



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

**MAPEAMENTO DA ESTIMATIVA DO SALDO DE RADIAÇÃO INSTANTÂNEA
NO MÉDIO SÃO FRANCISCO COM BASE EM SENSORES REMOTOS E O
MODELO DE ELEVAÇÃO DIGITAL**

ROMILSON FERREIRA DA SILVA

Maceió - AL
Fevereiro de 2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

**MAPEAMENTO DA ESTIMATIVA DO SALDO DE RADIAÇÃO INSTANTÂNEA
NO MÉDIO SÃO FRANCISCO COM BASE EM SENSORES REMOTOS E O
MODELO DE ELEVAÇÃO DIGITAL**

Romilson Ferreira da Silva

Orientador: Professor Frederico Tejo Di Pace

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas como parte dos requisitos à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia.

Maceió - AL
Fevereiro de 2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO

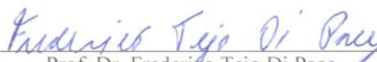
N.º de ordem: MET-UFAL-MS-073.

*“MAPEAMENTO DA ESTIMATIVA DO SALDO DE RADIAÇÃO INSTANTÂNEO NO
MÉDIO SÃO FRANCISCO COM BASE EM SENSORES REMOTOS E O MODELO DE
ELEVAÇÃO DIGITAL”*

Romilson Ferreira da Silva

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia.

Aprovado pela Banca Examinadora composta por:


Prof. Dr. Frederico Tejo Di Pace
(Orientador)


Prof. Dr. Vladimir Levit
(Membro interno)


Prof. Dr. Cléber Brito de Souza
(Membro Externo - UFPB)

Fevereiro/2010

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Maria Auxiliadora G. da Cunha

S586m Silva, Romilson Ferreira da.
 Mapeamento da estimativa do saldo de radiação instantânea no Médio São Francisco com base em sensores remotos e o modelo de elevação digital / Romilson Ferreira da Silva, 2010.
 xii, 80 f. : il.

Orientadores: Frederico Tejo Di Pace.

Dissertação (mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2010.

Bibliografia: f. 72-77.
Anexos: f. 78-80.

1. Saldo de radiação. 2. Modelo de elevação digital. 3. SEBAL. I. Título.

CDU: 551.521.2

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família e a todos que, nesta gênese, continuam a se ajudar para continuar esta história. Dedico também a minha companheira e esposa, que soube ajudar, acalantar e incentivar nos momentos mais difíceis desta caminhada. Antes de tudo, ao poderoso Deus, pois permitiu que tudo fosse possível. A Dona Josefa, minha amada mãe e a Ronaldo, vocês estarão sempre conosco.

AGRADECIMENTO

Ao Professor Dr. Frederico Tejo Di Pace, pelas orientações, revisões, incentivos e, porque não dizer, paciência no apoio do desenvolvimento desta orientação e durante o meu período acadêmico na UFAL.

Aos professores do Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT) – UFAL.

Aos Amigos do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco – LAMEPE, pelo estímulo e compreensão tão necessários no ambiente de trabalho.

A outros tantos amigos que contribuíram com esta obra, permitam pedir-lhes desculpas, pois seria impossível citar todos.

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo estimar o saldo de radiação instantânea à superfície terrestre, através de imagens do TM-Landsat 5, fazendo uso do algoritmo SEBAL em duas situações: a) com o Modelo de Elevação Digital (MED) e b) sem o MED. A área estudada está localizada no semi-árido nordestino brasileiro, entre os Estados de Alagoas e Sergipe, região onde o Rio São Francisco faz a divisa entre os dois estados. As imagens são compostas por sete bandas espectrais e referem-se aos dias 17 de janeiro de 1987, 17 de outubro de 1999 e 07 de dezembro de 2006, na órbita 215 e ponto 67. Verificou-se que os valores estimados do albedo da superfície foram maiores quando estimados com o MED, apresentando valores entre 3,94 % a 31,5 % para 17/01/1987; 4,87 % a 44,81 % para 17/10/1999 e 3,62 % a 41,42 % para 07/12/2006. Os valores estimados sem o MED foram: 3,90 % a 30,47 % para 17/01/1987; 4,80 % a 41,00% para 17/10/1999 e 2,95 % a 39,60 para 07/12/2006. O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN) não apresentou diferenças significativas entre os métodos apresentados. Também os valores estimados para a temperatura da superfície não apresentaram variações para as duas situações propostas. Foram obtidos maiores valores de Índice de Área Foliar (IAF) quando considerado o Modelo de Elevação Digital, os valores máximos foram: 1,37; 1,73 e 1,45 para 17/01/1987, 17/10/1999 e 07/12/2006, respectivamente, valores estes obtidos com o uso do MED, quando não utilizado o MED os máximos estimados foram: 0,94; 1,55 e 1,38, para 17/01/1987, 17/10/1999 e 07/12/2006, respectivamente. Os valores médios também apresentaram desvios: 0,30; 0,22 e 0,18 com o MED para 17/01/1987, 17/10/1999 e 07/12/2006, respectivamente, enquanto as médias sem o MED foram: 0,29; 0,20 e 0,17. Constataram-se grandes diferenças nos valores instantâneos do saldo de radiação à superfície: 435,73 W/m² e 822,08 W/m² para o dia 17/01/1987; 384,19 W/m² e 890,11 W/m² para o dia 17/10/1999; 387,20 W/m² e 899,59 W/m² para o dia 07/12/2006, valores estes obtidos aplicando o MED. As estimativas sem o MED foram: 424,98 W/m² e 711,88 W/m² para o dia 17/01/1987; 402,10 W/m² e 795,58 W/m² para o dia 17/10/1999; 398,54 W/m² e 842,86 W/m² para 07/12/2006. Isto mostra a importância de estudos comparativos realizados com o MED.

Palavras-Chaves: Saldo de radiação, Modelo de Elevação Digital, SEBAL

ABSTRACT

The presented work aimed to estimate the balance of instantaneous radiation to Earth surface, through TM – Landsat 5 images, making use of SEBAL algorithm in two situation: a) considering the Digital Elevation Model (DEM) and b) not considering the Digital Elevation Model (DEM). The studied area is located in the Brazil's northeast semi arid, between the states of Alagoas and Sergipe, region where São Francisco River borders both states. The used images are composed by seven spectral bands, concerning January 17, 1987; October 17, 1999 and December 07, 2006, at orbit 215 and point 67. It was verified that the estimated values of surface albedo were higher when estimated with the Digital Elevation Method. Presenting values between 3,94 % and 31,50% in 01/17/1987; 4,87 % and 44,81 % in 10/17/1999; and 3,62 % and 41,42 % in 12/07/2006, values estimated with DEM. Without DEM the values estimated for albedo were between 3,90 % and 30,47 % in 01/17/1987; 4,80 % and 41,00 % in 10/17/1999; and 2,95 % and 39,60 % in 12/07/2006. The Normalized Difference Vegetaion Index (NDVI) didn't presented significant difference between the presented methods. Also, the estimated surface temperature didn't presented considerable variation. It was verified that the estimated values of Leaf Area Index (LAI) were higher when estimated with the Digital Elevation Method. Presenting values between for maximum values 1,37; 1,73 and 1,45 in 01/17/1987, 17/10/1999 e 12/07/2006, respectively, Without DEM the values estimated for LAI were between 0,94; 1,55 and 1,38 in 01/17/1987; 10/17/1999 and 12/07/2006, respectively. For the surface radiation balance instantaneous values, big differences were observed: values between 435,73 W/m² and 822,08 W/m² for 01/17/1987; 384,19 W/m² to 890,11 W/m² for 10/17/1999 and 387,20 to 899,59 W/m² for 12/07/2006, obtained with DEM. The surface radiation balance values without DEM were: 424,98 W/m² to 711,88 W/m² for 01/17/1987; 402,10 W/m² to 795,58 W/m² for 10/17/1999 and 398,54 to 842,86 W/m² for 12/07/2006. The estimated results for the instantaneous radiation balance, obtained with the SEBAL algorithm, considering the Digital Elevation Method, where higher than the values obtained without DEM. This show the importance of comparatives studies with DEM. Key-words: Radiation Balance, Digital Elevation Model, SEBAL.

Key-Words: Radiation Balance, Digital Elevation, SEBAL

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Informação X tipo de sensor (Novas, 2008).....	6
Figura 2.2 - Partes componentes de um sistema sensor (Moreira, 2005).....	7
Figura 2.3 - Landsat 1 (http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/ , acesso em 15/12/2009).....	9
Figura 2.4 - Landsat 5 – TM (http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/ , acesso em 15/12/2009)....	10
Figura 3.1 - Localização da área em estudo	17
Figura 3.2 - Paisagem local, (a) parte da barragem da Usina Hidrelétrica de Xingó, (b) cânion a jusante da barragem, (c) e (d) mostram aspectos da Caatinga, (e) subestação da usina hidrelétrica de Xingó.	18
Figura 3.3 - Paisagem definindo o relevo em terceira dimensão	19
Figura 3.4 - Áreas urbanas identificadas no recorte.	19
Figura 3.5 - Aparelho de Sistema de Localização Global – Garmin extrex – com erro aproximado de 10m.	23
Figura 3.6 - Mosaico do Modelo de Elevação Digital (MED) gerado a partir das imagens SC-24X-C, SC-24X-D, SC2-4Z-A e SC-24Z-B, a nomenclatura utilizada é própria da EMBRAPA.....	24
Figura 3.7 - Recorte do MED com as coordenadas da área em estudo.....	25
Figura 3.8 - Modelo de Elevação Digital com níveis de cores com as altitudes da cena.....	25
Figura 3.9 - Modelo de Elevação Digital (MED): inclinação (grau).	26
Figura 3.10 - Modelo de Elevação Digital (MED): imagem do ângulo azimutal da normal de cada pixel (grau).	26
Figura 3.11 - Recorte da área em estudo com combinação das bandas 5,4,3/RGB em composição falsa cor para o dia 17/01/1987.	27
Figura 3.12 - Recorte da área em estudo com combinação das bandas 5,4,3/RGB em composição falsa cor para o dia 17/10/1999.	28
Figura 3.13 - Recorte da área em estudo com combinação das bandas 5,4,3/RGB em composição falsa cor para o dia 07/12/2006.	28
Figura 3.14 - Diagrama das etapas do processamento do Balanço de radiação à superfície do algoritmo SEBAL.....	29
Figura 4.1 – Recorte da imagem em estudo, com combinação das bandas espectrais 5,4,3/RGB em composição colorida falsa cor, do dia 17/01/1987.....	38
Figura 4.2 - Recorte da imagem em estudo, com combinação das bandas espectrais 5,4,3/RGB em composição colorida falsa cor, do dia 17/10/1999.....	39
Figura 4.3 – Recorte da imagem em estudo, com combinação das bandas espectrais 5,4,3/RGB em composição colorida falsa cor, do dia 07/10/2006.....	39
Figura 4.4 - Imagem classificada da emissividade da superfície estimada para o dia 17/01/1987 com o MED.	41

Figura 4.5 - Imagem classificada da emissividade da superfície estimada para o dia 17/01/1987 sem o MED.....	41
Figura 4.6 – Imagem classificada da emissividade da superfície estimada para o dia 17/10/1999 com o MED.	42
Figura 4.7 - Imagem classificada da emissividade da superfície estimada para o dia 17/10/1999 sem o MED.....	42
Figura 4.8 - Imagem classificada da emissividade da superfície estimada para o dia 07/12/2006 com o MED.	43
Figura 4.9 - Imagem classificada da emissividade da superfície estimada para o dia 07/12/2006 sem o MED.....	43
Figura 4.10 – Imagem classificada do albedo da superfície estimada para o dia 17/01/1987 com o MED.	45
Figura 4.11 - Imagem classificada do albedo da superfície estimada para o dia 17/01/1987 sem o MED.....	45
Figura 4.12 - Imagem classificada do albedo da superfície estimada para o dia 17/10/1999 com o MED.	46
Figura 4.13 - Imagem classificada do albedo da superfície estimada para o dia 17/10/1999 sem o MED.....	46
Figura 4.14 - Imagem classificada do albedo da superfície estimada para o dia 07/12/2006 com o MED.	47
Figura 4.15 - Imagem classificada do albedo da superfície estimada para o dia 07/12/2006 sem o MED.....	47
Figura 4.16 - Imagem classificada do albedo do IVDN estimado para o dia 17/01/1987 com o MED.	49
Figura 4.17 - – Imagem classificada do albedo do IVDN estimado para o dia 17/01/1987 sem o MED.	49
Figura 4.18 - Imagem classificada do albedo do IVDN estimado para o dia 17/10/1999 com o MED.	50
Figura 4.19 - Imagem classificada do albedo do IVDN estimado para o dia 17/10/1999 sem o MED.	50
Figura 4.20 - Imagem classificada do albedo do IVDN estimado para o dia 07/12/2006 com o MED.	51
Figura 4.21 - Imagem classificada do albedo do IVDN estimado para o dia 07/12/2006 sem o MED.	51
Figura 4.22 - Imagem classificada da temperatura da superfície para o dia 17/01/1987 com o MED.	55
Figura 4.23 - Imagem classificada da temperatura da superfície para o dia 17/01/1987 sem o MED.	55
Figura 4.24 - Imagem classificada da temperatura da superfície para o dia 17/10/1999 com o MED.	56
Figura 4.25 - Imagem classificada da temperatura da superfície para o dia 17/10/1999 sem o MED.	56

Figura 4.26 — Imagem classificada da temperatura da superfície para o dia 07/12/2006 com o MED.	57
Figura 4.27 - Imagem classificada da temperatura da superfície para o dia 07/12/2006 sem o MED.	57
Figura 4.28 - Imagem classificada do saldo de radiação à superfície no momento da passagem do satélite para o dia 17/01/1987 com o MED.....	62
Figura 4.29 - Imagem classificada do saldo de radiação à superfície no momento da passagem do satélite para o dia 17/01/1987 sem o MED.....	62
Figura 4.30 - Imagem classificada do saldo de radiação à superfície no momento da passagem do satélite para o dia 17/10/1999 com o MED.....	63
Figura 4.31 - Imagem classificada do saldo de radiação à superfície no momento da passagem do satélite para o dia 17/10/1999 sem o MED.....	63
Figura 4.32 - Imagem classificada do saldo de radiação à superfície no momento da passagem do satélite para o dia 07/12/2006 com o MED.	64
Figura 4.33 - Imagem classificada do saldo de radiação à superfície no momento da passagem do satélite para o dia 07/10/2006 sem o MED.....	64
Figura 4.34 - Relação entre albedo e Rn, (a) imagem classificada do albedo da superfície com o MED para 17/01/1987 e (b) imagem classificada do saldo de radiação instantânea à superfície com o MED para 17/01/1987.	66
Figura 4.35 - Relação entre albedo e Rn, (a) imagem classificada do albedo da superfície sem o MED para 17/01/1987 e (b) imagem classificada do saldo de radiação instantânea à superfície sem o MED para 17/01/1987.....	67
Figura 4.36 - Relação entre albedo e Rn, (a) imagem classificada do albedo da superfície com o MED para 17/01/1987 e (b) imagem classificada do saldo de radiação instantânea à superfície com o MED para 17/01/1987.	68
Figura 4.37 - Relação entre albedo e Rn, (a) imagem classificada do albedo da superfície com o MED para 17/01/1987 e (b) imagem classificada do saldo de radiação instantânea à superfície com o MED para 17/01/1987.	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Tipos de informações disponíveis para diferentes sensores (Novas, 2008)	7
Tabela 2.2 - Características das Bandas Espectrais do TM-Landsat 5 (Novas, 2008)	10
Tabela 2.3 - Albedo Médio diário para diferentes superfícies vegetadas, obtidos em diferentes latitudes para a condição de máximo revestimento do solo (Silva, 2006).	12
Tabela 3.1 - Dados de precipitação pluviométrica e temperatura do ar da estação meteorológica do INMET (Pão de Açúcar-AL).	22
Tabela 3.2 - Valores estatísticos da elevação, inclinação e azimute da normal dos pixels, criados através do Modelo de Elevação Digital para a área em estudo:.....	27
Tabela 3.3 - Bandas de imagens do TM-Landsat 5, com os respectivos coeficientes de calibração (radiância mínima – a e máxima – b) e irradiancias espectrais no topo da atmosfera (TOA) (Chander e Markham, 2003).	30
Tabela 4.1 - Valores da declinação solar, ângulo zenital, ângulo horário, distância relativa Terra-Sol, temperatura do ar próximo à superfície na data de passagem do satélite, para os dias 17/01/1987, 17/10/1999 e 07/12/2006.	39
Tabela 4.2 - Valores estatísticos do ângulo zenital do Sol (Z): mínimo, máximo, moda, média e desvio padrão dos dias 17/01/1987, 17/10/1999 e 07/12/2006, da área total em estudo com o MED.	40
T4.3 - Valores estatísticos da emissividade da superfície para os dias 17/01/1987, 17/10/1999 e 07/12/2006, da área total em estudo, com e sem o MED.	40
Tabela 4.4 - Valores estatísticos do albedo da superfície (%): mínimo, máximo, médio, moda e desvio padrão para as cenas dos dias 17/01/1987, 17/10/1999 e 07/12/2006, da área total em estudo, com e sem o MED.	44
Tabela 4.5 - Valores estatísticos do IVDN: mínimo, máximo, média, moda e desvio padrão para as cenas dos dias 17/01/1987, 17/10/1999 e 07/12/2006, da área total em estudo, com e sem o MED.	48
Tabela 4.6 - Valores estatísticos do Índice de Área Foliar para os dias 17/01/1987, 17/10/1999 e 07/12/2006, da área total em estudo, com e sem o MED.	53
Tabela 4.7 - Valores estatísticos do IVAS: mínimo, máximo, média e desvio padrão dos dias 17/01/1987, 17/10/1999 e 07/12/2006, da área total em estudo, com e sem o MED.	53
Tabela 4.8 - Valores estatísticos da Temperatura da Superfície (Ts): mínimo, máximo, média e desvio padrão dos dias 17/01/1987, 17/10/1999 e 07/12/2006, da área total em estudo, com e sem o MED.	54
Tabela 4.9 - Valores estatísticos da Radiação de Onda Curta Incidente ($R_{s\downarrow}$) W/m^2 : mínimo, máximo, média e desvio padrão dos dias 17/01/1987, 17/10/1999 e 07/12/2006, da área total em estudo, com e sem o MED.	58
Tabela 4.10 - Valores estatísticos da Radiação de Onda Longa Incidente ($R_{L\downarrow}$) W/m^2 : mínimo, máximo, média e desvio padrão dos dias 17/01/1987, 17/10/1999 e 07/12/2006, da área total em estudo, com e sem o MED.	59

Tabela 4.11 - Valores estatísticos da Radiação de Onda Longa Emitida ($R_L\uparrow$) W/m^2 : mínimo, máximo, média e desvio padrão dos dias 17/01/1987, 17/10/1999 e 07/12/2006, da área total em estudo, com e sem o MED..... 60

Tabela 4.12 - Valores estatísticos do Saldo de Radiação (R_n) W/m^2 : mínimo, máximo, média e desvio padrão dos dias 17/01/1987, 17/10/1999 e 07/12/2006, da área total em estudo, com e sem o MED..... 61

LISTA DE SIGLAS E SÍBOLOS

ASTER	Advanced Spacebone Thermal Emission and Reflection Radiometer
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer
AVIRIS	Airborne Visible/ Infrared Imaging Spectrometer
CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
ERTS-1	Earth Resources Tecnology Satellite 1
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETM +	Enhaced Thematic Mapper
GPS	Global Positioning System
HRV	High Resolution Visible
IAF	Índice de Área Foliar
IVAS	Índice de Vegetação Ajustado ao Solo
IVDN	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
MDT	Modelo Digital do Terreno
MED	Modelo de Elevação Digital
MSS	Multiespectral Scanner Subsystem
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NASA	National Aeronautics and Space Aministration
ND	Número Digital
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PAR	Radiação Fotossinteticamente Ativa
PISNC	Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho
RBV	Return Beam Vidicon
REM	Radiação Eletromagnética
RGB	Red, Gren, Blue
SEBAL	Surface Energy Balance Algorithm for Land
SITIM	Sistema de Tratamento Digital de Imagens
SMMR	Scanning Multichannel Microwaver Radiometer
SR	Sensoriamento Remoto
TIROS	Television and Infrared Observation Satellite
TM	Thematic Mapper
WGS 84	World Geodetic System de 1984

UA	Unidades Astronômicas
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
UTM	Projeção universal transversal de Mercator
λ_i	Irradiância Solar Espectral de Cada Banda no Topo da Atmosfera
σ	Constante de Stefan-Boltzman.
α	Albedo da Superfície
γ	Ângulo de Aspecto da Superfície
ω	Ângulo Horário
δ	Declinação do Sol
φ	Latitude
ρ_{λ_i}	Reflectância Monocromática de Cada Banda (λ_i)
ϵ_a	Emissividade Atmosférica
ρ_{IV}	Reflectividade do Infravermelho Próximo
ϵ_{NB}	Emissividade Termal
ϵ_o	Emissividade da Superfície
α_{toa}	Albedo Planetário
ρ_V	Reflectividade do Vermelho
dT-S	Distância Relativa Terra-Sol
L_{λ_i}	Radiância Espectral
$R_{L\uparrow}$	Radiação de Onda Longa Emitida pela Superfície
$R_{L\downarrow}$	Radiação de Onda Longa Incidente
R_n	Saldo de Radiação
$R_{S\downarrow}$	Radiação de Onda Curta Incidente
i	Inclinação do Terreno
S	Constante Solar
T_a	Temperatura do Ar
T_s	Temperatura da Superfície Terrestre
δ	Declinação do Sol (em radianos)
φ	Latitude do Pixel (em radianos);
s	Inclinação da Superfície (em radianos);
γ	Ângulo de Aspecto da Superfície (em radianos)
ω	ângulo horário (em radianos)
ϵ_o	Emissividade de Cada Pixel
Z_i	Ângulo Zenital do Sol

a	Ângulo Azimutal
K_c	Coeficiente de Cultura
$L_{\lambda i}$	Radiância Espectral de Cada Banda
$k_{\lambda i}$	Irradiância Solar Espectral de Cada Banda no Topo da Atmosfera
Z	Ângulo Zenital Solar
d_r	Quadrado da Razão Entre a Distância Média Terra-Sol
Γ	Dia do Ano
α_{TOA}	Albedo Planetário
α_{PO}	Radiação Solar Refletida pela Atmosfera
τ_{sw}	Transmissividade Atmosférica

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	2
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1	Sensoriamento Remoto	4
2.1.1	Plataformas de Sensoriamento Remoto	6
2.1.2	Tipos de Dados	6
2.2	A Meteorologia e o Sensoriamento Remoto	8
2.2.1	Série Landsat	8
2.2.2	Imageador TM – Landsat 5	9
2.3	Algoritmo SEBAL	11
2.4	Albedo da Superfície	11
2.5	Índice de Vegetação	13
2.6	Temperatura da Superfície	14
2.7	Saldo de Radiação	15
2.8	Modelo de Elevação Digital (MED)	16
3.	MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1	Materiais	17
3.1.1	Área em Estudo	17
3.1.2	Clima	20
3.1.3	Ocupação do Solo	20
3.1.4	Bacia Hidrográfica Materiais	20
3.1.5	Dados Utilizados	21
3.2	Métodos	29
3.2.1	Cálculo do Balanço de Radiação à Superfície	30
3.3	Modificações no Balanço de Radiação	36
3.3.1	Modificações no Balanço de Radiação (com o MED)	36
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1	Características Gerais das Imagens	38
4.2	Transmissividade e Emissividade	40
4.3	Albedo da Superfície	44
4.4	Índices de Vegetação (IVDN, IVAS e IAF)	48
4.4.1	IVDN	48
4.4.2	IAF	52
4.4.3	IVAS	53
4.5	Temperatura da Superfície (Ts)	54
4.6	Radiação de Onda Curta e Onda Longa	58
4.6.1	Radiação de Onda Curta Incidente	58
4.6.2	Radiação de Onda Longa Incidente	59
4.6.3	Radiação de Onda Longa Emitida	60
4.7	Saldo de Radiação	61
4.7.1	Relação entre o Albedo e o Rn	66
4.7.2	Relação entre a Temperatura da Superfície (Ts) e Rn	68
5.	CONCLUSÕES	70
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
7.	ANEXOS	78