



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
CAMPUS JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

Clarissa Cardoso Pereira

**TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE NA BACIA DA USINA HIDRELÉTRICA (UHE)
BARRA DOS COQUEIROS, UTILIZANDO CLIMATOLOGIA E SENSORIAMENTO
REMOTO**

JATAÍ (GO)

2014

Clarissa Cardoso Pereira

**TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE NA BACIA DA USINA HIDRELÉTRICA (UHE)
BARRA DOS COQUEIROS, UTILIZANDO CLIMATOLOGIA E SENSORIAMENTO
REMOTO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia/PPGGEO-*Stricto Sensu* da Universidade Federal de Goiás - Campus Jataí/UFG-CAJ, para obtenção do título de Mestre em Geografia, na área de concentração Organização do Espaço nos Domínios do Cerrado Brasileiro, na Linha de Pesquisa em Análise Ambiental do Cerrado Brasileiro, sob a orientação da Prof.^a Dra. Zilda de Fátima Mariano e co-orientação de Dr. Flávio Wachholz.

JATAÍ (GO)

2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)
Biblioteca Pública Dante Mosconi**

P436 Pereira, Clarissa Cardoso.
Temperatura de Superfície na Bacia da Usina Hidrelétrica (UHE) Barra dos Coqueiros, utilizando climatologia e sensoriamento remoto [manuscrito] /Clarissa Cardoso Pereira. - 2014.

xv, 80f. : il., figs, tabs.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Zilda de Fátima Mariano; Co-orientadora: Flávio Wachholz.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, 2014.

Bibliografia.

Inclui lista de figuras, abreviaturas, siglas e tabelas.

Anexos.

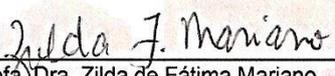
1. Climatologia. 2. Uso da terra. 3. Temperatura de superfície. 4. Bacia hidrográfica. I. Título.

CDU:551.58

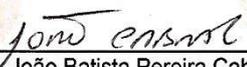
Clarissa Cardoso Pereira

**TÍTULO: "Temperatura de superfície na bacia hidrelétrica(UHE)
Barra dos Coqueiros, utilizando climatologia e sensoriamento
remoto"**

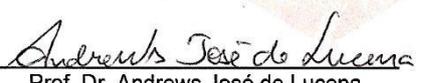
Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 14 de abril de 2014, pela
Banca Examinadora constituída pelos membros:



Prof.ª Dra. Zilda de Fátima Mariano
Orientadora - UFG



Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral
Membro interno -UFG



Prof. Dr. Andrews José de Lucena
Membro externo - UFRJ

Jataí - Goiás
Brasil

DEDICATÓRIA

A meu esposo

Denis,

meus pais

João e Maria e

meus irmãos

Firmino, Emanuel e Juliana

pela compreensão, amizade e amor

dedicados a mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, sou grata a Deus todo misericordioso que me deu e dá a força para seguir e para vencer as barreiras;

Aos meus pais, João e Maria, que desde criança e até hoje me incentivam a estudar e a conquistar meu lugar ao sol;

Ao meu querido esposo, Denis, que no decorrer dessa trajetória de estudo sempre me auxiliou com carinho e amor;

Aos meus irmãos Firmino, Emanuel e Juliana, que estão ao meu lado demonstrando o carinho no dia a dia;

A toda a minha família e amigos pessoais que me auxiliam a alcançar vitórias tanto pessoais como profissionalmente;

A minha orientadora, prof^a. Zilda, que mesmo passando por momentos delicados de saúde sempre se dispôs a me orientar;

Ao co-orientador, Dr. Flávio Wachholz, pelas contribuições à pesquisa;

Ao Andrews, prof. Dr. da UFRJ, que desde o início da pesquisa me ajudou, gentilmente, a compreender o que é temperatura de superfície e as técnicas necessárias para andamento e finalização desse estudo;

Ao Alécio, técnico e professor da UFG/CAJ, por me ensinar, pacientemente, a confeccionar os mapas de fundamental importância para esta pesquisa;

Aos colegas Wilson, Hudson e José Ricardo pelas dicas imprescindíveis para manuseio das ferramentas do Arcgis;

Ao meu irmão Emanuel, cientista da computação, pelo auxílio na interpretação da linguagem de programação que se fez necessária para o caminhar da pesquisa;

Ao Projeto financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) sob o número 564525/2010-3, na coordenação do prof. João Batista Pereira Cabral e aos demais componentes do grupo, que ofereceu subsídios para que a pesquisa ocorresse na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros;

A equipe de campo: Andreia, Lázara, Jean, José Ricardo, Paulo, Regina, Assunção.

Aos motoristas, Neto, Assis, Adnael e Divino pelas idas e vindas do campo;

As colegas e companheiras, Mainara e Jordana, pelas conversas (às vezes desabafos!);

A bolsa, REUNI, pelo apoio financeiro de 24 meses;

A Universidade Federal de Goiás/Campus Jataí pela oportunidade da pós-graduação.

A todos, a minha sincera gratidão!

RESUMO

Mudança no uso da terra é um dos principais responsáveis por impactos ambientais, e que dentre estes se destacam as alterações na condição da temperatura superficial terrestre e na atmosfera que influenciam as condições climáticas. Mediante as modificações do uso da terra devido às demandas por áreas para pecuária e agricultura na bacia do Rio Claro (GO), área de estudo, o objetivo da pesquisa foi analisar a temperatura de superfície (TS) nos diferentes usos da terra da bacia da Usina Hidrelétrica (UHE) Barra dos Coqueiros. O uso da terra e estimativa da TS foi realizada a partir da imagem do Landsat 5 (bandas 3, 4, 5 e 6), nas datas de 17/04/2011 e 08/09/2011, respectivamente representativas do período chuvoso e seco. Para o mapeamento do uso da terra recorreu-se ao software ArcGis® 10. A TS foi calculada a partir da metodologia de Lucena (2012), com algumas adaptações no que consistem aos dados climáticos (temperatura e umidade relativa do ar) e dos dados de emissividade da superfície. Os dados climáticos foram coletados por termohigrômetros, nos quais a temperatura média e umidade relativa média do ar serviram para obtenção da TS e a temperatura do ar instantânea para comparar com os valores de TS. Para o período seco, foram identificados 6 usos diferentes da terra (pastagens, matas, agricultura, água, cerrado e área urbana), sendo os mesmos usos do período chuvoso, entretanto com diferença no quantitativo das áreas de pastagens que diminuíram e as áreas de cerrado e mata que aumentaram em relação ao outro período analisado. A TS no período chuvoso apresentou dois intervalos de TS, entre 10,0 °C e 45,0 °C, no qual as TS amenas apresentaram-se nas áreas de lago e as TS elevadas predominaram na área urbana do município. Já a TS no período seco, com intervalo entre 10,0 °C e 50,0 °C notam-se valores mais amenos em área alagada do reservatório e mais elevado em áreas de solo exposto. Na análise da TS com a temperatura do ar instantânea (TA), verificou-se que todos os pontos de coleta apresentam TS no intervalo de 20,0 °C e 35,0 °C, para o período chuvoso, com destaque para P1 e P8 em que há maiores valores de TS (entorno de 35,0 °C), já os demais pontos, inclusive o P6 com o menor valor de TA, a TS é mais amena (<30,0 °C). No período seco, dentre os pontos de TS mais elevados, o P1 (35,0 °C) mais elevado do que o valor de TA (34,9 °C). O P6, outro ponto com TS elevado se destaca dos demais por apresentar TA mais elevada (38,9 °C). O comportamento no período seco TS mais amenos (de 25,0 °C a 35,0 °C), P2 é o ponto que a TS é a mais amena (25,0 °C) e os demais (P3, P5, P7 e P9) com TS 30,0 °C. Constatou-se nesta pesquisa que a TS apresentou comportamento espacial de acordo com os diferentes usos da terra e comportamento temporal no período seco e chuvoso, devido às condições da vegetação.

Palavras-chave: uso da terra, bacia hidrográfica, temperatura de superfície.

ABSTRACT

Land-use change is a major contributor to environmental impacts that, among others, stand out the changes in the earth's surface temperature condition as well as in the atmosphere that influence the climate conditions. Through the changes in the land use due to demands for areas dedicated to livestock and agriculture in the Rio Claro basin (GO), an area of study, the aim of this research was to analyze the surface temperature (ST) in the various uses of the land in the basin of Barra dos Coqueiros Hydroelectric Power Plant (HPP). The land use and the estimated ST was performed from the Landsat 5 image (bands 3, 4, 5 and 6), on April/17th/2011 and September/8th/2011, respectively representative of the wet and dry seasons. For the mapping of land use, the software ArcGIS ® 10 has been resorted. The ST was calculated using Lucena's methodology (2012), with some adaptations concerning climatic data (temperature and relative humidity of the air) and the data concerning surface emissivity. The climatic data were collected through thermo-hygrometers, where the average temperature and average relative humidity of the air were used in order to obtain the ST and the instantaneous temperature of the air so that it was possible to compare with the values of the ST. For the dry season, 6 different uses (pastures, forests, agriculture, water, cerrado and urban areas) were identified, and the same uses were found for the wet season, though with differences in the number of areas of pastures that decreased and the areas of cerrado and forest that grew in relation to the other period. The ST in the wet period showed two ranges of ST, between 10.0 °C and 45.0 °C, in which the mild ST showed up in the lake areas and the high ST predominated in the urban area. As for the ST in the dry period, with a break between 10.0 °C and 50.0 °C milder values were visible in flooded area of the reservoir and higher ones are visible in areas of exposed soil. In the analysis of the ST with the instantaneous air temperature (AT), it was found that all collection points highlight the ST in the range of 20.0 °C and 35.0°C, for the wet season, especially in P1 and P8 that there are higher values of ST (around 35.0 °C), since the other points, including the P6 with the lesser value of AT, the ST is milder (<30.0 °C). In the dry period, among the highest points of the ST, P1 (35.0 °C) is higher than the value of AT (34.9 °C). The P6, another point with high ST stands out from the others due to its higher AT (38.9 °C). The behavior in the dry warmer period of the ST (25.0 °C to 35.0 °C), the P2 is the point that the ST is the mildest (25.0 °C) and the others (P3, P5, P7 and P9) the ST is 30.0 °C. It was found in this research that the ST has presented spatial variability depending on the different land uses and temporal variability in dry and wet season, due to the condition of the vegetation.

Keywords: land use, watershed, surface temperature.

LISTA DE FLUXOGRAMA

Fluxograma 1 - Etapas metodológicas da dissertação.....	32
---	----

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Vista parcial da UHE de Barra dos Coqueiros.....	26
Fotografia 2 - Atividades antrópicas encontradas na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros.....	28
Fotografia 3 - Atividades antrópicas encontradas na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros.....	28
Fotografia 4 - Abrigo com termohigrômetro.....	33
Fotografia 5 - Área de pastagem próxima ao ponto P4, na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros.....	44
Fotografia 6 - Vegetação no córrego Pontezinha, próximo ao ponto P7, na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros.....	45
Fotografia 7 - Área de cultivo de cana-de-açúcar próximo ao ponto P2, na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros.....	45
Fotografia 8 - Vista parcial da área urbana da bacia da UHE de Barra dos Coqueiros..	46
Fotografia 9 - Vista parcial do reservatório da bacia da UHE de Barra dos Coqueiros, próximo ao ponto P4.....	47
Fotografia 10 - Área colhida de cana de açúcar, próximo ao ponto P7, na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros.....	50
Fotografia 11 - Área de solo preparado para plantação, próximo ao ponto P8, na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros.....	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Temperatura e umidade relativa do ar média do dia 17/04/2011.....	52
Gráfico 2 – Temperatura e umidade relativa do ar máxima do dia 17/04/2011.....	53
Gráfico 3 – Temperatura e umidade relativa do ar máxima do dia 17/04/2011.....	54
Gráfico 4 - Temperatura e umidade relativa do ar média do dia 08/09/2011.....	56
Gráfico 5 – Temperatura e umidade relativa do ar máxima do dia 08/09/2011.....	56
Gráfico 6 – Temperatura e umidade relativa do ar mínima do dia 08/09/2011.....	57

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Carta sinótica da América do Sul em 08/09/2011 às 09:00.....	51
---	----

Figura 2 - Imagem infravermelha do satélite Goes 12 da América do Sul do dia 17/04/2011 às 10:30.....	51
Figura 3 - Carta sinótica da América do Sul em 08/09/2011 às 09:00.....	55
Figura 4 - Imagem infravermelha do satélite Goes 12 da América do Sul do dia 17/04/2011 às 10:30.....	55

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Localização da área de estudo.....	25
Mapa 2 - Formações Geológicas da bacia da UHE de Barra dos Coqueiros.....	29
Mapa 3 - Solos na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros.....	30
Mapa 4 - Localização dos pontos de coleta de dados utilizados no experimento.....	35
Mapa 5 - Uso da terra na bacia da UHE de Barras dos Coqueiros, no período chuvoso.....	43
Mapa 6 - Uso da terra na bacia da UHE de Barras dos Coqueiros, no período seco.....	48
Mapa 7 - Temperatura de superfície na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros, no período chuvoso.....	59
Mapa 8 - Temperatura de superfície na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros, no período seco.....	61
Mapa 9 – Diferenças da vegetação nos períodos chuvoso e seco na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros.....	64
Mapa 10 - Temperatura de superfície com os pontos de dados de temperatura do ar, no período chuvoso.....	66
Mapa 11 - Temperatura de superfície com os pontos de dados de temperatura do ar, no período seco.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Nomes e projeção UTM dos pontos de coleta de dados climáticos.....	34
Tabela 2 - Data das imagens do satélite Landsat 5, de ponto e órbita 255/73.....	36
Tabela 3 - Constante de calibração para sensor do Landsat 5.....	39
Tabela 4 - Áreas de uso da terra na bacia da UHE Barra dos Coqueiros, no período chuvoso.....	43
Tabela 5 - Área plantada em hectares de cana-de-açúcar em Caçu e Cachoeira Alta.....	46
Tabela 6 – Áreas de uso da terra na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros, no	

período seco.....	48
Tabela 7 – Diferenças no uso da terra entre os períodos chuvoso e seco na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros.....	49
Tabela 8 – Temperatura do ar instantânea das 10h:06min às 10h:29min, no período chuvoso.....	66
Tabela 9 – Temperatura do ar instantânea das 10h:00min às 10h:26min, no período seco.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA - Agência Nacional de Águas

ArcGIS – Geographic Information System

CAJ - Campus Jataí

DN - Digital Number

EIBHSG - Estudo Integrado de Bacias Hidrográficas do Sudoeste Goiano

IAF - Índice de área foliar

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

K - Kelvin

NBR - Norma Brasileira

NDVI - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada

NOAA –National Oceanic Atmospheric Administration

PCH - Pequena Central Hidrelétrica

REUNI - Programa de Apoio à Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais

RMRJ - Região Metropolitana do Rio de Janeiro

SAVI - Índice de Vegetação Ajustado ao Solo

SEBAL - Surface Energy Balance Algorithms for Land

SIEG - Sistema Estadual de Estatística e Informações Geográficas de Goiás

TA - Temperatura do ar

TB - Temperatura de Brilho

TS - Temperatura de Superfície

UHE – Usina Hidrelétrica

UTM - Universal Transversal de Mercator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1	Estudo do clima em bacia hidrográfica.....	14
2.2	Sensoriamento remoto.....	16
2.3	Aplicação do sensoriamento remoto na climatologia geográfica.....	18
2.4	Temperatura de superfície: conceitos e aplicações.....	21
3	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	25
3.1	Localização e caracterização geográfica da área de estudo.....	25
3.2	Procedimentos Metodológicos.....	31
3.2.1	Procedimentos para obtenção dos dados climáticos.....	33
3.2.2	Procedimentos para obtenção das imagens de satélite.....	36
3.2.3	Procedimentos para análise do uso da terra.....	37
3.2.4	Procedimentos para estimativa da Temperatura de Superfície (TS).....	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
4.1	Análise do uso da terra no período chuvoso e período seco.....	42
4.2	Análise da temperatura do ar e umidade relativa no período chuvoso e período seco.....	51
4.3	Análise da Temperatura de superfície (TS) no período chuvoso e período seco.....	57
4.4	Análise da temperatura do ar (TA) instantânea nos pontos de coleta com a temperatura de superfície (TS) nos períodos chuvoso e seco.....	65
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
	REFERÊNCIAS.....	73

INTRODUÇÃO¹

A demanda cada vez crescente por maior produtividade, energia elétrica e água tem proporcionado uma pressão sobre os recursos naturais através da sua exploração acelerada. Para suprir estas necessidades nota-se modificação do meio, para terras agricultáveis, pastagens e construção de empreendimentos hidrelétricos, nos quais a remoção da vegetação desencadeia mudanças nas condições naturais do ambiente.

Mudança no uso da terra e cobertura vegetal é um dos principais responsáveis por impactos ambientais que dentre estes se destacam as alterações na condição da temperatura superficial terrestre (TS) e na atmosfera que influenciam na temperatura do ar e do solo, na umidade relativa do ar e na pluviosidade.

Os impactos ambientais sobre o clima necessitam de estudos em diferentes escalas e diferentes formas de análise, como maneira de melhor compreender como essas alterações climáticas afetam negativamente a população no âmbito social e econômico.

Visando a compreensão das consequências advindas das modificações do uso da terra, provocadas pelo processo de alteração do meio natural e as implicações socioambientais, principalmente ocasionadas pelos empreendimentos hidrelétricos, desenvolve-se desde 2010, na bacia do Rio Claro (Goiás) o projeto Pró-Centro-Oeste, intitulado “Análise do impacto da ação antrópica nas características hidrossedimentológica/limnológica da bacia do Rio Claro (GO)”, para analisar os impactos ambientais presentes nas áreas de influência da Usina Hidrelétrica (UHE) de Barra dos Coqueiros e UHE de Caçu, na bacia do Rio Claro (GO).

A bacia da UHE de Barra de Coqueiros é uma região de preocupação, quando referimos à questão ambiental, tendo em vista que sofreu com a rápida conversão dos cerrados em pastagens, culturas e atualmente com advento da cana-de-açúcar pelas indústrias sulcralcooleiras e os empreendimentos hidrelétricos instalados no Rio Claro que proporcionaram mudanças no ambiente.

Além dessas atividades, hoje, na bacia, foram instaladas hidrelétricas devido aos aspectos geográficos climáticos e fatores ambientais favoráveis. Essas hidrelétricas

¹Para elaboração da dissertação de mestrado, foram utilizadas as normatizações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as Normas Brasileiras (NBRs): 6023 sobre a elaboração das referências, 6024 que trata da numeração progressiva do sumário, 6027 para sumário, 6028 referente à elaboração do resumo, 6034 para organização do índice, 10520 para citação de documentos dentro do texto e 14724 de abril de 2011 tratando-se da organização de trabalhos acadêmicos.

proporcionaram modificação da paisagem natural que, conseqüentemente, podem configurar mudanças de natureza microclimática e climática local.

Diante dessas implicações que podem influenciar o clima, a bacia do Rio Claro necessita de estudos que avaliem, em diferentes escalas, as alterações no clima local e por este mesmo motivo esta presente pesquisa se justifica e como parte integrante do Projeto Pró-Centro-Oeste, a mesma objetivou analisar a temperatura de superfície (TS) nos diferentes usos da terra identificados na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros após a construção do reservatório em dois momentos distintos (período seco e período chuvoso) e relacionar a temperatura de superfície com a temperatura do ar, dos pontos de coleta.

Assim, a dissertação foi dividida, na introdução do trabalho, com os aspectos gerais sobre o estudo e os objetivos. O Capítulo 2 versa sobre a fundamentação teórica, no qual foram abordados tópicos referentes à climatologia, ao sensoriamento remoto e conceitos e aplicações da temperatura de superfície. O capítulo 3 trata da localização, caracterização e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa. Os resultados e discussões das análises da TS, temperatura do ar e uso do solo na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros estão presentes no capítulo 4 e por fim, no capítulo 5, as considerações finais da pesquisa.

2-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Estudo do clima em bacia hidrográfica

O clima dentre os elementos que compõem as características da paisagem de uma bacia hidrográfica é um dos principais formadores, sendo que o conhecimento da dinâmica do clima e suas interações com os demais elementos do ambiente são necessários para toda e qualquer atividade humana.

A utilização dos recursos naturais para as atividades produtivas, como agricultura, proporciona alteração no meio físico natural, sendo o clima um dos fatores que sofre com essas alterações, principalmente com a retirada da vegetação natural para as práticas agrícolas.

Dessa forma, o entendimento das relações existentes entre o clima e as atividades agrárias, urbanas e industriais, é necessário para o estudo das condições climáticas no gerenciamento dessas atividades.

O clima apresenta diferentes maneiras de influenciar o espaço. Sant'Anna Neto (1998, p. 122-123) aponta que:

Quando tratamos de áreas urbanas, o clima original é constantemente modificado pela construção do espaço urbano, uma vez que é alterado, entre outros fatores, o balanço de energia, em função da concepção de cidade estabelecida pela civilização capitalista ocidental.

Nas áreas rurais, a variabilidade sazonal e as excepcionalidades climáticas afetam a produção agrícola [...]. Além disso, o desmatamento de áreas florestadas alteram o balanço hídrico, a radiação e o albedo.

Mediante a relação entre o clima e meio físico, o entendimento da dinâmica atmosférica é decisivo para a definição do estado do tempo sobre um dado lugar, assim como o tipo de clima. Entretanto, outros fatores geográficos, como a latitude, a altitude, o uso do solo, são parâmetros fundamentais nos estudos do clima, pois a atuação do homem, modificando a paisagem natural, provoca diversificação do uso do solo. (BALDO, 2006).

Para o estudo do clima em consonância com os outros elementos, as bacias hidrográficas como recorte espacial é considerada ideal para o conhecimento detalhado da dinâmica e relações existentes de diferentes elementos da paisagem como contingência para ocupação humana.

A bacia hidrográfica é entendida como célula básica de análise ambiental que permite conhecer e avaliar seus diversos componentes, numa visão fisiográfica, para Moragas (2005, p. 32):

[...] pode ser entendida como área drenada por uma rede de canais influenciada por diversas características topográficas, litológicas, tectônicas, de vegetação, dentre outras. Mas a bacia hidrográfica representa um complexo sistema integrado de inter-relações ambientais, socioeconômicas e políticas.

Na climatologia, a bacia hidrográfica é utilizada para estudo do clima correlacionado com a vegetação, impactos ambientais, uso do solo, ocupação ambiental e topografia, apresentados em estudos como de Steinke (2004), Leite (2011), Rocha (2012) e Medeiros (2013).

No estudo realizado na bacia hidrográfica do Rio Monteiro em Planaltina (DF), para análise do uso do solo com a temperatura de superfície, Steinke (2004) identificou contrastes térmicos entre áreas cobertas de água e vegetadas com valores de temperatura de superfície baixos (21,0 a <15,0 °C) e os espaços mineralizados e urbanizados com temperatura de superfície elevadas (23,0 a >27,0°C). E segundo a autora, estudos dessa natureza em bacia hidrográfica, podem contribuir para o planejamento de áreas que estejam passando por algum tipo de agressão ambiental.

Segundo Leite (2011), ao analisar as mudanças no uso da terra e a variação da temperatura e do albedo de superfície, no período sazonal de inverno da bacia do Rio Vieira (MG), nos anos de 1985, 1995 e 2010, constatou que a substituição da vegetação natural implicou na elevação dos valores de temperatura de superfície e as áreas vegetadas recuperadas tenderam a temperaturas mais amenas.

Para Rocha (2012), foi possível analisar o comportamento pluvial da bacia e identificar áreas, que não têm cobertura vegetal, susceptíveis a erosão, através da rede pluviométrica da bacia hidrográfica da UHE de Barra dos Coqueiros (GO).

Medeiros (2013), numa análise em diferentes escalas (regional, local e microclimática) da bacia da UHEs de Barra dos Coqueiros e Caçu (GO), constatou que mudanças no uso da terra proporcionaram mudanças no microclima das bacias e além do microclima, a preservação da vegetação é indiscutível para manutenção também do clima em escala regional e local.

Portanto, a bacia hidrográfica como recorte espacial para climatologia geográfica tem servido para diversas perspectivas de estudo do clima. E estes estudos podem servir para planejamento e monitoramento ambiental, principalmente como indicador de degradação ambiental, como por exemplo, a identificação da degradação por seca, queimadas, desmatamento, que podem influenciar em escala microclimática, local, regional e até global.

2.2 Sensoriamento Remoto

Os dados de sensor remoto vêm dando suporte a vários estudos sobre a superfície da Terra, sobretudo quando se considera a possibilidade de obtenção de informações temporais que se destacam como uma importante fonte de informações históricas, permitindo o mapeamento e a quantificação de informações pretéritas e atuais das áreas imageadas.

Considerado como um conjunto de tecnologia que envolve a medição das propriedades físicas de um objeto à distância, o sensoriamento remoto em outras palavras, segundo Rosa (2009, p.11) “pode ser definido, de uma maneira ampla, como sendo a forma de obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com o mesmo”.

A aquisição de dados realizada por satélites em órbita ao redor da Terra é feita basicamente a partir da radiação eletromagnética emitida por todas as substâncias. Sendo esta a base do sensoriamento remoto da Terra, por se constituir, segundo Novo (2008, p.12), “no meio pelo qual a informação é transferida do objeto ao sensor”.

A energia radiação eletromagnética, cuja maior fonte de radiação é o Sol e por este motivo parte desta energia é denominada radiação solar, que ao interagir com os constituintes atmosféricos modifica a quantidade, a qualidade e direção dos raios solares que atingem a superfície terrestre. A modificação que a energia eletromagnética sofre ocorre por que se propaga no vácuo em forma de ondas e apresenta comprimentos de ondas diferentes (PEREIRA et al, 2002 e NOVO, 2008).

O conjunto de diferentes tipos de radiação eletromagnética constitui o espectro eletromagnético que é ordenado de acordo com o comprimento de onda, medido normalmente em micrômetros (μm), é dividido em três faixas (bandas) em função das características de cada região: faixa do ultravioleta (UV), visível (VIS) e infravermelho próximo (IVP) (PEREIRA, et al, 2002; FERREIRA, 2006).

Na região do ultravioleta, de 0,003 e 0,38 μm , os raios são nocivos aos seres vivos, porém, são praticamente absorvidos pela camada de ozônio. A faixa do visível, compreendida entre 0,38 e 0,7 μm , a pequena parte do espectro eletromagnético detectado pela visão humana é representado pelas cores do arco-íris, de forma que cada cor apresenta um comprimento de onda diferente. Já entre 0,7 e 10 μm tem-se o infravermelho que por sua vez divide-se em três regiões: infravermelho próximo (0,7 e 1,3 μm), infravermelho médio (1,3 a 6,0 μm) e infravermelho distante (6,0 e 10 μm) (NOVO, 2008; VAREJÃO-SILVA, 2006; ROSA, 2009).

O infravermelho termal é composto por radiação de ondas longas, e denomina-se termal porque o que se detecta no sensor é a radiação emitida pelos objetos, cuja intensidade é função da sua temperatura de superfície. Isso ocorre porque todos os materiais com temperatura superior a 0 K (Kelvin) emitem radiação eletromagnética (ROSA, 2009).

Além da temperatura, a radiação emitida pelos objetos é função da emissividade que de acordo com Rosa (2009, p. 55) “a temperatura é função da temperatura do corpo (T) e de sua emissividade (ϵ)”. A quantidade total de radiação eletromagnética emitida por um corpo é dada pela Lei de Stefan-Boltzmann (equação 1) de acordo com Rosa(2009).

$$M = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (1)$$

Onde:

M= radiação total emitida por um corpo

ϵ = emissividade do corpo que varia de 0 a 1.

σ = constante de Stefan-Boltzmann ($5.6693 \cdot 10^{-8} \text{ w/m}^2 - \text{K}^4$)

T = temperatura do corpo

A região que permite melhor transmissão que alcança o sensor da energia emitida pela Terra, nesta região espectral, segundo Steinke (2004, p. 42) “é o intervalo de 8,0 a 14,0 mm para imageamento orbital, porque acima de 30 km, a camada de ozônio absorve toda radiação além de 14 μm emitida pela Terra”.

Devido a essas propriedades descritas, a faixa termal pode ser utilizada em diversos estudos do comportamento da temperatura de superfície, no qual Ferreira (2006, p. 19) acrescenta que:

Os sensores dos satélites que detectam região infravermelha nesse comprimento podem ser usados para estudar as propriedades térmicas da superfície terrestre ou da atmosfera. [...] Essa radiação [...] envolve a energia solar refletida e radiação térmica. Os sensores dos satélites que detectam radiação na faixa do visível e do infravermelho próximo podem medir a quantidade de energia refletida que chega, bem como as energias irradiadas pela superfície terrestre e pelas nuvens.

A partir do canal termal, a temperatura de superfície pode ser empregada para detecção e monitoramento de culturas, secas, do mar, identificação de queimadas, para o estudo do balanço de radiação na superfície e em estudos de mudanças climáticas (ROSA, 2009).

O uso da temperatura de superfície, apesar de ser eficaz para os estudos supracitados, necessita de cuidados para não incorrer em erros uma vez que a sua obtenção segundo Rosa (2009, p. 55):

[...] requer que os valores de emissividade dos diferentes materiais sejam conhecidos, assim como os efeitos resultantes da absorção da atmosfera. Pode-se dizer que a emissividade é a principal fonte de erro quando da determinação da temperatura da superfície a partir de imagens de satélite.

Portanto, conhecendo os valores de emissividade dos materiais, com a correção atmosférica adequada e com domínio das técnicas do sensoriamento remoto e do geoprocessamento para a obtenção da temperatura de superfície o resultado será obtido o mais próximo possível da realidade.

2.3 Aplicação do sensoriamento remoto na climatologia geográfica

As técnicas de análise climáticas tradicionais apoiam-se no registro de dados pontuais que em sua maioria coletado por estações meteorológicas, muitas vezes não são capazes de cobrir o espaço de forma a permitir uma análise detalhada do clima de um dado lugar. Entretanto, a partir do desenvolvimento das geotecnologias, principalmente do sensoriamento remoto desenvolveram-se técnicas promissoras que serviram de apoio para a análise climática.

Os dados obtidos por meio de imagens de satélites apresentam a vantagem de serem mais homogêneos que os coletados em estações convencionais, fornecem maior frequência de informações sobre a cobertura e permitem análise de dados em alta resolução espacial e temporal em áreas inóspitas ou desabitadas do mundo, como os desertos e os oceanos que não são servidas por estações meteorológicas (STEINKE, 2004; AYOADE, 1996).

Para Ayoade (1996), os satélites permitem uma cobertura objetiva, abrangendo grande área e proporcionam medir a radiação solar em uma posição situada fora da atmosfera terrestre, porém alerta que existem problemas associados à operação, análise e uso dos dados obtidos, em que:

Precisa haver um entendimento de que as observações de satélites são realmente de natureza complementar às medidas convencionais e não podem substituí-las. Isso porque os satélites são plataformas de sensoriamento remoto que investigam a atmosfera através de instrumentos em contato direto com ela. (AYOADE, 1996, p.8).

Apesar desses problemas apontados, novas técnicas têm aperfeiçoado os dados provenientes de diversos sensores, com melhores resoluções e maior precisão do sensoriamento remoto permitindo novas aplicações, as quais, na climatologia têm sido utilizadas na análise de ilhas de calor, diferença térmicas entre o ambiente urbano e rural, no uso do solo, em índices de vegetação, albedo, em áreas urbanas, porém nas áreas predominantemente rurais os trabalhos concentram-se nestas três últimas análises.

A investigação do clima com a aplicação do sensoriamento remoto foi apresentada em alguns trabalhos como em Nichol (1996) com a identificação de ilha de calor em Singapura por meio de imagens Landsat, o estudo mostrou que os dados de imagem são suficientemente específicos para indicar as temperaturas relativas dentro do ambiente construído.

Weng, et al (2004), analisaram a interação entre a dinâmica térmica e a vegetação, no contexto de diferentes tipo de cobertura do solo na cidade de Indianápolis, nos Estados Unidos, os quais encontraram variações na temperatura de superfície devido às diferentes coberturas do solo.

Outro estudo no contexto das ilhas de calor urbanas é o de Kim e Baik (2005), em que houve a investigação da estrutura espacial e temporal da ilha de calor urbana em Seul, na Coreia do Sul, com dados de estações meteorológicas automáticas em consonância com o mapa de uso da terra construído a partir de imagens no Landsat.

Nota-se que os trabalhos de Nichol (1996), Weng et al (2004) e Kim e Baik (2005), assim como a maioria dos estudos em climatologia com a aplicação do sensoriamento remoto, estão voltados para termografia do clima urbano e as imagens de satélite foram utilizadas juntamente com dados coletados por estações meteorológicas, ou seja, os dados das imagens serviram de suporte para descrição e análise climática. E, segundo estes autores, as imagens de satélites possibilitam a observação da variação térmica de superfície intra-urbana tanto de grandes cidades, como de pequeno porte, assim como a variação térmica na área rural.

Nos estudos da climatologia brasileira, segundo Mendonça (2003), poucos estudos do clima urbano empregaram imagens de satélites como técnica auxiliar para o exame da atmosfera da cidade, como os estudos iniciais em São Paulo, Londrina e Porto Alegre.

Considerado como trabalho pioneiro, Lombardo (1985), elaborou um estudo da formação de ilha de calor da cidade de São Paulo utilizando imagens do satélite NOAA para a termografia e de imagens do satélite Landsat5 para a identificação do uso do solo. A resolução espacial foi de 1 km da imagem do satélite NOAA, a qual encontrou diferença superior a 10°C entre o centro da cidade e a área rural.

No caso de Londrina, realizado em 1995, Mendonça (2000, p.169) diz que “o emprego de imagens de satélite permitiu destacar os espaços urbanizados no contexto regional com imagens NOAA e observar com precisão o clima urbano com imagens Landsat 5 TM”. O emprego de imagens de satélite de melhor resolução possibilitou a classificação detalhada da termografia interurbana, muito próxima àqueles obtidos com o emprego de fotografias aéreas de alta resolução, no qual foram encontradas diferenças térmicas entre a superfície da área urbana e o seu entorno rural atingiu cerca de 15°C (MENDONÇA, 2003).

Em 1998, no estudo de Collishon (1998), citado por Mendonça (2003), sobre o campo térmico da Região Metropolitana de Porto Alegre, no qual empregou particularmente a banda 6 do Landsat 5, foi possível avançar no detalhamento da cálculo da temperatura de superfície, assim como aplicação do geoprocessamento como ferramenta para o processamento de imagem digital.

A partir desses primeiros trabalhos, outros estudos foram desenvolvidos considerando a facilidade para a aquisição de imagens de satélite e também o maior interesse em aprimorar as técnicas. Entretanto, a utilização de dados de satélites ainda é pouco difundida devido à limitação decorrentes da presença da atmosfera entre o alvo e o sensor (MENDONÇA, 2003; STEINKE, et al, 2010).

Sobre o uso de imagens de satélite para análise da variabilidade climática, Steinke (2004, p. 123-124) aponta que:

Embora as informações referentes à temperatura de superfície [...] não possam proporcionar a expressão pronta do campo térmico e nem tenham se mostrado adequadas para a avaliação de possíveis modificações no clima de uma região, o resultado da aplicação da técnica pode ser considerado satisfatório em um aspecto: a identificação de áreas termicamente distintas, quentes ou frias.

Segundo a autora, se este aspecto satisfatório for bem utilizado servirá de contribuição para o planejamento ambiental, principalmente para identificar áreas que estejam passando por algum tipo agressão ambiental, como por exemplo, locais onde houve retirada da vegetação para expansão urbana.

Em um estudo comparativo entre o clima das cidades de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França), utilizando a temperatura de superfície, Amorim et al (2009, p. 12), constataram que “é importante lembrar que as imagens por satélite são úteis para estimar a temperatura da superfície, dependendo do tipo de uso e ocupação do solo”.

O estudo da temperatura de superfície aliada ao uso da terra pode contribuir mais ainda para o planejamento de áreas degradadas, pois segundo Nascimento, et al (2009, p. 3), num estudo realizado para o município de Minaçu (GO):

Mudanças no uso e na cobertura da terra estão entre os principais ocasionadores de uma gama de impactos de ordem ambiental, social e/ou econômica. Em particular, são relevantes as alterações ambientais relacionadas à condição da temperatura superficial terrestre, devido sua influência no ciclo de umidade e calor na superfície e atmosfera, configurando o sistema hidrológico, terrestre e atmosférico. Interferindo assim, nas características do solo, da vegetação e da própria paisagem de determinado local.

Esta perspectiva de estudo evidencia-se no trabalho de Nascimento (2011) ao analisar evolução de ilha de calor, no município de Goiânia de 1986 a 2010, no qual os maiores valores registrados de temperatura de superfície aumentou com o passar dos anos e ao mesmo tempo em que houve crescimento da área urbana e dos desmatamentos.

Nota-se interesse no estudo climático por meio de imagens de satélites em área predominantemente rural, tendo a bacia hidrográfica como recorte espacial, e em municípios com área urbana pouco expressiva conforme em trabalhos: Leite (2011) no município de Montes Claros (MG), Nascimento, et al (2009) em Minaçu (GO), Steinke, et al (2010) e Steinke (2004) em Planaltina (DF), Martins e Machado (2010) em Jataí (GO), Pereira, et al (2012) em Caçu e Cachoeira Alta (GO), Oliveira e Rosa (2013) em Uberaba e Uberlândia (MG). Nestes estudos, de modo geral, analisou-se a temperatura de superfície em consonância com outros elementos da paisagem, visando principalmente o planejamento ambiental e também aplicação das técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto como forma de aprimorá-las.

2.4 Temperatura de superfície: conceitos e aplicações

Evidencia-se na literatura que em alguns trabalhos o conceito de Temperatura de Superfície (TS) é usado de forma errônea, pois a mesma é confundida com temperatura de brilho no nível do satélite, com a temperatura aparente ou simplesmente utiliza o valor do pixel, o Digital Number (DN) para suas aplicações (QIN, et al, 2001; LUCENA, 2012).

A efetiva utilização da TS é limitada e isso se deve principalmente, segundo Qin, et al (2001) a falta de um fácil e adequado algoritmo para recuperação da temperatura de superfície. Entretanto, há trabalhos que tomam o cuidado de esclarecer o conceito utilizado,

como é o caso de Tarifa e Armani (2000) que na ocasião trataram da temperatura aparente da superfície.

A Temperatura de Brilho (TB) é a temperatura no topo da atmosfera, bem acima da superfície terrestre, também conhecida como temperatura aparente (NOVO, 2008). Trata-se de acordo com Rosa (2009, p. 26), “da temperatura que um corpo negro deveria ter para emitir a mesma quantidade de radiação espectral de um corpo real” (equação 2).

$$T_b = \varepsilon \cdot T \quad (2)$$

Onde:

T_b = temperatura de Brilho

ε = emissividade

T = temperatura do corpo real

Existem diferentes modelos para a extração da temperatura aparente, como o modelo de Maralet, et al (1985) citado por Tarifa e Armani (2000), que consiste na conversão do valor de DN de cada pixel em temperatura aparente (equação 3).

$$T = 209,831 + 0,834DN - 0,00133DN^2 \quad (3)$$

Onde:

T = temperatura aparente em Kelvin

ND = digital number.

No caso desta equação, o cálculo é feito considerando que a emissividade é igual a 1, ou seja, a superfície tem o comportamento igual ao do corpo negro perfeito. Entretanto, a superfície não se comporta como tal,

[...] possuindo valores de emissividade sensivelmente menores que a unidade. Isso faz com que os valores de temperatura fornecidos pelo sensor sejam comprometidos pelo efeito da emissividade, que leva a uma subestimação do valor de temperatura de superfície. Assim, o valor de temperatura obtido deve ser chamado de “temperatura aparente” da superfície (STEINK, et al, 2010, p. 44).

Em algumas referências encontramos a temperatura brilho como base para calcular a temperatura de superfície, como a técnica presente em Nichol (1996) e a técnica apresentada por Markhan e Barker (1986) que utiliza a equação inversa da lei de Planck e leva em

consideração a emissividade da superfície (SOUZA e SILVA, 2005; JIMENEZ-MUNOZ E SOBRINHO, 2003; QIN, et al, 2001).

A TS é o fluxo de calor dado em função da energia que chega e sai do corpo, sendo de suma importância para o entendimento das interações entre a superfície terrestre e a atmosfera, que por meio de técnica radiométrica é determinada a partir da detecção da radiação de onda longa emitida na faixa do infravermelho (GUSSO, et al 2007).

Especificamente, no intervalo de 8 a 14 μm , é a faixa que permite a melhor transmissão da energia emitida da Terra que alcança o sensor na região do infravermelho termal do espectro eletromagnético. Esta faixa é uma janela atmosférica que consiste na:

[...] região onde ocorrem as menores interações da atmosfera com a radiação emitida ou refletida pela superfície da Terra. Sensores posicionados de maneira a detectar a radiação, nesta região do espectro eletromagnético, têm sido amplamente utilizados para determinação da TS (GUSSO, et al, 2007).

Por este motivo o infravermelho termal tem sido amplamente utilizado para a determinação da TS. Porém, mesmo sendo uma janela atmosférica, não pode ser totalmente desconsiderada devido à atenuação da radiação eletromagnética, provocada principalmente pelo vapor d'água (ZULLO JUNIOR, 1994).

Um dos principais empecilhos para a obtenção da TS está na técnica para correção dos efeitos atmosféricos, na emissividade da superfície e na utilização de um algoritmo adequado. Segundo Wan (1999), a extração da TS é dependente de três fatores: 1) de uma boa avaliação dos efeitos da atmosfera; 2) de uma boa estimativa da emissividade; 3) da qualidade do sensor do infravermelho termal incluindo a resposta espectral e a resolução radiométrica.

Considerando as correções para a estimativa adequada para TS, além de Markham e Barker (1986) e Nichol (1996), outras técnicas são bastante utilizadas como o método SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) de Allen, et al, (2002) e a metodologia presente em Souza e Silva (2005).

O SEBAL é um algoritmo semi-empírico que descreve o balanço completo de radiação que incide sobre a superfície terrestre. Além da temperatura de superfície, os principais produtos do SEBAL são: albedo de superfície, balanço de onda curta, balanço de onda longa, índices de vegetação como o NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), SAVI (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo) e IAF (Índice de área foliar), emissividade de superfície, saldo de radiação, fluxo de calor sensível, calor latente e a evapotranspiração pixel a pixel (ALLEN, et al, 2002; BEZERRA, 2006; LEITE, 2011).

Criado por Allen em 1995, o SEBAL, foi elaborado para o processamento de imagens Landsat, mas pode ser adaptado para outros satélites. O diferencial deste modelo é uso das 7 bandas do Landsat e de dados climáticos coletados em campo para a calibração do modelo (ALLEN, et al,2002).

Apesar de considerado um modelo completo, devido à quantidade de dados específicos para os procedimentos e dos produtos que oferece, segundo Souza e Silva (2005, p. 350), “a TS é estimada apenas com base na temperatura de brilho e emissividade sem fazer qualquer consideração aos efeitos atmosféricos”.

O SEBAL é mais indicado para áreas com uso do solo heterogêneo e relevo plano, conforme resultados encontrados por Menezes, et al (2007). Além disso, Moreira, et al (2010, p. 1149) afirmam que:

Os resultados dos estudos de validação são satisfatórios apesar de o algoritmo SEBAL ser fundamentado em formulações empíricas. BASTIAANSSEN (2000) comparou as estimativas do SEBAL com medições de campo e obteve um erro relativo na fração evaporativa de 20%, 10% e 1% nas escalas de 1 km, 5 km e 100 km, respectivamente, concluindo que o SEBAL mostra melhores resultados em escala regional, como também em áreas com superfície heterogênea.

A metodologia apresentada por Souza e Silva (2005), teve por principal objetivo estimar a TS considerando a correção atmosférica e a emissividade da superfície terrestre por meio de imagens Landsat 5 e dados de campo (temperatura, pressão e umidade relativa). Para estes autores a correção atmosférica trata-se da conversão dos DN dos pixels da imagem em temperatura e reflectância, eliminando os efeitos que a atmosfera causa no sinal do satélite. A correção se faz necessária para que os valores de TS estimados sejam mais precisos, que de acordo com Souza (2008, p. 19) “as funções da correção atmosférica (transmitância e refletância), para estimar temperatura/reflectância da superfície são determinadas em regiões espectrais e processos radiativos diferentes (absorção e emissão ou espalhamento)”.

Quanto à emissividade da superfície, essa é obtida de acordo com a proposta de Van de Griend e Owe (1993) citado por Souza e Silva (2005), a qual é definida por meio de uma relação entre a emissividade e o NDVI.

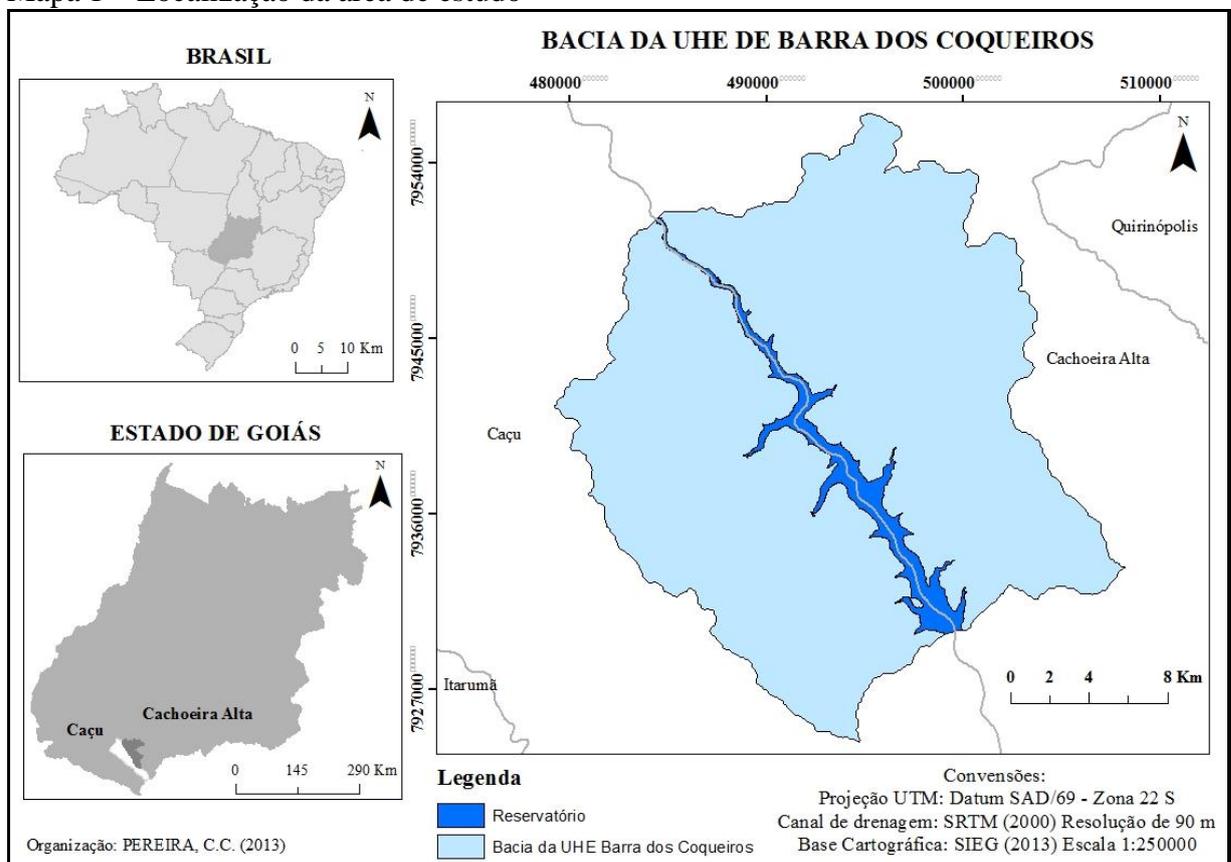
Souza e Silva (2005) recomendam que a metodologia seja aplicada apenas para regiões de pequena escala, onde seja possível assumir que a temperatura próxima à superfície seja isotermicamente homogênea e em regiões onde sejam pequenas as diferenças entre as características dos tipos de solo que compõem a superfície, uma vez que se assume uma temperatura média fixa estimada em função da temperatura do ar próxima à superfície.

3 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Localização e caracterização geográfica da área de estudo

A área de estudo pertence à bacia do Rio Claro, no trecho da bacia da UHE de Barra dos Coqueiros, localizada nos municípios de Cachoeira Alta (GO) e Caçu (GO), situada na Microrregião de Quirinópolis, ao sul do estado de Goiás (Mapa 1).

Mapa 1 – Localização da área de estudo



Fonte: PEREIRA, C.C. (2013)

O rio que abastece o reservatório da bacia é o Rio Claro, um dos principais tributários da bacia do Rio Paranaíba que é divisor dos Estados de Goiás e Minas Gerais. A esse respeito Moragas (2005, p. 75) afirma que:

A bacia do Rio Claro possui aproximadamente 13.500 km², localizada no Estado de Goiás, precisamente na porção sudoeste do estado. É tributária da bacia do Paranaíba, com orientação predominante do eixo de drenagem NNW-SSE, paralela as demais sub-bacias do Paranaíba neste estado. A bacia é composta por dez municípios, nove dos quais possui parte de suas áreas drenadas pelo Rio Claro. [...] Esses municípios são da microrregião Sudoeste

de Goiás e Quirinópolis, que fazem parte da mesorregião Sul Goiano, segundo a classificação do IBGE.

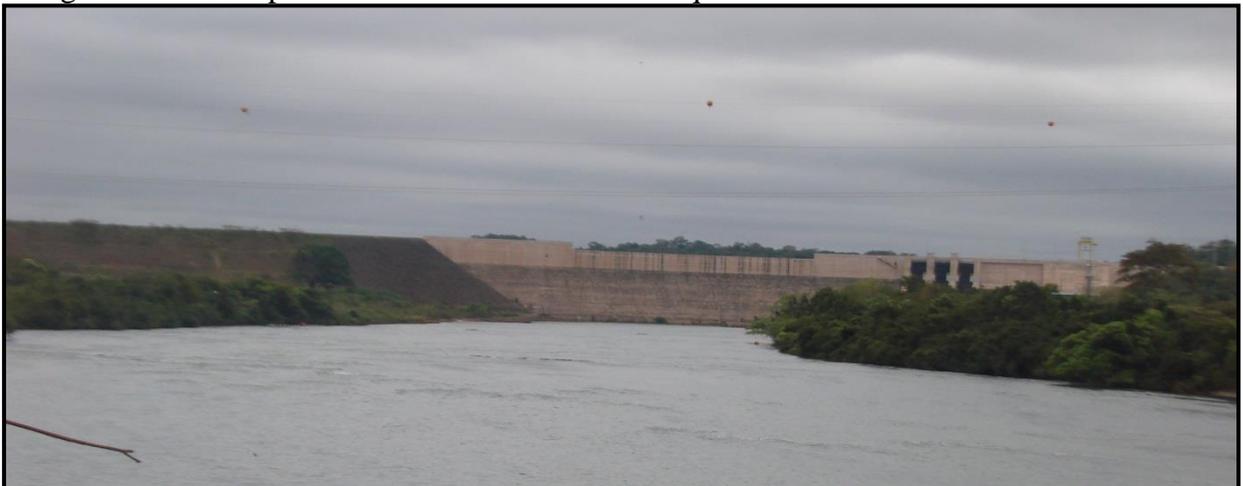
Devido ao seu grande potencial hidrelétrico, o Rio Claro apresenta condições adequadas para instalação de usinas hidrelétricas de médio e pequeno porte no seu leito, como as já instaladas: PCH's (Pequena Central Hidrelétrica) Jataí e Irara; e a UHE's Caçu, Barra dos Coqueiros e Foz do Rio Claro (EIBHSG, 2005).

Aliado ao potencial hidrelétrico, as UHE's e PCH's são construídas para atender a demanda por energia elétrica decorrente do crescimento econômico brasileiro, no entanto, os reservatórios propiciam impactos sociais pela expropriação dos proprietários de terras e ambientais pela construção dos empreendimentos e área inundada pelos reservatórios.

No caso da UHE de Barra dos Coqueiros, não foi diferente, a bacia sofreu algumas modificações principalmente devido à implantação da UHE que segundo Braga (2012, p. 3), “[...]é um dos elementos que passa a intervir diretamente na dinâmica natural da área, comprometendo assim a qualidade de água e gerando o aceleramento do processo de assoreamento do Rio Claro, alterando o regime ambiental de toda bacia hidrográfica”.

O reservatório da UHE de Barra dos Coqueiros (Fotografia 1) ocupa uma área de aproximadamente 518,5Km², sendo 48% dessa área pertencente ao município de Caçu e 52% ao município de Cachoeira Alta. O potencial instalado da UHE é de 65MW, ocupando uma área inundada de 24,11 Km² (NOVELIS, 2005; WACHHOLZ, 2012).

Fotografia 1 – Vista parcial da UHE de Barra dos Coqueiros



Fonte: PEREIRA, C.C. (2013), foto de autoria de LOPES, R. M. (26/06/2011).

No baixo curso do Rio Claro, de acordo com EIBHSG (Estudo Integrado de Bacias Hidrográficas do Sudoeste Goiano) (2005), o canal encontra segmentos alternados, protegidos por mata ciliar e, às vezes, fragmentados pela ampliação de pastagens ou lavouras, bem como

manchas de formações naturais em porte de cerradão. O relatório destaca que os principais impactos ambientais encontrados resultam da prática da pecuária, sendo que, nos locais de dessedentação animal, há contaminação da água, locais de solo frágeis, erosões e voçorocas; e o avanço dos desmatamentos, visando ao aumento de áreas de monocultura e pecuária, sendo este a maior ameaça aos ecossistemas e fragmentos de vegetação remanescentes.

A área de estudo está inserida dentro do domínio morfoclimático dos Cerrados, que de acordo com Ab'Sáber (2003, p. 40) a área nuclear dos Cerrados é “onde ocorre a maior extensividade de formas homogêneas”. Sobre essa homogeneidade o mesmo autor afirma que:

A combinação de fatores físicos, ecológicos e bióticos que caracteriza o domínio dos cerrados é, na aparência, de relativa homogeneidade, extensível a grandes espaços. A repetição das paisagens vegetais ligadas aos ecossistemas dos cerrados – cerrados, cerradões, campestres de diversos tipos – contribui decisivamente para o caráter monótono desse grande conjunto paisagístico (AB'SÁBER, 2003, p. 39).

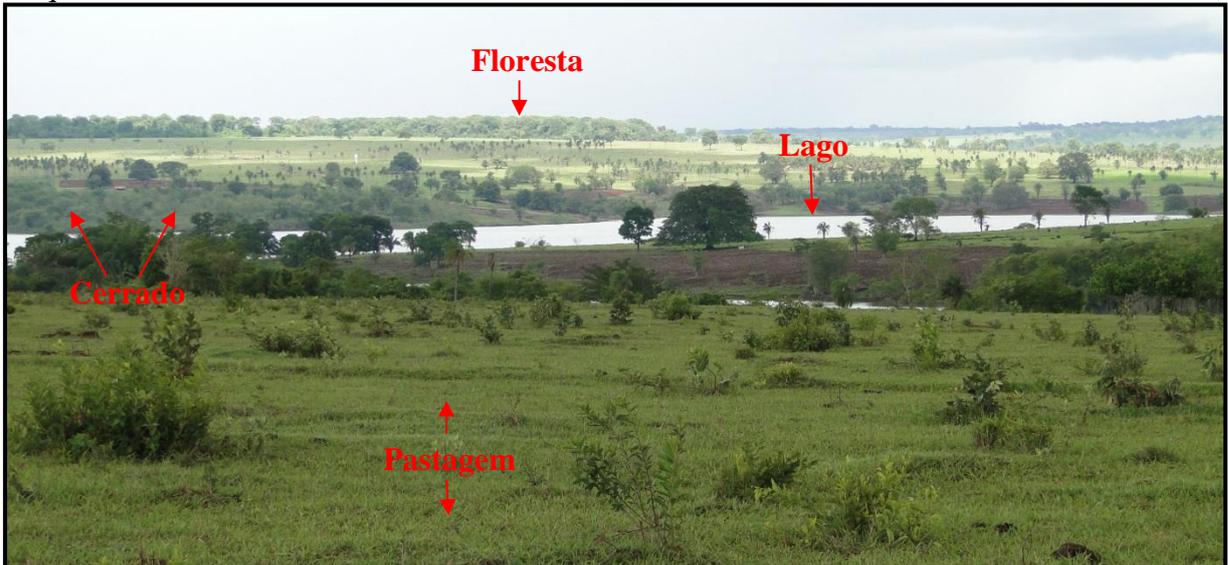
No que se refere à vegetação presente na área de estudo, Medeiros (2013), seguindo os critérios para o bioma Cerrado de Ribeiro e Walter (2008), identificou formações Florestais (Mata Ciliar, Mata Galeria, Mata Seca e Cerrado), formações Savânicas (Cerrado sentido restrito, Palmeiral, Veredas) e formações Campestres (Campo Sujo e Campo Limpo).

Na área da bacia da UHE de Barra dos Coqueiros, pela boa aptidão para agricultura e pecuária, sua vegetação acabou se tornando bastante reduzida, na qual foram encontrados remanescentes da vegetação composto por: matas ciliares, esparsas constituindo os pastos ou nos topos de morros ou fragmentos de cerradão, matas de galeria e matas ciliares, fazendo parte de Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reserva Legal (RL) das propriedades particulares (NOVELIS, 2005).

De acordo com estudo já realizado *in loco* por Paula e Cabral (2011) e por Rocha e Cabral (2011), a bacia hidrográfica da UHE sofreu antropização devido ao modelo agropastoril implantado para abrir campos de pastagem extensiva e áreas de agricultura. Hoje, algumas dessas áreas de pastagens de culturas foram substituídas por lavouras de cana-de-açúcar, devido aos incentivos governamentais para o biodiesel.

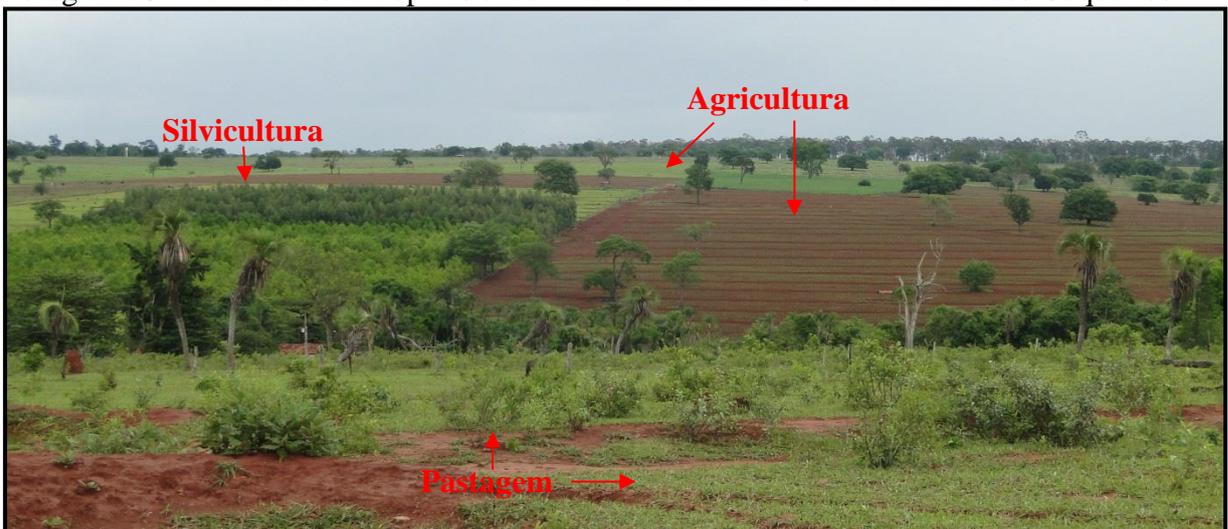
Dessa forma, observamos diferentes atividades antrópicas na área de estudo, como pastagens, silvicultura, agricultura, lago. Além dessas atividades foram identificados fragmentos de Floresta e Cerrado que embora sofram alguma modificação pelo homem, são de origem natural (Fotografia 2 e 3).

Fotografia 2 – Atividades antrópicas e naturais encontradas na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros



Fonte: PEREIRA, C.C. (2013), foto de autoria de LOPES, R. M. (10/11/2012).

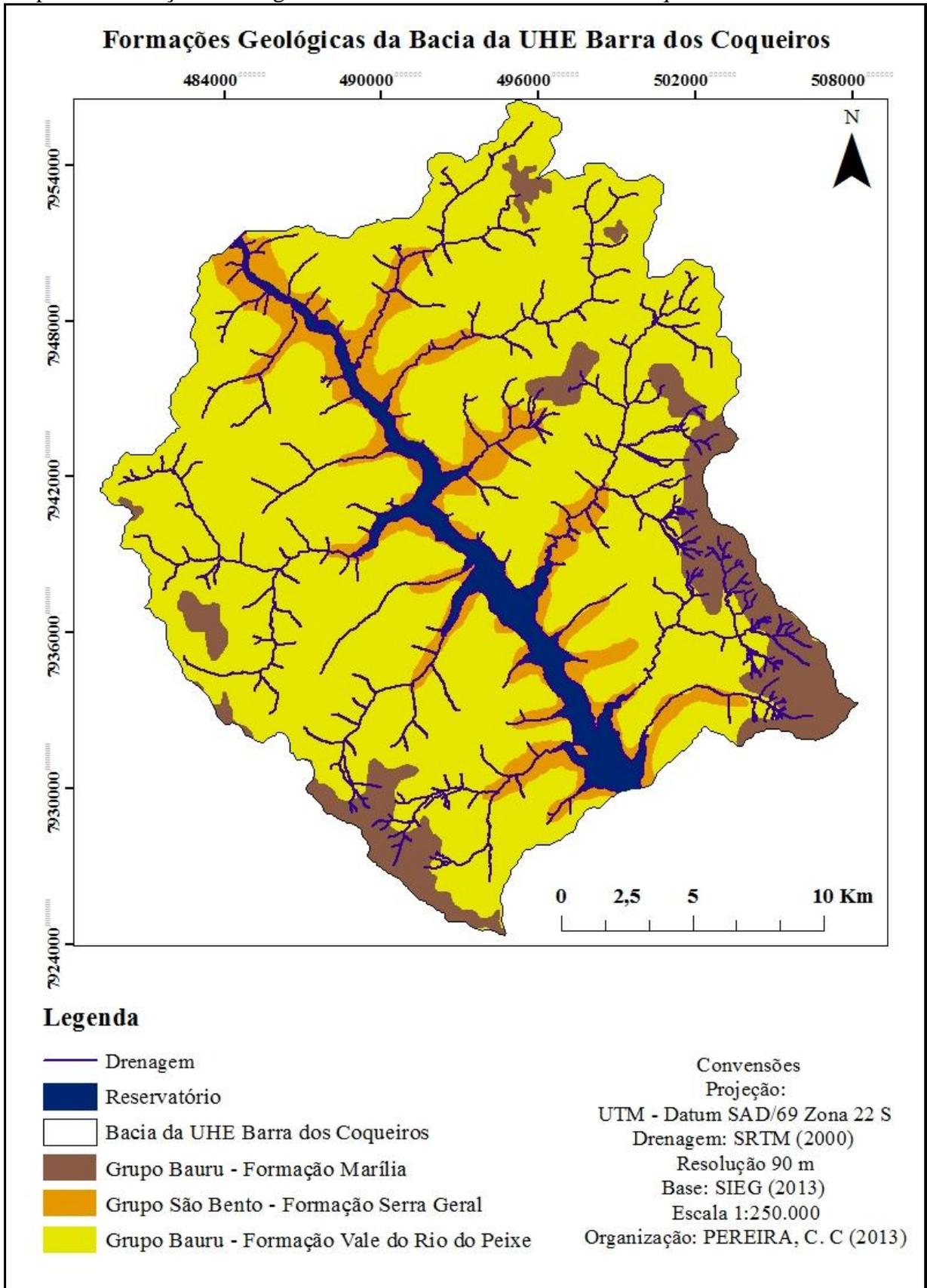
Fotografia 3 – Atividades antrópicas encontradas na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros



Fonte: PEREIRA, C.C. (2013), foto de autoria de LOPES, R. M. (10/11/2012).

As formações geológicas presentes na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros são as formações Marília e Vale do Rio do Peixe, pertencente ao grupo Bauru a formação Serra Geral do grupo São Bento (Mapa 2). A formação Vale do Rio do Peixe predomina na bacia, que tem por característica alternância de bancos de arenito castanhos, constituída por arenitos avermelhados, lamíticos e, subordinadamente, conglomerados, com intercalações lamíticas, grãos arredondados a sub-arredondados de quartzo e hematita, com seleção moderada, e está sobreposta à Formação Santo Anastácio (NOVELIS, 2005).

Mapa 2 – Formações Geológicas da bacia da UHE de Barra dos Coqueiros

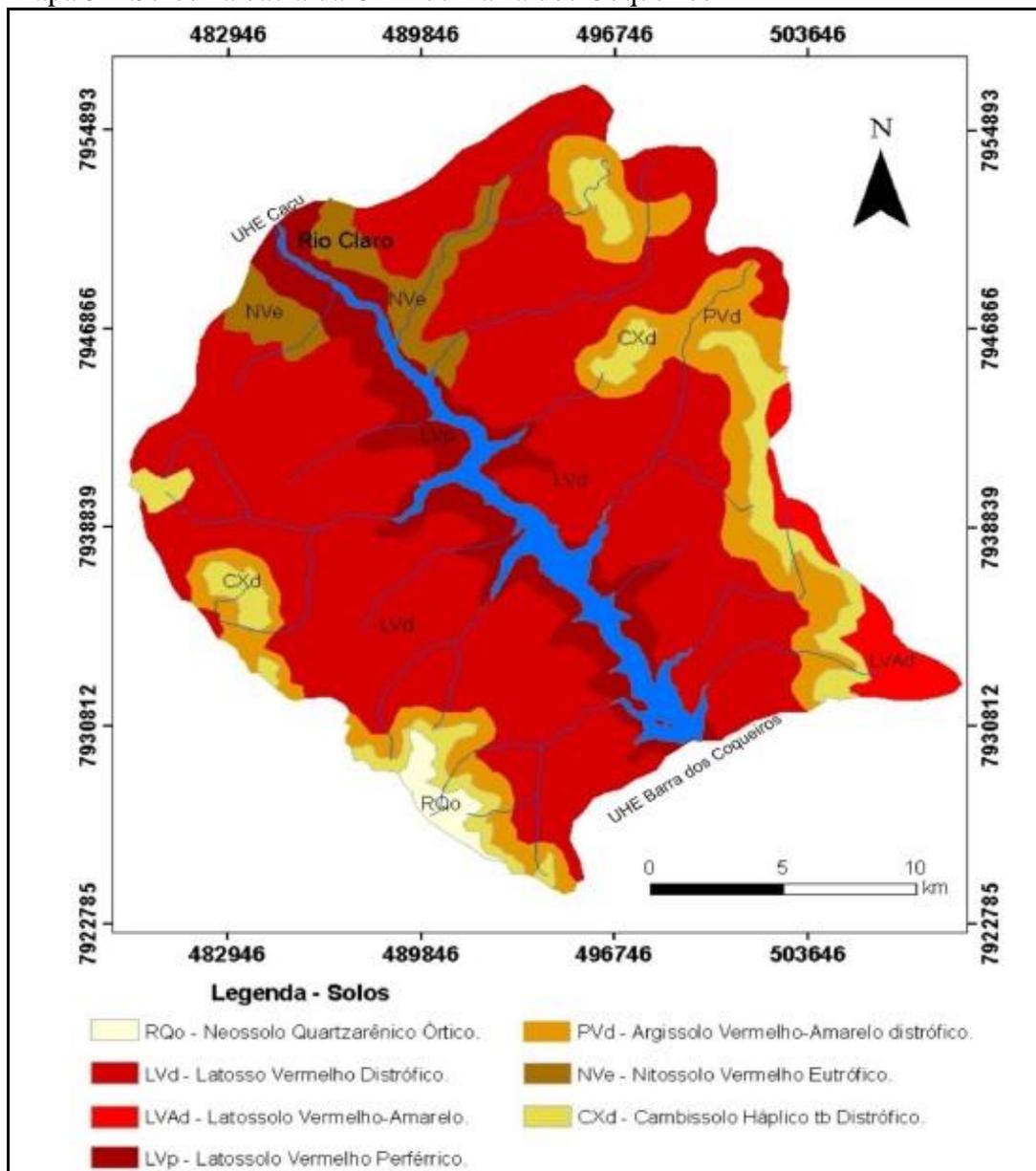


Fonte: PEREIRA, C.C. (2013).

No que consiste ao relevo, segundo Novelis (2005) o vale do Rio Claro apresenta relevo ondulado, com densidade de drenagem moderada onde foi identificado Compartimento de Morros, Testemunhos, Compartimento de Chapada, Compartimento de Rebordo e Vale do Rio Claro.

De acordo com o mapa 3, apresentam-se na área da bacia, a classe de Latossolos, principalmente o Latossolo Vermelho Distrófico e Latossolo Periférico que em sua maioria localiza-se próximo às margens do Rio Claro. O Latossolo Vermelho distrófico, a classe predominante na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros, relacionado às deposições da Formação Serra Geral (ROCHA, 2012).

Mapa 3 – Solos na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros



Fonte: ROCHA, H. M (2012)

No que consiste às condições climáticas da região Centro-Oeste, segundo Nimer (1989) o clima é caracterizado com inverno seco e verão chuvoso, na qual se constatou, para área de estudo, uma temperatura média do mês mais quente de 24,0 °C com a média das máximas no mês de setembro de 30,0 °C; a máxima absoluta de 38,0 °C; a temperatura média do mês mais frio 18,0 °C e média anual da precipitação de 1.750 mm.

Guerra et al (1989) estudaram a temperatura do ar e a distribuição anual das chuvas no sudoeste goiano e verificaram que existe uma tendência de valores anuais de precipitação mais elevados a oeste até o centro do sudoeste goiano, e registros de valores menores de precipitação no quadrante norte e leste; as temperaturas médias anuais variam entre 18 °C para o mês mais frio (julho) e 24 °C para o mês mais quente (outubro); esta variação está condicionada ao relevo da região.

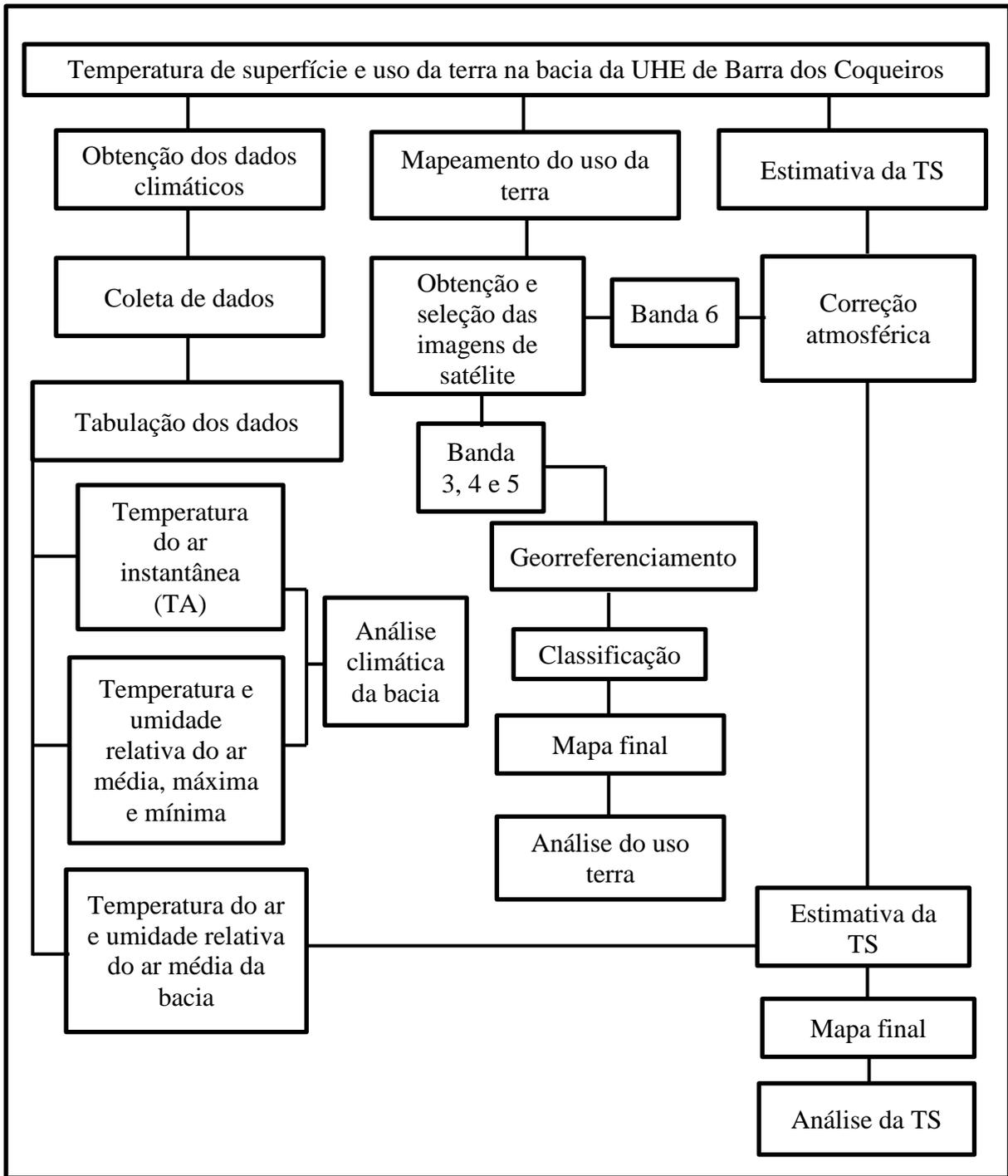
Coutinho (2000) caracteriza o clima do cerrado por uma estação seca no inverno e a estação chuvosa no verão, segundo a classificação de Köppen o clima é tropical chuvoso Aw, clima de savana. A letra “A” corresponde à zona climática tropical úmida, ocupada pela categoria florística das megatermas e a temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C. A letra “w” corresponde, na região, a uma precipitação anual entre 1.000 e 1.500 mm, com total mensal médio do mês mais seco inferior a 40 mm (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Em um estudo realizado para a microrregião Quirinópolis, Borges et al (2010), baseado nos dados da ANA (Agência Nacional das Águas), verificaram que as precipitações regionais variam em média de 1.500 a 1.750 mm, sendo que as chuvas se concentram no verão, podendo ocorrer chuvas frontais no inverno, por causa da influência da entrada da massa Polar Atlântica (MEDEIROS, 2013).

3.2 Procedimentos Metodológicos

Para análise da temperatura de superfície nos diferentes usos da terra identificados na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros e posteriormente relacionar com a temperatura do ar, optou-se pelas etapas metodológicas exposta no Fluxograma 1, o qual foi dividido em três etapas principais: obtenção dos dados climáticos, obtenção das imagens de satélite e estimativa da Temperatura de Superfície (TS).

Fluxograma 1 - Etapas metodológicas da dissertação



Fonte: PEREIRA, C. C. (2014)

3.2.1 Procedimentos para obtenção dos dados climáticos

Dados de temperatura e umidade relativa do ar foram utilizados para a estimativa da TS, a análise do comportamento climático da bacia e para relacionar com a TS, os quais foram coletados termohigrômetros (Data Logger dos modelos HT 4000 e HT 500) instalados em mini abrigos meteorológicos a 1,5 m do solo, calibrados¹ para registrar os dados de 30 em 30 minutos diariamente (Fotografia 4). A coleta de dados ocorre desde agosto de 2010 através do projeto “Análise do impacto da ação antrópica nas características hidrossedimentológica/limnológica da bacia do Rio Claro – GO”, o qual analisa os impactos nas bacias das UHEs do Rio Claro, pelo Laboratório de Geociências e Laboratório de Climatologia, pertencentes ao Campus Jataí/UFG.

Fotografia 4 – Abrigo com termohigrômetro



Fonte: PEREIRA, C.C. (2013), foto de autoria de LOPES, R. M. (2012).

1 – Para calibração os termohigrômetros foram programados simultaneamente para coletar dados em um período inferior a 30 minutos, durante alguns dias. Após as coletas, analisou-se a quantidade de registros coletados por cada aparelho e comparou-se o valor de registrado de temperatura e umidade relativa do ar nos mesmos horários em cada aparelho. De acordo com o fabricante os termohigrômetros apresentam um de erro para 0,1 °C para mais ou para menos. Portanto os aparelhos que não apresentam erro ou com erros dentro do valor permitido foram instalados em campo.

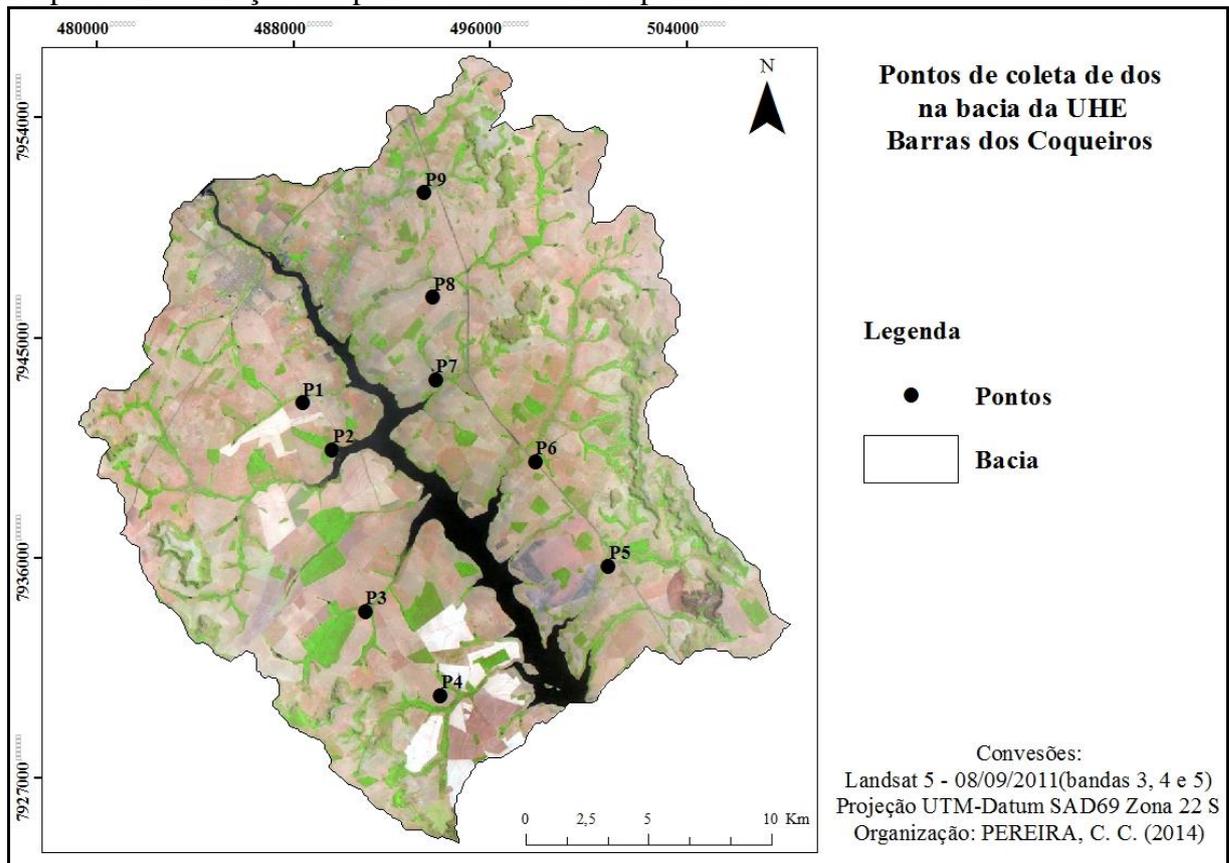
Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram programados para coletar dados de 30 em 30 min, que em 24h do dia somam-se 48 registros de dados instantâneos em cada ponto, que são armazenados em planilhas eletrônicas para posteriormente serem tabulados. Os aparelhos formaram fixados em 9 pontos (Tabela 1), distribuídos no interior da bacia da UHE de Barra dos Coqueiros localizados em propriedades rurais (fazendas), próximos aos afluentes que abastecem o reservatório, em áreas de pastagens ou próximos a áreas de mata (Mapa 2).

Tabela 1 – Nomes e projeção UTM, dos pontos de coleta de dados climáticos

Ponto	Local	Projeção UTM		Altitude (m)	Descrição
		Zona 22 S			
Faz. São Judas do Sucuri	P1	489552	7940402	452	Próximo a área de agricultura ponto mais próximo a cidade.
Faz. Sucuri	P2	490898	7933798	474	Ponto próximo a mata e ao reservatório da UHE.
Faz. Santa Maria	P3	493974	7930353	497	Em área de pastagem, próximo a mata.
Faz. Cervo da Guariroba	P4	500798	7935640	482	Em área de pastagem, próximo a agricultura e mata.
Faz. Matriz Córrego dos Coqueiros	P5	488337	7942304	500	Em área de pastagem degradada.
Faz. Matriz	P6	497810	7939913	486	Em área de pastagem.
Faz. Rio Claro	P7	493761	7943269	463	Em área de pastagem.
Faz. Pingo de Ouro	P8	493661	7946625	542	Em área de pastagem.
Faz. Pedra Branca	P9	493288	7950897	520	Em área de pastagem.

Fonte: Pereira, C.C (2013)

Mapa 4 – Localização dos pontos de coleta no experimento



Fonte: PEREIRA, C. C. (2013)

Devido a critérios estabelecidos na obtenção das imagens de satélite, a serem elucidados no subitem 3.2.2., para análise climática da bacia da UHE de Barra dos Coqueiros, selecionou-se um dia representativo do período chuvoso, dia 17/04/2011, e do período seco, dia 08/09/2011. Os parâmetros climáticos para cada data foram tabulados em duas etapas distintas: a primeira para estimativa do TS para os períodos chuvoso e seco, e a segunda para análise do comportamento climático dos pontos e análise da temperatura e umidade relativa do ar com os valores de TS.

Na primeira etapa efetuou-se a média da temperatura e umidade relativa do ar dos 48 registros em cada ponto para posterior cálculo da média da bacia de temperatura e umidade relativa do ar para obtenção da TS. A segunda etapa, a análise do comportamento climáticos dos pontos, consistiu na utilização dos 48 registros de cada ponto para o cálculo da média, a máxima e mínima da temperatura e umidade relativa do ar que posteriormente foram demonstrados por meio de gráficos. Já para relacionar a TS com os valores da temperatura do ar (TA), utilizou-se a temperatura do ar instantânea de cada ponto próximo ao horário de passagem do satélite que é às 10h 17min.

3.2.2 Procedimentos para obtenção das imagens de satélite

Em virtude da quantidade de imagens disponíveis e da facilidade para obtenção das mesmas, selecionou-se imagens do satélite Landsat 5 disponibilizadas gratuitamente no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do ponto 223 e órbita 73, entre o período de 1984 a 2011, que recobre a área de estudo.

Das imagens selecionadas, (tabela 2), as bandas 3, 4 e 5 serviram de base para o mapeamento do uso da terra e a banda 6 para a obtenção da TS, das quais foram pré-selecionadas algumas cenas (Tabela 2) baseado nos seguintes critérios como: a) primeiro critério foi seleção de imagem com máximo 10% de nuvens nos quartis; b) segundo, as imagens que estivessem dentro do período de dados climáticos coletados pelos termohigrômetros, ou seja, a partir de agosto de 2010. Portanto, dentre as imagens disponíveis selecionadas foram nas datas de 17/04/2011 e 08/09/2012, destacadas na tabela 2. Além dessas datas, as imagens de 04/06/2011 e 20/06/2011 também se encontravam em boa condição, entretanto não foram utilizadas, pois o objetivo da pesquisa foi analisar imagens no período chuvoso e no período seco, bastando, portanto, uma imagem representativa de cada período.

Tabela 2 – Data das imagens do satélite Landsat 5, de ponto e órbita 255/73

Data	Situação	Período
03-07-2010	Sem dados	Seco
20-08-2010	Sem dados	Seco
05-09-2010	Nuvens	Seco
21-09-2010	Nuvens	Seco
07-10-2010	Nuvens	chuvoso
23-10-2010	Sem imagem	chuvoso
08-11-2010	Nuvens	chuvoso
24-11-2010	Nuvens	chuvoso
10-12-2010	Nuvens	chuvoso
26-12-2010	Nuvens	chuvoso
11-01-2011	Nuvens	chuvoso
27-01-2011	Nuvens	chuvoso
12-02-2011	Nuvens	chuvoso
28-02-2011	Nuvens	chuvoso
16-03-2011	Nuvens	chuvoso
01-04-2011	Nuvens	chuvoso
17-04-2011	Boa condição	chuvoso
03-05-2011	Nuvens	Seco
19-05-2011	Sem imagem	Seco
04-06-2011	Boa condição	Seco
20-06-2011	Boa condição	Seco

Continuação...		
06-07-2011	Sem imagem	Seco
22-07-2011	Nuvens	Seco
07-08-2011	Nuvens	Seco
23-08-2011	Sem imagem	Seco
08-09-2011	Boa condição	Seco
24-09-2011	Sem imagem	chuvoso
10-10-2011	Nuvens	chuvoso
26-10-2011	Nuvens	chuvoso
11-11-2011	Nuvens	chuvoso

Fonte: Pereira, C. C. (2013)

3.2.3 Procedimentos para análise do uso da terra

O mapeamento do uso da terra foi realizado no programa ArcGis® 10.1 a partir das bandas 3, 4 e 5 do satélite Landsat5 para a classificação e uma imagem SRTM/NASA (2000) para o georreferenciamento a partir da rede de drenagem em resolução de 90 m.

Antes da classificação, as bandas 3, 4 e 5 receberam um tratamento de contraste para obter uma única imagem RGB (composição colorida), atribuindo-se uma cor primária para cada banda, sendo a cor azul para a banda 3, a verde para banda 4 e a vermelha para banda 5. Optou-se por esta composição colorida, pois foi o contraste que permitiu a maior diferenciação das feições da paisagem.

A imagem 5R4G3B foi classificada por meio de duas etapas, sendo que a primeira consistiu na classificação não-supervisionada, na qual as bandas foram segmentadas (disponível na opção “Isso Cluster” do “Spatial Analyst Tools”, presente no “Arc toolbox”) por agrupamento de pixel com similaridade por tonalidade, cor, textura, forma, tamanho, etc, possibilitando uma classificação mais apurada. Dessa forma, o software extrai os atributos de cada grupo de pixels semelhantes, atribuindo cores aleatórias. Já na segunda etapa as classes identificadas automaticamente pelo programa foram associadas por classificação visual às seguintes classes: agricultura, pastagem, cursos d’água, área urbana, mata e cerrado (classificação supervisionada). Além disso, para garantir uma classificação mais apurada dos usos identificados em campo, procedeu-se um processo de pós-classificação, verificou-se os agrupamentos de pixel correspondiam à realidade. As classes identificadas que continham erros foram corrigidas manualmente para posteriormente serem identificadas pelas cores corretas: área urbana - cidade de Caçu - (cor lilás); agricultura (cor rosa); matas (cor verde escuro) e cerrado (cor verde claro); água - os reservatórios e os afluentes - (cor azul), e pastagens (cor amarela).

3.2.4 Procedimentos para estimativa da Temperatura de Superfície (TS)

Dentre as metodologias existentes para a estimativa da temperatura de superfície, procede-se de acordo com a metodologia utilizada por Lucena (2012) que por sua vez baseou-se nos trabalhos de Qin et al (2001), Jimenez-Munoz e Sobrinho (2003) e Souza e Silva (2005), por considerar que estas propostas tem o objetivo de

[...] simplificar a correção atmosférica de maneira que seja possível corrigir os seus efeitos com base somente em dados medidos na rede regular de estações meteorológicas, evitando-se, dessa forma, a utilização de radiossondas e de cálculos numéricos de transferência radiativa (LUCENA, 2012, p. 76).

A metodologia seguida por Lucena (2012) foi realizada para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) a fim de identificar ilhas de calor. No entanto, como a presente pesquisa que tem áreas de estudo e objetivo diferente daquele autor, realizou-se algumas modificações presentes nas coletas de dados climáticos e na estimativa da emissividade, já as demais etapas foram seguidas de acordo com Lucena (2012).

Dessa forma, por se tratar da RMRJ, Lucena (2012) utilizou a média dos dados de temperatura e umidade relativa do ar das estações meteorológicas automáticas localizadas na RMRJ, com aparelhos localizados 2,0 metros de altura do solo. Estes dados foram utilizados tanto para a estimativa da TS, como para análise da variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar. Entretanto, para esta pesquisa utilizou-se os mesmos parâmetros climáticos, porém coletados por termohigrômetros localizados na área de estudo a 1,5 metros do solo. A utilização destes dados justifica-se por não existir estações meteorológicas na área de estudo ou próximas a esta. Como os dados são coletados de 30 em 30 minutos, utilizou-se a temperatura e umidade relativa do ar instantânea coletadas em cada ponto horário de passagem do satélite Landsat 5, às 10h:17min. Além dessa diferença com relação aos dados climáticos, utilizou-se a emissividade de 0,96 da superfície para as bandas termais (Landsat 5TM), a qual segundo Sousa e Ferreira Junior (2012) corresponde à emissividade média para todos os alvos passíveis de serem identificados na imagem.

Para a estimativa da TS, a banda 6 sofreu uma correção radiométrica como pré-processamento, que consiste na transformação dos dados brutos, o Digital Number (DN) da imagem de satélite em radiância. Esse procedimento faz-se necessário, pois as imagens de satélites geralmente apresentam algum ruído (erro) que pode impossibilitar o tratamento da mesma. O processo de correção radiométrica (equação 4) foi realizado de acordo com a constante de calibração (Tabela 3) (CHANDER e MARKHAM, 2003).

$$L_i = \left(\frac{L_{MAX_i} - L_{MIN_i}}{Q_{cal_{MAX}}} \right) Q_{cal} + L_{MIN_i} \quad (4)$$

Onde:

L_i = a radiância espectral no canal i em $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$;

L_{MAX_i} = o valor de radiância máxima na banda i em $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$;

L_{MIN_i} = o valor de radiância mínima na banda i em $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$;

Q_{cal} = o valor de ND;

$Q_{cal_{MAX}}$ = é o valor máximo de ND;

Tabela 3 – Constante de calibração para sensor do Landsat 5

Canais	L_{iMAX}	L_{iMIN}	Q_{cal}	Q_{calmax}
3	264	-2,8	0	255
4	221	-1,51	0	255
5	30,2	-0,37	0	255
6	15,3032	1,2378	0	255

Fonte: PEREIRA, C. C (2013) adaptado de LUCENA (2012).

A estimativa da TS foi realizada através da equação 5, entretanto, antes desse cálculo é preciso estimar a temperatura de brilho (equação 6) que consiste na equação inversão da função de Plank e também o ΔT (equação 7) que é o fator de correção (SOUZA e SILVA, 2005).

$$T_s = T_b + \Delta T \quad (5)$$

No qual:

T_s = TS em Kelvin (K);

T_b = a temperatura de brilho;

ΔT = o fator de correção

A temperatura de brilho é dada por (equação 6):

$$T_b = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_i} + 1\right)} \quad (6)$$

No qual:

T_b = a temperatura de brilho em Kelvin (K);

K_2 e K_1 são as constante de calibração do Landsat 5 em, que equivale, respectivamente, a 607, 76 $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ e 1260,56 $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ (SOUZA e SILVA, 2005) (equação 6).

L_i = a radiância espectral em $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$;

Além da temperatura de brilho é necessário estimar o fator de correção (SOUZA e SILVA, 2005) (equação 7):

$$\Delta T = \frac{B_i(T_b) \left(\frac{1}{\alpha_1} - 1 \right) - \frac{\alpha_2}{\alpha_1} B_i(T_a)}{\frac{\partial B_i T_b}{\partial T_b}} \quad (7)$$

No qual α_1 e α_2 são definidos como (equação 8 e 9):

$$\alpha_1 = \tau_i \varepsilon_i \quad (8)$$

$$\alpha_2 = (1 - \tau_i) [1 + (1 - \varepsilon_i) \tau_i] \quad (9)$$

Onde:

ε_i = emissividade que foi adotado o valor de 0.96 de acordo com Sousa e Ferreira Junior (2012);

τ_i = a transmitância atmosférica, expressa pela equação (10) Souza e Silva (2005):

$$\tau_i = 0.951 - 0.01 \cdot w \cdot \exp\left(\frac{3w}{1+w}\right) \quad (10)$$

Em que:

w = ao conteúdo de vapor de água em $g \cdot cm^{-2}$, adquirido da equação 11 de Lecknerd e Iqbal (1983), citado por Lucena (2012):

$$w = 0,493 \cdot UR \cdot \frac{e_s}{T_0} \quad (11)$$

Onde:

UR = a umidade relativa;

e_s = a pressão de saturação do vapor de água à temperatura ambiente em hPa.

Onde:

T_0 = a temperatura do ar.

Por sua vez, e_s é expressa por (IQBAL,1983 citada por LUCENA, 2012) (equação 12):

$$e_s = 0,01 \exp \left(26,23 - \frac{5416}{T_0} \right) \quad (12)$$

Onde:

T_0 = a temperatura do ar.

Para obter o ΔT a partir da equação 7, ainda é necessário conhecer a temperatura média da atmosfera (T_a) conforme a equação 13 (QIN et al, 2001):

$$T_a = 19.73 + 0.909T_0 \quad (13)$$

Onde:

T_0 = a temperatura do ar.

Mediante a obtenção dos valores de TS da imagem de satélite, os dados foram espacializados no programa ArcGis® 10.1 para análise do comportamento da TS nos diferentes usos da terra da bacia da UHE de Barra dos Coqueiros e comparados com os dados de temperatura do ar (TA) coletados em campo.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise do uso da terra, no período chuvoso e período seco

A análise do uso da terra tornou-se uma ferramenta fundamental para a compreensão da organização do espaço de uma região. Para a caracterização dos tipos de categorias de vegetação que reveste o solo, segundo Rosa (2009, p. 171) “estudo do uso da terra e ocupação do solo consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou quando não utilizado pelo homem”. Esses conhecimentos se constituem numa forma de identificar os efeitos dos impactos ambientais, principalmente de origem antrópica, no meio.

Dessa forma, com os usos da terra identificados na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros, verifica-se que ação antrópica é o principal agente causador da modificação paisagem na bacia, uma vez que foram identificados em maior proporção os usos para pastagens, agricultura, área urbana e área do reservatório da UHE.

A modificação ocorrida na bacia deve-se primeiramente pela remoção de áreas de mata e cerrado para as pastagens, conforme verificado por Paula e Cabral (2011), os quais analisaram a bacia no período de 1990 a 2010 identificaram uma redução de 7,27% da área de vegetação (mata e cerrado) para pastagens. Em seguida, embora pouco expressivo, houve diminuição da área de pastagens para agricultura com a introdução para o cultivo de grãos, sobretudo para cultura da cana-de-açúcar, a área urbana apresentou um aumento de 0,14% e área alagada pelo reservatório cresceu de 0,88% para 4,85%.

Especificamente, na análise no período chuvoso, representado pela imagem do dia 17/04/2011, do uso da terra na bacia da UHE Barra dos Coqueiros foram identificadas 6 tipos diferentes (Mapa 5 e Tabela 4). A maior porção (70,5%) da área da bacia é coberta por pastagens, seguido por matas (15,8%) e os outros 13,7% dos usos identificados foram: agricultura, área urbana, corpos d'água e cerrado.

Mapa 5 – Uso da terra na bacia da UHE de Barras dos Coqueiros, no período chuvoso

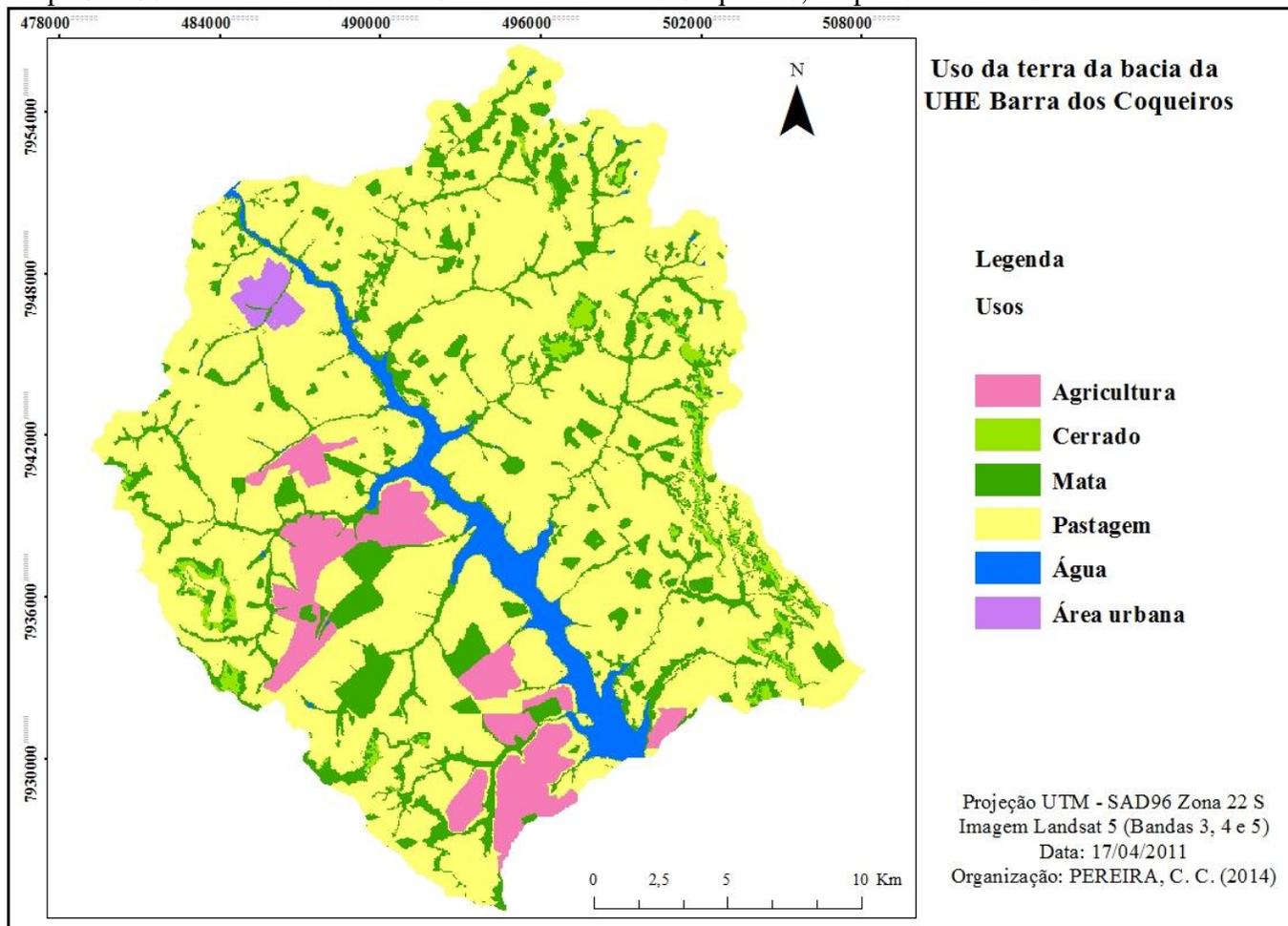


Tabela 4 – Áreas de uso da terra na bacia da UHE Barra dos Coqueiros no período chuvoso

Uso da terra	Área (Km ²)	Área (%)
Pastagens	365,7	70,5
Mata	82,1	15,8
Agricultura	34,3	6,6
Água	22,9	4,4
Cerrado	9,6	1,9
Área urbana	4,1	0,8
Total	518,5	100,00

Fonte: PEREIRA, C. C (2014).

Autor: PEREIRA, C. C. (2014).

A pastagem que corresponde ao uso da terra em maior proporção na bacia, distribuído em 365,7 Km², é constituída predominantemente por gramíneas para alimentação do gado para corte e para leite (Fotografia 5). Uma das consequências da pecuária é a retirada da vegetação das matas ciliares que protegem os tributários do reservatório, que provoca, segundo Rocha (2012, p. 71), “o surgimento de erosões do solo ao longo da bacia e, consequentemente, o transporte e deposição do material particulado na rede de drenagem”.

Fotografia 5 – Área de pastagem próxima ao ponto P4, na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros



Fonte: PEREIRA, C. C. (2013), autoria de BARCELOS, A. de (24/01/2013)

As áreas de mata e cerrado, totalizando 17,7%, localizam-se próximas ao curso dos afluentes do Rio Claro e nas encostas de morros da bacia. As matas em grande parte tratam de Áreas de Preservação Permanentes (APPs) (Fotografia 6) e matas ciliares que segundo Rosa (2009, p. 173) é classificada como mata e “ocupa os vales dos canais de drenagem bem marcados, [...], sempre associadas a solos bastante úmido”. Já os cerrados distribuídos nas encostas dos morros ou sob os topos dos mesmos, localizam-se nas bordas da bacia, tanto a oeste e como a leste.

Fotografia 6 – Vegetação no córrego Pontezinha, próximo ao ponto P7 na bacia da UHE Barra dos Coqueiros



Fonte: PEREIRA, C. C. (2013), autoria de LOPEZ, R. M. (10/11/2012)

O uso da terra para agricultura é pouco expressivo (34,2 Km²) e predominam a oeste e ao sul da bacia, em áreas de Latossolos Vermelho Perférico e Latossolos Vermelho-Amarelo (Mapa 3). Nestas áreas, em abril de 2011, o solo estava recoberto por cultivo de soja, milho ou cana de açúcar, sendo que esta última tem predominado na bacia principalmente, com a implantação de uma usina sulcroatocoleira na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros no município de Cachoeira Alta (Fotografia7).

Fotografia 7 – Área de cultivo de cana-de-açúcar próximo ao ponto P2, na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros



Fonte: PEREIRA, C. C. (2013), autoria de BARCELOS, A. de (2011)

As áreas de cana-de-açúcar devem-se à tendência do estado de Goiás para abertura de novas áreas dessa cultura para a produção de etanol que iniciou a partir da safra de 2004/2005

na microrregião de Quirinópolis, segundo Borges, et al, (2010) e especificamente, nos municípios de Caçu e Cachoeira Alta o cultivo da cana-de-açúcar iniciou-se a partir de 2008 (Tabela 5). Além disso, no que diz respeito a histórico do uso da terra na microrregião de Quirinópolis assim como no sul do estado de Goiás, os estudos de Castro et al, (2010) indicam que as áreas de pastagens e áreas agrícolas de cultura anual foram substituídas para o cultivo da cana-de-açúcar.

Tabela 5 – Área plantada em hectares de cana-de-açúcar em Caçu e Cachoeira Alta.

Município	2000 - 2007	2008	2009	2010	2011
Caçu	-	4.700	5.700	7.431	7.431
Cachoeira Alta	-	600	2.500	2.500	2.500

Fonte: IBGE (2013)

Os usos da terra pela água (22%) e área urbana (4,1%), embora não apresentem uma porcentagem expressiva da área total da bacia, são usos de importância para bacia, principalmente a área de água representada pelo reservatório da UHE que foi instalado em 2010 (Fotografia 8 e 9).

Fotografia 8 – Vista parcial da área urbana da bacia da UHE de Barra dos Coqueiros



Fonte: PEREIRA, C.C. (2013), autoria de BARCELOS, A. de (11/08/2011)

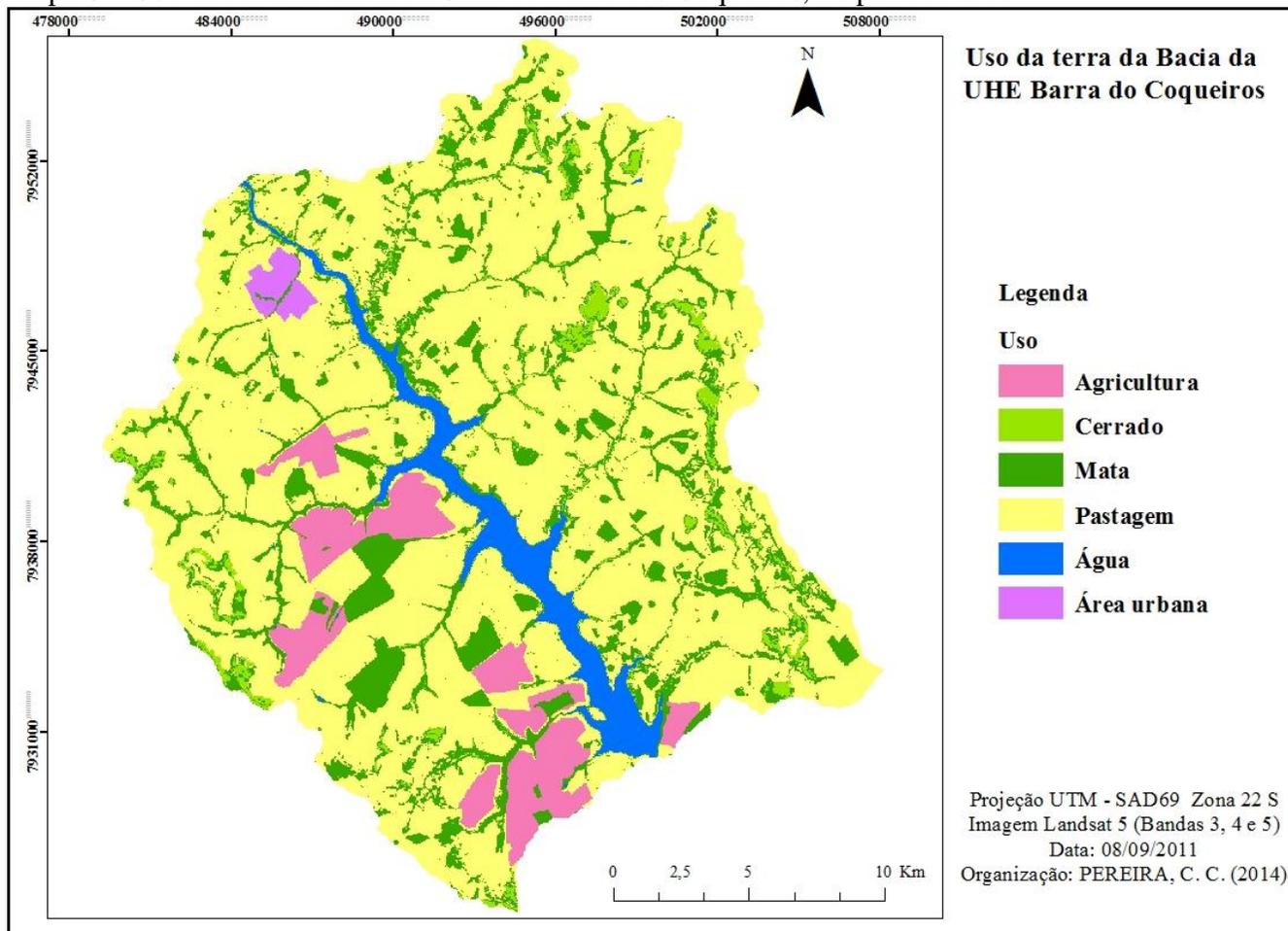
Fotografia 9 – Vista parcial do reservatório da bacia da UHE de Barra dos Coqueiros, próximo ao ponto P4



Fonte: PEREIRA, C.C. (2013), autoria de BARCELOS, A. de (11/08/2011)

No período seco, em 08/09/2011, foram identificados os mesmos usos da terra que no período chuvoso, entretanto com diferença no quantitativo das áreas de pastagem que diminuíram e as áreas de cerrado e mata que aumentaram em relação ao outro período analisado (Mapa 6 e Tabela 6).

Mapa 6 – Uso da terra na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros, no período seco



Fonte: PEREIRA, C. C. (2013)

Tabela 6 – Áreas de uso da terra na bacia da UHE Barra dos Coqueiros no período seco

Uso da terra	Área (Km ²)	Área (%)
Pastagens	358,6	69,2
Mata	84,4	16,3
Agricultura	34,3	6,6
Água	22,9	4,4
Cerrado	14,4	2,8
Área urbana	4,1	0,8
Total	518,5	100,00

Fonte: PEREIRA, C. C. (2014).

As porções de área para pastagens, mata e cerrado alteraram, destacadas em negrito na Tabela 7, em função das características da própria da vegetação de cada período, seco e chuvoso, que no caso das pastagens no período chuvoso apresentou 365,7 Km² e diminuiu no período seco para 358,6 Km², devido à facilidade da pastagem, com vegetação seca, ser facilmente confundida com áreas de cerrado, que do período chuvoso (82,1 Km²) para o período seco (84,4 Km²) aumentou. Outra característica no mapeamento é que no período chuvoso o cerrado permanece mais evidente, distinguindo-se melhor das áreas de pastagem e também porque neste período a pastagem confunde-se com áreas de mata por estarem mais densa. Os demais usos (agricultura, água e área urbana) permaneceram com a mesma quantidade de área.

Tabela 7 – Diferenças no uso da terra entre os períodos chuvoso e seco na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros

Uso do solo	Período chuvoso		Período Seco	
	Área (Km ²)	Área (%)	Área (Km ²)	Área (%)
Pastagens	365,7	70,5	358,6	69,2
Mata	82,1	15,8	84,4	16,3
Agricultura	34,3	6,6	34,3	6,6
Água	22,9	4,4	22,9	4,4
Cerrado	9,6	1,9	14,4	2,8
Área urbana	4,1	0,8	4,1	0,8
Total	518,5	100,00	518,5	100,00

Fonte: PEREIRA, C. C. (2014)

Outra diferença identificada consiste nas áreas de agricultura que estavam preenchidas com cultura em 17/04 e que no período seco apresentaram-se com solos expostos, identificados com áreas de culturas colhidas de cana-de-açúcar ou com o solo preparado para o plantio das culturas (fotografia 10 e 11).

Fotografia 10 – Área colhida de cana-de-açúcar, próximo ao ponto P7, na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros



Fonte: PEREIRA, C. C. (29/09/2013)

Fotografia 11 – Área com solo preparado para plantação próximo ao ponto P8, na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros



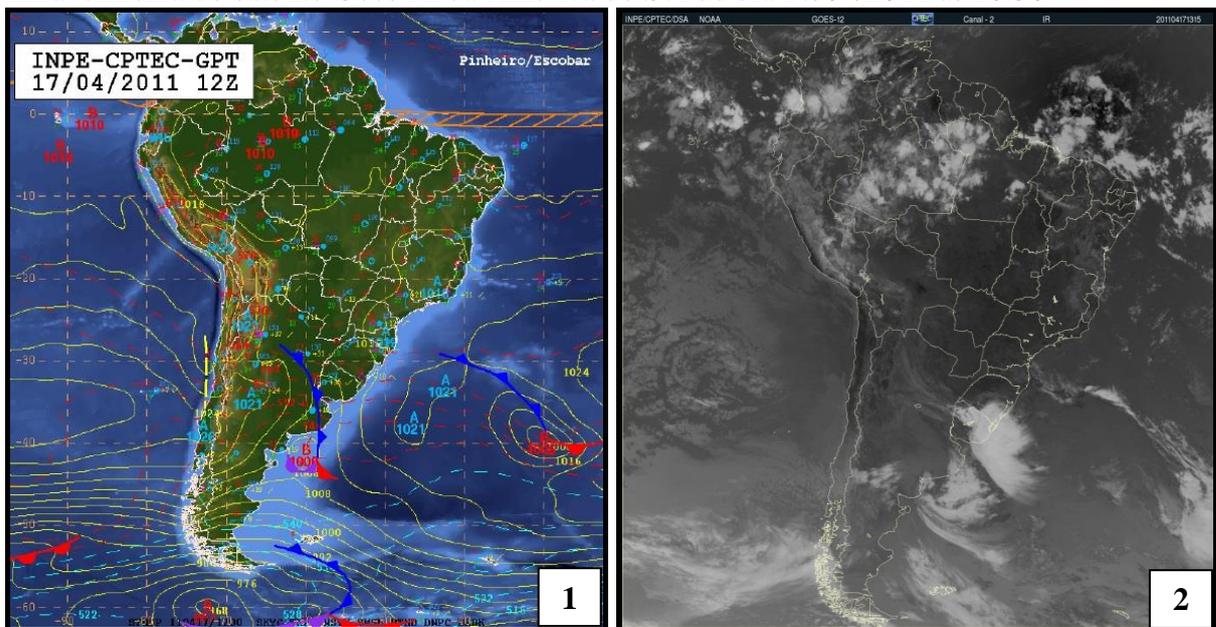
Fonte: PEREIRA, C. C. (2013), autoria de BARCELOS, A. de (24/01/2011)

4.2 Análise da temperatura e umidade relativa do ar no período chuvoso e período seco

O estado de Goiás apresenta duas estações bem definidas, sendo uma estação quente e úmida na Primavera-Verão com temperatura elevadas e chuvas de outubro a abril, com maior concentração no trimestre novembro-dezembro-janeiro e uma estação seca e fria, no Outono-Inverno que apresentam temperaturas mais amenas e seco, especificamente no trimestres junho-julho-agosto, estendendo a mês que antecede o trimestre (maio) e a ao mês que o sucede setembro (NIMER, 1989; MARCUZZO, et al 2012).

As condições atmosféricas do dia representativo do período chuvoso (17/04/2011), de acordo com a a carta sinótica da América do Sul CPTEC/INPE (Figura 1), a ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), está deslocada ao sul que, segundo Marcuzzo, et al (2012, p. 114) “acompanhando a marcha aparente do sol em direção ao Trópico de Capricórnio” é responsável pelo período chuvoso e “sobre a porção central da América do Sul a ZCIT avança mais para sul do que nas regiões costeiras gerando instabilidade em todo o Brasil central nos meses de verão”. Além disso, de acordo com a imagem infravermelha do satélite Goes (Figura 2), sob o estado de Goiás não há predomínio de nuvens que configuram a ocorrência de chuvas, diferentemente da região Amazônica e no Rio Grande do Sul.

Figura 1 – Carta sinótica da América do Sul em 08/09/2011 às 09:00 e Figura 2 - Imagem infravermelha do satélite Goes 12 da América do Sul do dia 17/04/2011 às 10:30

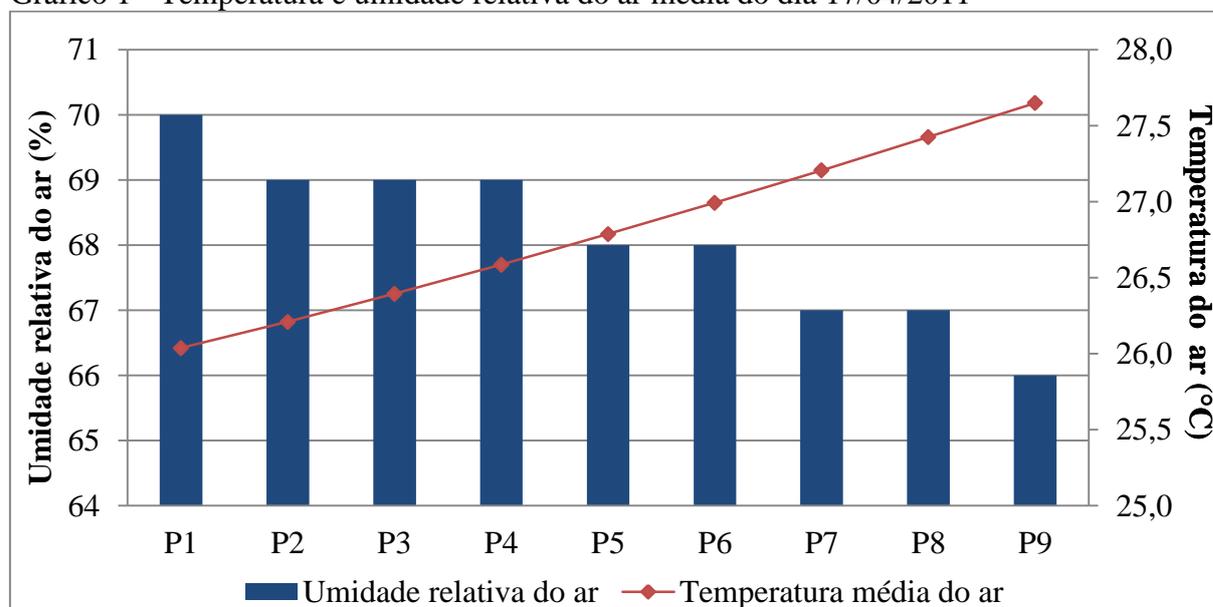


Fonte: CPTEC/INPE (2014).

Fonte: CPTEC/INPE (2014).

No dia 17/04/2011, a temperatura e umidade relativa do ar média não apresentaram diferenças discrepantes entre um ponto e outro, pois a temperatura do ar oscilou entre 26,0°C e 27,7°C, evidenciadas nos pontos P1 e P9, respectivamente e a umidade relativa do ar variou entre 66% (P9) e 70% (P1) (Gráfico 2). O P1 apresentou o menor valor de temperatura do ar média e o maior valor de umidade relativa do ar, devido localiza-se próximo à área do reservatório da UHE e de áreas de matas. O P9, apresentou o valor mais elevado de temperatura e umidade relativa do ar por localizar-se em áreas de pastagens, com pouca quantidade de área de mata (Mapa 4). Outro fator que contribuiu para temperatura mais elevada no P1 é o fato deste ponto, segundo Medeiros (2013) estar voltado para a vertente noroeste que é uma das vertentes que recebe maior insolação e, conseqüentemente, com temperatura do ar elevada. Nota-se também que dos pontos P1 ao P4, que localizam-se na margem direita da bacia da UHE, com maior quantidade de mata e próximos ao reservatório, a temperatura média do ar apresentou menores valores de temperatura do ar, com valor máximo de 26,6 °C. Os demais pontos, do P5 ao P9, na margem esquerda da bacia da UHE, em áreas predominantemente de pastagens, a temperatura do ar é mais elevada entre 26,8 °C e 27,7 °C. Estes resultados permitem destacar a importância da vegetação para a distribuição da temperatura do ar, aliado à exposição das vertentes da bacia.

Gráfico 1 - Temperatura e umidade relativa do ar média do dia 17/04/2011

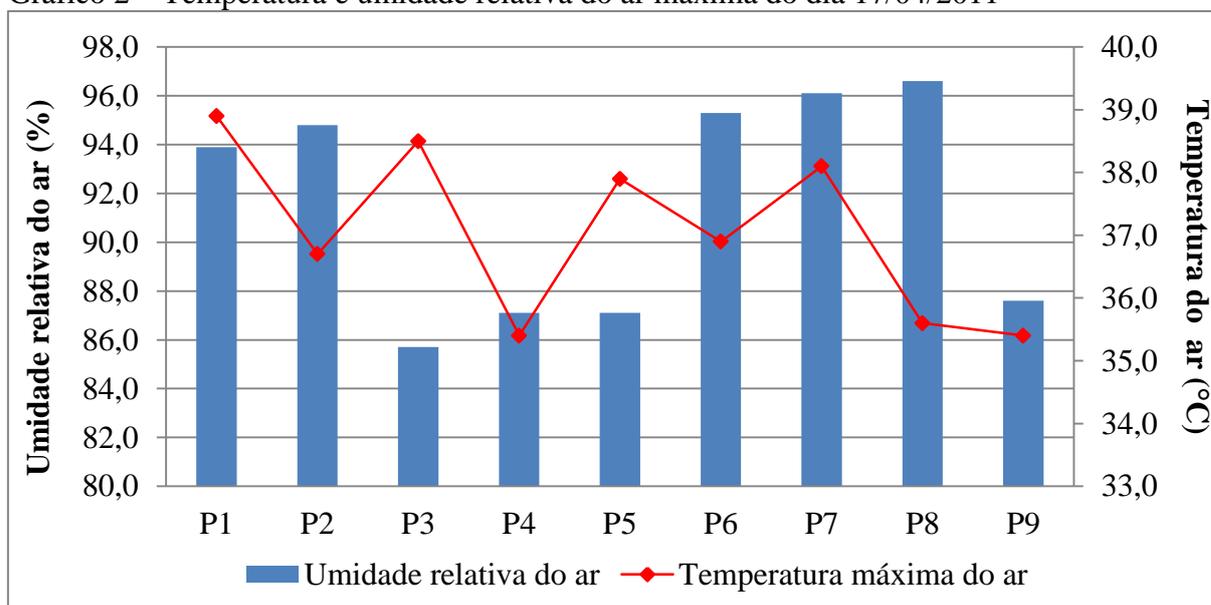


Fonte: PEREIRA, C. C. (2014)

Com relação ao comportamento da temperatura e umidade do ar máxima que ocorreram na bacia, os valores registrados elevados, sendo entre 35,4 e 38,9 °C de

temperatura do ar e umidade relativa do ar entre 85 e 96% umidade relativa do ar (Gráfico 2). Os valores mais elevados de temperatura do ar máxima foram registrados nos pontos P1, P3, P5 e P7, sendo que desses o P1 e o P7 registram os valores mais elevados de umidade relativa do ar 93 e 96%. Embora os pontos P6 (95%), P7 (96%) e P8 (96%) estejam localizados em área de pastagens, propícias a valores de umidade relativa do ar amenos e temperatura do ar elevada, estes pontos apresentaram os valores mais elevados de umidade relativa do ar e os menores valores de temperatura do ar.

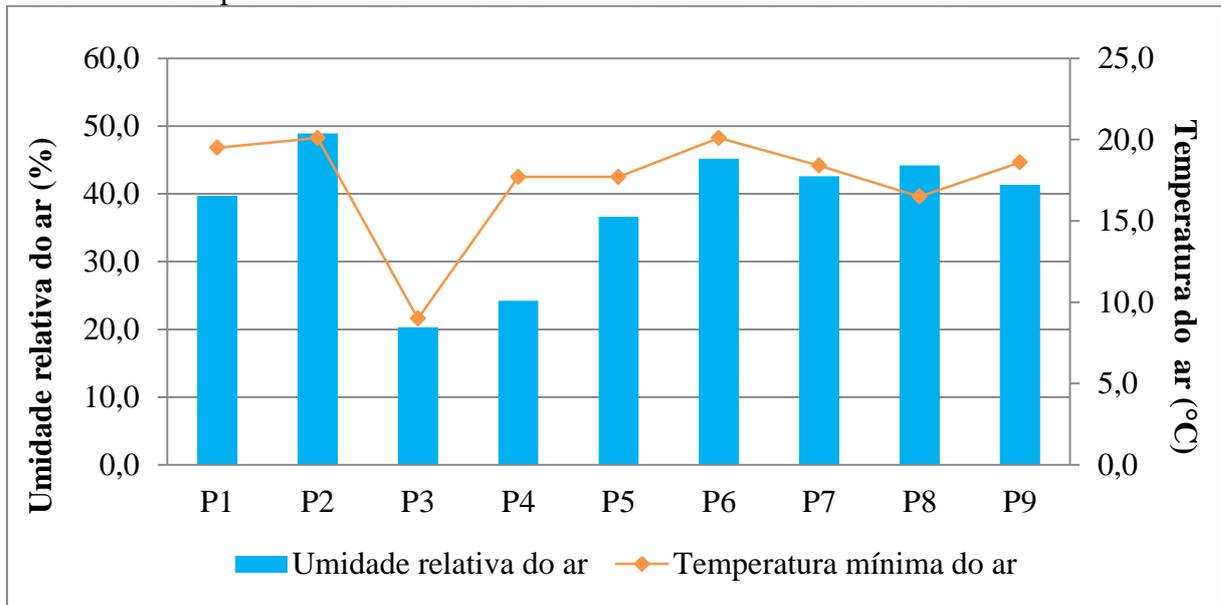
Gráfico 2 – Temperatura e umidade relativa do ar máxima do dia 17/04/2011



Fonte: PEREIRA, C. C. (2013)

No que consiste ao comportamento dos valores mínimos nota-se que a temperatura do ar apresentou-se entre 9,0 e 20,1 °C e umidade relativa do ar no intervalo de 20 a 48% (Gráfico 3). O P2 e P6 apresentaram comportamento semelhante, com os maiores valores de temperatura do ar de 20,1 °C em ambos os pontos e umidade relativa ar mínima, de 45 e 48%. Assim com no comportamento da temperatura e umidade relativa do ar máximo, para a mínima o P3 foi o ponto com menores valores registrados, sendo 9,0 °C de temperatura e 20% de umidade que se explica pela sua localização em área de pastagem e próximo a áreas de agricultura.

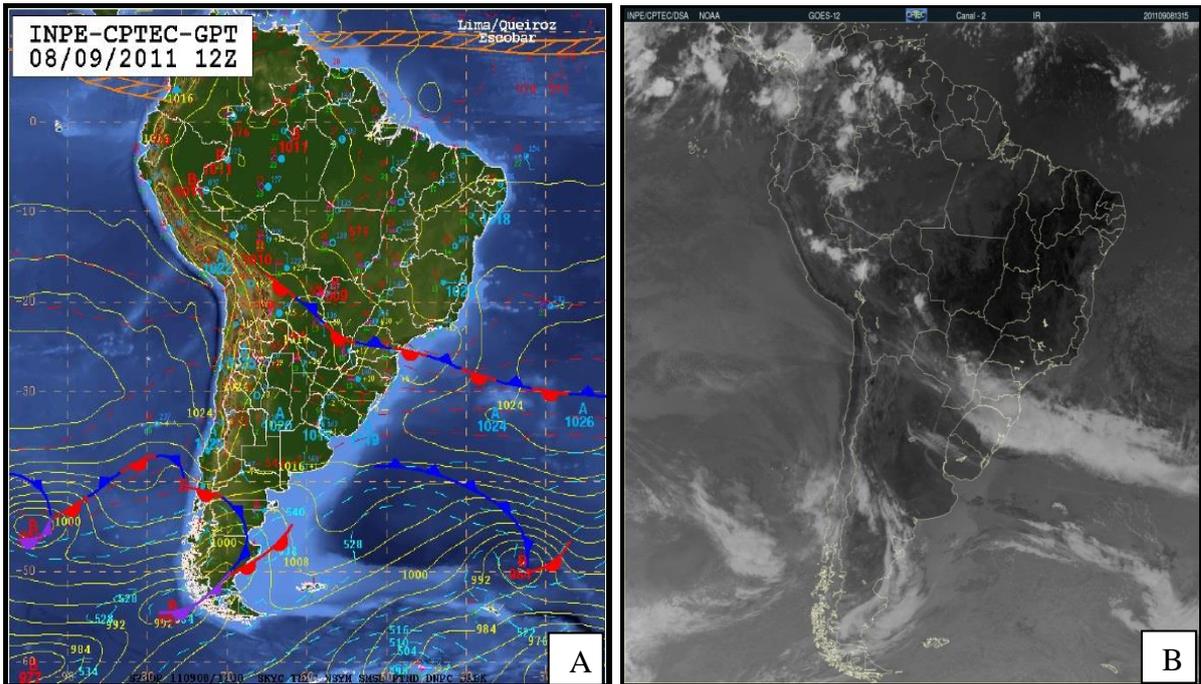
Gráfico 3 – Temperatura e umidade relativa do ar máxima do dia 17/04/2011



Fonte: PEREIRA, C. C. (2014)

As condições atmosféricas do dia representativo do período seco (08/09/2011), de acordo com a carta sinótica da América do Sul CPTEC/INPE (Figura 3), diferentemente do ocorreu no período chuvoso, a ZCIT deslocou-se para o norte que caracteriza o inverno para o hemisfério sul. No inverno, segundo Marcuzzo, et al (2012, p. 114) “quando a ZCIT está deslocada para norte, a região apresenta baixa ou nenhuma precipitação”. De acordo com a imagem infravermelha do satélite Goes (Figura 4), sob o estado de Goiás não há predomínio de nuvens, assim como na Amazônia. Entretanto, a região Sul apresenta nuvens que deve a ação das massas polares que agem no inverno.

Figura 3 – Carta sinótica da América do Sul em 08/09/2011 às 09:00 e Figura 4 - Imagem infravermelha do satélite Goes 12 da América do Sul do dia 17/04/2011 às 10:30

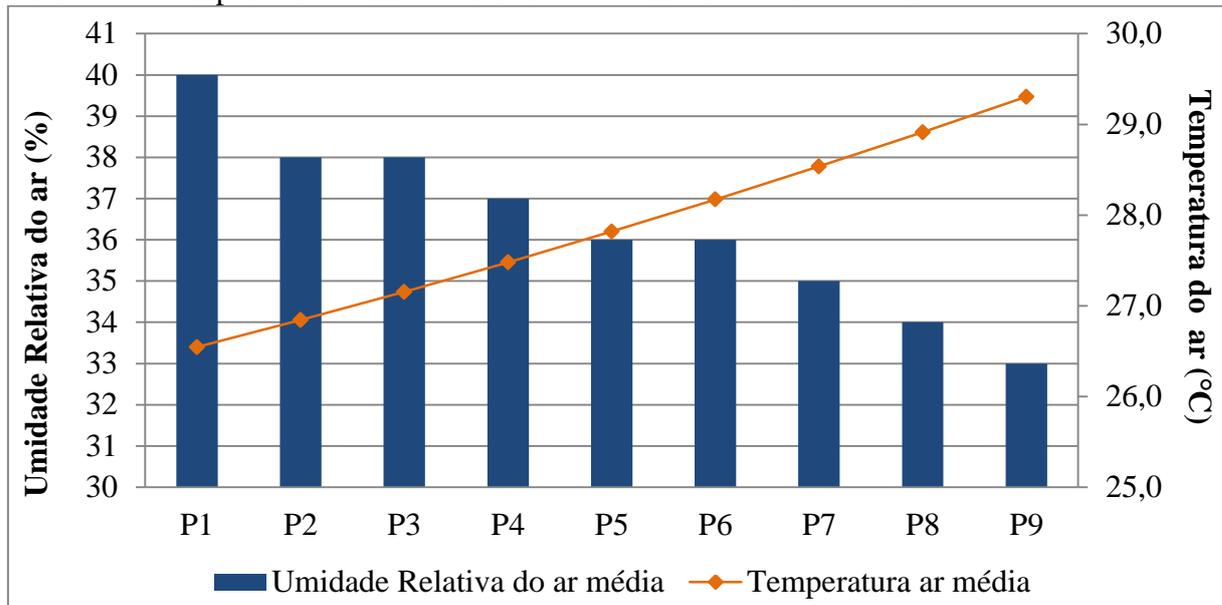


Fonte: CPTEC/INPE (2014).

Fonte: CPTEC/INPE (2014).

Para o dia representativo do período seco, em 08/09/2011, entre um ponto e outro, a média da temperatura e umidade relativa do ar apresentou diferença de até 2,8 °C para a temperatura e de 7% para umidade (Gráficos 4). O ponto P1 e P9 correspondem ao ponto de maior (29,3 °C) e menor (26,5 °C) valor de temperatura ar, respectivamente. A umidade relativa do ar apresentou valores no intervalo de 33% (P9) a 23% (P1). Assim, para o dia representativo do período seco, no período chuvoso os pontos P1 e P9 destacaram-se em relação ao comportamento da temperatura e umidade relativa média do ar, no qual as características locais contribuíram para o menor valor de temperatura do ar e para maior valor de umidade relativa do ar no P1 e no P9 para maior valor de temperatura do ar e menor valor de umidade relativa do ar.

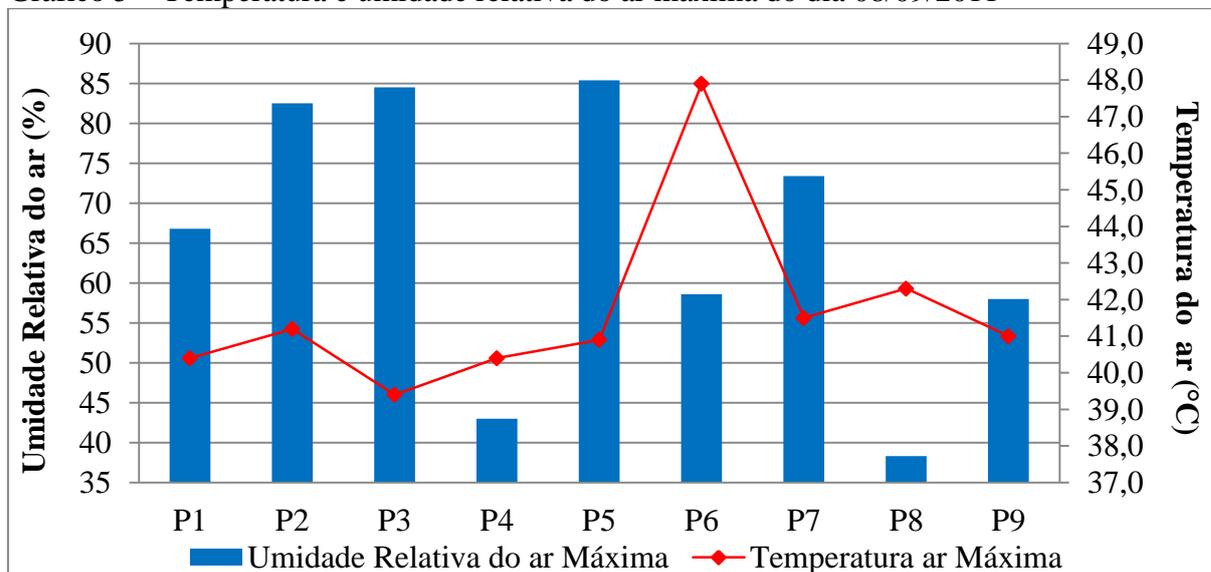
Gráfico 4 - Temperatura e umidade relativa do ar média do dia 08/09/2011



Fonte: PEREIRA, C. C. (2014)

Com relação ao comportamento da temperatura e umidade do ar máxima, os valores registrados elevados, sendo entre 39,4 e 47,9 °C de temperatura do ar e umidade relativa do ar entre 38 e 85% umidade relativa do ar (Gráfico 5). Os valores mais elevados de temperatura do ar máxima foram registrados nos pontos P6, P7 e P8 que se localizam em área de pastagens, propícias a valores de temperatura do ar elevado e umidade relativa do ar menor. Os pontos P2 (83%) e P3 (85%) apresentaram valores elevados de umidade relativa do ar máxima e respectivamente, 41,2 e 39,4 °C, de temperatura do ar, devido proximidade desses pontos com áreas de mata e as margens do reservatório.

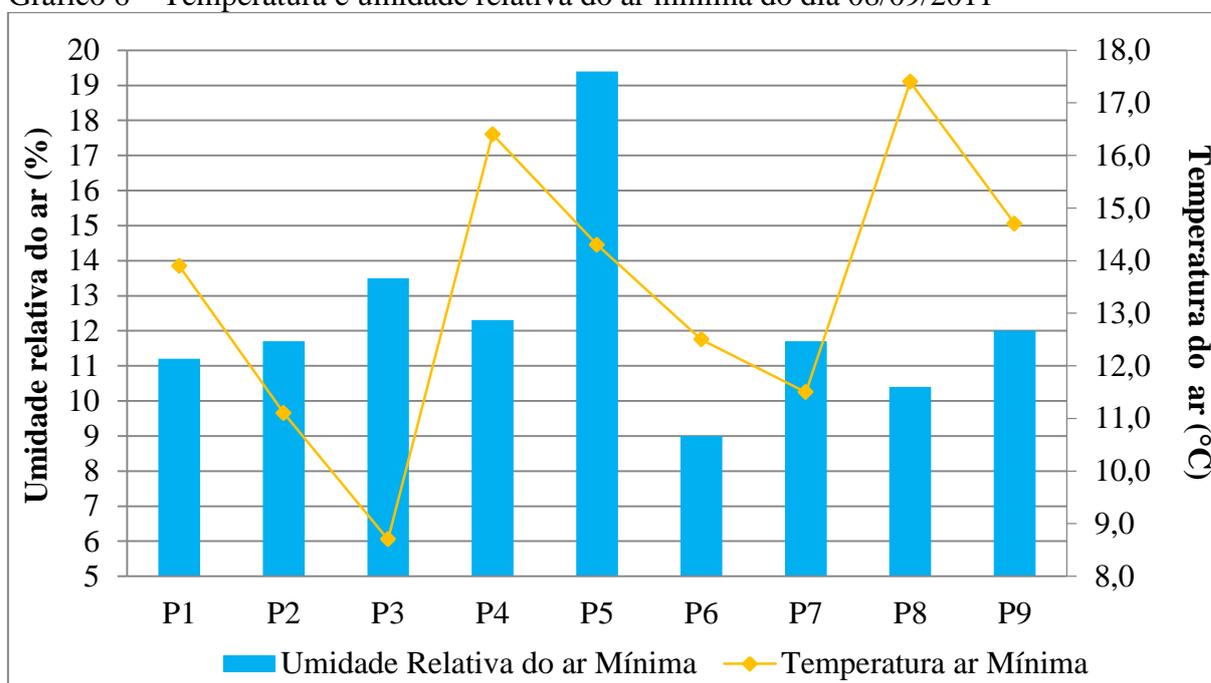
Gráfico 5 – Temperatura e umidade relativa do ar máxima do dia 08/09/2011



Fonte: PEREIRA, C. C. (2014)

Dos valores mínimos registrados nos pontos nota-se que a temperatura do ar apresentou-se entre 8,7 e 17,4 °C e umidade relativa do ar no intervalo de 9 a 14% (Gráfico 6). Embora o P5 localize-se próximo a área de pastagem degradada, destacou-se por ter apresentado o valor mais elevado de umidade relativa do ar de 14% e temperatura do ar de 14,6 °C. Os pontos P6, P7, P8 e P9, apresentaram registraram os menores valores de umidade relativa do ar pelo fato de localizaram em áreas de pastagens, principalmente de pastagem degradada. Destaca-se o P3, como ponto com menor valor de temperatura do ar, sendo 9,0 °C devido a localização em área de pastagem e próximo a áreas de agricultura.

Gráfico 6 – Temperatura e umidade relativa do ar mínima do dia 08/09/2011



Fonte: PEREIRA, C. C. (2014)

4.3 Análise da Temperatura de superfície (TS) no período chuvoso e período seco

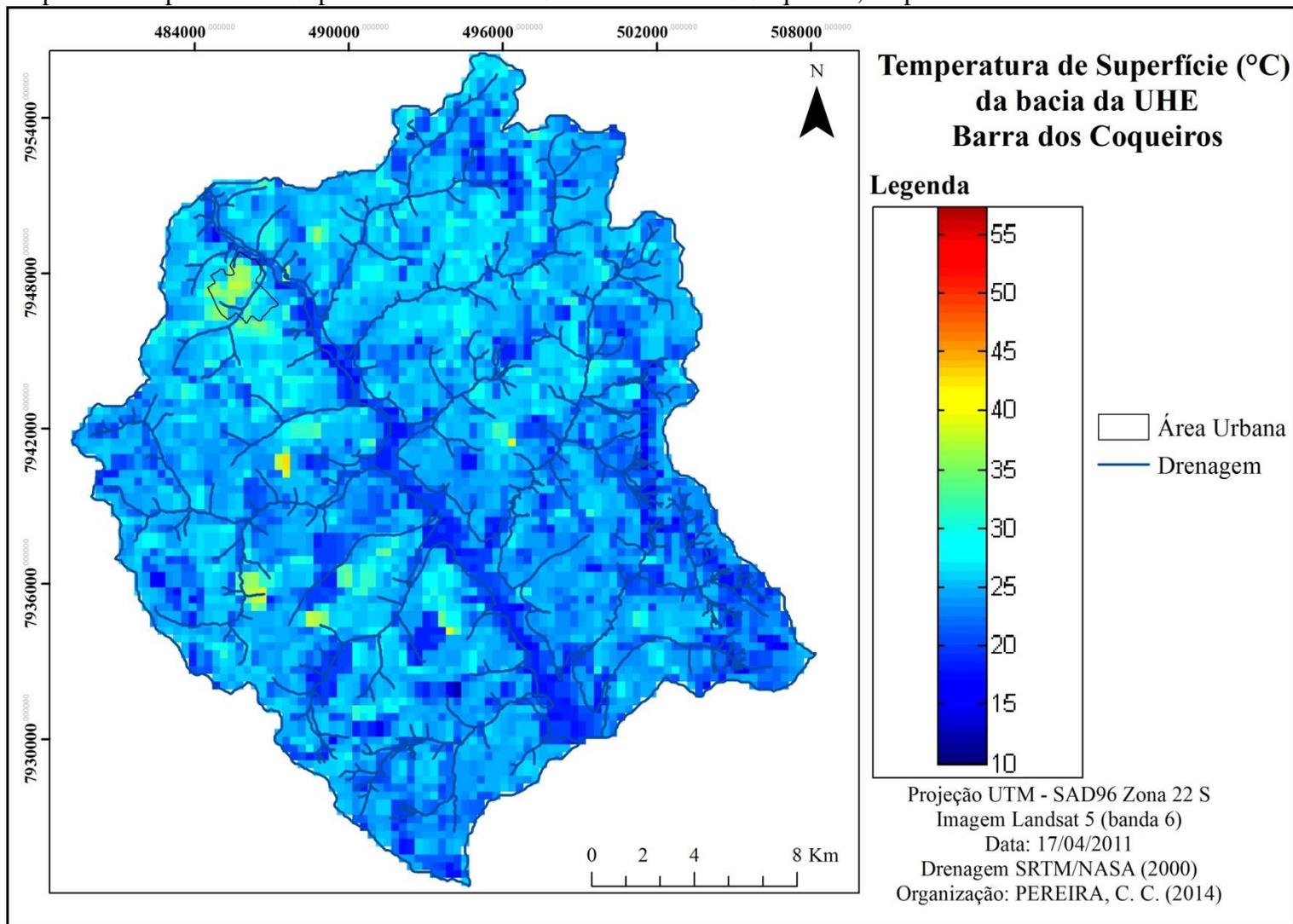
No período chuvoso, data de 17/04/2011 a TS apresentou dois intervalos de TS, compreendido entre 10,0 e 30,0°C e entre 40,0 e 45,0 °C (Mapa7). Evidenciam, naquele primeiro intervalo, que os menores valores de TS apresentaram-se nas áreas de lago, próximos às drenagens e nos topos de morros. Já o outro intervalo predominou ao norte onde se localiza a área urbana do município, e a sudoeste, em locais de pastagem e agricultura ao sul e ao noroeste da bacia.

No geral, a TS apresentou valores abaixo de 30,0 °C, pelo fato de que no período chuvoso a vegetação é mais densa e as áreas de pastagens que apesar de conter pouca

vegetação, quando comparada à mata, em sua maioria, de acordo com Rosa (2009, p. 174) “é constituído por gramíneas, plantas gramínoides, ervas, arbustos e árvores diversas” o que proporciona condições para valores de temperatura mais amenos, quando comparadas com a temperatura na área urbana. Este comportamento deve-se ao fato das superfícies escuras, como as folhas verdes, absorverem mais energia solar, ou seja, irradiam menos calor (PRIMAVERESI et al, 2007).

Já as TS mais elevadas, concentradas na área urbana, devem-se ao fato que o ambiente urbano, geralmente constituído solo impermeabilizado por asfalto, alta densidade de construções caracterizam por absorver mais radiação solar, transformando-a em calor e conseqüentemente aumenta a temperatura. Pelo contrário o ambiente rural, com baixa densidade de construções e maior quantidade de vegetação, tende a apresentar valores de temperatura baixos (MARTINS e MACHADO, 2010).

Mapa 7 – Temperatura de superfície na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros, no período chuvoso

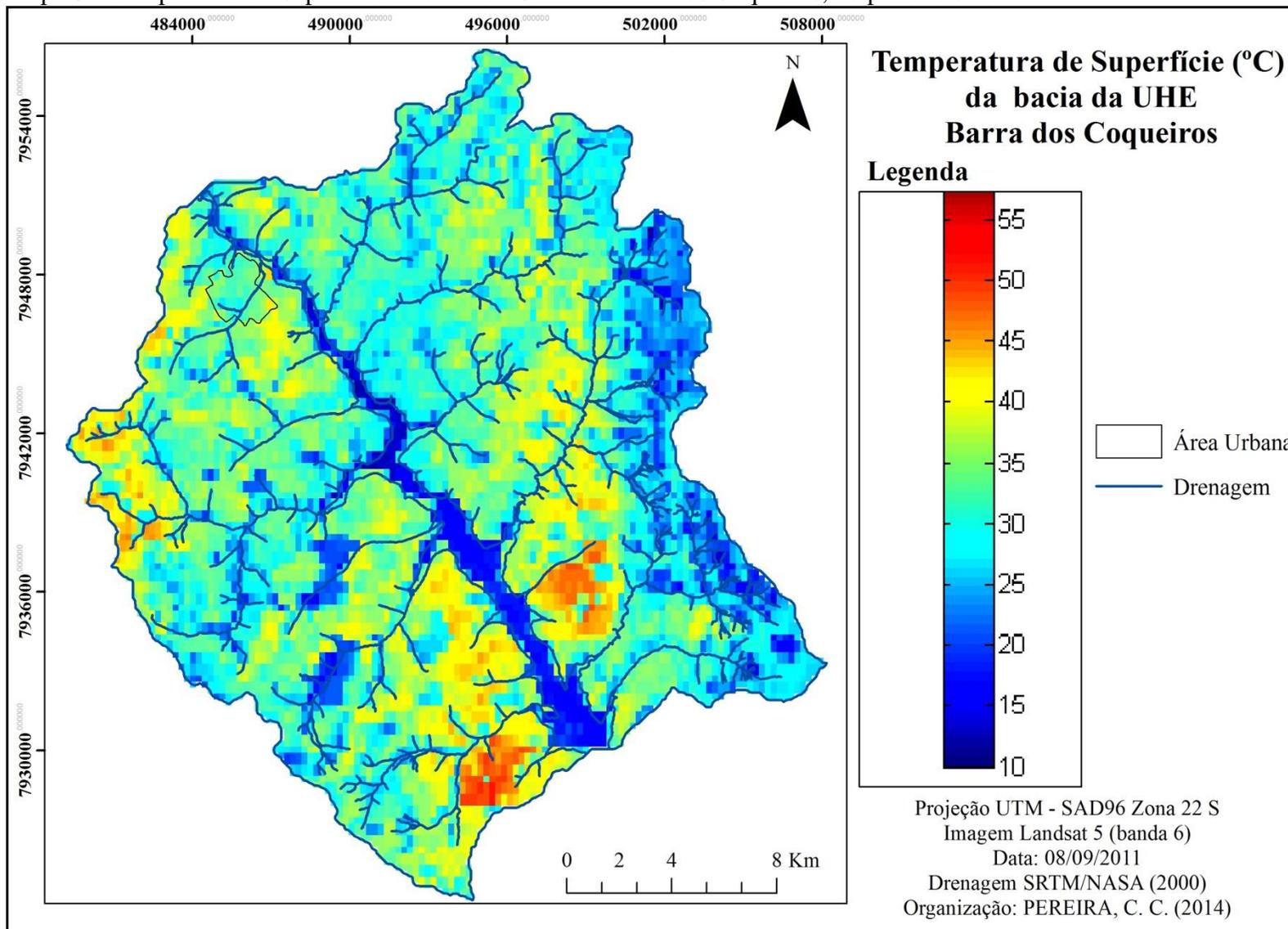


Fonte: PEREIRA, C. C. (2013)

Com relação ao uso da terra e à TS (Mapas 5 e 7), para o período chuvoso, observa-se que as áreas de pastagens e agricultura apresentaram valores próximos a 25,0 e 30,0 °C, com exceção de área de agricultura a oeste e sudoeste, na margem direita da bacia que apresentaram TS mais elevadas (entre 40,0 e 45,0 °C). Essa proximidade do comportamento da TS entre pastagens e agricultura, explica-se pela presença de vegetação nestes locais que contribui para o comportamento da TS. As áreas de agricultura com valores de TS mais elevadas, explica-se, mesmo contendo cultura plantada, por apresentar áreas com solo com pouca proteção ou até totalmente descoberto pela vegetação, o que contribui para temperaturas mais elevadas.

O comportamento da TS para o período seco, representado por 08/09/2011, predominou na bacia da UHE Barra de Coqueiros o intervalo entre 10,0 e 50,0 °C configurando em uma amplitude térmica de 40,0 °C (Mapa 8). Neste intervalo, nota-se que os valores mais amenos (de 10,0 a 25,0 °C) concentram-se na área alagada do reservatório, próximos aos afluentes com mata ciliar, nos locais com APP e morros na porção leste da borda da bacia. Outro intervalo evidente na bacia foi entre 40,0 e 50,0 °C, localizado principalmente nas porções sul, sudeste e oeste da bacia, que são locais com agricultura, porém, com solo exposto e área de pastagem degradada.

Mapa 8 – Temperatura de superfície na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros, no período seco



Fonte: PEREIRA, C. C. (2013)

O comportamento das áreas de mata e cerrado com valor de TS menores, ($<25,0^{\circ}\text{C}$) encontradas na bacia, assemelha-se ao resultado constatado por Oliveira e Rosa (2013) ao identificarem, numa imagem de setembro de 2010, valores de TS amenos, no intervalo de $21,0$ a $19,0^{\circ}\text{C}$ relacionados à presença de mata ciliar, reflorestamento e cerrado.

Nos locais da bacia, constituído por pastagens, que correspondem a 69,2% de área, apresentaram TS com valores elevados de temperatura (de $30,0$ a $40,0^{\circ}\text{C}$) apesar de conter vegetação, pois no período seco, segundo Primavesi et al (2007, p.27), “quando as folhas secam, o albedo aumentam e elas refletem mais radiação”. Exemplo dessa área foi o local na margem direita do reservatório no sentido sudoeste, com valores de TS superior a $45,0^{\circ}\text{C}$.

O aquecimento da pastagem com vegetação seca é ainda menor quando comparadas às áreas de solo exposto, no qual apresentaram áreas com $50,0^{\circ}\text{C}$ de TS, localizadas na margem esquerda do reservatório na porção sudoeste da bacia.

Tanto a área da bacia com solo exposto como de pastagens degradadas, compreendidas por valores de TS mais elevados, se constituem em uma ilha de calor, pois segundo Primavesi et al (2007, p. 26) “também podem ocorrer ilhas de calor em áreas rurais, se estiverem degradadas, secas, mas elas podem não ocorrer em áreas urbanas, se estiverem adequadamente arborizadas e com água disponível no solo para a evapotranspiração”.

A representação da distribuição da TS nos períodos, chuvoso e seco, demonstrou que em ambos ocorreram diferenças nos valores de TS, de uma classe de uso da terra para outra, numa escala do menor para o maior valor de TS, em primeiro lugar o reservatório, depois os corpos d'água, as matas ciliares, APPs e a vegetação dos morros, a área urbana e as pastagens e, por fim, as áreas de agricultura, principalmente o solo exposto do período seco.

Entretanto, notam-se diferenças do comportamento da TS entre os dois períodos, especialmente nas áreas de pastagens e de agricultura. Essas diferenças devem-se à condição da vegetação, tanto para cultura, pastagem e até as áreas de mata e cerrado, que no período chuvoso apresentaram-se mais densa e, em contrapartida, no período seco a vegetação é escassa e seca.

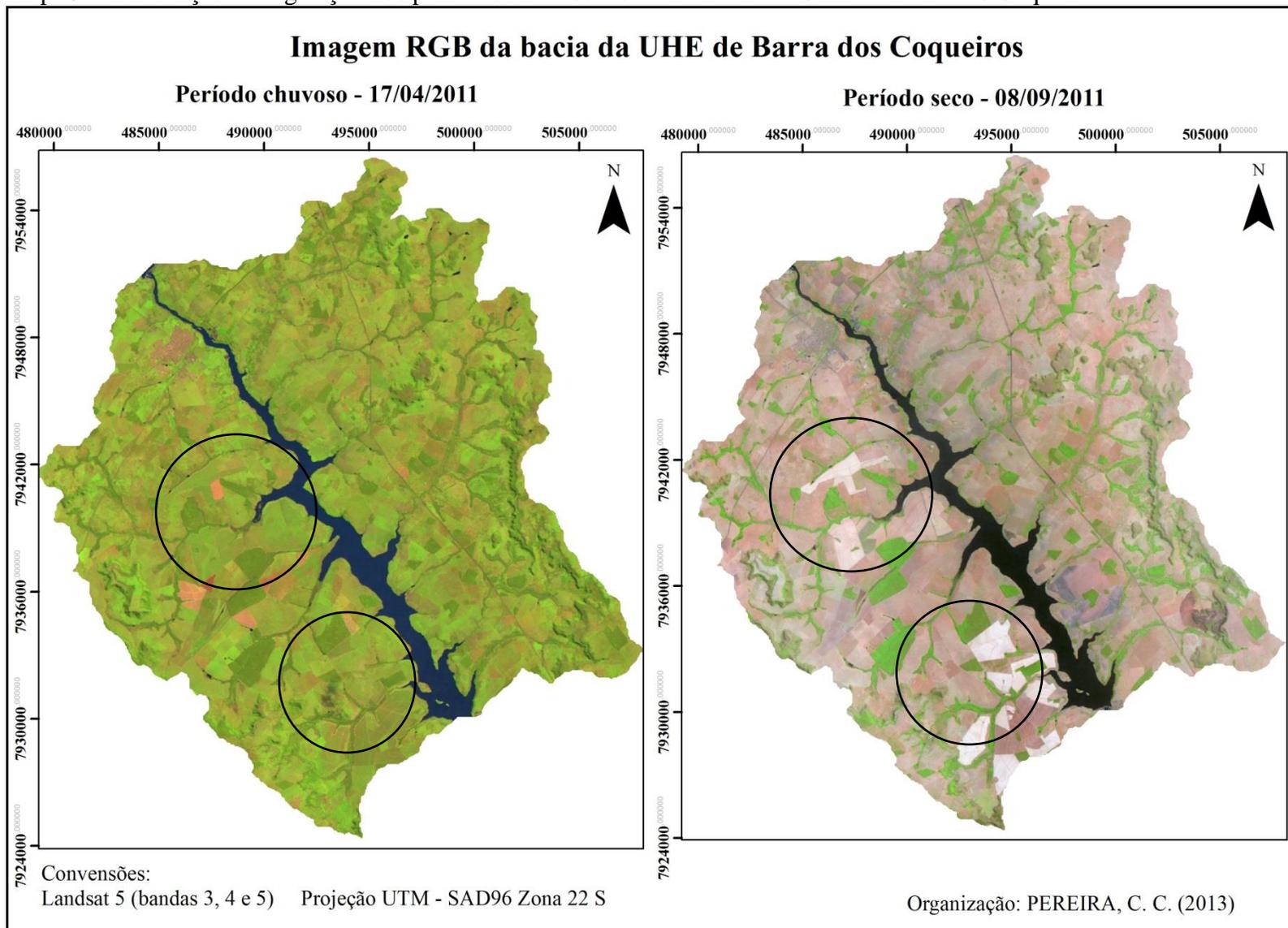
Na área urbana municipal os valores de TS são mais elevados em relação a sua região circunvizinha, compreendida por pastagem. As diferenças de TS, entre o urbano e o rural, são mais evidentes no período chuvoso, onde o comportamento da TS semelhou-se às áreas de agricultura. No período seco, essas diferenças não foram tão marcantes e os valores de TS área urbana se igualaram aos valores de algumas áreas de pastagens.

As áreas com TS elevadas, nos diferentes períodos, na bacia da UHE de Barra dos Coqueiros, como solo exposto, rocha e vegetação seca formaram superfícies absorvedoras de radiação infravermelha e visível que conseqüentemente propiciaram TS elevadas.

Outra diferença marcante, entre os períodos chuvoso e seco são os valores de TS para a agricultura (Mapa 9), evidenciado por círculos, pois no período chuvoso, os valores encontrados foram entre 25,0 e 45,0 °C, assemelhando-se às áreas de pastagens. Já no período seco os valores de TS foram acima de 35,0 °C, atingindo 50,0°C. Estas áreas com TS elevadas ocorreram devido ao solo exposto (Latosolo Vermelho Amarelo) devido à retirada total da vegetação nas áreas rurais, aumentam a irradiação de calor, e conseqüentemente, propiciam o aumento da temperatura.

Com a condição da vegetação existente na bacia, seja pela presença ou ausência, propiciaram a elevação ou diminuição da TS, demonstram a importância da vegetação como papel regulador para a superfície, para que haja ambiente com condições adequadas para exercer suas funções (PRIMAVESI et al, 2007).

Mapa 9 – Diferenças da vegetação nos períodos chuvoso e seco na Bacia da UHE de Barra dos Coqueiros



Fonte: PEREIRA, C. C. (2013)

4.4 Análise da temperatura do ar (TA) instantânea nos pontos de coleta com a temperatura de superfície (TS) no período chuvoso e período seco

Para o período chuvoso, a temperatura do ar instantânea (TA) nos pontos de coleta foi registrada com o valor de 31,5°C (P4) a 34,5°C (P5), com amplitude térmica de 3,0°C (Tabela 7). O ponto P4 localiza-se em áreas de pastagens e de mata, e o ponto P5, com temperatura mais elevada, situa-se em área de pastagem, próximo a áreas de agricultura. Mesmo o P4, com TA mais amena, o P5 e os demais pontos (P1, P3, P6, P7, P8 e P9) de acordo com Medeiros (2013, p. 51) situam em “[...] vertentes norte, nordeste e noroeste, recebendo maior insolação e, conseqüentemente, com maior temperatura do ar”.

De acordo com dados TA (Tabela 7) e a distribuição da TS (Mapa 10) na bacia, todos os pontos de coleta apresentaram TS no intervalo de 20,0 a 35,0 °C. Sendo que desse intervalo somente os pontos P1 e P8 ocorrem maiores valores de TS (35,0 °C). As características físicas pode ter contribuído para este resultado, visto que principalmente no caso do P1, é um ponto mais próximo de áreas de agricultura (Mapa 2), onde a temperatura tende a ser mais elevada em comparação com áreas mais vegetadas, como as matas. Nos demais pontos, inclusive o P6, com o menor valor de TA, a TS é mais amena (menor que 30,0 °C), com destaque para P2 e P5 em que ambos localizam-se próximos a áreas de mata e o P2 é o ponto mais próximo ao reservatório, a TS apresentou-se em torno de 20,0 °C. O P6 que registrou TA de 25,8°C faz parte dos pontos em que a TS é mais amena, de 30,0 °C, porém com uma diferença de 4,2°C.

Esses resultados permitem inferir que os pontos situados em áreas próximas às matas (P2 e P5), aos afluentes (P3 e P2) e reservatório (P2), apresentam TS com valores menores. Em contrapartida, o ponto distante do afluente (P8) e próximo às áreas de agricultura (P1), a TS foi mais elevada, demonstrando a tendência da irradiação da superfície com temperatura da mesma. Já no que diz respeito a TA, os pontos seguem a mesma lógica, com exceção do ponto P2, que mesmo em área de pastagem, próximo ao afluente e do reservatório se constitui no ponto com TA mais elevada em relação aos demais, fato este que se explica pela exposição de vertentes, voltada para a face com maior insolação (MEDEIROS, 2013).

Mapa 10 – Temperatura de superfície com os pontos de dados de temperatura do ar, no período chuvoso

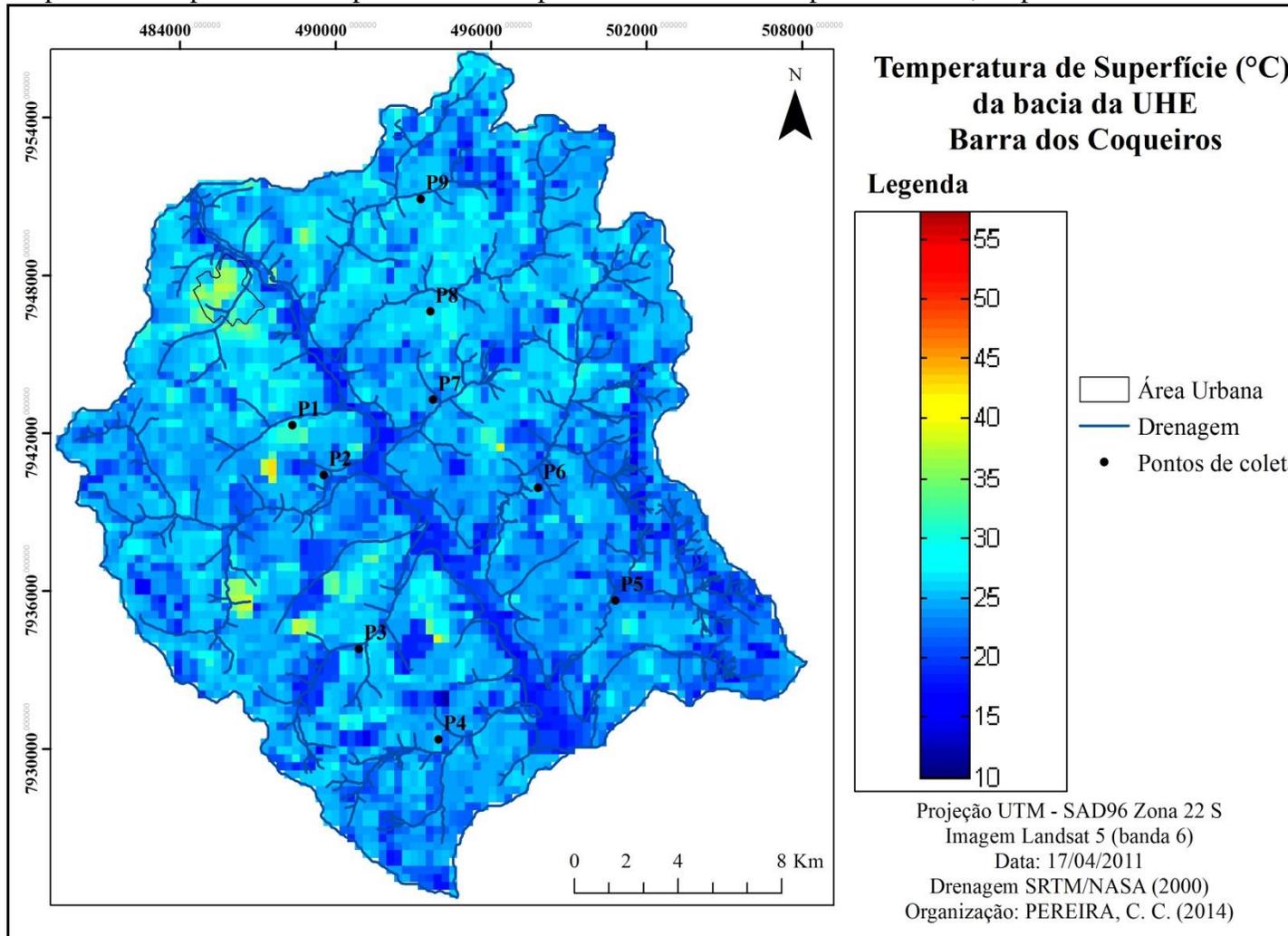


Tabela 8 – Temperatura do ar instantânea (TA) das 10h06min às 10h29min, no período chuvoso

Pontos	TA (°C)	Horário de coleta
P1	32,7	10:26:48
P2	33,9	10:07:30
P3	33,8	10:06:24
P4	31,5	10:18:36
P5	34,5	10:29:26
P6	32,0	10:10:17
P7	34,5	10:08:44
P8	32,4	10:20:56
P9	32,8	10:14:33

Fonte: PEREIRA, C. C. (2014)

Fonte: PEREIRA, C.C. (2013)

Para o período seco, os valores de TA instantânea foram mais elevados do que os valores para o período chuvoso, no qual o menor valor de TA foi registrado no P1 (34,9°C) e o valor mais elevado no P6 (38,9 °C), com amplitude térmica de 4,0 °C (Tabela 8). Este resultado deve-se às características dos locais, onde o P1 localiza-se na margem direita da bacia da UHE, com maior quantidade de mata e próximo ao reservatório e o P6 localiza-se na margem esquerda da bacia da UHE, em áreas predominantemente de pastagens.

Na representação dos valores de TS (Mapa 11) e os dados de TA (Tabela 8), em que todos os pontos apresentaram-se TS no intervalo de 25,0 e 45,0 °C e a TA entre 34,9 e 38,9 °C nota-se que os pontos P1, P4, P6 e P8 corresponderam aos locais com a TS mais elevada (entre 35,0 e 45,0 °C), sendo que o P6 também apresentou a TA mais elevada (38,9 °C). Entretanto, o P1 teve o menor valor de TA (34,9 °C). Os demais pontos (P2, P3, P5, P7, P9) apresentaram TS amenas (entre 25,0 °C e 30,0 °C).

Dentre os pontos com TS elevados, o P1 localizado em áreas de pastagens apresentou TS (35,0 °C) mais elevado do que o valor de TA (34,9 °C), sendo o que registrou o menor valor em comparação aos outros pontos, configurando a diferença de apenas 0,1 °C. Outro ponto com TS elevado foi o P6, que se destacou dos demais por apresentar a TA mais elevada (38,9 °C). Já o P8, localizado em área de pastagem e próximo à agricultura, além da TS elevada (35,0 °C) foi o ponto com a segunda TA mais elevada (38,6 °C). Por fim, o P4 que é o ponto com TS mais elevada (40,0 e 45,0 °C) situa-se em área de pastagens e agricultura registrou TA de 37,1 °C. Nestes pontos, destaca-se o P1 e P6 como os pontos que se aproximaram tanto no valor de TS quanto em TA.

Com relação aos pontos com TS mais amenas (de 25,0 °C a 35,0 °C), P2 foi o ponto com menor valor de TS, próximo a 25,0 °C, devido à proximidade com o reservatório e o afluente do reservatório constituído por mata ciliar, características estas que propiciaram a ocorrência de temperaturas mais amenas, embora não seja o ponto com menor valor de TA uma vez que registrou 36,6 °C. Os pontos P5, P7 e P9 que se localizam em áreas de pastagens apresentaram TS de 30,0 °C. O P3 localiza-se em áreas de pastagens, próximo a um dos afluentes do reservatório e de uma APP, e registrou a TS amena de 30,0 °C.

Há que se destacar também, o comportamento do P4 com a TS mais elevada (entre 40,0 e 45,0 °C) do período seco que apesar de conter área de pastagem, apresentou valor de TS próximo aos valores de TS identificado em áreas de solo exposto. Provavelmente, deve-se a localizar-se em pasto degradado, onde o solo permanece exposto pela diminuição da quantidade de gramíneas secas uma vez que a vegetação esteja seca, neste ponto elevou a temperatura.

Mapa 11 - Temperatura de superfície com os pontos de dados de temperatura do ar, no período seco

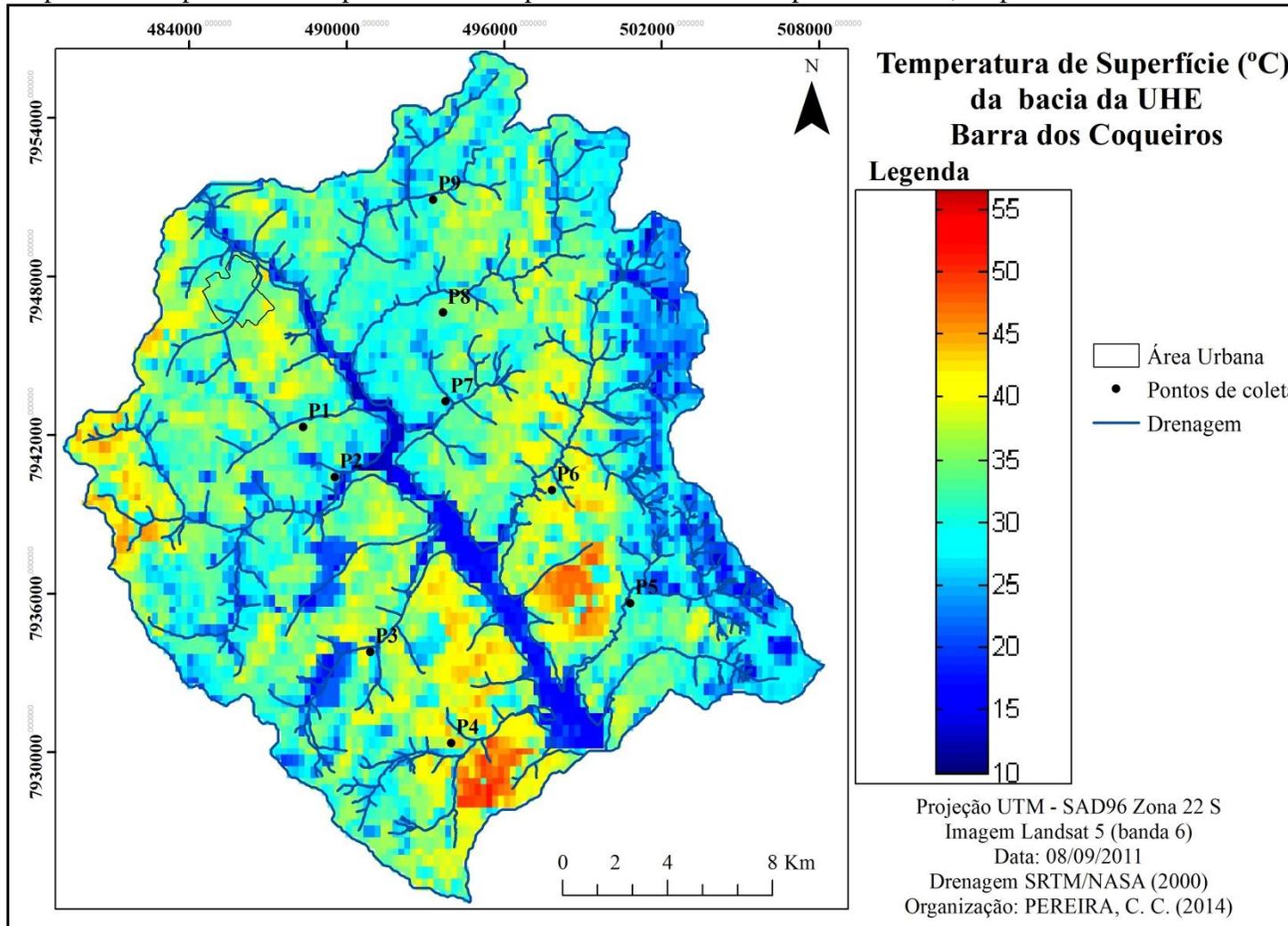


Tabela 9 – Temperatura do ar instantânea (TA) das 10h00min às 10h26min, no período seco

Pontos	TA (°C)	Horário de coleta
P1	34,9	10:08:55
P2	36,9	10:13:42
P3	36,6	10:10:55
P4	37,1	10:26:36
P5	37,3	10:25:23
P6	38,9	10:28:17
P7	37,3	10:09:50
P8	38,2	10:00:51
P9	36,5	10:02:51

Fonte: PEREIRA, C. C. (2014)

Fonte: PEREIRA, C.C. (2013)

Comparando o comportamento da TS com TA em relação à localização dos pontos, observa-se que no ponto P2 os valores de TS para ambos os períodos apresentaram menores valores com 20,0 °C (chuvoso) e 25,0 °C (seco). O que reafirma o favorecimento de baixos valores de temperaturas devido à influência das características locais do ponto: próximo ao reservatório e a mata ciliar do afluente do reservatório; em contrapartida, a TA, deste ponto, mesmo com as condições favoráveis a temperaturas menores, destacou-se pela TA elevada (35,5°C) no período chuvoso.

No período chuvoso, no intervalo de TA, ocorreram valores mais elevados do que o intervalo de TS, assim como constatado por Steinke (2010) ao identificar valores de temperatura do ar, coletados por termômetros em campo no mesmo horário de passagem do satélite Landsat 5, mais elevados do que a temperatura da superfície de diferentes usos da terra.

Como a TA e a TS não são sinônimos, esta diz respeito à temperatura da superfície e aquela a temperatura do ar, por este motivo os valores de ambas são diferentes, e em alguns casos, como no ponto P2, que embora tenha apresentado a temperatura do ar mais elevada (38,2 °C) no período chuvoso, a TS foi entre os pontos com temperaturas mais amenas (20,0°C).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados apresentados e nas análises realizadas, pôde-se constatar que a TS apresentou comportamento distinto. Espacialmente, a TS apresentou, nos períodos chuvoso e seco, comportamento distinto nos diferentes usos da terra, no qual as temperaturas mais elevadas ocorreram em áreas de solo exposto, pastagens degradadas e nas áreas urbanas. Já as temperaturas mais amenas ocorreram em áreas próximas ao reservatório, a cursos d'água, mata ciliar, APPs e à vegetação presente nos morros.

Entre os diferentes usos da terra e a TS, as condições da vegetação foi um fator que influenciou o comportamento temporal da TS, especificamente a diferenças entre o período chuvoso com vegetação mais densa e no período seco com vegetação escassa, a exemplo das pastagens, ligadas diretamente à capacidade da superfície em refletir mais ou menos radiação, e, conseqüentemente, no aumento ou diminuição da temperatura da superfície. E no período seco, evidenciou-se que as áreas de solo exposto e áreas com pastagens degradadas as TS foram elevadas, formando ilhas de calor.

A condição da vegetação foi ainda mais evidente quando a TS foi analisada conjuntamente com as características dos pontos de coleta de TA, nos quais os locais propícios a temperaturas menores apresentaram os menores valores de TS. Entretanto, não há uma relação direta da TS com os dados de TA, pois ambas são grandezas térmicas diferentes e, portanto, dificilmente ou nunca, terão igualdade em seus valores.

Na área urbana municipal os valores de TS foram mais elevados em relação a sua região circunvizinha, compreendida por pastagem, demonstrando que mesmo uma área urbana de pequeno porte, como a cidade de Caçu (GO) merece atenção e estudo quanto ao clima urbano, de modo que este garanta qualidade de vida aos cidadãos, principalmente se as áreas de pastagens ao redor foram substituídas por agricultura.

A quantidade de áreas preservadas de mata e cerrado, de apenas 17,7% da área total da bacia, demonstrou a pressão sofrida neste ambiente por atividades antrópicas e, por conseguinte a fragilidade na bacia para preservação do meio. Portanto, as áreas de mata na bacia necessitam de preservação não só pela quantidade, mas também pela qualidade do ambiente, uma vez que estas áreas são essencialmente importantes para microclima, como reguladores térmicos ao refletirem radiação, contribuindo para temperaturas menores e conforme constatado por Medeiros (2012, p. 83) ao considerar que as matas na bacia da UHE Barra dos Coqueiros:

[...] com melhor estado de conservação mostraram maior influência na temperatura e umidade relativa do ar, com influência direta no desenvolvimento das espécies vegetais no interior da floresta e da fauna que necessitam dela como refúgio.

[...] são importantes controladores microclimáticos, assim a sua preservação se torna indiscutível não só para manutenção do clima na escala microclimática, mas também na escala regional e local.

Portanto, diante dessas implicações ambientais, principalmente decorrente da ação antrópica, presentes na bacia, fica evidente que a mesma necessita de atenção, no que se refere às áreas de pastagens em estado degradado e de solo exposto, pois propiciam a elevação de TS, tendendo a temperaturas elevadas na área urbana, com a diminuição da área de mata.

Mediante das considerações e dos resultados apresentados acerca das características no comportamento do uso da terra, TS e a TA, quanto à metodologia adotada na pesquisa considerou-se que:

- a TS, apresentou-se adequada e acrescenta para a representação espacial dos dados e para análise nos diferentes usos da terra;
- a análise da TS com a TA, a mesma não foi satisfatória, uma vez que não permitiu a obtenção da TS pixel e pixel das imagens. Portanto, a técnica necessita ser aprimorada para melhor visualização espacial dos valores de TS e também para que os mesmos passem por um tratamento estatístico para serem correlacionados e/ou relacionados com os dados de TA, coletados em campo;
- as técnicas para aquisição da emissividade necessitam ser aprimoradas para que se tenha o valor pixel a pixel, não utilizando uma emissividade média para os diferentes alvos presentes na imagem de satélite;
- a metodologia adotada permitiu distinguir com maior clareza os conceitos de temperatura do ar, temperatura de brilho e temperatura de superfície, visto que na literatura encontram-se estudos em que estes três conceitos são sinônimos, quando na verdade não o são;
- as imagens de satélite Landsat 5, apesar de serem gratuitas e de fácil aquisição, não são as mais indicadas para análise de TS em áreas de pequena extensão, principalmente no caso da banda 6 que tem resolução espacial de 120 m. Por este motivos, que os pixel nos mapas de TS apresentaram-se grosseiros, necessitando de uma suavização;

- para estudos futuros necessita-se ampliar o número de imagens e períodos analisados, o que pode ser feito através de outros satélites como o MODIS;

Em suma, apesar dos itens da metodologia que precisam ser aprimorados, acredita-se que o presente estudo contribuiu para aperfeiçoamento das técnicas de sensoriamento remoto e para análise da climatologia geográfica. Além disso, este trabalho soma-se às demais pesquisas desenvolvidas na bacia oriundas do projeto Pró Centro-Oeste: “Análise do impacto da ação antrópica nas características hidrossedimentológica/limnológica da bacia do rio Claro – GO”. E por último, o estudo permitiu uma análise climato-geográfica da paisagem da bacia da UHE Barra dos Coqueiros sob a perspectiva do sensoriamento remoto.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. Nos vastos espaços dos cerrados. In: _____. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003, p. 35-44.
- ALLEN, et al. **SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land)** Advanced Training and Users Manual. 1. ed. Boise, USA: The Idaho Department of Water Resources, 2002.
Disponível em:
<http://www.dca.ufcg.edu.br/DCA_download/ISR/UFPE/Final%20Sebal%20Manual.pdf>.
Acesso em: 18 set. 2012.
- AMORIM, M. C. de C. T., et al. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França), **Confins**, v. 7, n.1, p. 1-16, out. 2009. Disponível em: <http://www.geo.uel.br/didatico/omar/modulo_b/a6.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2014.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 15 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- BALDO, M. C. **Variabilidade pluviométrica e dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do rio Ivaí – PR**. Presidente Prudente, SP. 2006. 153 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2006. Disponível em:
<http://www4.fct.unesp.br/pos/geo/dis_teses/06/06_MARIA_CLEIDE_BALDO.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2012.
- BEZERRA, B. G. **Balço de energia e evapotranspiração em áreas com diferentes tipos de cobertura de solo no Cariri cearense através do algoritmo SEBAL**. 2006. 127 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG, 2006. Disponível em:
<http://www.dca.ufcg.edu.br/posgrad_met/dissertacao2006/BergsonGBezerra_2006.pdf>.
Acesso em: 2 nov. 2012.
- BORGES, V. M. S.; SILVA, A. A.; CASTRO, S. S. Caracterização edafoclimática da microrregião de Quirinópolis-GO para o cultivo da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 8., 2010, Recife. **Anais...** Recife: UFP, 2010, p 1-15.
Disponível em:
<http://www.labogef.iesa.ufg.br/labogef/arquivos/downloads/CARACTERIZACAO_EDAFOCLIMATICA_47248.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2012.
- BRAGA, C. de C. **Distribuição espacial e temporal de sólidos em suspensão nos afluentes e reservatório da usina hidrelétrica Barra dos Coqueiros – GO**. 2012. 74 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) –UFG, Jataí, 2012.
- CASTRO, S. S. de, et al. A expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no estado de Goiás: elementos para uma análise espacial do processo. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 30, n. 1, p. 171-191, jan./jun. 2010. Disponível em:
<<http://http://www.revistas.ufg.br/index.php/bgg/article/view/11203/8007>>. Acesso em: 17 ago. 2013.

CHANDER, G., MARKHAM, B. L. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures, and post-calibration dynamic ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, EUA, v. 41, p. 2674-2677, nov. 2003. Disponível em: <http://www.unicen.edu.ar/crecic/docs/lecs/calibrado_15bis.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2013.

COUTINHO, L. M. **Aspectos do cerrado**. Clima. 2000. Disponível em: <http://eco.ib.usp.br/cerrado/aspectos_clima.htm>. Acesso em: 03 jul. 2013.

EIBHSG - **Estudo integrado de bacias hidrográficas do Sudoeste Goiano**, Goiânia, 2005. CD-ROM.

FERREIRA, A. G. Fundamentos de sensoriamento remoto. In: _____. **Meteorologia prática**. São Paulo, SP: Oficina de texto, 2006. p. 15-32.

GUERRA, A. J. T. Clima. In: _____. (org.). **Um estudo do meio físico com fins de aplicação ao planejamento do uso agrícola da terra no Sudoeste de Goiás**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. P. 105-165.

GUSSO, A.; FONTANA, D. C.; GONÇALVES, G. A. Mapeamento da temperatura da superfície terrestre com uso do sensor AVHRR/NOAA. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v. 42, n. 2, p. 231-237, fev. 2007. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/7559/4478>>. Acesso em: 29 jun. 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?ti=1&tf=99999&e=c&p=PA&v=109&z=t&o=11>>. Acesso em: 16 ago. 2013.

JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C., SOBRINHO, J. A. A generalized single channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. **Journal of Geophysical Research**, Espanha, v. 108, n. 22, p. 2-9. 2003. Disponível em: <http://www.uv.es/~ucg/articulos/2005/Publications_2003_13.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2013.

KIM, Y.H., BAIK, J.J. Spatial and temporal structure of the urban heat island in Seoul, **Journal of Applied Meteorology**, Seul, v. 44, p. 591-605, 2005. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/JAM2226.1>>. Acesso em: 26 jun. 2013.

LANDSAT 5: imagem de satélite. São José dos Campos: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011. 2 fotografia aérea. Escala 1:250.000. Canais 3, 4, 5, 6 e composição colorida 3, 4 e 5.

LATRUBESSE, E. M.; CARVALHO, T. M. **Geomorfologia do estado de Goiás e Distrito Federal**. Goiânia: Secretaria de Indústria e Comércio e Superintendência de Geologia e Mineração do Estado de Goiás, 2005. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/downloads/geomorfologia.pdf>>. Acesso em: 3 jul. 2013.

LEITE, M. R. **Sensoriamento remoto aplicado na análise temporal da relação uso da terra/temperatura e albedo de superfície na bacia do Rio Vieira no norte de Minas Gerais**. 2011. 114 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - UFU, Minas Gerais, 2011.

Disponível em:

<<http://busca.ibict.br/SearchBDTD/search.do?command=search&q=+assunto:%22Bacia%20do%20Rio%20Vieira%22>> Acesso em: 4 jun. 2012.

LOMBARDO, M. A. A ilha de calor e suas relações com as condições naturais e sociais. In: _____ . **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: HUCITEC, 1985. p. 209-216.

LUCENA, A. J. **A ilha de calor na região metropolitana do Rio de Janeiro**. 2012. 357f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – UFRJ/COPPE, 2012. Disponível em: <<http://www.coc.ufrj.br/index.php/teses-de-doutorado/156-2012/3150-andrews-jose-de-lucena#download>>. Acesso em: 27 nov. 2012.

MARCUZZO, F. F. N; CARDOS, M. R. D; FARIA, T. G. Chuvas no Cerrado da região Centro-Oeste do Brasil: análise histórica e tendência futura. In: **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v.6, n.2, p. 112-130, ago. 2012. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Art_Cerrado_Marcuzzo.pdf>. Acesso em: 5 out. 2012.

MARKHAM, B. L.; BARKER, J. L. Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures. **EOSAT Landsat Technical Notes**, Lanham, n. 1, 1986. Disponível em: <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/L5_cal_document.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2013.

MARTINS, A. P.; MACHADO, L. M. Análise da relação entre temperatura de superfície, uso da terra e cobertura vegetal na bacia do Córrego Jataí (Jataí/GO) por meio de imagens Landsat 5. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 9., 2010, Fortaleza. **Anais...Fortaleza:UFF**, 2010, p. 1- 9.

MEDEIROS, A. de L. **Relação clima e vegetação na área das bacias das usinas hidrelétricas de barra dos Coqueiros e Caçu-GO**. 2013. 89 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UFG, Jataí, 2013.

MENDONÇA, F. O clima urbano de cidades de porte médio e pequeno: aspectos teórico-metodológicos e estudo de caso. In: SANT'ANNA NETO, J. L., ZAVATINI, J. A. (Org.). **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: Eduem, 2000. p. 167-192.

_____. O estudo do clima urbano no Brasil: evolução, tendências e alguns desafios. In: MONTEIRO, C, A. de F.; MENDONÇA, F. (Org.). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. p. 175-192.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2007. 188p.

MENEZES, et al. Evapotranspiração regional utilizando o SEBAL em condições de relevo montanhoso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 3475-3482. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.06.13.38/doc/3475-3482.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2013.

MORAGAS, W. M. **Análise dos sistemas ambientais do alto rio Claro - Sudoeste de Goiás**: contribuição ao planejamento e gestão. 2005. 226f. Tese (Doutorado em Geografia) – UNESP/Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2005.

MOREIRA, L. C. J. et al. Variabilidade local e regional da evapotranspiração estimada pelo algoritmo SEBAL. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.6, p.1148-1159, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v30n6/a15v30n6.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2013.

NASCIMENTO, D. T. F. **Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilha de calor no município de Goiânia-GO (1986/2010)**. 2011. 98f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UFG/IESA, Goiânia, 2011.

NASCIMENTO, D. T. F.; SOUSA, S. B. de.; OLIVEIRA, I. J. de. A relação entre os valores de temperatura superficial terrestre (TST), o uso do solo e a topografia no município de Minaçu-GO. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v.3, n.7, p. 93-107, set. 2009. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/atelie/article/view/7288>>. Acesso em: 29 maio 2012.

NICHOL, J. E. High-resolution surface temperature patterns related to urban morphology in a tropical city: a satellite-based study. **Journal of Applied Meteorology**, Singapura, v. 35, p. 135-46, jan. 1996. Disponível em: <http://www.lsgi.polyu.edu.hk/RSRG/resources/people/paper/high_res_urban_morpho.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2013.

NIMER, E. Climatologia da região Centro-Oeste. In: _____. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. p. 391-419.

NOVELIS. **RIA/RIMA UHEs Caçu e Barra dos Coqueiros**. 2005. 230p.

NOVO, E. M. L. de M. Princípios físicos. In: _____. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2008. p. 11-49.

OLIVEIRA, D. A. de; ROSA, S. Temperatura de superfície obtida com de técnicas de geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 4153-4160. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0964.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2013.

PAULA, M. R., CABRAL, J. B. P. Uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na análise da vulnerabilidade ambiental da Bacia Hidrográfica da UHE Barra dos Coqueiros – GO. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 19., CONPEEX, 6, 2011, Goiânia-GO. **Anais...** Goiânia:UFG. Goiânia-GO, 2011. p. 1-16.

PEREIRA, A. R; et al. A atmosfera terrestre. In: _____. (Org.) **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações Práticas**. Guaíba, RS: Livraria e editora Agropecuária, 2002. p.41-52.

PEREIRA, C. C., et al. Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na bacia Barra dos Coqueiros (Goiás). **Revista Geonorte**, Manaus, v. 5, n. 2, nov.

2012, Edição especial 2. Disponível em:

<[http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/attachments/013_\(AN%C3%81LISE%20DA%20TEMPERATURA%20DE%20SUPERF%C3%8DCIE%20E%20DO%20USO%20DA%20TERRA%20E%20COBERTURA%20VEGETAL%20NA%20BACIA%20BARRA%20DOS%20COQUEIROS%20_\(GOI%C3%81S\).pdf](http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/attachments/013_(AN%C3%81LISE%20DA%20TEMPERATURA%20DE%20SUPERF%C3%8DCIE%20E%20DO%20USO%20DA%20TERRA%20E%20COBERTURA%20VEGETAL%20NA%20BACIA%20BARRA%20DOS%20COQUEIROS%20_(GOI%C3%81S).pdf)>. Acesso em: 12 nov. 2012.

PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M. dos S. **Mudanças climáticas**: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos.

São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. p. 14-38. Disponível em:

<<http://www2.cppse.embrapa.br/080servicos/070publicacaogratis/documentos/Documentos70.pdf/view>>. Acesso em: 12 fev. 2014.

QIN, Z., KARNIELI, A., BERLINER, P. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region, **International Journal of Remote Sensing**, Israel, v. 22, n. 18, p. 3719-3746.2011.

Disponível em: <[http://www.bgu.ac.il/bidr/research/phys/remote/Papers/2001-](http://www.bgu.ac.il/bidr/research/phys/remote/Papers/2001-Qin_Mono_Window_IJRS_01.pdf)

[Qin_Mono_Window_IJRS_01.pdf](http://www.bgu.ac.il/bidr/research/phys/remote/Papers/2001-Qin_Mono_Window_IJRS_01.pdf)>. Acesso em: 11 mar. 2013.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 3. ed. Uberlândia, MG: Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 2009.

ROCHA, H. M. **Análise temporal-espacial das águas dos afluentes e reservatório da UHE Barra dos Coqueiros em Goiás**. 2012. 147f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UFG, Jataí, 2012.

ROCHA, I. R., CABRAL, J. B. P. Uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na análise da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica da UHE Barra dos Coqueiros – GO. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 19., CONPEEX, 6, 2011, Goiânia-GO. **Anais...** Goiânia-GO: UFG, 2011, p.1-16.

SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e organização do espaço. **Boletim de Geografia**, Maringá, v.16, n.1, 1998. Disponível em:

<<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/12158/7322>>. Acesso em: 21 jun. 2013.

SILVA, F. A. M. da et al. Caracterização climática do bioma Cerrado. In: SANO, S. M. et al (Org.). **Cerrado**: ecologia e flora. Brasília: Embrapa, 2008, p. 67-56.

SOUZA, J.D. **Modelo físico-matemático de correção atmosférica para imagens TM-Landsat 5 e modis-terra/aqua**. 2008. 117 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – UFCG, Campina Grande, 2008. Disponível em:

<http://www.dca.ufcg.edu.br/posgrad_met/dissertacao2006/JuarezDSouza_2008.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2013.

SOUZA, J.D., SILVA, B.B. Correção atmosférica para temperatura da superfície obtida com imagem TM: Landsat 5, **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 23, n. 4, p. 349-358, 2005.

Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbg/v23n4/a02v23n4.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2013.

SOUSA, S. B. de; FERREIRA JUNIOR, L. G. Relação entre temperatura de superfície terrestre, índices espectrais e classes de cobertura da terra no município de Goiânia (GO), **Raega**, Goiânia, v. 26, p. 75-99, set. 2012. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/raega/article/viewArticle/30151>>. Acesso em: 7 maio de 2012.

STEINKE, E. T. **Considerações sobre variabilidade e mudança climática no Distrito Federal, suas repercussões nos recursos hídricos e informação ao grande público**. 2003. 201 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – UNB/Instituto de Ecologia, Brasília, 2004.

STEINKE, V. A.; STEINKE, E. T.; SAITO, C. H. Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em Planaltina-DF, **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 6, ano 1, p. 37-56, jun. 2010.

_____. Avaliação da Estimativa da Temperatura de Superfície a partir de imagens de Satélite Landsat TM 5 voltada para Gestão de Bacias hidrográficas. In: SAITO, C. H. (org.). **Desenvolvimento tecnológico para mediação entre usuários e comitês de bacia hidrográfica**. Brasília: Departamento de ecologia da Universidade de Brasília, 2004, p. 41-64.

TARIFA, J. R.; ARMANI, G. Unidades climáticas urbanas da cidade de São Paulo. In: SÃO PAULO. PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Atlas ambiental do município de São Paulo – Fase I: Diagnósticos e bases para a definição de políticas públicas para as áreas verdes no município de São Paulo. São Paulo: PMSP, 2000. 86p. Disponível em: <<http://atlasambiental.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/As%20Unidades%20Clim%20eticas%20Urbanas.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2012.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Radiação. In: _____. **Meteorologia e climatologia**. Versão digital 2. Recife: S/editora, 2006. 165-213 p. Disponível em: http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf. Acesso em: 27 maio, 2013.

WACHHOLZ, F. Alterações espectrais nas imagens de satélite nos reservatórios das usinas hidrelétricas Caçu e Barra dos Coqueiros – GO. **Revista Geonorte**, Manaus, v.2, n.4, jun. 2012, p.1170-1179, Edição Especial 1, 2012. Disponível em: <[http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/attachments/009_\(ALTERA%C3%87%C3%95ES%20ESPECTRAIS%20NAS%20IMAGENS%20DE%20SAT%C3%89LITE%20NOS%20RESERVAT%C3%93RIOS%20DAS%20USINAS%20HIDREL%C3%89TRICAS%20CA%C3%87U%20E%20BARRA%20DOS%20COQU\).pdf](http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/attachments/009_(ALTERA%C3%87%C3%95ES%20ESPECTRAIS%20NAS%20IMAGENS%20DE%20SAT%C3%89LITE%20NOS%20RESERVAT%C3%93RIOS%20DAS%20USINAS%20HIDREL%C3%89TRICAS%20CA%C3%87U%20E%20BARRA%20DOS%20COQU).pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2013.

WAN, Z. Overview and Background Information. In: _____. **MODIS Land-Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (LST ATBD)**. Versão 3.3. Santa Bárbara, CA: Institute for Computational Earth System Science, 1999. Disponível em: <http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod11.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2013.

WENG, Q.; DENGSHENG, L.; SCHBRING, J. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island. **Remote Sensing of Environment**, Indianápolis, v. 89, p. 467-483, 2004. Disponível: <http://www.utsa.edu/lrsg/Teaching/EES5053_Geo4093/Labs/Wengetal.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2013.

ZULLO JUNIOR, J. **Correção atmosférica de imagens de satélite e aplicações**. Campinas. 1994. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia Elétrica, UNICAMP, Campinas, 1994.