



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

**UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE LIVRE NA ANÁLISE DE TEMPERATURA E  
USO DO SOLO, PARA REGIÃO DE RIBEIRÃO PRETO.**

**MAURÍLIO NEEMIAS DOS SANTOS**

**MACEIÓ, AL  
Março de 2017.**

**MAURÍLIO NEEMIAS DOS SANTOS**

**UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE LIVRE NA ANÁLISE DE TEMPERATURA E USO  
DO SOLO, PARA REGIÃO DE RIBEIRÃO PRETO.**

**Dissertação de Mestrado apresentada à  
Coordenação de Pós-Graduação em Meteorologia-  
MET/UFAL, como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Mestre em Meteorologia- Área  
de concentração: Sensoriamento Remoto.**

**Orientador:**

**Prof. Dr. Heliofábio Barros Gomes**

**MACEIÓ, AL**

**Março de 2017.**

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**

Bibliotecária: Helena Cristina Pimentel do Vale

S237u Santos, Maurílio Neemias.  
Utilização de software livre na análise de temperatura e uso do solo, para região de Ribeirão Preto / Maurílio Neemias Santos – 2017.  
46 f.: il.

Orientador: Heliofábio Barros Gomes.  
Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2017.

Bibliografia: f. 39-46.

1. Sensoriamento remoto. 2. Índice de vegetação da diferença normalizada. 3. Geoprocessamento. 4. Qgiz. 5. OLI Landsat 8. 6. Solo – Uso – Ribeirão Preto (SP).  
I. Título.

CDU: 528.8(815.6)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS  
COORDENAÇÃO DO MESTRADO EM METEOROLOGIA

### ATA DE APRESENTAÇÃO PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos vinte e dois dias do mês de março ano de dois mil e dezessete, às 14h00min horas, na sala de Multimeios (ICAT), Campus A. C. Simões da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) perante a Banca Examinadora composta pelo Prof. Dr. Heliofábio Barros Gomes– Orientador – Prof. Dr. Ricardo Ferreira Carlos de Amorim- Membro Interno, Prof. Dr. Rosiberto Salustiano da Silva Junior - Membro Interno e Prof. Dr. Washington Luiz Félix Correia Filho- Membro Externo – o senhor **Maurilio Neemias dos Santos**, sob a orientação do Prof. Dr. Heliofábio Barros Gomes, apresentou publicamente uma dissertação intitulada: **“ANÁLISE DA TEMPERATURA SUPERFICIAL E COBERTURA DO SOLO NA REGIÃO DE RIBEIRÃO PRETO UTILIZANDO SOFTWARE LIVRE.”** número de série, **MET-UFAL-MS-143**, como requisito para a obtenção do Grau de Mestre em Meteorologia, área de concentração: Processos de Superfície Terrestre. Após a apresentação, e, seguindo o regimento do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da UFAL no seu Artigo 19, a Banca Examinadora considerou o senhor **Maurilio Neemias dos Santos aprovado**. Ainda de acordo com o parágrafo único do Artigo 19, o Diploma de Mestre em Meteorologia - área de concentração Processos de Superfície Terrestre será expedido a requerimento do concluinte, anexado a no mínimo 07 (sete) cópias da versão definitiva da dissertação, satisfeitas as modificações indicadas pelos relatores e Banca Examinadora. Eu, Geórgenes Hilário Cavalcante Segundo, Coordenador do Curso de Mestrado em Meteorologia da UFAL, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos componentes da Banca Examinadora.

Maceió-AL, 22 de março de 2017.

Prof. Dr. Geórgenes Hilário Cavalcante Segundo  
(Coordenador)

Prof. Dr. Heliofábio Barros Gomes  
(Orientador)

Prof. Dr. Ricardo Ferreira Carlos de Amorim  
(Membro Interno)

Prof. Dr. Rosiberto Salustiano da Silva Junior  
(Membro Interno)

Prof. Dr. Washington Luiz Félix Correia Filho  
(Membro externo)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico minha dissertação para todos aqueles que fizeram do meu sonho real, me proporcionando força para que eu não desistisse de ir atrás do que eu busco para minha vida. Muitos obstáculos foram impostos para mim durante esses últimos anos, mas graças a vocês eu não fraquejei. Obrigado primeiramente a Deus, a minha família, professores, amigos e colegas.

## **AGRADECIMENTO**

A Deus por me dar Forças, permanecer comigo em todos os momentos e permitir que eu alcançasse mais uma vitória.

As pessoas mais importantes da minha vida, minha bisavó, Maria Isabel Conceição Silva e meus avós, Maria Lucia dos Santos e Lourival Raimundo dos Santos, com os quais descobri o significado de amor.

Aos Meus Pais, José Pedro dos Santos e Maria Marli da Silva Santos.

A meu orientador, Heliofábio Barros Gomes, pela orientação, apoio, e além de tudo amizade.

Aos amigos conquistados durante esses anos: Washington Correia, Hugo Carvalho, Jeová Junior, Eridiany Ferreira da Silva, Nareida Delgado, Edmara, Leopoldo.

Aos amigos do Laboratório de sensoriamento Remoto - SENSORGEO ICAT/UFAL: Ismael Guidson, Thaís Marques, Laurizio Ribeiro, Ivens Peixoto, Felipe Sousa, Dimas Santiago.

A todos os meus professores da Pós-Graduação por todos os ensinamentos e contribuição na minha vida acadêmica.

As minhas queridas cachorrinhas Pandora e Belinha e minha gata Luna.

A CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio dado ao desenvolvimento desta pesquisa.

"Não confunda derrotas com fracasso nem vitórias com sucesso. Na vida de um campeão sempre haverá algumas derrotas, assim como na vida de um perdedor sempre haverá vitórias. A diferença é que, enquanto os campeões crescem nas derrotas, os perdedores se acomodam nas vitórias."

Roberto Shinyashiki.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização do município de Ribeirão Preto (SP), indicando a sua posição em níveis nacional e estadual.....	21
Figura 2	Diagrama esquemático, resumindo todas as etapas do processamento das imagens.....	24
Figura 3	Localização das áreas de Mata Nativa (A), Agricultura de Cana de Açúcar (B), Corpo de Água (C) e Malha Urbana (D).....	27
Figura 4	Imagem de temperatura de superfície de Ribeirão Preto-SP, no ano de 2013 (A), 2014 (B) e 2015 (C).....	28
Figura 5	Figuras 2B e 2C Mostraram o aumento de temperatura de superfície quando comparadas com o ano de 2013, para o ano de 2014.....	29
Figura 6	Temperatura de superfície quanto à ocupação do solo da cidade de Ribeirão Preto-SP, nos anos de 2013, 2014 e 2015 .....	30
Figura 7	IVDN para os anos de 2013 (A), 2014 (B) e 2015 (C).....	31
Figura 8	Comparação entre IVDN e Temperatura de superfície para o ano de 2014, em quatro pontos diferentes, Mata Nativa, Agricultura de Cana de Açúcar, Corpo de Água e Malha Urbana. ....	32
Figura 9	Índice de Desconforto Térmico para os anos de 2013, 2014 e 2015.....	33



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	caracterização na qual se é apresentado um resumo das 11 bandas espectrais que compõe o OLI e TIRS – Landsat 8.....	18
Tabela 2	Distribuição das classes do Desconforto Térmico (Thom, 1959).....	23

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>
RMBS	Região Metropolitana Ribeirão Preto	
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite	
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais	
NASA	National Aeronautics and Space Administration	
MSS	Multispectral Scanner System	
TM	Thematic Mapper	
NOAA	National Oceanic Atmospheric Administration	
EOSAT	Earth Observation Satellite	
USGS	United States Geological Survey	
DGI	Divisão de Geração de Imagens	
$c_p$	Calor específico do ar a pressão constante	(J/kg)
$L_\lambda$	Radiância Espectral	( $\mu\text{m}$ )
$\rho_\lambda$	Reflectância Monocromática	
$ESUN_\lambda$	Irradiância solar média	( $\text{W}/\text{m}^2\mu\text{m}$ )
$\Theta$	Ângulo de incidência da radiação solar	(Graus)
MED	Modelo de Elevação Digital	
$\Gamma$	Ângulo do aspecto da superfície	(Graus)
$\alpha_{toa}$	Albedo no topo da atmosfera	
$\rho_{atm}$	Reflectância atmosférica	
$\tau_{in,b}$	Transmitância da radiação solar incidente	
$\tau_{out,b}$	Transmitância da radiação solar refletida	
$C_n$	Coeficientes SMARTS2	
$\eta$	Ângulo de visada do sensor com relação a superfície horizontal	(Graus)
$\alpha$	Albedo da superfície	
$C_b$	Parâmetro relativo a cada uma das bandas	
$w_\lambda$	Coeficiente de peso de cada banda	
IVDN	Índice de vegetação por diferença normalizada	
IVAS	Índice de vegetação ajustado ao solo	
IAF	Índice de área foliar	
$\epsilon_{NB}$	Emissividade infravermelha da superfície	
$\epsilon_0$	Emissividade atmosférica	
$T_s$	Temperatura da superfície	(K)

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	i
LISTA DE TABELAS .....	ii
LISTA DE SÍMBOLOS .....	iii
RESUMO .....	11
ABSTRACT .....	12
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
2.1 Sensoriamento Remoto.....	15
2.2 Satélites LANDSAT .....	16
2.3 Qgis.....	19
2.4 Índices de Vegetação: IVDN, IVAS e IAF .....	19
2.5 Temperatura de Superfície.....	20
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
3.1. Área de Estudo.....	21
3.2 Dados obtidos .....	23
3.3 Obtenção e tratamento das imagens .....	24
3.4 Radiância monocromática .....	25
3.5 Refletância monocromática .....	25
3.6 NDVI .....	25
3.7 Temperatura do Solo.....	26
4 Resultados e Discussão.....	26
Mapas temáticos de Temperatura.....	28
Mapas temáticos NVDI.....	32
5 Conclusões.....	34
5.1 Conclusões.....	34
5.2 Recomendações.....	35
Referência Bibliográfica.....	45

## RESUMO

O uso de técnicas de sensoriamento remoto nos últimos anos tem se tornado cada vez mais constante nas pesquisas sobre a cobertura vegetal, direcionando as mais variadas aplicações, principalmente quando se deseja analisar e identificar padrões de alteração no local estudado de forma clara e objetiva, visando assim obter maior conhecimento em áreas de difícil acesso. A eficiência na obtenção de dados gera resultados confiáveis principalmente com relação a dados meteorológicos com um baixo custo. O presente trabalho teve como objetivo analisar a influência dos diferentes usos e ocupação do solo na temperatura aparente da superfície no município de Ribeirão Preto (21°10'39"S; 47°48'37"W; 546 m), através de imagens do satélite Landsat 8 captados nos dias 26/10/2013, 11/09/2014 e 16/10/2015. Para o geoprocessamento das imagens utilizou-se o software Qgis. O módulo thermal foi utilizado para transformação dos níveis de cinza em graus celsius. Foram analisadas seis classes de uso: Mata Nativa, Agricultura de Cana de Açúcar, Área de Mineração, Corpo de Água, Malha Urbana e Mata Ciliar. As diferentes classes de uso e ocupação do solo influenciaram diretamente na temperatura, evidenciando que áreas com maior disponibilidade de água e vegetação podem influenciar na amenização dos efeitos de anomalias térmicas.

**Palavra Chave:** Sensoriamento remoto, Temperatura, NDVI, Qgis, OLI Landsat 8.

## ABSTRACT

The use of remote sensing techniques in recent years has become increasingly constant in the research on a vegetation cover, directing as more varied applications, especially when analyzing and identifying patterns of change not studied **locally** in a clear and objective way, aiming to acquire knowledge in areas of difficult access. The efficiency of data collection is essentially based on low-cost **meteorological** data. The present work had as objective to analyze an influence of the different uses and occupation of soil in the surface of the municipality of Ribeirão Preto (21 ° 10'39 "S, 47 ° 48'37" W, 546 m), through images of Do Landsat 8 satellite captured on 10/26/2013, 9/11/2014 and 10/16/2015. For the geoprocessing of the images, the Qgis software was used. The thermal module used for transforming gray levels into degrees Celsius. Six classes of use were analyzed: Native Forest, **Sugar Cane Agriculture**, Mining Area, Water Body, **Urban Loop** and **Riparian Forest**. As different classes of land use and occupation directly influence the apparent temperature observed, evidencing that the areas with greater availability of water and vegetation can influence the mitigation of the effects of thermal anomalies.

**Key-words: Remote Sensing, Temperature, NDVI, Qgis, OLI Landsat 8.**

## 1 INTRODUÇÃO

A interação entre a sociedade e a natureza é um processo extremamente dinâmico, as modificações quanto ao uso e ocupação do solo vêm resultando em sérios problemas de ordem socioambiental, no qual se tem como resultados desses problemas ocupações irregulares em zona de preservação ou próximos a rios, problemas de saneamento básico e fenômenos de inversão térmica comum em grandes centros urbanos, ilhas de calor. Estes problemas geralmente estão associados a problemas de organização e planejamento na construção e crescimento de cidades, levando a sério problemas de ordem territorial e desenvolvimento urbano.

As alterações na cobertura do solo não mudam apenas a paisagens física, também se altera a dinâmica dos raios solares por ela refletida, em que diferentes usos de terra e cobertura vegetal apresentam distintos valores de temperatura superficial, com diferentes valores de absorção, emissividade e irradiação existente entre eles. Logo, as alterações decorrente das mudanças do uso e cobertura do solo causam diferentes impactos ao ambiente, tanto de ordem natural, social e econômica, de acordo com Pereira (2012).

A temperatura de superfície além de ser importante para se entender das interações entre a superfície e a atmosfera e para a modelagem, vem sendo bastante utilizada para a modelagem de modelos climáticos, além de que a  $T_s$  também pode ser especificamente sensível à vegetação e umidade do solo, e vem sendo utilizada também para detectar mudanças na cobertura da terra (Mallick, 2008; Amiri, 2009; Ifatmenhin & Adeyemi, 2008; Arantes, 2013).

Pereira et al, (2012), afirma que a temperatura de superfície em diferentes tipos e ocupações do solo podem fornecer subsídios para a gestão e planejamento ambiental de uma região

Novo, (2008) explica que na interpretação dos dados de infravermelho termal é necessário utilizar a função inversa de Plank, pois o sensor mede a radiância espectral e o que se quer estimar é a temperatura.

Em imagens de satélite que captam o infravermelho, como o sensor TIRS do Landsat 8, pode-se estimar a temperatura superficial ( $T_s$ ) e estabelecer sua relação com o uso e cobertura do solo utilizando índices de vegetação como o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Para que se tenha uma melhor visualização e entendimento da relação entre os mesmos, apresentando uma distribuição dos valores estimados espacialmente.

O RGB um dos artifícios de maior utilidade na interpretação das informações do SR. Ela é fundamental para uma boa identificação e discriminação dos alvos terrestres. O olho

humano é capaz de discriminar mais facilmente matizes de cores do que tons de cinza. A composição colorida é produzida na tela do computador, ou em outro dispositivo qualquer, atribuindo-se as cores primárias (vermelha, verde e azul), a três bandas espectrais quaisquer. Este artifício é também conhecido como composição RGB (do inglês: Red, Green, Blue).

O NDVI é um índice de vegetação bastante utilizado no mapeamento e análise da cobertura e uso do solo, no qual este índice realça o comportamento espectral de áreas com vegetação em imagens orbitais, correlacionando com os aspectos biofísicos como biomassa, vigor da vegetação, cobertura do solo, dentre outros aspectos, Alvarenga e Moraes (2014).

Diante do exposto apresentado, esse trabalho tem como objetivo principal a obtenção de informações em áreas de (Cerrado, Mata e Cana-de-açúcar) mediante imagens obtidas aplicadas as diferentes classes de uso e ocupação do solo influenciaram diretamente na temperatura observada, evidenciando que áreas com maior disponibilidade de água e vegetação podem influir na amenização dos efeitos de anomalias térmicas. Utilizando imagens do satélite Landsat 8 para município de Ribeirão Preto - SP.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Sensoriamento Remoto

Sensoriamento remoto ou detecção remota é o conjunto de técnicas que possibilitam a obtenção de informações sobre alvos na superfície terrestre, através do registro da interação da radiação eletromagnética com a superfície analisada, realizado por sensores distantes, ou remotos. Geralmente estes sensores estão presentes em plataformas orbitais ou satélites, aviões no nível de campo.

Autores como Avery e Berlin (1992) e Meneses (2001) o sensoriamento remoto e utilizado para obter informações sobre objetos através de dados coletados por instrumentos que não estejam em contato físico como os objetos investigados. Por não haver contato físico a forma de transmissão dos dados (do objeto para o sensor) só pode ser realizada pela Radiação Eletromagnética, por ser esta a única forma de energia capaz de se propagar pelo vácuo.

Novo (1992), afirma que sensoriamento remoto pode ser definido como a utilização conjunto de sensores modernos e equipamentos para o processamento e transmissão de dados (aeronaves e espaçonaves), a fim de estudar o ambiente terrestre de forma global e periódica.

A designação dada à energia radiante emitida pelo Sol, em particular aquela que é transmitida sob a forma de radiação eletromagnética. Cerca de metade desta energia é emitida como luz visível na parte de frequência mais alta do espectro eletromagnético e o restante na do infravermelho próximo e como radiação ultravioleta.

A radiação solar fornece anualmente para a atmosfera terrestre  $1,5 \times 10^{18}$  kWh de energia, a qual, para além de suportar a vasta maioria das cadeias tróficas, sendo assim o verdadeiro sustentáculo da vida na Terra, é a principal responsável pela dinâmica da atmosfera terrestre e pelas características climáticas do planeta.

Sendo o sol a principal fonte de energia para vários processos que ocorrem em nosso planeta, podemos analisar, entretanto uma parte dessa energia e absorvida, chamada radiação direta, e outra parte é espalhada, sendo chamada de radiação difusa. Logo a soma dessas duas radiações é denominada radiação solar global (GOMES et al., 2009).

O principal tipo de energia capaz de se propagar através do espaço vazio e por quase toda troca de energia entre o planeta e o resto do universo é a radiação. (NOVAS, 2008) caracteriza a energia eletromagnética por se propagar em forma de ondas, as várias formas de energia são caracterizadas pelo seu comprimento de onda e frequência, compondo assim, o espectro eletromagnético.



Florenzano (2002) definiu o sensoriamento remoto como a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, através da captação ou registro pela energia refletida ou emitida pelos alvos. A origem dessa tecnologia data-se aproximadamente no ano de 1840 onde foram fotografadas áreas em função de um estudo sobre levantamento topográfico (Novo e Ponzoni, 2001). O primeiro satélite com instrumentos meteorológicos foi o vanguard2, lançado em 17 de fevereiro de 1959, (Kidder e Haar, 1995).

A radiação eletromagnética quando interagi, com objetos na superfície terrestre pode ser absorvida, refletida, transmitida e emitida de forma seletiva pelos alvos de acordo com sua característica físico-química da superfície do mesmo, essa semelhança é chamada de assinaturas espectrais. Segundo (IDEIÃI, 2009) a quantificação dessas interações gera o produto do sensoriamento remoto.

Meneses e Almeida (2012), afirmam que os tipos de dados de sensoriamento remoto a serem adquiridos dependem do tipo ou forma do objeto ou fenômeno estudado. O sensoriamento utiliza 4 tipos independentes de resolução: a resolução espacial, é definida pela capacidade do sensor dividir ou resolver os elementos na superfície terrestre determinando assim o tamanho do menor alvo que pode ser identificado em uma imagem; a resolução espectral, O sensor tem a capacidade de operar em várias e estreitas bandas espectrais. os sensores operam em centenas de bandas e são conhecidos como hiperespectrais; a resolução radiométrica, é o nível de quantização e sensibilidade do sensor em detectar pequenas variações; e a resolução temporal, que refere-se a frequência que o sensor revisa uma determinada área e obtém imagens periódicas ao longo de sua vida útil.

As informações obtidas a partir do sensoriamento remoto têm possibilitado o desenvolvimento de diversos trabalhos, tais como a avaliação da temperatura da superfície (Souza & Silva, 2005; Souza, 2007), estimativa do albedo da superfície (Silva *et al.*, 2005a), estimativa do balanço de radiação e de energia à superfície (Di Pace, 2003; Bezerra, 2004; Silva *et al.*, 2005b; Feitosa, 2005; Silva & Bezerra, 2006; Gomes et al., 2009) e a estimava da evapotranspiração (Bastiaanssen, 2000; Tasumi et al., 2003; Bezerra, 2006; Bezerra *et al.*, 2007).

## **2.2. Satélites Landsat**

Com o objetivo de adquirir dados espaciais e temporais da superfície da terra de forma global, contínua e repetitiva, em 23 de julho de 1972, a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), lançou o primeiro satélite espacial, originalmente chamado de ERTS 1 (*Earth Resources Technological Satellite*), hoje conhecido como Landsat 1, primeiro satélite

da série. O sistema Landsat é composto de 8 satélites lançados em intervalos de 3 a 4 anos, tendo o Landsat 6 fracassado em seu lançamento (Bezerra, 2006).

O principal sensor utilizado nas versões Landsat 1, 2 e 3, era o MSS (*Multispectral Scanner System*), que operava em quatro canais (dois no visível e dois no infravermelho próximo) e imageava a mesma área a cada 18 dias, com resolução espacial de 80 metros. Em 1982, foi lançado o Landsat 4, que portava além do sensor MSS, outro sensor de tecnologia mais avançada, o Thematic Mapper (TM), que registrava dados em sete bandas espectrais (três na região do visível, uma no infravermelho próximo, duas na região do infravermelho médio e uma no infravermelho termal), imageando a mesma área a cada 16 dias, com resolução espacial de 30 metros, exceto o canal termal, com 120 metros de resolução (Florenzano, 2007).

O Landsat 5 foi lançado em março de 1984 e é o único que ainda se encontra em atividade. De início, foi operado pela NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), mas em setembro de 1985 sua operação passou para a EOSAT (*Earth Observation Satellite*), hoje conhecida como Space Imagine. Em julho de 2001, o Landsat 5 e todos os seus arquivos voltaram ao controle estatal do governo americano e passou a ser operado pela USGS (*United States Geological Survey*) (Bezerra, 2006).

O Landsat 7 foi lançado em 15 de abril de 1999, mas não portava mais o sensor TM, que foi substituído pelo ETM<sup>+</sup> (*Enhanced Thematic Mapper Plus*). O sensor ETM<sup>+</sup> inclui um canal pancromático (cobrindo as regiões do visível e infravermelho próximo) com resolução espacial de 15 metros, possui canal termal com resolução de 60 metros e os demais canais têm resolução de 30 metros. No entanto, devido a problemas operacionais, parou de imagear em 2003 (Florenzano, 2007).

O Landsat 8 (também chamado de Landsat Data Continuity Mission) é um satélite estadunidense de observação da terra. É o oitavo da série de satélites do Programa Landsat e o sétimo a alcançar com sucesso a órbita terrestre. O satélite foi construído pela Orbital Sciences Corporation que serviu como contratante principal para a missão. Os instrumentos do satélite foram construídos pela Ball Aerospace e pelo NASA Goddard Space Flight Center e seu lançamento foi contratado para a United Launch Alliance.

Foi lançado em 11 de fevereiro de 2013. Durante os primeiros cerca de 100 dias em órbita, o LDCM passou por *check-out* e verificação pela NASA.

Uma vez completo, o LDCM foi entregue ao USGS e oficialmente renomeado Landsat 8. O Landsat 8 envia imagens com mais detalhes, cores mais reais e pormenores mais definidos.

O Brasil recebe imagens Landsat desde 1973 através de uma antena da estação de recepção do INPE (*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*) e desde a década de 60 desenvolve pesquisas no campo da ciência e tecnologia espacial, fazendo parte do seleto grupo de 18 países que dominam o conhecimento sobre o ciclo de desenvolvimento de satélites artificiais, sendo o único país em desenvolvimento convidado para participar do programa da Estação Espacial Internacional (Florenzano, 2007). Atualmente, as imagens Landsat 8 estão disponibilizadas no sítio do INPE, gratuitamente, o que representa um acervo importante de imagens, disponíveis aos pesquisadores.

De acordo com dados obtidos através do site [www.earthexplorer.usgs.gov](http://www.earthexplorer.usgs.gov), o sensor OLI - Landsat 8 apresenta uma caracterização na qual se é apresentado na tabela 1 um resumo das 11 bandas espectrais que compõe o OLI e TIRS – Landsat 8.

<b>Bandas Espectrais</b>	<b>Resolução Espectral (µm)</b>	<b>Resolução Espacial</b>	<b>Resolução Temporal</b>	<b>Área Imageada</b>	<b>Res. Radiométrica</b>
<b>(B1) COSTAL</b>	0.433-0.453	30m	16 dias	185 km	12 bits
<b>(B2) AZUL</b>	0.450-0.515				
<b>(B3) VERDE</b>	0.525-0.600				
<b>(B4) VERMELHO</b>	0.630-0.680				
<b>(B5) INFRAVERMELO PRÓXIMO</b>	0.845-0.885				
<b>(B6) INFRAVERMELHO MÉDIO</b>	1.560-1.660				
<b>(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO</b>	2.100-2.300				
<b>(B8) PANCROMÁTICO</b>	0.500-0.680	15m			
<b>(B9) CIRRUS</b>	1.360-1.390	30m			
<b>(B10) LWIR-1</b>	10.30-11.30	100m			
<b>(B11) LWIR-2</b>	11.50-12.50				

### 2.3. Qgis

A utilização de aplicativos computacionais para o uso de geoprocessamento de dados se iniciou no final do século, sendo sua maioria proprietários parte, ainda dificulta o acesso de cursos de graduação à estas tecnologias de ensino. Os cursos de geologia espalhados pelo Brasil estão, em sua maioria, alocados em instituições públicas, que carecem de verbas para a aquisição de onerosas plataformas de gerenciamento de dados espaciais. Com a entrada de novos aplicativos, desenvolvidos coletivamente e licenciados de forma livre pela Licença Pública Geral (GPL) e outras, este cenário começou a mudar na última década, pois já se encontram disponíveis programas de qualidade considerável a preços baixos, sobretudo para instituições públicas, e inclusive gratuitos (Nascimento et al., 2007).

Logo a ferramenta QGIS é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) amigável, um Software Livre licenciado sob a “GNU General Public License”. O QGIS é um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Ele é multiplataforma e roda em Linux, Unix, Mac OSX , Windows e Android e suporta vários formatos vetoriais, raster, de banco de dados e outras funcionalidades. O QGIS fornece um número crescente de capacidades através de suas principais funções e complementos. Você pode visualizar, gerenciar, editar, analisar os dados e compor mapas impressos, obter uma primeira impressão com algumas *screenshots* e uma lista de recursos mais detalhada.

O software é resultado do trabalho de um grupo de desenvolvedores, tradutores, autores de documentação e pessoas que ajudam no processo de lançamento de novas versões. Escrito em linguagem C++ e Python é administrado pelo Project Steering Committee, um grupo de técnicos e especialistas em geoprocessamento. Por tratar-se de um aplicativo baseado em uma biblioteca de código aberto, os usuários podem participar do processo de desenvolvimento do programa, escrevendo novas rotinas para as mais diversas aplicações relacionadas.

### 2.4. ÍNDICES DE VEGETAÇÃO: IVDN, IVAS e IAF

A inovação das relações funcionais entre as características da vegetação e dados coletados vem sendo objeto de vários estudos direcionados ao setor agrícola, florestal e até mesmo urbano. Para tentar minimizar a variabilidade gerada por fatores externos como, por exemplo, o solo e a atmosfera. A refletância espectral tem sido combinada e transformada em vários índices de vegetação.

O índice de Área Foliar (IAF) é utilizado para estimar a fração da radiação fotossinteticamente ativa absorvida pelos dosséis das plantas, bem como a percentagem da cobertura verde da superfície e biomassa. Isso acontece pelo fato dos altos índices de absorção dos pigmentos foliares nas regiões espectrais do vermelho e a alta reflectância no infravermelho próximo (Xavier e Vettorazzi, 2004).

O índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS) é o índice que tenta diminuir os efeitos do solo no cálculo do IVDN, logo os efeitos do solo molhado são calculados por este índice.

O IVDN vem sendo utilizado constantemente para avaliar o vigor da vegetação, auxiliar na detecção de desmatamentos, monitorar a cobertura vegetal, avaliar áreas de queimadas, dar suporte a previsão da produtividade de áreas agrícola e outras aplicações. O IVDN tem uma grande correlação para com o albedo, pois conclui-se que a região urbana o albedo é alto e o IVDN baixo e regiões com vegetação, albedo baixo IVDN alto.

O IVDN é calculado entre as bandas do vermelho (canal 4) e infravermelho próximo (canal 5). Os valores de IVDN variam entre -1 e +1, correspondendo assim a presença de água (lagos, rios...) quando o valor for inferior a zero, indo até uma vegetação exuberante quando o valor é mais próximo a + 1. Este índice permite identificar a presença da vegetação verde na superfície e caracterizar sua distribuição espacial como também sua evolução no decorrer do tempo. Para um melhor resultado na interpretação dos dados recebidos se faz necessário considerar os ciclos fenológicos anuais para se distinguir as oscilações naturais do estado da vegetação e as mudanças que esta estar sofrendo com os resultantes desmatamentos ou demais formas de intervenção.

A água tem valores negativos de IVDN, as nuvens refletem de forma semelhante no visível e infravermelho próximo de zero, o solo nu e com vegetação rala apresenta valores positivos porém, poucos elevados e vegetação densa, úmida e bem desenvolvida apresentando os maiores valores de IVDN.

## **2.5 TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE (TS)**

A temperatura de superfície terrestre ( $T_s$ ) é um elemento de grande valor nos processos físicos a superfície terrestre, em escala regional e global, relacionados ao balanço de energia, evaporação, transpiração vegetal, desertificação e pode ser utilizada como indicador de degradação terrestre e de mudança climática. A sua estimativa é uma tarefa difícil, pois separar os efeitos atmosféricos e as emissividades dos efeitos da temperatura de superfície nas medições de radiância é bastante complexo.

Faure (2002), afirma que as ferramentas do sensoriamento remoto permitem contornar parcialmente as dificuldades encontradas em campo. Fotografias aéreas foram utilizadas por muito tempo, sendo que recentemente utiliza-se as imagens de satélites para visualizar a extensão espacial de cidades e suas evoluções. Os imageadores dos satélites avaliam essas variações através das mudanças nos padrões de tonalidade e textura dos alvos.

Atualmente, a temperatura da superfície terrestre ( $T_s$ ) estimada por imagens termais obtidas por sensoriamento remoto, tem sido tema de várias pesquisas científicas (Becker & Li, 1990; Sobrinho, 1994).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Área de estudo

Ribeirão Preto é um município brasileiro no interior do Estado de São Paulo, Região Sudeste do país. Pertence a Mesorregião e Microrregião de Ribeirão Preto, localizando-se a noroeste da capital do Estado, distante desta cerca de 315 km, entre as latitudes e longitude, 21°10'36" Sul e 47°49'15" Oeste (Figura 1).

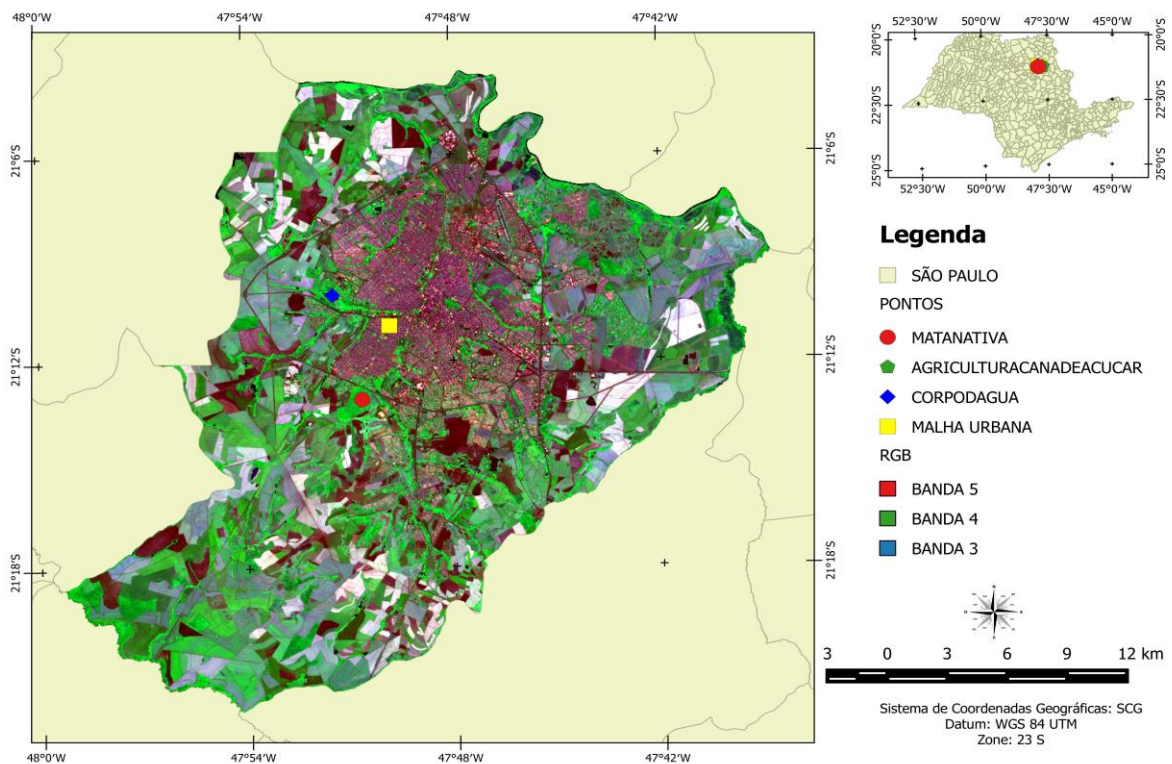


Figura 1 – Localização da Região de Ribeirão Preto.

Fonte: Autor, 2016.

Ocupa uma área de 650,955 km<sup>2</sup>, sendo que 127,309 km<sup>2</sup> estão no perímetro urbano e os 523,051 km<sup>2</sup> restantes constituem a zona rural. Sua população foi estimada pelo IBGE no

ano de 2015 em cerca de 666,323 habitantes, sendo o município que mais cresceu entre as maiores cidades do estado de São Paulo.

Entre os 30 maiores municípios brasileiros, a população de ribeirão-pretana foi a sexta com a maior taxa de aumento populacional (1,3%). Portanto, cresceu o dobro da capital paulistana, maior cidade do país e bem mais que a média (0,86%) do Brasil.

A sede tem uma temperatura média anual de 23,2°C e na vegetação original do município predomina a mata Atlântica. Segundo a definição de Köppen descrita por Peel M.C., Finlayson B.L. & McMahon T.A. (2007) o clima do município de Ribeirão Preto – SP é definido como tropical (Aw) do tipo mesotérmico brando, semi-úmido e apresenta um período seco de 4 a 5 meses que é característica deste tipo de clima.

O regime pluviométrico apresenta chuvas mal distribuídas durante o ano e concentradas principalmente no período do verão (dezembro e janeiro) onde se tem o índice pluviométrico médio de 118.5 mm anuais.

Com 99,7% de seus habitantes vivendo na zona urbana, o município contava em 2009 com 319 estabelecimentos de saúde. O seu Índice de Desenvolvimento Urbano (IDH) é de 0,800, considerando-se assim como elevado em relação ao país, sendo o vigésimo segundo maior do estado. Várias rodovias ligam Ribeirão Preto a diversas cidades paulistas, tais como a Rodovia Anhanguera e a Rodovia Cândido Portinari, havendo ainda disponibilidade de ferrovias e um aeroporto, o Doutor Leite Lopes.

Ribeirão Preto foi fundada em 1856, neste período a região recebia muitos mineiros que saíam de suas terras já esgotadas para a mineração e procuravam pastagens para a criação de gado. No começo do século XX, a cidade passou a atrair imigrantes, que foram trabalhar na agricultura ou nas indústrias abertas na década de 1910. O café, que foi por algum tempo uma das principais fontes de renda, se desvaloriza a partir de 1929, perdendo espaço para outras culturas e principalmente para o setor industrial. Na segunda metade do século XX foram incrementados investimentos nas áreas de saúde, biotecnologia, bioenergia e tecnologia da informação, sendo declarada em 2010 como “polo tecnológico”. Essas atividades atualmente fazem com que Ribeirão Preto tenha o 27º maior PIB brasileiro.

Além da importância econômica, o município é relevante centro de saúde, educação, pesquisas, turismo de negócios e cultura do Brasil. O Parque Prefeito Luiz Roberto Jábali, o Parque Maurílio Biagi e o Bosque-Zoológico municipal, configuram-se como importantes áreas de preservação ambiental, de recreação e passeios, enquanto que a Choperia Pinguim, o Teatro Dom Pedro II e o Estúdios Kaiser de Cinema, são relevantes pontos de atividades

culturais e de visitação por turistas. A cidade possui dois grandes eventos (feiras), a Feira Nacional do Livro de Ribeirão Preto e a tradicional e famosa Agrishow, que movimentou em 2016, mais de R\$ 1,95 bilhões, atraindo público de 152 mil visitantes.

### 3.2 Dados obtidos

Os dados necessários para a composição do NDVI e Temperatura em superfície foram obtidos do município de Ribeirão Preto (21°10'36"S; 47°49'15"W; 546 m), Estado de São Paulo. As imagens foram coletadas no período: (26/10/2013; 11/09/2014; 16/10/2015), nos biomas Mata nativa, Cana-de-açúcar e Malha urbana.

Foram utilizadas imagens pertencentes ao sensor OLI Landsat8, as bandas 4,3,2 foram utilizadas para efetuar a falsa cor Red, Green, Blue (RGB) e na identificação dos diferentes usos de solo.

O Índice de Desconforto (ID) proposto por Thom (1959) e adaptado por Giles et al. (1990) é dado em °C. O índice foi definido como segue:

$$ID = Ta - 0,55 * [(1 - 0,01 * UR) * (Ta - 14,5)]$$

Onde ID é o índice de desconforto (°C), Ta é a temperatura do ar média em graus Celsius (°C); UR é a umidade relativa média em porcentagem (%).

Tabela 2: Distribuição das classes do Desconforto Térmico (Thom, 1959).

Descrição	Classes do Desconforto (ID) °C
Bem estar (confortável).	ID < 21
Menos de 50% da população possui um ligeiro desconforto.	21 < ID < 24
Outros 50% da população possui um crescente desconforto.	24 < ID < 27
A maioria da população possui um relativo desconforto e há significativo deterioramento da condição psicofísica.	27 < ID < 29
Todos possuem um forte desconforto.	29 < ID > 32



Estado de emergência médica; desconforto muito forte.	ID<32
--	-------

### 3.3 Obtenção e tratamento das imagens

Para alcançar os objetivos da pesquisa foram utilizadas nove imagens da área de estudo, captadas pelo sensor OLI - Landsat 8, que foram adquiridas junto à Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Essas imagens correspondem à órbita 200 e ponto 75, obtidas aproximadamente às 13h10min (tempo legal) no dia 26 de outubro de 2013, 11 de setembro e 16 de outubro 2015. Esses dias foram selecionados por não apresentar cobertura de nuvens sobre a região de estudo, durante a passagem do Landsat 8 OLI sobre a área de estudo.

A seguir são descritas as etapas do processamento do no recorte da imagem órbita/ponto 200/75, objetivando a obtenção do NDVI e Temperatura desenvolvido através da ferramenta *Model Maker* do software ERDAS IMAGE 9.2 e a utilização do software livre Qgis.

Na Figura 2 está representado um diagrama esquemático, resumindo todas as etapas do processamento das imagens, visando proporcionar um melhor entendimento de todas as etapas computacionais da obtenção do albedo da superfície.

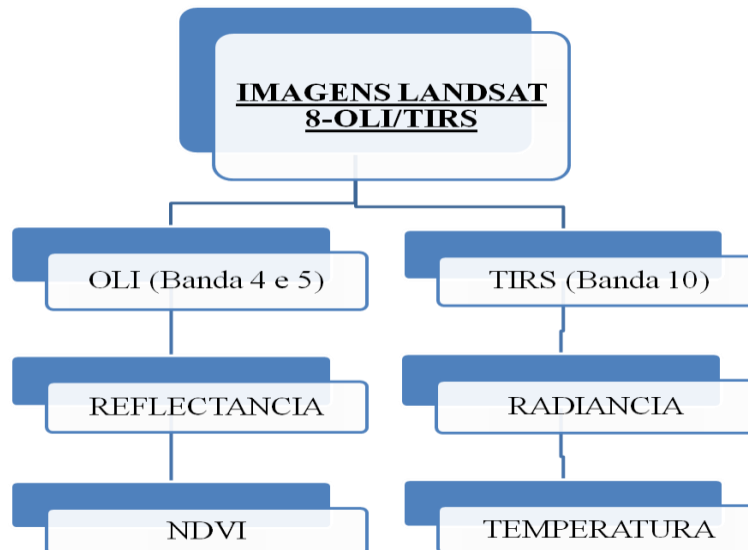


Figura 2 – Diagrama das etapas computacionais do processamento de obtenção do **NDVI** e **TEMPERATURA** da área em estudo.

### 3.4 Radiância monocromática

Para realizar o cálculo da temperatura de superfície, antes deve ser computado a radiância monocromática utilizando a banda 10 do sensor TIRS LANDSAT-8. Empregando os fatores de reescalonamento da radiância fornecidos nos metadados (USGS, 2016):

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

Onde:  $L_{\lambda}$  é a Radiância monocromática,  $M_L$  é o fator de reescalonamento multiplicativo específico,  $A_L$  é o fator de reescalonamento aditivo específico, e  $Q_{cal}$  é o valor pixel a pixel da cada.

### 3.5 Reflectância monocromática

Utilizando dados das bandas do sensor OLI (bandas 2, 3, 4, 5, 6, 7), calcula-se a Reflectância monocromática, que usa os coeficientes de reescalonamento presente nos metadados (arquivo MTL, disponibilizado juntos as imagens de satélite). Convertendo valores de ND (Número Digital) em reflectância monocromática da seguinte maneira (USGS, 2016):

$$\rho_{\lambda,b} = \frac{H_p Q_{CAL} + A_p}{\cos(\theta_{SE})} \quad (1)$$

Onde:  $\rho_{\lambda,b}$  é a Reflectância monocromática banda a banda,  $H_p$  redimensionamento multiplicativo específico de cada banda (valor constante -0,1),  $A_p$  é ao fator aditivo (valor constante 2E-5),  $Q_{CAL}$  valor pixel a pixel de cada banda (ND) e  $\theta_{SE}$  ângulo azimutal, que é calculado segundo a fórmula a seguir:

$$\theta_{SE} = 90 - \theta_{SZ} \quad (2)$$

Onde:  $\theta_{SZ}$  é o ângulo de elevação de sol, disponível nos metadados.

### 3.6 NDVI

Após a etapa de correção atmosférica as imagens estão pré-processadas e aptas para aplicação de mapas (NDVI) e para composição de bandas RGB. No caso do satélite Landsat-8 as bandas do infravermelho próximo (NIR) e o vermelho (R), correspondem respectivamente as bandas V e IV do sensor OLI (Operacional Land Imager). Portanto, o NDVI é obtido

através da razão entre a diferença das refletividades do infravermelho próximo ( $\rho_{IV}$ ) e do vermelho ( $\rho_V$ ) pela soma das mesmas (Allen et al.,2002):

$$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (1)$$

### 3.7 TEMPERATURA DO SOLO

Para a obtenção da temperatura da superfície –  $T_s$  para o LANDSAT-8 se utiliza a banda 10, do sensor TIRS, segundo a equação a seguir:

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

Onde:  $T_s$  é a temperatura de brilho (K),  $L_\lambda$  é a radiancia espectral no topo da atmosfera, para o LANDSAT-8  $K_1=774,88$  K e  $K_2=1321,08$ .

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variações de temperaturas estão relacionadas à forma como o solo é ocupado ou modificado interferindo no ambiente local, ou seja, as mudanças no uso e ocupação do solo podem propiciar alterações de temperatura, sendo que nas áreas mais densamente antropizadas, com emprego de materiais construtivos como fibrocimento e alumínio, pela maior absorção de energia tendem a apresentar os maiores valores de temperatura da superfície. (AMORIM et al., 2009; SANT'ANNA NETO, 2011). A Figura 3 mostra a localização de quatro pontos abordados no estudo sobre como a forma de ocupação do solo influencia positivamente ou negativamente de uma forma local.

Figura 3: Localização das áreas de Mata Nativa (A), Agricultura de Cana de Açúcar (B), Corpo de Água (C) e Malha Urbana (D).



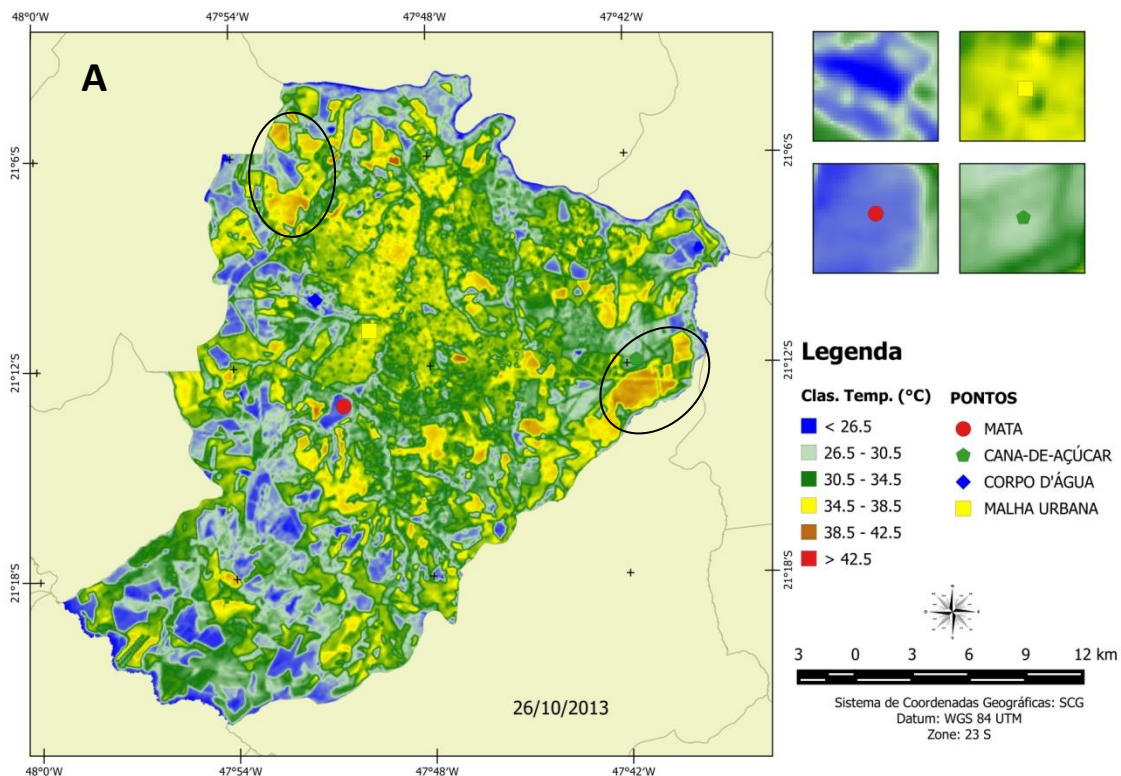
Fonte: Google Earth, 2016.

Estudos de clima urbano e geoprocessamento no Brasil analisaram a temperatura da superfície em áreas urbanas e constataram que a carta da temperatura da superfície é um importante indicador das mudanças no uso do solo e da qualidade ambiental urbana. (AMORIM et al., 2009; BARROS, 2013; LIMA e AMORIM, 2011; MOREIRA, 2011; ORTIZ, 2012).

Observou-se nas imagens referentes a temperatura de superfície da cidade de Ribeirão Preto-SP, os maiores valores referente a figura 2A foram entre 38,5 °C e 42,5°C em tonalidade laranja em pontos isolados, a predominância foram dos valores entre 30,5 °C e 38,5 °C tonalidades variando do verde ao amarelo. Observou-se a variação de temperaturas entre os 4 pontos em destaque, Mata Nativa, Agricultura de Cana de Açúcar, Corpo de Água e Malha Urbana. Os valores para a malha urbana entre 34,5°C e 38,5°C, pois os materiais que compõem as construções, como asfalto, concreto e áreas sem vegetação ajudam no aumento da temperatura local. A ausência de área vegetada influência diretamente nos valores, já que a

vegetação absorve a radiação para produção de fotossíntese, assim reduz as temperaturas locais. Como exemplo da mata nativa que apresentaram menores temperaturas de superfícies junto com os corpos d'água temperaturas menores que 26,5 °C.

Figura 4: Imagem de temperatura de superfície de Ribeirão Preto-SP, no ano de 2013 (A), 2014 (B) e 2015 (C).

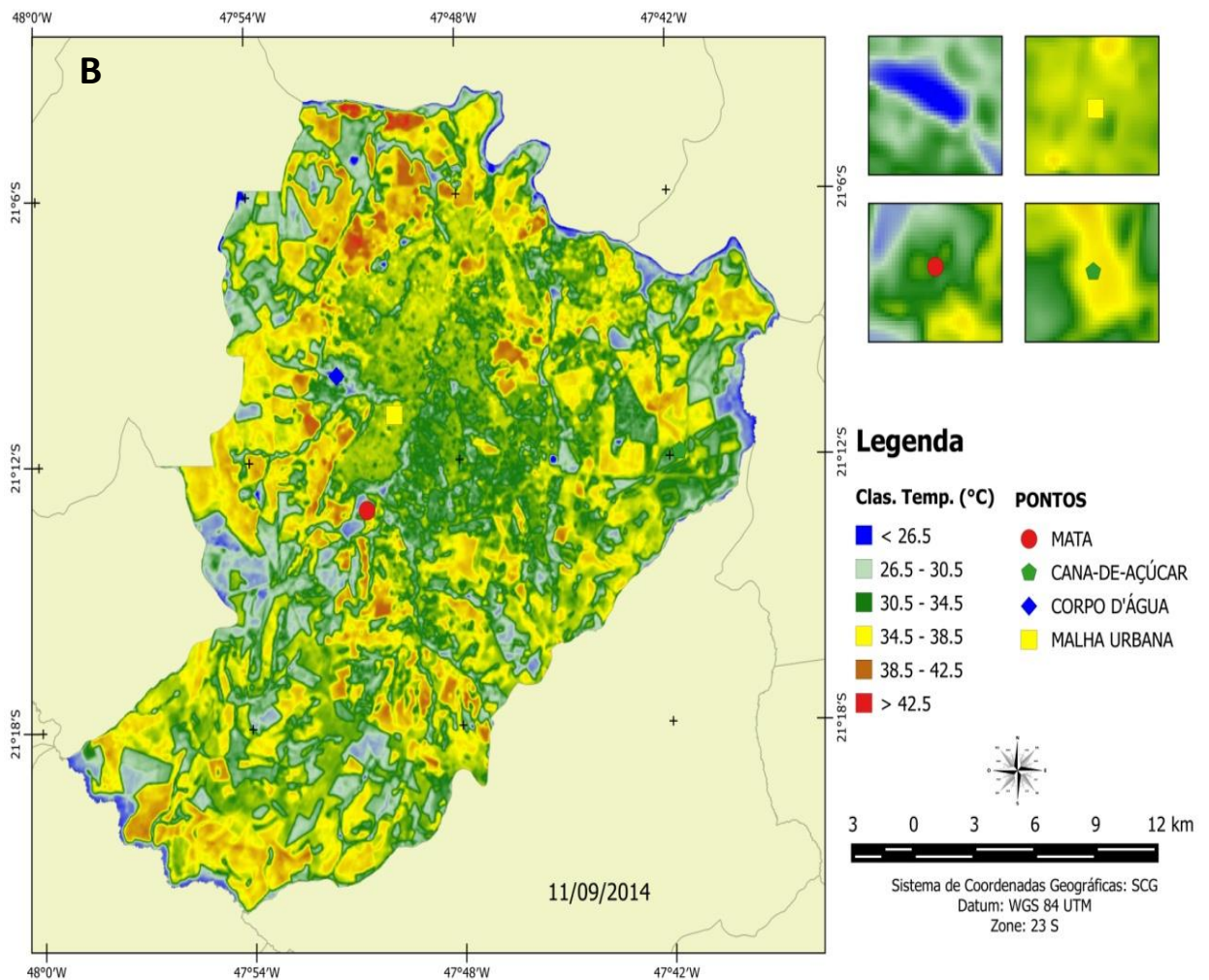


Fonte:

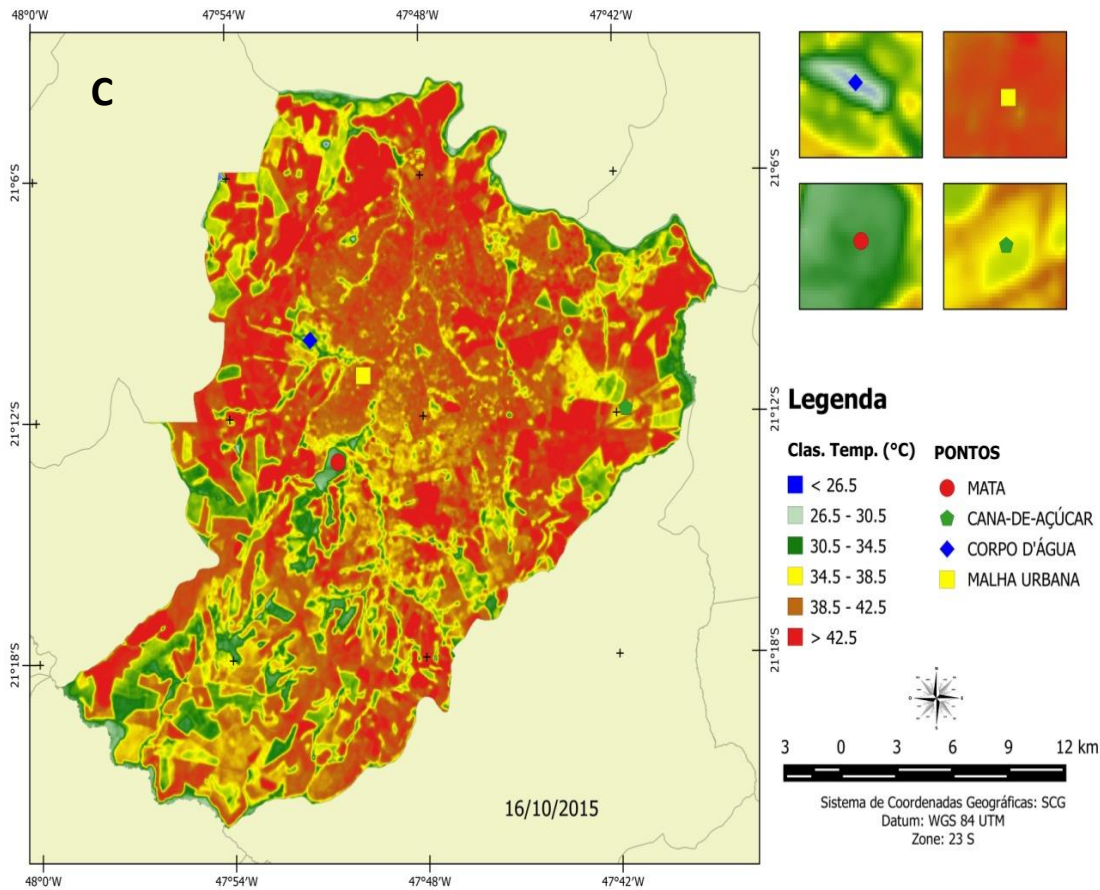
Autor, 2016.

As figuras 2B e 2C Mostraram o aumento de temperatura de superfície quando comparadas com o ano de 2013, para o ano de 2014 (2B) as maiores temperaturas foram entre 38,5 °C e > 42,5°C valores com tonalidades laranja ao vermelho, como mostrado na figura, as maiores temperaturas estão ligadas ao solo exposto. Na predominância de temperatura, houve um aumento com valores entre 34,5°C e 38,5°C, acréscimo de 4°C na faixa menor. No ano de 2015 as maiores temperaturas ultrapassaram 42,5 °C com predominância em toda a área de estudo com tonalidade vermelha. Possivelmente relacionado ao el niño 2015-2016, fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais no Oceano Pacífico Tropical. Altera o clima regional e global, mudando os padrões de vento a nível mundial, afetando assim, os regimes de chuva em regiões tropicais e

de latitudes médias. Assim a influência do El Niño atribuiu um aumento nas temperaturas da cidade de Ribeirão Preto-SP. As temperaturas da mata nativa e corpos d'água foram entre 30,5°C e 34,5°C acréscimos aproximados a 4°C entre 2015 e 2013, a área de malha urbana mostrou temperaturas de 44,5°C, um aumento de mais de 6°C em três anos. A área de agricultura as variações próximas de 4,5°C é em relação ao manejo da agricultura, crescimento da cana de açúcar e até a colheita, na medida em que se retira a plantação ela aumenta as temperaturas locais.



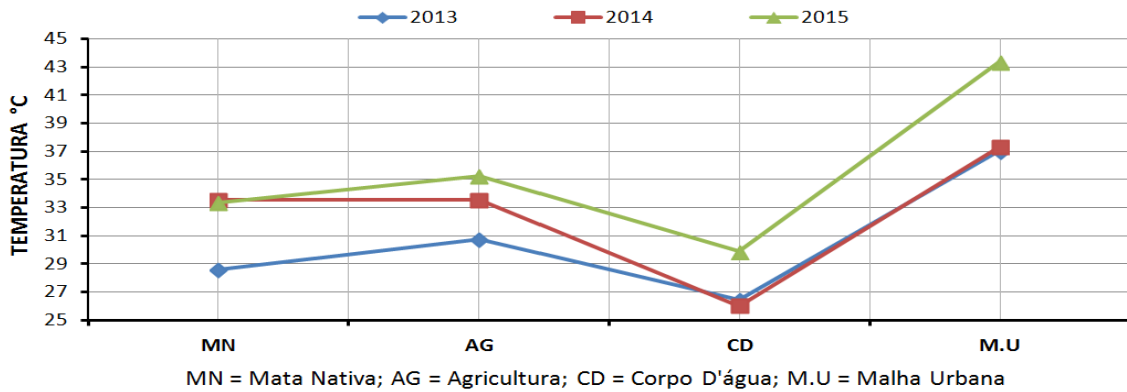
Fonte: Autor, 2016.



Fonte: Autor, 2016.

Quando se analisou a temperatura de superfície quanto à ocupação do solo, figura 3 mostrou que os menores valores foram referentes aos corpos d'água (CD), seguidos das matas nativas (MN), a variação da área de agricultura (AG) pode-se julgar quanto aos estágios da plantação de cana-de-açúcar. A diferença de uma área ocupada de forma desordenada por construções de cidades e uma área de vegetação natural é nítida, visto que áreas como a malha urbana (M.U) tem materiais com grande capacidade de retenção de energia, aumentando assim as temperaturas locais. Comparando os valores de temperatura entre 2013 e 2015, notou-se um aumento na temperatura de aproximadamente 4°C para as áreas de MN, AG, CD, na M.U a variação foi ainda maior, um aumento de 6°C em três anos, possível indicador do aumento na densidade construída da malha urbana de Ribeirão Preto-SP.

Figura 5: Temperatura de superfície quanto à ocupação do solo da cidade de Ribeirão Preto-SP, nos anos de 2013, 2014 e 2015.



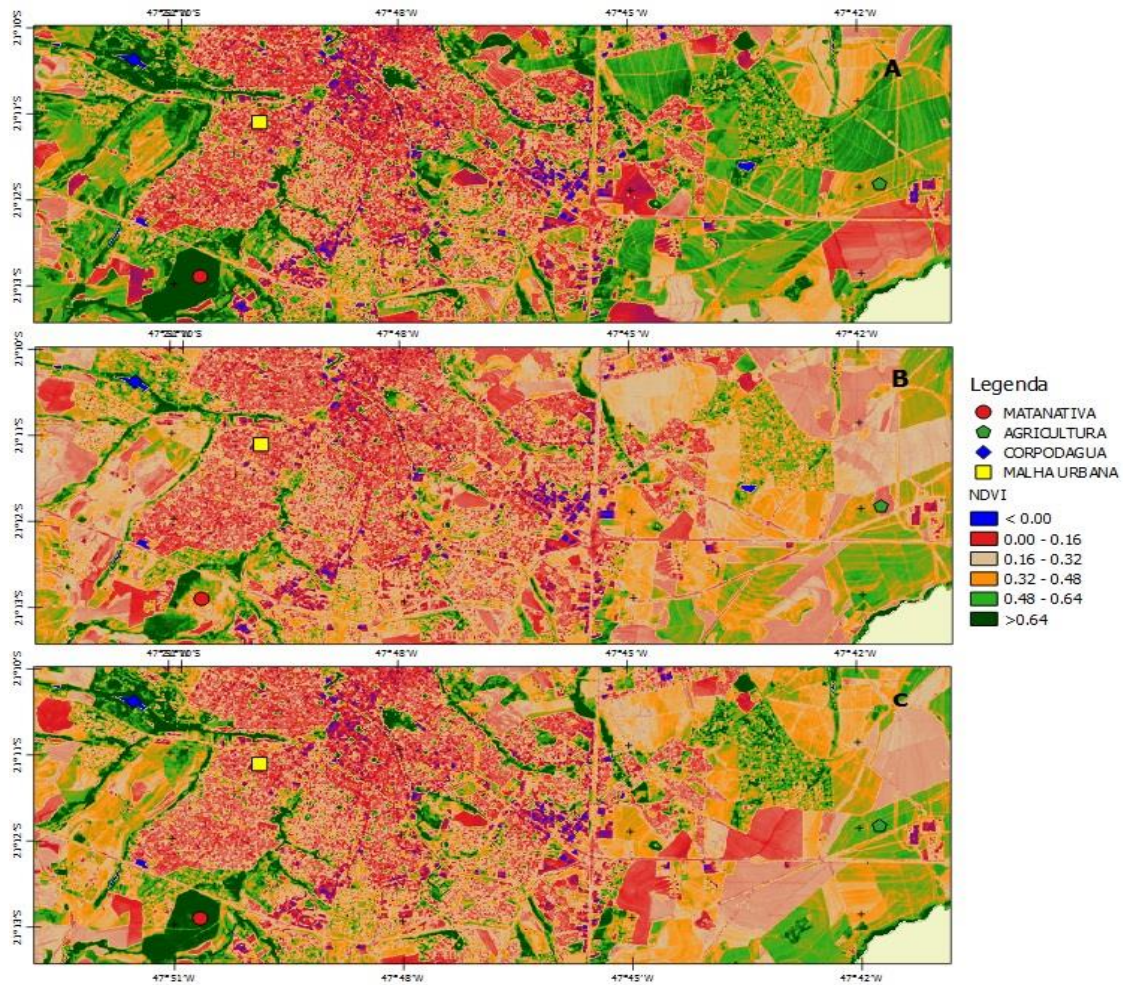
Fonte: Autor, 2016.

Através do IVDN se pode avaliar a quantidade e condição da vegetação verde, variando de  $-1$  a  $+1$ , para superfícies com alguma vegetação a variação é entre  $0$  e  $1$ , já para a água e/ou nuvens geralmente é menor que zero, negativos. Avaliando a figura 4 referente ao IVDN dos anos de 2013, 2014 e 2015, o ano de 2013 apresentou valores máximos  $>0,64$  para as áreas de mata nativa e áreas circunvizinhas do corpo d'água em tonalidades de verde-escuro, a área de agricultura se mostrou com valores entre  $0,32$  e  $0,64$  vegetação média variando de acordo com o crescimento ou colheita da vegetação, os menores valores foram encontrados nos corpos d'água e malha urbana, valores negativos e entre  $0,0$  e  $0,16$ , respectivamente. Na malha urbana os valores baixos se dão devido os adensamentos de construções, assim se há uma necessidade da remoção de vegetação para as construções.

O ano de 2014 se mostrou com valores baixos, a pouca, mas presente vegetação  $>0,64$  nos arredores dos corpos d'água e da mata nativa observou-se uma redução na vegetação desses lugares quando comparar com o ano anterior de 2013. O ponto de agricultura mostrou valores baixo onde possivelmente a colheita foi feita. Os menores valores se mantiveram na área de malha urbana valores  $0,00$  e  $0,16$  tonalidades entre vermelho e laranja o corpo d'água valores negativos. No ano de 2015 a vegetação nativa e proximidades do corpo d'água foram restauradas, assim onde se mostrou com maiores densidades de vegetação com valores  $>0,64$ , os valores baixos prevaleceram na malha urbana entre  $0,00$  e  $0,32$ , o corpo d'água, valores negativos. No ponto relacionado à agricultura se mostrou com valores entre  $0,48$  e  $0,64$ , o que mostrou vegetação em crescimento.

Figura 7: IVDN para os anos de 2013 (A), 2014 (B) e 2015 (C).

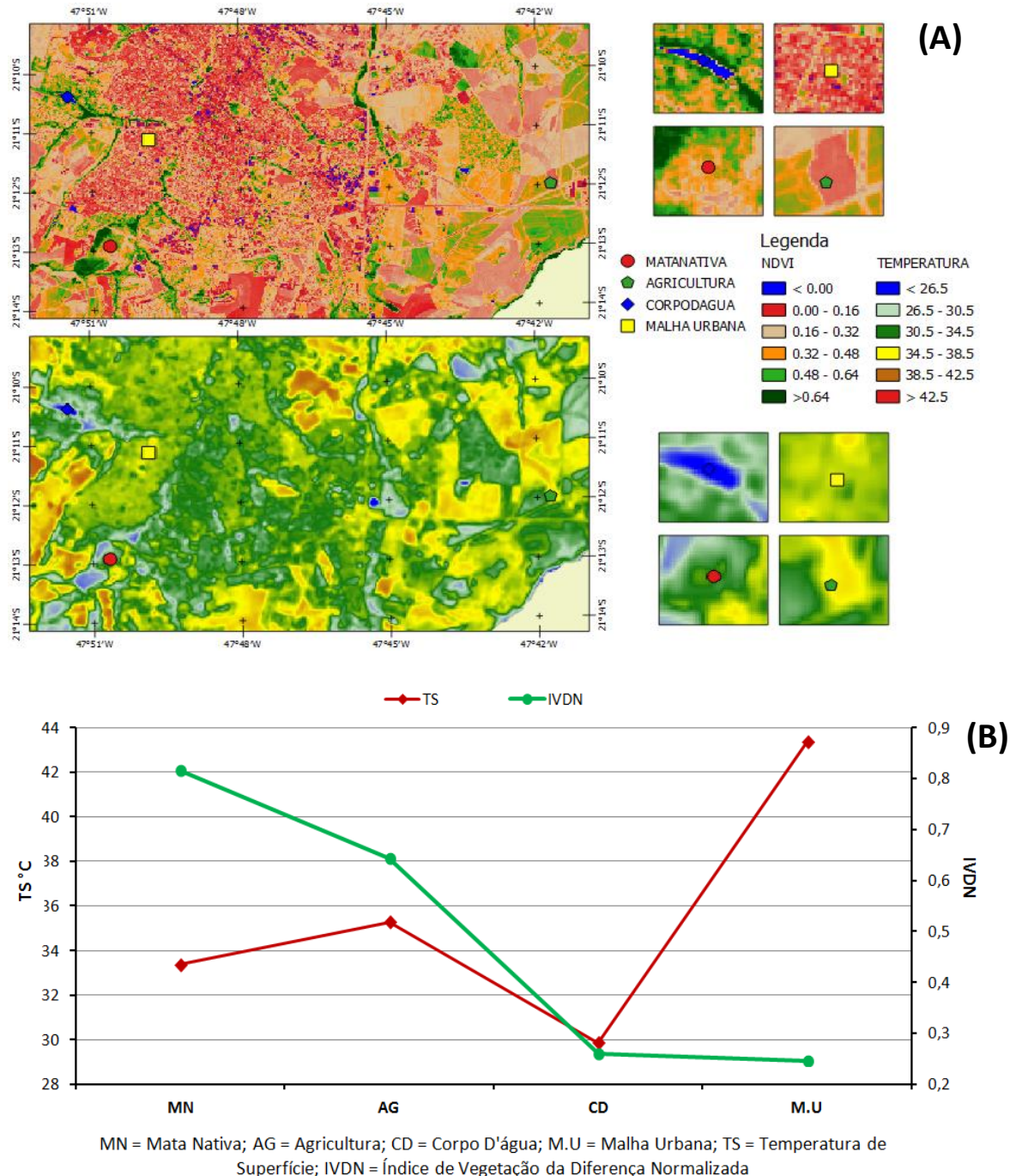




Fonte: Autor, 2016.

A figura 5A, mostra a Comparação entre IVDN e Temperatura de superfície para o ano de 2014, em quatro pontos diferentes, assim áreas onde a baixa vegetação predomina ou áreas onde houve a modificação, malha urbana, por exemplo, tendem a apresentarem maiores valores de temperatura, devido não ocorrer à interceptação da radiação solar pela vegetação, portanto, grande parte absorvida pelo solo é devolvida à atmosfera em forma de calor, em áreas com grandes densidades vegetadas tendem a ter baixas temperaturas, já que boa parte dessa radiação é utilizada para os processos fotossintéticos da vegetação. Como dito por Borges et al., 2011, que as temperaturas amenas são observadas em regiões de mata ciliar, corpos d'água e áreas cobertas por vegetação. Com valores ainda menores nas áreas de vegetação nativa. Na figura 5B se observou a forma como se comporta a temperatura de superfície com relação aos pontos de Mata Nativa, Agricultura de Cana de Açúcar, Corpo de Água e Malha Urbana. Onde se mostrou uma relação inversa entre o IVDN e a Temperatura de superfície, área de MN mostrou menor temperatura com valores altos de vegetação e a M.U mostrou valores altos de temperaturas devido à baixa quantidade de vegetação.

Figura 8: Comparação entre IVDN e Temperatura de superfície para o ano de 2014, em quatro pontos diferentes, Mata Nativa, Agricultura de Cana de Açúcar, Corpo de Água e Malha Urbana.

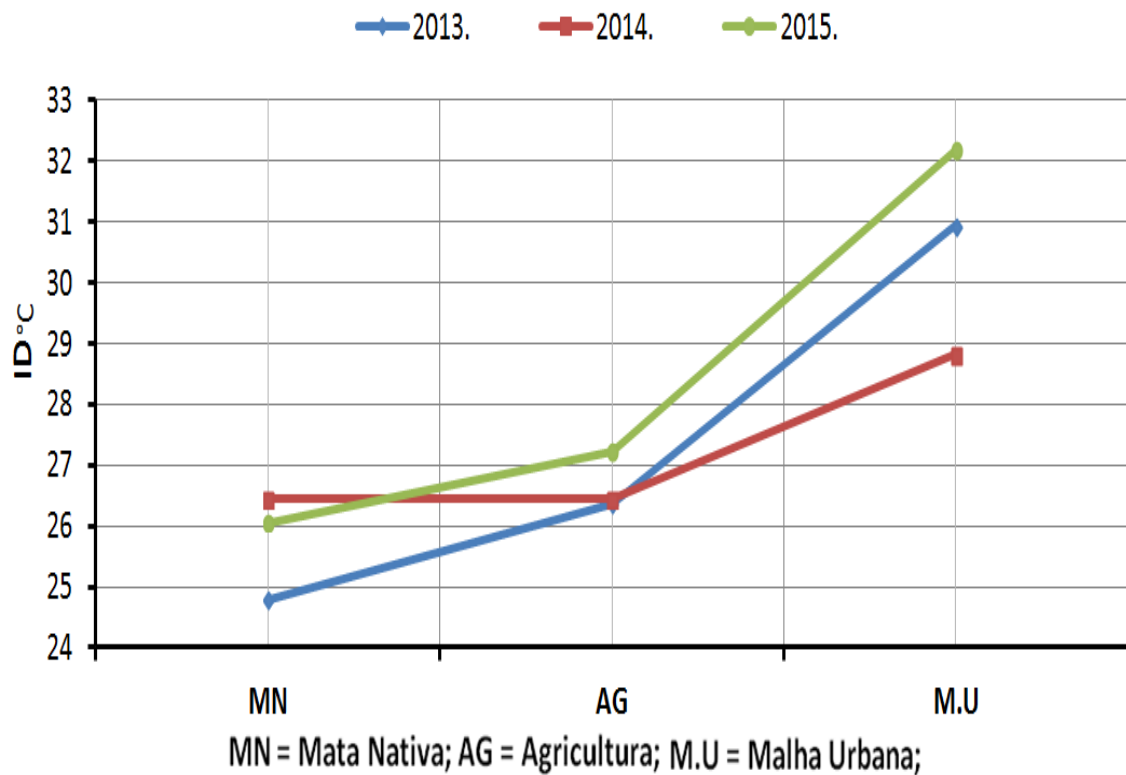


Fonte: Autor, 2016.

Na figura 9 utilizando uma umidade relativa constante para o dia da imagem, visto a ausência de umidade relativa nos pontos de estudo, assim utilizando a temperatura de superfície de cada local e uma umidade relativa média diária se pode observar que as áreas com menores desconfortos são as MN, valores entre 24,5°C e 26,5°C indicado na

classificação como “população possui um crescente desconforto”, Seguidos das áreas de AG entre 26°C e próximo do 27,5°C, também incluso na mesma classificação da MN. A área de maior desconforto foi na M.U onde os valores foram de próximos de 29°C no ano de 2014 até maior que 32°C onde a classificação indica como “Estado de emergência médica, desconforto muito forte”.

Figura 9: Índice de Desconforto Térmico para os anos de 2013, 2014 e 2015.



## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 CONCLUSÕES

- Com base na análise e discussão dos resultados obtidos referentes á área de estudo, podemos constatar que o LANDSAT-8 fora bem sucedido, confirmando os objetivos propostos pelo estudo, mostrando que esta pode ser aplicadas em áreas com características iguais a região de Ribeirão Preto.
- O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, referente a área de estudo se mostrou satisfatório para o mapeamento, pois possibilitou a identificação de 5 classes ( Mata Nativa, Cana de Açúcar, corpo de água e Malha Urbana) onde podemos observar que valores negativos para o IVDN foram para (Corpos de água).
- 2013 apresentou valores máximos  $>0,64$  para as áreas de mata nativa e áreas circunvizinhas do corpo d'água em tonalidades de verde-escuro, a área de agricultura se mostrou com valores entre 0,32 e 0,64 vegetação média variando de acordo com o crescimento ou colheita da vegetação, os menores valores foram encontrados nos corpos d'água e malha urbana, valores negativos e entre 0,0 e 0,16, respectivamente.
- ano de 2014 se mostrou com valores baixos, a pouca, mas presente vegetação  $>0,64$  nos arredores dos corpos d'água e da mata nativa observou-se uma redução na vegetação desses lugares quando comparar com o ano anterior de 2013.
- No ano de 2015 a vegetação nativa e proximidades do corpo d'água foram restauradas, assim onde se mostrou com maiores densidades de vegetação com valores  $>0,64$ , os valores baixos prevaleceram na malha urbana entre 0,00 e 0,32, o corpo d'água, valores negativos. No ponto relacionado à agricultura se mostrou com valores entre 0,48 e 0,64, o que mostrou vegetação em crescimento.
- A relação da Temperatura da superfície com a cobertura do solo fica evidente quando se observa os valores estimados para Áreas-urbanas e a vegetação em torno, no qual apresentou uma variação entre as áreas em estudo girando em torno de  $5^{\circ}\text{C}$ , para os anos 2013,2014 e 2015.

- As demais visualizações dos mapas ficam evidentes a configuração de um microclima devido a diferença dos mecanismos que influenciam os processos biofísicos, além de possibilitar a identificação de ilha de calor, caracterizadas por temperaturas superiores observadas em relação a áreas vegetadas.

## **5.2 RECOMENDAÇÕES**

- Que seja considerados como continuidade da pesquisa, os principais tipos de solo da região estudada para uma avaliação posterior mais eficiente dos parâmetros analisados.
- Em trabalhos futuros seja considerado a utilização do modelo de elevação Digital (MED) para o melhoramento da pesquisa.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.; BASTIAANSEN, W.; WATERS, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **Surface energy balance algorithms for land (SEBAL), Idaho implementation - Advanced training and users manual, version 1.0**, 2002. 97p.
- ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – Model**. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Reston, v.133, n.395, p.380-394, 2007a.
- ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – Applications**. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Reston, v.133, n.395, p.395-406, 2007b.
- ALMEIDA, E. S. **Relação entre índice de vegetação derivado do NOAA-AVHRR e precipitação na região Amazônica**. Dissertação de Mestrado, São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1997.
- ALVES, E.J. **A cultura da bananeira: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2.ed., Brasília: EMBRAPA, 1999. 585p.
- ANDRADE, E. M.; D'ALMEIDA, D. M. B. A.; MEIRELES, A. C. M.; FILHO, L. C. A. L.; ARRUDA, F. E. R. **Evolução da concentração iônica da solução do solo em áreas irrigadas na Chapada do Apodi, CE**. Revista Ciência Agronômica, Vol. 35, Nº. 1, jan - jun: 9-16, 2004.
- ANTUNES, M.A.H.; FREIRE, R.M.B.; BOTELHO, A.S.; TONIOLLI, L.H. **Correções atmosféricas de imagens de satélites utilizando o Modelo 6S**. In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, Belo Horizonte, 2003. **Anais...** XXI Congresso Brasileiro de Cartografia. 2003.
- ANTUNES, M. A. H.; ASSAD, E. D.; BATISTA, G. T. **Variação das Medidas Espectrais Tomadas com Espectrorradiômetro ao Longo do Ciclo de Crescimento de Soja (*Glycine max (L.) Merrill*)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 1993. v.2p. 01-09.
- AVERY, T. E.; BERLIN, G. L. **Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation**. 5 ed. New Jersey: Prentice Hall. 1992.
- ARYA, S. P. S. **Introduction to micrometeorology**. Academic Press, London, p. 307, 1988.

ASCE-EWRI. **The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. ASCE-EWRI Standardization of Reference Evapotranspiration Task Committee Rep.**, ASCE, 2005.

AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Amsterdam: Ed. Bertrand Brasil S.A. 2ª ed., 1983. p.332

BARBOSA, A.H. **A Análise espaço-temporal de índice de vegetação normalizado AVHRR/ NOAA e precipitação na região nordeste do Brasil em 1982-1985**. São José dos Campos: INPE, 1998, 163 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto de Pesquisas Espaciais, 1998.

BARET, F.; GUYOT, G. Potentials and Limits of Vegetation Indices for LAI and APAR Assessment. *Remote Sensing of Environment*, New York, v.3, p.161-173. 1991.

BASTIAANSEN, W, G, M. Regionalization of Surface Flux Densities and Moisture Indicators in Composite Terrain – Ph. D. A Remote Sensing Approach Under Clear Skies in Mediterranean Climates, Thessis, Wageningen Agricultural University, The Netherlands, 273, 1995.

BASTIAANSEN, W. G. M.; CHANDRAPALA, L. **Water balance variability across Sri Lanka for assessing agricultural and environmental water use**. *Agricultural Water Management*. Amsterdam, v.58 p.171-192, 2003

BASTIAANSEN, W. G. M; MENENTI, M; FEDDES, R.A.; HOLSLAG, A.A.M. **A Remote Sensing Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) – Formulation**. *Journal of Hydrology*, v. 212-213, p.198-212, 1998a.

BASTIAANSEN, W. G. M.; PELGRUM, H.; WANG, J.; MA, Y.; MORENO, J. F. ROENRINK, G. J. VAN DER WAL, T. **A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) – Validacion**. *Journal of Hydrology*, v. 212–213, p.213-229. 1998b.

BASTIAANSEN, W. G. M. **SEBAL - Based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey**. *Journal of Hydrology*, v.229, p.87-100, 2000.

BATISTA, G. T. & ALMEIDA, E. S. **Índice de vegetação versus precipitação na Amazônia**. Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998, INPE, p. 1397-1407.

BASTIAANSEN, W. G. M.; CHANDRAPALA, L. Water balance variability accross Sri Lanka for assessing agricultural and environmental water use. **Agricultural Water Management**. V. 58 p.171-192, 2003.

BATISTA, G. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; LAWRENCE, W.T. **Monitoramento da Cobertura Florestal através de Índices de Vegetação do NOAA-AVHRR**. Anais do VII SBSR, 1993.

BATISTELLA, M.; CRISCUOLO, C., MIRANDA, E. E., FILARDI, A. L. **Satélites de Monitoramento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 14 set. 2007.

BEZERRA, M, V, C, **Balanco de Energia em Áreas Irrigada Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto**, 108f, Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2004.

BEYER, H. G., HENNING, H. M., LUTHER, J., SCHREITMULER, K. R. The monthly average daily time pattern of beam radiation. *Solar Energy*, 47 (5):347-353, 1991.

BEZERRA, B, G, **Balanco de energia e evapotranspiração em áreas com diferentes tipos de cobertura de solo no cariri cearense através do algoritmo SEBAL**, 127f, Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2006.

BOEGH, E.; SOEGAARD, H.; THOMSEM, A. Evaluating evapotranspiration rates and surface conditions using Landsat TM to estimate atmospheric resistance and surface resistance. *Remote Sensing of Enviromental*. V. 79, p.329-343, 2002.

BRAGA, C. C; BRITO, J. I. B; SANSIGOLO, C. A e RAO, T. V. R. Tempo de resposta da vegetação às variabilidades sazonais da precipitação no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria-RS, v.11, n.1, p.149-157, 2003.

BRAGA, C.C. **Inter-Relações entre Padrões de Índice de Vegetação e de pluviometria no Nordeste do Brasil**. Campina Grande: UFPB, 2000. 124 p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Curso de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal da Paraíba, 2000.



CHANDER, G.; MARKHAM, B. **Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges**. IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING. v. 41. n. 11. 2003.

CHANDRAPALA, L. & WIMALASURIYA, M. **Satellite measurements supplemented with meteorological data to operationally estimate evaporation in Sri Lanka**. Agricultural Water Management, 58: 89-107, 2003.

CHEMIN, Y. et al. **Using remote sensing data for water depletion assessment at administration and irrigation-system levels: case study of the Ferghana Province of Uzbekistan**. Agricultural Water Management, Amsterdam, v.64. p.183-196, 2004.

COSTA, F. H. S. FILHO, C. R. S. RISSO, A. **Análise temporal de NDVI e mapas potenciais naturais de erosão na região do Vale do Ribeira, São Paulo**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 3833-3839.

DANTAS, F. R. **Estudo comparativo de parâmetros da vegetação sobre diferentes alvos utilizando dados do AVHRR e TM**. (Dissertação Mestrado) : UFCG, Campina Grande – PB. 2008.

DAVIDSON, A., WANG, S. **The effects of sampling resolution on the surface albedos of dominant land cover types in the North American boreal regions**. Remote Sensing of Environment, v.93, p.211-224, 2004.

DI PACE, F. T. **Estimativa do Balanço de Radiação á superfície terrestre utilizando imagens TM Landsat-5 e Modelo Digital de Elevação**. CDRN/CCT/UFCG. 2003. 130p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais)- Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB.

DUBAYAH, R. **Estimating Net Solar Radiation using Landsat TM and Digital Elevation data** *Water Resources Research*, 28 (a): 2469-2484, 1992.

ENGESAT - TM - Landsat 5 - Ficha Técnica Resumida. Disponível em: <[www.engesat.com.br](http://www.engesat.com.br)>. Acesso em: 14 de abril de 2008.

FANG, H. et al. **Statistical comparison of MISR, ETM+ and MODIS land surface reflectance and albedo products of the BARC land validation core site, USA**. *International Journal of Remote Sensing*, Basingstoke, v.25, n.2, p.409-422, 2004.

Faure, J.F. Dinâmicas de urbanização em meio tropical Úmido : uso do sensoriamento remoto para a construção de Indicadores sócio-ambientais na Amazônia Oriental. Relatório de pesquisa, bolsa DCR CNPQ, 67 p., 2002.

FEITOSA, J. R. P. **Uso de Técnica de Sensoriamento Remoto e Imagens Landsat-TM e NOAA-AVHRR na estimativa do balanço de radiação à superfície.** 164f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Programa Institucional de Pós-graduação em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2005.

FERREIRA, A. G. **Meteorologia Prática.** São Paulo: Oficina de textos, 2006.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélites para Estudos Ambientais,** São Paulo: Oficina de texto, 2002.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento remoto.** 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

FOLHES, M. T. **Modelagem da evapotranspiração para a gestão hídrica de perímetros irrigados com base em sensores remotos.** 186 p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). INPE São José dos Campos. 2007

FONSECA, E. L. da. **Caracterização Espectral e Índices de Vegetação em Paspalum notatum Flüge var. Notatum com vistas à Modelagem de Crescimento.** 2000. 60 f. Dissertação (Mestrado - Agrometeorologia), Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A.; BERGAMASCHI, H. **Relação entre o Índice de Vegetação Global e Condições Hídricas no Rio Grande do Sul.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 33, n. 8, 1399-1405, 1998.

FOX, N.I.; SAICH, P.; COLLIER, C. G. **Estimating the surface water and radiation balance in an upland area from space.** International Journal of Remote Sensing. Basingstoke, v.21, n.16, p.2985-3002, 2000.

FREITAS, C. C.; SANTANNA, S. J. S.; RENNÓ C. D.; CORREIA, A. H. **“Utilização de Imagens de Radar de Abertura Sintética na Classificação de Uso e Ocupação do Solo”.** INPE, São José dos Campos-SP, 54 p. 2007. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/livros.php>>. Acesso em: 03 fevereiro 2014.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - **FUNCEME.** Disponível em: <[www.funceme.br](http://www.funceme.br)>. Acesso em 15 de maio de 2008.

GARCIA, G. J. **Sensoriamento Remoto – Princípios e Interpretação de Imagens**. 2 ed. Nobel. São Paulo, 358p, 1982.

GIONGO, P. R. **Estimativa do balanço de radiação com técnicas de sensoriamento remoto e dados de superfície**. 92 f Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) -- Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Tecnologia Rural. 2008

GOMES, H.F., SILVA, B. B. da, CAVALCANTI, E. P., H. R. **Balanço de Radiação em diferentes biomas no Estado de São Paulo mediante imagens Landsat 5**. Geociências, v.28, p 153-164, 2009

GRANGER, R, J, **Satellite-derived estimates of evapotranspiration in the Gediz Basin**, Journal of Hydrology, v, 229, p, 70 – 76, 2000,

HAFEEZ M, M.; CHEMIM Y, VAN DE GIESEN N, BOUMAN B, A, M **Field Evapotranspiration in Central Luzon, Philippines, using Different Sensors: Landsat 7 ETM+, Terra Modis and Aster**, In: Simposium on Geospatial theory, Processing and Applications, 2002, Ottawa, Canadá, ANAIS,,,

IDEIÃO, S. M. A. **Imagens Multiespectrais e Aplicações em Recursos Hídricos: Temperatura da Superfície e Balanços de Radiação e Energia**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, 2009.

IQBAL, M. **An Introduction to Solar Radiation**. New York: Academic Press. 1983. 212p.

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 09 abr. 2008.

KAUFFMAN, J.Y. The atmospheric effect on remote sensing and its correction, In : Asrar, G. ed. **Theory and applications of optical remote sensing**. New York: Willey, 1989. p.336-428.

KUSTAS, W. P.; MORAN, M. S. and JACKSON, R. D.; GAY, L. W.; DUELL, L. F. W.;

KUNKEL, K. E.; MATTHIAS, A. D. **Instantaneous and daily values of the surface energy balance over agricultural fields using remote sensing and a reference field in as arid environment**. Remote sensing of Environment, 32: 125 – 141, 1990.

**Kidder**, Thomas H. **Vonder Haar**. Gulf Professional Publishing, 1995

LIU, K. N. **An introduction to atmospheric radiation**. New York: Academic Press, 1980. 392p.

LATORRE, Marcelo Lopes. **Utilização de um método de correção atmosférica para o processamento de dados hiperespectrais do sensor AVIRIS em regiões tropicais.**195p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto de Pesquisas Espaciais – São José dos Campos,1998.

LIANG, S.; SHUEY, C. J.; RUSS, A. L.; FANG, H.; CHEN, M.; WALTHALL, C. L.; DAUGHTRY, C. S.T.; HUNT JR, R.; **Narrowband to broadband conversions of land surface albedo: II. Validation.** Remote Sensing of Environment, v84, p. 25 - 41, 2002.

LEITÃO, M. M. V. B. R. & OLIVEIRA, G. M. **A influência da irrigação sobre o albedo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.2, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB p.214-218, 2000.

LOPES, G. M. **Balço de Radiação em Áreas Irrigadas Utilizando Imagens Landsat 5 – TM.** Dissertação de Mestrado, Campina Grande-PB: DCA/CCT/UFCG, 81p. 2003.

MARKHAM, B. L. & BARKER, J. B. **Thematic mapper band pass solar exoatmospherical irradiances.** International Journal of Remote Sensing, v. 8, n. 3, p. 517-523, 1987.

MARTINS, R. W.A. **Balço de radiação e energia em área reflorestada com algaroba no Seridó do Rio Grande do Norte.** Dissertação Mestrado, Campina Grande – PB: DCA/CCT/UFCG, 98p.2000.

MEDINA, J. L.; CAMACHO, E.; RECA, J.; LÓPEZ, R.; ROLDÁN, J. **Determination na Analysis of Regional of Regional Evapotranspiration in Southern Spain Base don Remote Sensing and Gis. Physics and Chemistry of the Earth.** V. 23, n. 4, p.427-432. 1998.

MENDONÇA, J. C. **Estimativa da evapotranspiração regional utilizando imagens digitais orbitais na região Norte Fluminense.** 2007, 145f. Tese 89 (Doutorado em Produção Vegetal), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MENESES, P. R. Fundamentos de Radiometria Óptica Espectral. In: MENESES, P. R.; NETTO, J. S. M. Sensoriamento Remoto: Reflectância dos alvos naturais. Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados. 2001.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** 3. ed. São Paulo: Blucher, 2008. 363 p.

- MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. et al. **Introdução ao processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília, 2012.
- MONTEITH, J. L.; UNSWORTH, M. H. **Principles of environmental physics**, 2.ed.London: Edward Arnold, 291p, 1990.
- MORSE, A.; TASUMI, M.; ALLEN, R. G.; KRAMBER, W. J. **Application of the SEBAL methodology for estimating consumptive use of water and streamflow depletion in the Bear River basin of Idaho through remote sensing** – Final Report. Boise: Department of Water Resources/University of Idaho, 2000, 98p.
- MOTTA, J. L. G.; FONTANA, D. C; WEBER, E. **Evolução temporal do NDVI/NOAA em áreas cobertas por pixels com proporções variáveis de soja**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 353-369, 2003.
- MOURA, M. S. B. **Fenologia e consumo hídrico da goiabeira (*Psidium guajava* L.) irrigada**. Dissertação de Mestrado: DCA/CCT/UFPB, Campina Grande: 2001. 124p.
- MORIARTY, W. W. Estimation of diffuse from measured global solar radiation. Solar Energy. 47(2):75-82, 1991.
- NASCIMENTO, C. R. **Correção atmosférica de imagens do sensor AVHRR/NOAA utilizando produtos atmosféricos do sensor MODIS/TERRA**. 102f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, SP. 2006.
- Nascimento, E. do; Berto, V. Z. e Matias, L. F. (2007): **“Perspectivas da utilização de sistemas de informações geográficas (SIG) como instrumental de apoio ao trabalho em unidades básicas de saúde”**, GeoFocus (Informes y comentarios), 7, pp. 1-13.
- NICHOLSON, S. E; FARRAR, T. J. **The Influence of Soil Type on the Relationships between NDVI, Rainfall and Soil Moisture in Semiarid Botswana**. Remote Sensing Environment. 50, 107-120. 1994.
- NOVO, E. M. L. M. e PONZONI, F. J. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2001.
- NOVAS, M.F.B. **Mapeamento das estimativas de saldo de radiação e índices de vegetação em área do estado de Alagoas com base em sensores remotos**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. UFAL- Instituto de ciências Atmosféricas, Maceió, 2008.

OLIVEIRA, L. L.; VIANELLO, R. L.; FERREIRA, N. J.; **Meteorologia Fundamental**, Erechim/RS: EdiFAPES, p. 432, 2001.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. London: Rotledge, 1987. 435 p.

PAIVA, S. C. **Balço de energia à superfície em Caatinga: estudo observacional e de simulação com o BRAMS**. Dissertação de Mestrado. 54f, Programa de Pós-graduação em Meteorologia UFCG, Campina Grande, 2005.

PEREIRA, A.; FRANCA, H.; SANTOS, J. E.; SETZER, A. W. **Utilização de imagens AVHRR/NOAA para classificação da vegetação do Cerrado quanto à susceptibilidade ao fogo**. X Simposio Latinoamericano de Percepcion Remota y Sistemas de Informacion Espacial. Aplicações operacionais de sistemas de observação da Terra e de informação espacial para usuarios e tomadores de decisão. Cochabamba, 2002.

PEREIRA, G.; MORAES, E. C.; OLIVEIRA, L. G. L. **Estudo preliminar da estimativa da reflectância e albedo de microssistemas pantaneiros a partir de imagens de satélite**. Revista Brasileira de Cartografia n, 59. 01, abr, 2007.

PEREIRA, C. C., MARIANO, Z.F., WACHHOLZ, F., CABRAL, J.B. P. Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na bacia Barra dos Coqueiros (Goiás). **Geonorte**. Manaus, v.2, n.5, p.1243-1255, 2012.

PEZZOPANE, J. R. M.; JÚNIOR, M. J. P. Balço de Energia em Vinhedo de ‘Niagara Rosada’. **Bragantia, Campinas**, v.62, n.1, 155-161, 2003.

**Radiação Solar**, cap. 2-7. Departamento de Física. Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2-7.html>> Acesso em 23 jul 2007.

ROUSE, J. W.; HASS, R. H; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS**. In: NASA ERTS SYMPOSIUM. v. 3, 1973. p. 309-17.

SATYAMURTY, V. V., LAHIRI, P. K. Estimation of symmetric and asymmetric hourly global and diffuse radiation from daily values. *Solar Energy*. 48(1):7- 14, 1992.

SCHROEDER, W.; FRANÇA, J. R. de A.; CEBALLOS, J. C. **Análise da Evolução Temporal da Cobertura Vegetal Usando dados AVHRR/NOAA**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBA, 1999. 1 CD-ROM.

SILVA, B. B.; BEZERRA, M. V. C.; BRAGA, A. C.; SILVA, S.T.A., **Obtenção do albedo de áreas irrigadas e de vegetação nativa em Petrolina e vizinhanças com imagem LANDSAT 7 - ETM+**. Anais – III Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Aracaju, Brasil, out., 2006.

SILVA, B. B.; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V, **Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5-TM**, Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 13, n. 2, p, 11-21, 2005a.

SILVA, B. B., LOPES, G. M., AZEVEDO, P. V. **Balço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 – TM**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.20, n.2, 243-252, 2005b.

SLATER, P.N. **Remote sensing: optics and optical systems**. Reading: Addison-Wesley, 1980, 575p.

93 SONG, J. & GAO, W. **An improved method to derive surface albedo from narrowband AVHRR satellite data: narrowband to broadband conversion**. Journal of Applied Meteorology, 38:239-249, 1999.

SOUZA, J. D. e SILVA, B. B. Correção atmosférica para temperatura da superfície obtida com imagem TM – Landsat 5. Revista Brasileira de Geofísica, 23 (4), 349-358, 2005.

SOUZA, J. D. Modelo físico-matemático de correção atmosférica para imagens TM – Landsat 5 e MODIS-Terra/Aqua. **Tese (Doutorado em meteorologia)**. Departamento de Ciências Atmosféricas. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 200p., 2008.

SOUZA, M. C. G. Obtenção de componentes do balanço de radiação em áreas irrigadas e de vegetação nativa na Chapada do Apodi com imagens Landsat 5 e influência atmosférica. (Dissertação Meteorologia) - Campina Grande - UFCG. Campina Grande, PB. 2007.

TACHIIRIT, K Calculating NDVI for NOAA/AVHRR data after atmospheric correction for extensive images using 6S code: A case study in the Marsabit District, Kenya. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 59. 103–114. 2005.

TAGHVAEIAN, S.; NEALE, C. M. U. Water balance of irrigated areas: a remote sensing approach. **Hydrological Processes**, v. 25, n. 26, p. 4132-4141, 2011.

TASUMI, M. Progress in operational estimation of regional evapotranspiration using satellite imagery. University of Idaho (USA). 355 p., 2003.

TASUMI, M.; ALLEN, R. G.; TREZZA, R. At-surface and albedo from satellite for operational calculation of land surface. **Agricultural and Forest Meteorology**, 2006, no prelo.

TASUMI, M.; TREZZA, R.; ALLEN, R. G.; WRIGHT, J. L. U.S. Validation Test on the SEBAL model for evapotranspiration via satellite, ICID Workshop on Remote Sensing of Evapotranspiration for Large Regions, 17 sep 2003.

TIMMERMANS, W. J.; MEIJERINK, A. M. J. **Remotely sensed actual evapotranspiration**, implications for ground water in Botswana. *JAG*. v. 1. issue 3/4. 1999.

TREZZA, R. **Evapotranspiration using a satellite-based surface energy balance with standardized ground control**. 247 f. Thesis (Doctor of Philosophy in Biological and Agricultural Engineering - Ph.D.). Utah State University, Logan, Utah, 2002.

VEISSID, N. & PEREIRA, E. B. **Estimativa do albedo planetário empregando dados do experimento célula solar do satélite brasileiro SCD2**. *Brazilian Journal of Geophysics*, v. 18(1). p. 25-38. 2000.

WELEGEPOLAGE, K. **Estimation of spatial and temporal distribution of evapotranspiration by satellite remote sensing – A case study in Hupselse Beek, The Netherlands**, 114p, 2005.

WYDICK, J., DAVIES, P. & GRUBER, A. **Estimation of broadband planetary albedo from operational narrowband satellite measurements**. NOAA Technical Report, NESDIS 27, 32p, 1987.

Xavier, A. C.; Vetorazzi, C. A. **Mapping leaf area index through spectral vegetation indices in a subtropical watershed**. *International Journal of Remote Sensing*, v.25, n.9, p.1661-1672, 2004.