Climate, Urban and geoprocessing.

1. Introdução

Nos grandes centros urbanos, a velocidade e a magnitude da produção juntamente com a acumulação de calor são bastante modificados se comparados ao clima da zona rural. As fábricas, os automóveis a remoção da cobertura vegetal, a impermeabilização do solo o asfaltamento das ruas e avenidas, as alterações na topografia são alguns dos problemas causadores de anomalias no balanço de energia e no balanço hídrico das cidades causando ambientes climáticos que em muitas vezes atrapalham grande parte das atividades urbanas. As disparidades climáticas que ocorrem no ambiente urbano trazem em si impactos negativos causando problemas socioambientais dos mais diversos tipos que variam com o tamanho da cidade, evidenciando a desorganização e a inconformidade do uso dos solos com o intuito de acolher suficientemente as demandas básicas da população (Brandão,1996).

Um dos problemas provocados pelo processo de ocupação e desenvolvimento nos grandes centros é o fenômeno Ilha Urbana de Calor. Massas de ar quente concentram-se no centro das cidades desestabilizando o clima local. Essa situação bloqueia a evaporação, enfraquecendo a capacidade de dispersão dos poluentes atmosféricos gerados ocasionando dificuldades para as pessoas que habitam as metrópoles (Teza e Baptista, 2005).

A sensação de bem estar propiciado pelo clima depende de vários fatores: da localização da cidade, do padrão das construções modificando a circulação do ar e do nível de arborização, fator crucial na diminuição do calor.

A urbanização das cidades brasileiras ao longo do tempo, principalmente a cidade do Natal-RN, assim como outras cidades do Brasil, passou por céleres processos de urbanização, desordem espacial, deficiência no planejamento urbano gerando muitos problemas de ordem socioambientais ocasionados pela: redução das áreas verdes dos centros urbanos, aumento da frota de veículos motorizados, concentração de edifícios de instituições públicas e empresas privadas, e da alta aglomeração de indivíduos em diminutos espaços da cidade, aumentando a sensação de calor da população, principalmente nos últimos quarenta anos, com o aumento da população de Natal de 416.898 habitantes em 1980 para 803.739 habitantes, (IBGE, 2010). Os motivos seriam, o êxodo rural, a busca por trabalho na capital e a melhoria da qualidade de vida, com implementações de políticas públicas voltadas às questões habitacionais, (Silveira et al., 2011).

A Zona de Proteção Ambiental- ZPA-1 está localizada entre os bairros de Candelária e Pitimbú, Zona Sul da Cidade do Natal, e os bairros da Cidade da Esperança e Cidade Nova, Zona Oeste da capital.

A Zona de Preservação Ambiental (ZPA) é uma sigla dada pelos municípios, ou seja, são leis especiais dos Planos Diretores. São zonas criadas visando à proteção ou conservação de algumas áreas do município. Inserindo-se também as Áreas de Preservação Permanente (APP), que na maioria das vezes encontram-se dentro das ZPA's.

Aprovado pela Lei Complementar Municipal nº 07, de 05 de agosto de 1994, originou o macrozoneamento da cidade, separando o território do município em três zonas: Zona de Adensamento Básico, Zona Adensável e Zona de Proteção Ambiental (ZPA), estabelecendo restrições de uso para as ZPA's, que foram subdivididas em Subzona de Preservação e Subzona de Conservação, nesta última inserido o "campo dunar de Pitimbu, Candelária, Cidade Nova e Guarapes" (arts. 13, § 2º, 20 e 21, II, "b") (Costa et al. 2011).

A temperatura local oscila em torno dos 24,5°C e as mais elevadas ocorrem entre os meses de dezembro a março, com médias em torno dos 27°C.

Contempla uma vegetação típica de Mata Atlântica, com floresta estacional semidecidual, restinga arbustiva e densa, restinga arbustiva espaça, savana arborizada e vegetação ruderal,

lavoura permanente e lavoura temporária. A ZPA-1 possui ainda, algumas áreas antropizadas com culturas, áreas urbanizadas, estradas e caminhos, além de áreas desnudas (Cestaro e Araújo, 2006).

A geologia e a geomorfologia da ZPA – 1 em escala de predominância divide-se nas seguintes feições: depósitos eólicos/campos dunares, corredores fechados, corredores abertos, dunas fixas, dunas móveis, áreas antropizadas (estrada), formação barreiras/tabuleiros costeiros, lagoas e cristas de dunas (Melo et al. 2008).

Nesse contexto, o objetivo do artigo é avaliar o comportamento da cobertura vegetal na Zona de Proteção Ambiental – ZPA 1 situado na cidade do Natal/RN pelo uso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI no período de 1991 e 2011.

2. Metodologia do trabalho

Revisão bibliográfica de estudos realizados nas áreas da ZPA-1 e em seu entorno e dados adquiridos no site da Divisão de Processamento Digital de Imagens (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no período de 1991 e 2011.

Fez-se uso de técnicas de sensoriamento remoto através dos seguintes procedimentos:

2.1. Calibração radiométrica

A radiância espectral de cada banda ($L_{\lambda i}$) representa a energia solar refletida por cada pixel por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida no 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 1 (Markham e Baker, 1987):

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (1)$$

Em que a e b são as radiâncias espectrais mínima e máxima ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$), detectadas pelo TM – Landsat 5, cujos valores constam na Tabela exposta em Di Pace et al. (2008), os quais são inseridos em ND é a intensidade do pixel (número inteiro compreendido entre 0 e 255, inclusive) e sub-índice i corresponde às bandas (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7) do TM – Landsat 5.

2.2. Reflectância monocromática

A Reflectância monocromática de cada banda ($\rho_{\lambda i}$), definida como sendo a razão entre o fluxo de radiação solar refletido e o fluxo de radiação solar incidente, foi obtida segundo a Equação 2 (Allen et al., 2002 e Silva et al., 2005):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi L_{\lambda i}}{K_{\lambda i} \cos Z d_r} \quad (2)$$

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 d_r é o inverso do quadrado da distância relativa Terra-Sol, dada pelo método de Iqbal (1983).

2.3. Albedo no topo da atmosfera e da superfície

O albedo no topo da atmosfera (α_{toa}), isto é, o albedo não corrigido (Equação 3), expresso pela combinação linear das refletâncias monocromáticas, e o albedo da superfície (α_s), corrigido pelos efeitos atmosféricos (Equação 4), foram obtidos através das equações:

$$\alpha_{toa} = 0,293\rho_1 + 0,274\rho_2 + 0,233\rho_3 + 0,157\rho_4 + 0,033\rho_5 + 0,011\rho_7 \quad (3)$$

$$\alpha_s = \frac{(\alpha_p - 0,04)}{TT_r} \quad (4)$$

Onde TR é a transmissividade atmosférica dada pela Equação 5:

$$T_r = 0,75 + 2,10^{-5}z \quad (5)$$

Em que ρ_1 , ρ_2 , ρ_3 , ρ_4 , ρ_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 (Bastiaansen, 2000 e 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).

2.4. 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, sendo visualizado na Equação 6 (Tucker, 1979 e Tasumi, 2003):

$$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (6)$$

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.

3. Resultados e Discussão

O processamento das imagens de NDVI dos anos de 1991 a 2011 foram divididos em quatro classes, conforme contextualização abaixo.

No mapa de 1991 da referida ZPA (Figura 1), as 4 classes em que foram divididas as áreas de cobertura vegetal, evidenciando-se à partir das cores da legenda, o grau de exuberância da mesma. Entre os valores de -1 à -0,5 representado pela cor laranja, percebemos áreas do mapa onde há ausência de vegetação; entre os valores de -0,5 e 0 representado pela cor amarela, a presença de uma vegetação rala; entre os valores de 0 à 0,5 representados pela cor verde, a presença de uma vegetação de porte médio; e entre os valores de 0,5 à 1 representado pela cor azul escura, a presença de uma vegetação densa.

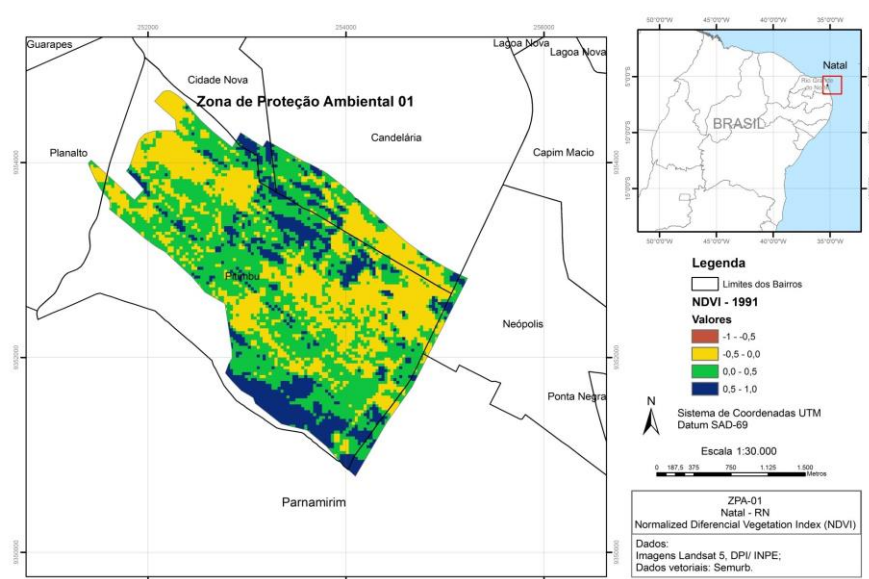


Figura1. NDVI para o dia 01/08/1991.

Analisando o NDVI para o ano de 2011 (Figura 2), se comparado com o NDVI de 1991, percebemos uma redução considerável da cobertura vegetal da ZPA – 1, com valores que vão de -1 à -0,5 representado pela cor laranja; nos valores que vão de -0,5 à 0 percebe-se também um aumento das áreas de vegetação rala representados pela cor amarela; nos valores entre 0 e 0,5 representados pela cor verde também observa-se uma perda considerável da vegetação de porte médio; e numa intensidade maior de devastação, observamos alguns resquícios de vegetação densa nos valores de 0,5 à 1 que restaram da cobertura vegetal.

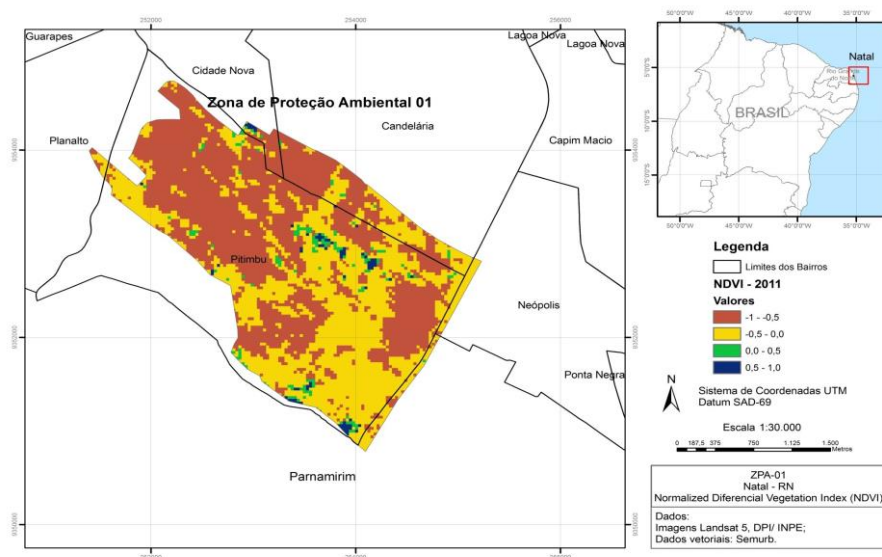


Figura 2. NDVI para o dia 09/09/2011.

No mapa diferença do NDVI de 1991 a 2011 (Figura 3) as perdas da cobertura vegetal mostrando-se ao longo de 20 anos. Desta maneira, percebe-se a predominância de áreas desnudas que vão dos valores de -1 a -0,5 representados pela cor marrom; entre os valores de -0,5 a 0 representado pela cor amarela, percebe-se também o avanço da vegetação rala, uma

vez que as vegetações de porte médio e vegetação densa foram retiradas; nos valores que vão de 0 a 0,5 percebe-se alguns poucos pontos de vegetação de médio porte representados pela cor verde; e entre os valores que vão de 0,5 a 1 representados pela cor azul, evidencia-se a perda quase que total de vegetação densa.

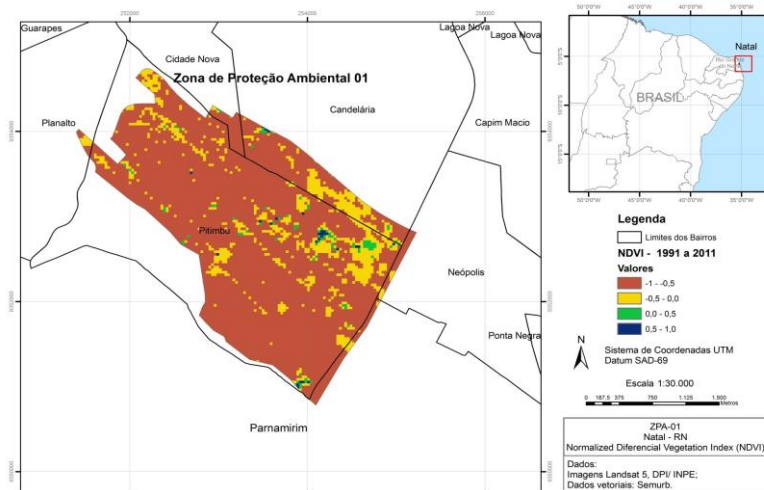


Figura 3. NDVI para o período de 1991 e 2011.

No mapa da ZPA 1 (Figura 4), que visa evidenciar as evoluções tanto de perda quanto de ganho de vegetação percebemos as duas situações ocorrendo em áreas diferentes. Quanto mais próximo o valor for de 0, conclui-se que não houve perda nem ganho de cobertura vegetal, situação representada pelas cores amarela e verde respectivamente; quanto mais próximo das extremidades representadas pela cores marrom e azul nos valores de -3 a 3, percebe-se uma evolução tanto de perda quanto de ganho de cobertura vegetal, ou seja quanto mais próximo de -3 maior a evolução de perda de vegetação e quanto mais próximo de 3 maior a regeneração ou evolução da cobertura vegetal.

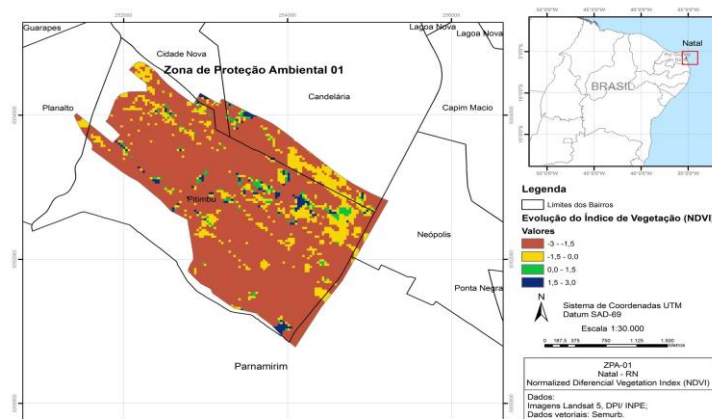


Figura 4. Evolução do NDVI para o período de 1991 a 2011.

No mapa representado pela figura 5 identificamos através de porcentagem, a relação de perda versus ganho de cobertura vegetal. Os valores positivos indicam expansão da vegetação (evolução em termos de ganho), representadas pelas cores que vão da verde escura até a azul

escura, enquanto que os valores negativos apontam para um decréscimo da vegetação (evolução em termos de perda) que vai da cor verde clara até a cor marrom. As feições iguais a 0 são estanques, ou seja, elas não representam nem perda nem ganho de vegetação.

A ZPA-1 apresenta um forte declínio (marrom) na área do dossel da vegetação, uma média de 100%, predominando em toda a zona analisada. Essas podem estar associadas à especulação imobiliária, com uma forte incidência entre os anos de 1991 a 2011.

Ao Norte fronteira dos bairros da Candelária e Cidade Nova apresenta uma área com perdas e ganhos de vegetação (20 a - 20%), que pode estar associada à política e planejamento no uso do solo dessa área, por ser urbanizada desde os anos 70.

Ao Sul da ZPA-1 entre as fronteiras dos bairros de Pitimbu e Neópolis percebemos casos semelhantes aos que ocorreram ao Norte da ZPA-1, com ganhos e perdas que vão de (-60% a 40%), ou seja, há uma área degradada maior, mas também houve evolução no ganho da cobertura vegetal em áreas pontuais.

Ao leste da ZPA-1 fronteira com os Bairros de Neópolis e Capim Macio apresentam uma evolução positiva da vegetação (ganho de 100%), por ser uma área de preservação, devido à fiscalização existente na área, principalmente por localizar-se dentro dos domínios do Parque da cidade.

A Oeste da ZPA-1 entre os Bairros Planalto e Pitimbu, percebe-se na mesma área que houve uma degradação da cobertura vegetal (100%) superior aos ganhos de áreas com cobertura, e pequenas áreas em azul onde teve ganho de cobertura onde não havia vegetação.

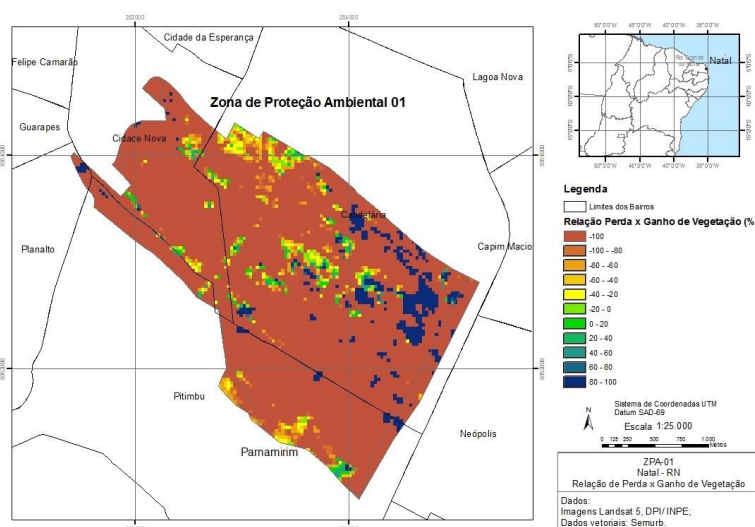


Figura 5. Perda versus ganho de vegetação em %

5. Conclusões

A Zona de Proteção Ambiental – ZPA1 da cidade de Natal/RN nos últimos vinte anos tem passado por um processo de degradação com forte intensidade, ou seja, perda de suas características naturais, principalmente florística. Na região ao sul da ZPA tem-se mostrado mais vulnerável à degradação florística, visto que a especulação imobiliária se faz mais atuante. Há pequenas áreas preservadas, mas a maioria apresenta perda de vegetação. A preservação das áreas é de suma importância para a qualidade do clima da cidade, uma vez que a cobertura vegetal atenua a ação dos raios do sol. Portanto, se faz necessário que o poder

público fiscalize com mais rigor as áreas das ZPA's, para que a população possa usufruir de temperaturas mais agradáveis na cidade do Natal.

Referências Bibliográficas

ALLEN, R.G.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; WATERS, R; BASTIAANSEN, W. Surface Energy Balance Algorithms for Land (SEBAL). **Advanced Training and users Manual**, Kimberly, Idaho, v.1,0, 2002.

BRANDÃO, A.M.P.M. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. In: MONTEIRO, C.A.F; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo. Editora Contexto, 2011, cap. 4, p.121-153.

CESTARO, L. A.; ARAÚJO, T. S. Mapa de cobertura vegetal da Zona de Proteção Ambiental 1 (ZPA-1). In: **Diagnóstico Ambiental da ZPA - 1 e seu entorno**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Fundação Norte-Rio-Grandense de Pesquisa e Cultura. Departamento de Geografia, 2008.

DI PACE, F.T; SILVA, B.B.S; SILVA, V.P.R.; SILVA, S.T.A. Mapeamento do saldo de radiação com imagens Landsat 5 e modelo de elevação digital. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.12, n.4, p.385-392, 2008.

IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. New York: Academic Press. 1983.

MELO, F.T.L.; LIMA, Z.M.C; ARAÚJO, T.S. Mapa Geomorfológico e Geológico. In: **Diagnóstico Ambiental da ZPA-1 e seu entorno**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Fundação Norte-Rio Grandense de Pesquisa e Cultura. Departamento de Geografia, 2008.

MARKHAM, B. L., Barker, J. L. Thematic mapper band pass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, v. 8, n. 3, p.517-523, 1987. Disponível em: http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo1/054.pdf. Acesso em 15 de Jan 2012.

SILVA, L; COSTA FILHO, J.F; LIMA, E. R.V; ALMEIDA, H.E. Análise do albedo e do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) em uma bacia hidrográfica, usando o sebal - surface energy balance algorithm for land. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, **Anais...** Curitiba, PR, 2005.

SILVEIRA, A.H.M.; COSTA JÚNIOR, N. P; SILVA, F.M. **Mudanças climáticas: Cenário futuro para Natal – RN através de técnicas de sensoriamento remoto**. In: IV Simpósio Internacional de Climatologia, Natal/RN, 2011.

TASUMI, M. **Progress in operational estimation of regional evapotranspiration using satellite imagery**. PhD thesis, Dept. Biological and Agricultural Engineering, University of Idaho. 2003.

TEZA, C.T.V; BAPTISTA, G.M.M. **Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados aster on demand 08 – kinetic temperature (III): metrópoles brasileiras**. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 3911-3918. **Anais...** Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.01.17.52/doc/3911.pdf>. Acesso em 10 Jan 2012.

TUCKER, C.J. red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environments** 8:127-150. Disponível em: <http://www.cgd.ucar.edu/vemap/ndvi.html>. Acesso em 31 Jan 2012.