



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento
na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município
de Goiânia-GO (1986/2010)**

Discente: Diego Tarley Ferreira Nascimento

Orientador: Dr. Ivanilton José de Oliveira

Goiânia, 2011.

Diego Tarley Ferreira Nascimento

Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na
análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de
Goiânia-GO (1986/2010)

Discente: Diego Tarley Ferreira Nascimento

Orientador: Dr. Ivanilton José de Oliveira

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa
de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia do
Instituto de Estudos Socioambientais da
Universidade Federal de Goiás com vistas à
obtenção do título de Mestre em Geografia.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)
GPT/BC/UFG**

244e

Nascimento, Diego Tarley Ferreira.

Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986/2010) [manuscrito] / Diego Tarley Ferreira Nascimento. - 2010.

xv, 98 f. : il., figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ivanilton José de Oliveira.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, 2010.

Bibliografia.

Inclui lista de figuras, quadros e tabelas.

1. Sensoriamento Remoto. 2. Geoprocessamento. 3. Ilhas de Calor. I. Título.

CDU:528.8(817.3)

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS (TEDE) NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **Dissertação** **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor (a):		Diego Tarley Ferreira Nascimento			
E-mail:		Diego.tarley@gmail.com			
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não					
Vínculo empregatício do autor					
Agência de fomento:		Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior		Sigla: CAPES	
País:	Brasil	UF:	GO	CNPJ:	
Título:	Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986/2010)				
Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Ilhas de Calor					
Título em outra língua:		Use of remote sensing techniques and geoprocessing in multitemporal analysis of heat island phenomenon in the municipality of Goiânia (1986/2010)			
Palavras-chave em outra língua:		Remote Sensing, Geoprocessing, Heat Island.			
Área de concentração:		NATUREZA E PRODUÇÃO DO ESPAÇO			
Data defesa: (dd/mm/aaaa)		04/03/2010			
Programa de Pós-Graduação:		Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia			
Orientador (a):		Prof. Dr. Ivanilton José de Oliveira			
E-mail:		Oliveira.ivanilton@gmail.com			
Co-orientador (a):*					
E-mail:					

*Necessita do CPF quando não constar no SisPG

3. Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização?¹ total parcial

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O Sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.



Assinatura do (a) autor (a)

Data: 30 / 03 / 2011

¹ Em caso de restrição, esta poderá ser mantida por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Todo resumo e metadados ficarão sempre disponibilizados.

Diego Tarley Ferreira Nascimento

Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na
análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de
Goiânia-GO (1986/2010).

Dissertação apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em
Geografia, do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás,
para a obtenção do título de Mestre em Geografia, aprovada em 04 de março de 2011,
pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Ivanilton José de Oliveira
Presidente da Banca

Profa. Dra. Juliana Ramalho Barros
Examinadora

Profa. Dra. Zilda de Fátima Mariano
Examinador Externo

“Sinto na ciência o início de uma batalha entre aqueles que vivem pela teoria e aqueles que saem em campo na Terra para observar e medir. Os observadores são as Cinderelas da ciência, e sempre foram” – James Lovelock.

Trecho retirado da obra **Gaia: alerta final**, publicada em 2010, pela editora Intrínseca. Este polêmico e poético autor é o criador da Teoria de Gaia, na qual vê o planeta Terra como um organismo vivo, onde seus componentes interagem de forma a sustentar a vida – em um processo autorregulador.

Dedicatória

*À minha mamãe, o maior diamante de qualquer
tesouro que alguém sonharia ter. E eu o tenho.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro devo agradecer à minha família, por ter sido a base da minha vida:

à minha mãe, o maior amor que tenho, e ao meu pai, apesar dos conflitos, o reflexo do homem que sou hoje...

ao meu irmão Júnior, o meu herói; e às minhas irmãs, Cristiane e Tatiane, distantes em outra cidade e em outro país, mas que carrego no meu coração todo o dia...

às minhas tias Juliana, Marcilene e Silúcia, meus primos João Pedro, Geovana, Sara e Guilherme, meu avô Nelson e minha avó Terezinha, tão necessários em minha vida.

Obviamente, não poderia faltar a honra dos grandes amigos, a causa da pouca sanidade que ainda me restou:

Àqueles grandiosos, seja pelo seu valor e importância: Helayne, Joel; ou por possuírem uma cabeça enorme: Paulo Henrique, ou mesmo aqueles com baixa estatura: Luan...

Àqueles intensos: Valeska, Adalgiza, Tainá, tais como aqueles imprescindíveis em minha vida: Thiago Aires, Evelyn, Diele, Ana Claudia, Eliedna, Iuri, Lindamar, Eliz, Neto, Lorena, Welberg...

Àqueles irritantes, mas que da mesma forma me proporcionam tremenda diversão e tantas gargalhadas: Abimael, Carlos, Juliana Brandão...

Àqueles apaixonantes: Elaine, Kenia, Joana, Juliana Ramalho, Márcia, Maria Cristina, sobretudo aqueles com quem terei história mais à frente: Larissa (2012!) ...

Àqueles festejeiros, que seriam as companhias dos bares e das boates, mas que tornaram-se mais que isso: Marcus, Francisco, Rafael Vicente, Paulinho, Renatinho...

E tantos outros que não constam aqui, mas também fazem parte da minha vida.

Aos professores, funcionários e colegas da Universidade Federal de Goiás, principalmente ao Ivanilton e à Juliana, por terem sido mais que simples professores e orientadores, mas, sobretudo, GRANDES e ETERNOS amigos...

À CAPES, por ter apoiado este trabalho com a concessão de bolsa de estudos.

RESUMO

O crescimento das atividades econômicas e ao desenvolvimento das tecnologias propiciou um forte processo de crescimento urbano que tem desencadeado uma gama de impactos ambientais. Dentre esses problemas ambientais, ressalta-se a alteração do clima local – clima urbano. Nesse clima urbano é possível constatar diferenças nos elementos climáticos conforme a influência da cobertura do solo. Convém salientar que o comportamento espacial simultâneo da temperatura se revela como o mais importante elemento nesse complexo sistema, tendo como principal produto o fenômeno das “ilhas de calor”. Nesse contexto, a presente dissertação de mestrado possui como objetivo geral realizar uma análise comparativa da evolução histórica das ilhas de calor no município de Goiânia, capital do estado de Goiás, em relação ao crescimento urbano e as consequentes mudanças na cobertura do solo, tendo como recorte temporal o período de 1986 a 2010, valendo-se de dados de sensoriamento remoto para estimar os valores de temperatura superficial terrestre e técnicas de geoprocessamento. Para tanto, foram empregados as imagens do satélite Landsat 5 para os procedimentos de mapeamento de cobertura do solo de levantamento do campo térmico, sendo, no primeiro procedimento, realizado uma classificação automática no software Envi 4.5, definindo-se as classes de cobertura do solo: Cobertura Vegetal, Corpos Hídricos, Área Urbanizada e Agropecuária, e no segundo procedimento, executada a conversão das imagens do infravermelho termal em dados de temperatura superficial terrestre utilizando-se o software IDRISI versão Taiga, por meio do “módulo termal. Com base nos dados e nas análises realizadas, pode-se constatar que as temperaturas superficiais terrestre apresentaram certo padrão de variação espacial e, sobretudo, temporal, conforme as diferentes coberturas do solo. Enquanto as temperaturas mais elevadas – alcançando 36°C – ocorrem em maior proporção sobre as áreas urbanizadas, as temperaturas mais brandas – partindo de 19°C – são mais registradas nas áreas revestidas por cobertura vegetal e corpos hídricos. Na variação temporal, as áreas urbanizadas apresentam maior variação positiva da participação de valores elevados de TST, acompanhada de diminuição da presença de valores baixos. Isso demonstra o quanto essas áreas são as mais afetadas pela intensificação do fenômeno de ilhas de calor. Ao mesmo tempo em que constata-se o papel significativo das áreas verdes e corpos d’água como elementos eficazes na atenuação desse problema.

Palavras-Chave: Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Ilhas de Calor.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa de Localização do Município de Goiânia-GO	p. 4
Figura 2 – Gráfico do Crescimento Populacional de Goiânia-GO	p. 5
Figura 3 - Mapa do relevo em faixas hipsométricas de Goiânia – GO	p. 7
Figura 4: Mapa com o esquema de circulação atmosférica no Brasil	p. 9
Figura 5: Esquemática do Sistema Clima Urbano	p. 16
Figura 6: Sistema Clima Urbano – Articulações dos Subsistemas segundo os canais de percepção	p. 17
Figura 7: Subsistema Termodinâmico – Canal de percepção: conforto térmico	p. 19
Figura 8 – Perfil da Ilha de calor urbana conforme os diferentes usos do solo	p. 20
Figura 9: Mapa com isolinhas de temperatura superficial da região central dos Estados Unidos, registrada pelo TIROS II em 23 de novembro de 1960	p. 24
Figura 10: Passagem do satélite HCMM sobre Nova Iorque mostrando as diferenças de temperatura superficial nas áreas urbanas	p. 25
Figura 11: A ilha de calor da metrópole paulistana, obtida da imagem termal do satélite NOAA-7 do dia 16 de julho de 1981 (imagem gerada pelo INPE e tratada por meio do algoritmo desenvolvido pela autora)	p. 27
Figura 12: Balanço de radiação na atmosfera e superfície terrestre	p. 28
Figura 13: Janelas atmosféricas no espectro eletromagnético, com destaque para a janela compreendida na porção do infravermelho termal	p. 31
Figura 14: Intervalo do espectro eletromagnético, com destaque para as faixas do visível e do infravermelho termal	p. 38
Figura 15 – Mapa da Cobertura das cenas do satélite Landsat sobre o estado de Goiás, com destaque ao município de Goiânia.	p. 39
Figura 16: Composição colorida das bandas 5, 4 e 3 e banda 6 do satélite Landsat 5	p. 42
Figura 17: O agrupamento de pixel como pertencentes à determinada classe	p. 42
Figura 18: Pré-Processamento das imagens no software Envi 4.5 – Registro (A), Mosaico (B) e Máscara (C)	p. 43
Figura 19: Procedimentos de seleção de amostras e classificação supervisionada utilizando-se o algoritmo <i>Mahalanobis Distance</i>	p. 44
Figura 20: Procedimento de inspeção e correção da classificação de Cobertura do Solo	p. 45
Figura 21: Importando os arquivos ao software IDRISI (A) e convertendo-os ao seu formato padrão (B)	p. 46
Figura 22: Módulo <i>Thermal</i> existente no IDRISI para conversão dos níveis de cinza da imagem orbital em valores de temperatura superficial	p. 47

Figura 23: Caixa de definições do Módulo <i>Thermal</i> , com seleção da imagem a ser convertida e diretório de saída (A), seleção do satélite (B), definição da unidade de temperatura (C) e correção de emissividade (D)	p. 48
Figura 24: Delimitação dos intervalos das classes de temperatura superficial terrestre	p. 49
Figura 25: Mapa de Cobertura do Solo do município de Goiânia-GO em 1986	p. 53
Figura 26: Mapa de Cobertura do Solo do município de Goiânia-GO em 1996	p. 54
Figura 27: Mapa de Cobertura do Solo do município de Goiânia-GO em 2006	p. 55
Figura 28: Mapa de Cobertura do Solo do município de Goiânia-GO em 2010	p. 56
Figura 29: Gráficos de proporção da ocorrência de cada classe de Cobertura do Solo em Goiânia-GO – 1986/1996/2006/2010	p. 57
Figura 30: Crescimento da Área Urbanizada do município de Goiânia-GO entre 1986 e 2010	p. 59
Figura 31: Supressão da Cobertura Vegetal no município de Goiânia-GO entre 1986 e 2010	p. 61
Figura 32: Mapa de Temperatura Superficial Terrestre do município de Goiânia-GO – 1986.	p. 63
Figura 33: Mapa de Temperatura Superficial Terrestre do município de Goiânia-GO – 1996.	p. 64
Figura 34: Mapa de Temperatura Superficial Terrestre do município de Goiânia-GO – 2006.	p. 65
Figura 35: Mapa de Temperatura Superficial Terrestre do município de Goiânia-GO – 2010.	p. 66
Figura 36: Detalhes de amplitude na Temperatura Superficial de Goiânia-GO em 1986	p. 67
Figura 37: Detalhes de amplitude na Temperatura Superficial de Goiânia-GO em 1996.	p. 68
Figura 38: Detalhes de amplitude na Temperatura Superficial de Goiânia-GO em 2006.	p. 68
Figura 39: Detalhes de amplitude na Temperatura Superficial de Goiânia-GO em 2010	p. 69
Figura 40: Gráficos de proporção da ocorrência de cada classe de Temperatura Superficial Terrestre em Goiânia-GO – 1986/1996/2006/2010	p. 71
Figura 41: Gráfico da evolução da proporção (%) de cada classe de TST	p. 73
Figura 42: Gráficos da proporção de cada classe de TST por classe de cobertura do solo, por ano	p. 75
Figura 43: Mapa da Temperatura Superficial Terrestre na classe de cobertura do solo Corpos Hídricos - Goiânia-GO/2010	p. 80
Figura 44: Barragem do Ribeirão João Leite	p. 81
Figura 45: Córrego Botafogo	p. 81

Figura 46: Mapa da Temperatura Superficial Terrestre na classe de cobertura do solo Cobertura Vegetal - Goiânia-GO/2010	p. 82
Figura 47: Jardim Botânico	p. 82
Figura 48: Bosque dos Buritis	p. 83
Figura 49: Mapa da Temperatura Superficial Terrestre na classe de cobertura do solo Área Urbanizada - Goiânia-GO/2010	p. 84
Figura 50: Centro de Goiânia	p. 84
Figura 51: Mapa da Temperatura Superficial Terrestre na classe de cobertura do solo Agropecuária - Goiânia-GO/2010.	p. 85
Figura 52: Telhas de cerâmica frescas e seus valores de refletância solar	p. 90
Figura 53: Revestimentos metálicos frescos e seus valores de refletância solar	p. 90
Figura 54: Asfalto poroso desenvolvido pela pesquisa da Escola Politécnica (Poli) da USP	p. 91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantificação das classes de cobertura do solo de Goiânia-GO – 1986/2010	p. 57
Tabela 2: Valores de Temperatura Superficial Terrestre registrados em Goiânia-GO	p. 72
Tabela 3: Área e proporção (%) de cada classe de TST por ano	p. 73
Tabela 4: Tabulação Cruzada das Classes de Cobertura do Solo e de Temperatura Superficial Terrestre, para cada ano	p. 77



LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Subdivisões da Climatologia	p. 14
Quadro 2: Características dos Satélites LANDSAT	p. 35
Quadro 3: Características dos sensores TM e ETM+ do satélite Landsat	p. 36
Quadro 4: Principais características e aplicações das bandas do satélite LANDSAT 5	p. 37
Quadro 5: Data das imagens selecionadas para o mapeamento do campo térmico e classificação da cobertura do solo do município de Goiânia	p. 40
Quadro 6: Classes de temperatura definidas nos mapeamento da TST	p. 49

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	p. 1
Caracterização da área de estudo	p. 2
Estrutura da dissertação	p. 10
CAPÍTULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA	p. 11
1.1 Uma breve discussão sobre paradigmas em Climatologia	p. 11
1.1.1 As correntes teórico-metodológicas da Climatologia	p. 12
1.1.2 Os ramos da ciência climatológica	p. 14
1.2 O Clima urbano	p. 14
1.2.1 O Sistema de Clima Urbano – S.C.U.	p. 16
1.3 O fenômeno de ilhas de calor	p. 20
1.4 O Sensoriamento Remoto nos estudos de ilhas de calor	p. 22
1.4.1 O histórico dos estudos que utilizaram dados orbitais na análise do fenômeno de ilhas de calor	p. 24
1.4.2 Os princípios físicos que norteiam o emprego do Sensoriamento Remoto nos estudos de Ilhas de calor	p. 27
1.4.2.1A Temperatura Superficial Terrestre – TST	p. 27
1.4.2.2 Empecilhos do emprego do SR nos estudos de ilhas de calor	p. 29
1.4.3 Os satélites empregados nos estudos de ilhas de calor.	p. 33
1.4.3.1 A série de satélites Landsat (Land Remote Sensing Satellite)	p. 35
CAPITULO 2 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	p. 39
2.1 Operacionalização metodológica	p. 39
2.2 Mapeamento da Cobertura do Solo e Levantamento do Campo Térmico	p. 41
2.2.1 Procedimentos metodológicos empregados no mapeamento da Cobertura do Solo	p. 42
2.2.2 Procedimentos metodológicos empregados no levantamento do campo térmico	p. 45
2.3 Método	p. 50
CAPITULO 3 – O FENÔMENO DE ILHAS DE CALOR, SUA EVOLUÇÃO E SUA CORRELAÇÃO COM O PROCESSO DE CRESCIMENTO URBANO DE GOIÂNIA-GO	p. 51
3.1 O processo de Crescimento Urbano de Goiânia-GO	p. 51
3.1.1 Breve histórico do crescimento urbano de Goiânia até a década de 1980	p. 51
3.1.2 Mapeamento do crescimento urbano de Goiânia-GO entre 1986 e 2010	p. 52
3.2 O Fenômeno de ilhas de calor em Goiânia-GO	p. 62

3.2.1 A evolução do fenômeno de Ilhas de Calor em Goiânia-GO entre 1986 e 2010	p. 71
3.3 O papel do crescimento urbano no desenvolvimento da Ilha de Calor	p. 74
CONSIDERAÇÕES FINAIS	p. 87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	p. 93

