

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

**CONSIDERAÇÕES SOBRE VARIABILIDADE E MUDANÇA
CLIMÁTICA NO DISTRITO FEDERAL, SUAS REPERCUSSÕES NOS
RECURSOS HÍDRICOS E INFORMAÇÃO AO GRANDE PÚBLICO.**

TESE DE DOUTORADO

ERCÍLIA TORRES STEINKE

ORIENTADOR: PROF^o. Dr. CARLOS HIROO SAITO

BRASÍLIA/DF
NOVEMBRO 2004

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

**CONSIDERAÇÕES SOBRE VARIABILIDADE E MUDANÇA
CLIMÁTICA NO DISTRITO FEDERAL, SUAS REPERCUSSÕES NOS
RECURSOS HÍDRICOS E INFORMAÇÃO AO GRANDE PÚBLICO.**

ERCÍLIA TORRES STEINKE

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor, pelo curso de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade de Brasília.

Orientador: Prof^o. Dr. Carlos Hiroo Saito

BRASÍLIA

2004

FICHA CATALOGRÁFICA

STEINKE, ERCÍLIA TORRES

Considerações sobre variabilidade e mudança climática no Distrito Federal, suas repercussões nos recursos hídricos e informação ao grande público. 2004. xviii, 201 p., 297 mm (ECO/IBUnB, (Doutor, Ecologia, 2004). Tese de Doutorado - Universidade de Brasília. Instituto de Biologia. Departamento de Ecologia.

1. Clima do DF

2. Expansão urbana

3. Recursos hídricos

I. ECO/IB/UnB

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

STEINKE, E. T. Considerações sobre variabilidade e mudança climática no Distrito Federal, suas repercussões nos recursos hídricos e informação ao grande público. Tese (Doutorado), publicação ECO.TD, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 196 p.

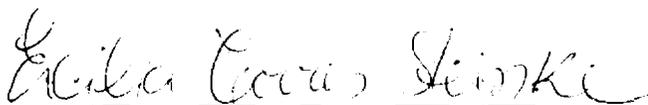
CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Ercília Torres Steinke

TÍTULO DA TESE DE DOUTORADO: Considerações sobre variabilidade e mudança climática no Distrito Federal, suas repercussões nos recursos hídricos e informação ao grande público.

GRAU/ANO: Doutor/2004

É concedida à Universidade de Brasília permissão para produzir cópias desta tese de doutorado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos ou científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.



Ercília Torres Steinke

Condomínio Vivendas Colorado II, conj. "A", casa 09

Sobradinho/DF. CEP 73001-970. Brasil

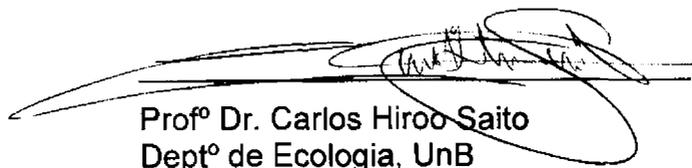
TERMO DE APROVAÇÃO

ERCÍLIA TORRES STEINKE

**CONSIDERAÇÕES SOBRE VARIABILIDADE E MUDANÇA
CLIMÁTICA NO DISTRITO FEDERAL, SUAS REPERCUSSÕES NOS
RECURSOS HÍDRICOS E INFORMAÇÃO AO GRANDE PÚBLICO.**

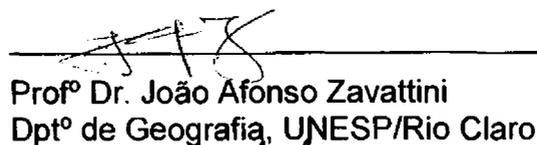
Tese aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor no Curso de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade de Brasília, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:



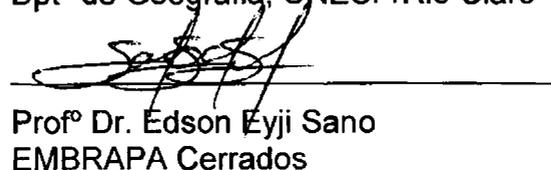
Profº Dr. Carlos Hiroo Saito
Deptº de Ecologia, UnB

Membro externo:



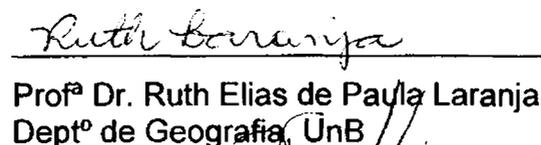
Profº Dr. João Afonso Zavattini
Dptº de Geografia, UNESP/Rio Claro

Membro externo:



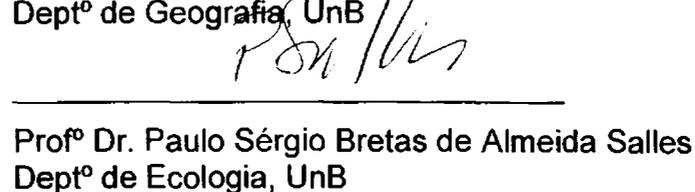
Profº Dr. Edson Eyji Sano
EMBRAPA Cerrados

Membro externo:



Profª Dr. Ruth Elias de Paula Laranja
Deptº de Geografia, UnB

Membro interno:



Profº Dr. Paulo Sérgio Bretas de Almeida Salles
Deptº de Ecologia, UnB

Brasília, 12 de novembro de 2004

DEDICATÓRIA

Para minha filha Sarah, como forma de compensação pelos momentos que deixei de estar com ela para poder concluir esta tarefa.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais por terem me proporcionado a oportunidade de estudar, me ensinando o valor do conhecimento para o crescimento pessoal e serem os meus maiores incentivadores na carreira que escolhi seguir;

Os mais sinceros agradecimentos às instituições que, fornecendo os dados necessários, tornaram possível a elaboração deste trabalho:

CINDACTA I - Primeiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo, nas pessoas do Senhor Comandante do CINDACTA I Coronel Aviador Paulo Gerarde Mattos Araújo e do Senhor Tenente Coronel Especialista em Meteorologia Adahil Francisco Gusmão, Chefe da seção de meteorologia do CINDACTA I;

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, nas pessoas do Senhor Coordenador do BANMET Dr. Moacir Dall’antônia Júnior e da Sra. Maria Cristina Costa;

CPAC/EMBRAPA – Centro de Pesquisas Agropecuárias do Cerrado e **CNPQ/EMBRAPA** – Centro Nacional de Pesquisas em Hortaliças, nas pessoas do Prof. Dr. Edson Eyji Sano e da geógrafa Elaine Cristina de Oliveira; e

FAL/UNB – Fazenda Água Limpa, na pessoa da querida amiga Profa. Dra. Vânia Vasconcelos do Depto de Agronomia da UnB.

O mais sincero muito obrigado ainda,

Ao professor Dr. Carlos Hiroo Saito pela orientação e discussões a cerca da pesquisa e pela amizade, confiança e credibilidade a mim dedicadas desde o começo. Por ter acreditado na minha vontade de trabalhar com clima, com paciência, compreensão e apoio nas horas mais difíceis;

Ao professor e amigo Edson Eyji Sano pelo auxílio inestimável que prestou a este trabalho, não só na parte material, como também com as importantes contribuições a respeito do desenvolvimento da pesquisa e, ainda, por aceitar fazer parte da banca examinadora;

Aos professores: Dr. João Afonso Zavattini do Depto de Geografia da UNESP de Rio Claro, Dr^a Ruth Elias de Paula Laranja do Depto de Geografia da UnB e Dr. Paulo Bretas do Depto de Ecologia da UnB por terem aceitado fazer parte da banca examinadora;

Ao amigo Capitão Flávio Barbosa da Silveira, chefe do Centro Nacional de Meteorologia Aeronáutica pelas contribuições no desenvolvimento do trabalho;

Ao amigo Francisco Quixaba do INMET pela revisão teórica da parte de circulação atmosférica;

Ao Departamento de Geografia da UnB, pela concessão do afastamento de minhas atividades acadêmicas para a conclusão do curso, e aos colegas pelo incentivo;

À minha aluna, estudante do Curso de Geografia da UnB, Giselle de Andrade Sousa pela dedicação com que trabalhou me auxiliando na organização e análise dos dados;

Ao DDS/DAC/UnB pela bolsa de trabalho concedida à Giselle de A. Sousa durante o desenvolvimento deste trabalho;

À Gisele Martins, Ana Paula, Vanessa Karla, Gilvan Luis de França, Elaine Cristina, Elaine Mara, Eristelma Teixeira, Gustavo Bayma, Janaina Mendes, Edson Sano e Valdir Steinke por terem se disponibilizado em auxiliar na preparação e execução do trabalho de campo realizado na manhã de 17 de setembro de 2004;

À geógrafa, amiga e companheira de devaneios sobre o clima, professora Juliana Ramalho Barros pelo auxílio na elaboração da análise rítmica e contribuição teórica a pesquisa;

À professora Érika Collischonn, também geógrafa e estudiosa do clima por ter sido tão solícita me enviando seu material para consulta e tirando minhas dúvidas com relação à metodologia a seguir;

À outra geógrafa, amiga e também estudiosa do clima, Socorro Batista pelas contribuições;

À Mariana A. Pedrinha por ter se disponibilizado a consultar referências e a mim enviá-las de São Paulo;

Ao Sr. Edward Elias Júnior, chefe do Centro de Sensoriamento Remoto do IBAMA por ter disponibilizado os equipamentos do Projeto Lagoa Mirim para o processamento digital das imagens de satélite;

À Gustavo D'Angiolella do INMET, por tão prontamente ter se disponibilizado a me auxiliar no cálculo do balanço hídrico;

À professora Daniela V. Gastal, por ter me auxiliado na análise estatística dos dados. Você caiu do céu!;

Ao Ministério da Ciência e Tecnologia por intermédio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo apoio financeiro ao grupo de pesquisa do projeto CT-Hidro do qual este trabalho fez parte;

Aos amigos do projeto CT-Hidro, Symone, Ire, Ivete, Christian, Luis e Rodrigo pelos momentos descontraídos que vivemos durante o nosso convívio;

Um agradecimento mais que especial àquele que mais acreditou na concretização deste projeto, me auxiliando na elaboração da parte cartográfica da pesquisa e sempre me indicando o melhor caminho a seguir, não deixando que as etapas difíceis me desanimassem, sem sua ajuda este trabalho não teria sido concluído, geógrafo Valdir Adilson Steinke, meu querido esposo;

E por fim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma, por menor que tenha sido, contribuíram para a conclusão de mais esta etapa de minha carreira acadêmica.

"ENTRE NUVENS"

Como eu desejaria viver entre nuvens! Que delicioso seria...

À carícia da aurora saltitar em cirrus - revoadas de roseos sonhos - que aos primeiros affagos de luz à Terra apparecem soridentes. Brincar, bailar em doirados estratos que se forma com a sahida esplendorosa do astro rei. Admirar de uma tenue nuvem as decorações radiosas do céu e o revoltear lento dos nimbos sericeos...

E assim, arrastada pelo vento blandifluo, voltear, revoltear constantemente o céu azul.

Na suavidade da tarde, levada por um sôpro acariciador da amena aura, novamente em estratos bailar extasiando-me com as peregrinas cambiantes da luz mortíça, tremente de Phebo portentoso que se estorce numa agonia lenta, despedindo-se saudozo do dia. Assim nessa teme, sob o céu crepusculino, ver chegar a noite sêsga, e, levada por nephryros fagueiros vagar, admirando o dôce scintilar das descantadas estrellas, ou acariciar a poética lenda, deliciando-me com sua luz opolina. E sob a paraseléne, adormecer em gaseas nuvens a vagar, a vagar pelo infinito.

Como um sylpho, docemente a brincar, a bailar entre nuvens, seria encantadora a vida nessas paragens alcandoradas...

Envolvida nessa calma profunda, nessa paz absoluta, como sonharia cousas deliciosas, arrebatadoras!...

Dia e noite nessa vida cheia de quietude e silêncio, longe da dôr e do sofrimento, nessa solidão indefinida, viveria distante, muito distante dessas irritantes convenções sociaes e desse terrivel e rude mirogynismo que muito me abate e me enerva!

Lasthênia de Vasconcelos Péres

Manaus, outubro de 1920.

SUMÁRIO

SUMARIO	ix
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	xi
LISTA ABREVIATURAS, SIGLAS E SIMBOLOS	xiv
RESUMO	xvii
ABSTRACT	xviii
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	01
1.1. Introdução	01
1.2. Justificativa	05
1.3. Objetivos	08
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	09
2.1. Climatologia aplicada ao gerenciamento de recursos hídricos	09
2.1.1. Ciclo hidrológico: componentes e processos	09
2.1.2. Variabilidade e mudanças climáticas	11
2.1.3. Clima e recursos hídricos	19
2.2. Escalas de estudo do clima	28
2.2.1. Clima local	30
2.2.2. Clima urbano	33
2.3. Técnicas de análise em climatologia	39
2.4. Dinâmica atmosférica	53
2.4.1. Principais aspectos da circulação atmosférica na América do Sul e no Brasil	53
2.4.2. Enquadramento climático regional (Região Centro-Oeste)	58
3. ÁREA DE ESTUDO	63
3.1. Caracterização física	63
3.2. Os tipos de tempo no Distrito Federal	65
3.3. Histórico da ocupação no Distrito Federal	71
3.4. Expansão urbana no Distrito Federal	81

	x
4. MATERIAL E MÉTODOS	91
4.1. Dados meteorológicos	91
4.2. Imagens do satélite LANDSAT	96
4.3. Roteiro Metodológico	97
4.3.1. Primeira etapa	99
4.3.2. Segunda etapa	99
4.4. Procedimentos metodológicos	101
4.4.1. Estimativa da temperatura de superfície através do satélite LANDSAT TM 5	101
4.4.2. Inconstâncias climáticas no Distrito Federal	107
4.4.3. Evolução das áreas urbanas no Distrito Federal no período de 1973- 2003	112
4.4.4. A contribuição da imprensa local	113
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	115
5.1. Avaliação da estimativa da temperatura de superfície através do satélite LANDSAT 5 TM	115
5.2. Análise das tendências de alteração climática no Distrito Federal	125
5.3. Avaliação da evolução espacial das áreas urbanas no Distrito Federal entre 1973- 2003.	145
5.4. A contribuição da imprensa local para a divulgação dos fatos relacionados ao clima do Distrito Federal	155
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	167
GLOSSÁRIO	173
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	177
APÊNDICES	188
ANEXOS	197

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1: Esquema estrutural do sistema ambiental.	02
Figura 1.2: Fontes de equívocos sobre mudanças climáticas no Distrito Federal.	06
Figura 2.1: Impactos das mudanças climáticas nos sistemas hidrológicos.	25
Tabela 2.1: Albedo médio de algumas superfícies.	31
Tabela 2.2: Espectro das ondas eletromagnéticas em ordem crescente de comprimento de onda.	42
Tabela 2.3: Canais do sensor AVHRR.	46
Tabela 2.4: Canais dos sensores do satélite LANDSAT.	48
Figura 2.2: Imagem obtida pelo satélite GOES 12 (canal IR) na qual se pode observar a localização da ZCAS no dia 22/01/2004.	57
Figura 2.3: As grandes regiões climáticas da América do Sul.	59
Figura 3.1: Localização da área de estudo.	64
Figura 3.2: Variação anual da média mensal da umidade relativa do ar e do total mensal de precipitação no Distrito Federal.	66
Figura 3.3: Distribuição anual do total mensal de precipitação e da média mensal da temperatura do ar no Distrito Federal.	68
Figura 3.4: Classificação climática do Distrito Federal segundo o critério de Köppen.	69
Tabela 3.1: População do Distrito Federal.	80
Tabela 3.2: Grau de urbanização do Distrito Federal 1960-2000.	80
Figura 3.5: Estruturas básicas da dinâmica territorial no Distrito Federal - 2000	87
Figura 4.1: Localização das estações meteorológicas no Distrito Federal	93
Figura 4.2: Quadro da série histórica dos dados meteorológicos do Distrito Federal.	94
Figura 4.3: Fluxograma esquemático do roteiro metodológico da pesquisa.	98
Quadro 4.1 Emissividades típicas de alguns materiais terrestres.	104
Figura 4.4: Fluxograma esquemático da resolução da equação para estimativa da temperatura de superfície.	106
Figura 5.1: Localização da bacia hidrográfica do rio Monteiro no Distrito Federal.	116
Figura 5.2: Análise rítmica de 11 a 15 de agosto de 1984 (9 h).	118
Figura 5.3: Mapa de cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio Monteiro em 1984.	120
Figura 5.4: Mapa de temperatura de superfície em 14/08/84.	120
Figura 5.5: Gráfico da temperatura de superfície medida no campo e estimada pelo	

sensor TM do satélite LANDSAT.	123
Figura 5.6: Média, desvio padrão e ajuste linear da temperatura média anual de 1961 e 2003 (Temperatura média = $20,368 + 0,03 * \text{ano} + \text{erro padrão}$; $R^2 = 0,08$).	128
Figura 5.7: Normal climatológica considerando as médias mensais e os desvios padrões mensais.	128
Figura 5.8: Ajuste não linear da Normal Climatológica de temperatura do ar e dos anos de 2000 a 2003.	129
Figura 5.9: Temperaturas médias das mínimas e médias das máximas de 1965 a 2003.	129
Tabela 5.1: Histórico da ocorrência do El Nino e da La Nina no período de 1965 a 2003.	131
Figura 5.10: Evolução das temperaturas médias anuais em Brasília.	132
Figura 5.11: Precipitação anual de 1965 a 2003 no Distrito Federal.	133
Figura 5.12: Precipitação acumulada mensal (2004) X precipitação acumulada (Normal Climatológica).	135
Figura 5.13: Total anual da precipitação (1974 – 1997) comparada com as Normais Climatológicas do período 1961 - 1990 e os anos de ocorrência de El Nino.	135
Figura 5.14: Déficit Hídrico anual de 1965 a 2003 (/), ajuste linear do déficit hídrico anual (/ , Déficit Hídrico = $85,86 + 3,32 * \text{ano} + \text{erro padrão}$; $R^2 = 0,2$), normal do déficit hídrico (↑) e desvio padrão da normal ().	136
Figura 5.15: Excedente Hídrico anual de 1965 a 2003 (/), ajuste linear do excedente hídrico anual (/ , Excedente Hídrico = $26828,65 - 13,14 * \text{ano} + \text{erro padrão}$; $R^2 = 0,25$), normal do excedente hídrico (↑) e desvio padrão da normal ().	136
Figura 5.16: Ajuste não linear da Normal Climatológica de umidade relativa média mensal e dos anos de 1994 a 2002.	139
Figura 5.17: Ajuste não linear da Normal Climatológica de umidade relativa do ar média das máximas e dos anos de 1994 a 2002.	140
Figura 5.18: Ajuste não linear da Normal Climatológica de umidade relativa do ar média das mínimas e dos anos de 1994 a 2002.	141
Tabela 5.2: Menores índices de umidade relativa do ar registrados pelo INMET.	142
Quadro 5.1: Resultado da aplicação do teste estatístico (t de student).	143
Tabela 5.3: Áreas urbanas no Distrito Federal 1973 – 2003.	148
Figura 5.19: Incremento das áreas urbanas no Distrito Federal (1973 – 2003)	150
Figura 5.20: Localização das nascentes afetadas diretamente pela expansão das áreas urbanas (1973 – 2003).	151
Tabela 5.4: Relação das reportagens analisadas de 1997 a 2004.	156

Figura 5.21: Valores extremos de umidade relativa do ar registrados pela estação do INMET de 1969 a 2004.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ε	Emissividade
λ	Comprimento de onda
μm	Micrômetro
$^{\circ}\text{C}$	Graus centígrados
$^{\circ}\text{K}$	Graus Kelvin
ABJC	Associação Brasileira de Jornalismo Científico
ALT	Alteração
ANA	Agência Nacional de Águas
AVHRR	Advanced very high resolution radiometer
Aw	clima de savana, cuja temperatura do mês mais frio é superior a 18°C
CAD	Capacidade de armazenamento
CAESB	Companhia de Água e Esgoto de Brasília
Cb	Cumulonimbus
CEMAM	Centro de Monitoramento Ambiental
CINDACTA I	Primeiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
CNPH	Centro Nacional de Pesquisas em Hortaliças
CO₂	Dióxido de carbono
CODEPLAN	Companhia de Desenvolvimento e Planejamento do DF
CPAC	Centro de Pesquisas Agropecuárias do Cerrado
Cwa	clima de savana, cuja temperatura do mês mais frio é inferior a 8°C e do mês mais quente superior a 22°C
Cwb	clima de savana, cuja temperatura do mês mais frio é inferior a 8°C e do mês mais quente inferior a 22°C
DEF	Deficiência hídrica
DF	Distrito Federal
DN	Número digital
EIA/RIMA	Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENOS	El Niño Oscilação Sul
ERTS	Earth Resources Technology Satellites
ETM⁺	Enhanced thematic mapper plus
ETP	Evapotranspiração potencial
ETR	Evapotranspiração real

EUA	Estados Unidos da América
EXC	Excedente hídrico
FAL	Fazenda Água Limpa
FAO	Organização da Nações Unidas para a Alimentação
FPA	Frente polar atlântica
FPP	Frente polar pacífica
HRV	Haute Resolution Visible
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEMA	Instituto de Ecologia e Meio Ambiente do DF
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática
IR	Infra vermelho
IT	Instabilidade tropical
KF	Frente fria
L	Leste
LANDSAT	satélite de observação da terra (originalmente denominado ERTS)
In	Logarítimo
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCGA	Modelo de Circulação Geral da Atmosfera
mEc	Massa Equatorial Continental
mPav	Massa Polar Atlântica velha
MSS	Multispectral scanner system
mTac	Massa Tropical Atlântica continentalizada
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NE	Nordeste
Nm	Nanômetro
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NOVACAP	Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil
NW	Noroeste
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PDOT	Plano Diretor de Ordenamento Territorial
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
POT	Plano de Ordenamento do Território

POUSO	Plano de Ocupação e Uso do Solo do Distrito Federal
R²	Coefficiente de determinação
RECOR	Reserva Ecológica do IBGE
S	Sul
SE	Sudeste
SEMATEC	Secretaria do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia do Distrito Federal
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SPOT	Systeme Pour l'Observation de La Terra
SW	Sudoeste
Tb	Temperatura do corpo negro
TM	Tematic mapper
UnB	Universidade de Brasília
UTC	
W	Oeste
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo principal analisar o comportamento de parâmetros meteorológicos buscando identificar mudanças climáticas no Distrito Federal e procurando verificar a existência e as características dessas inconstâncias com base no estudo de séries temporais de registros sobre temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação, deficiência hídrica e excedente hídrico provenientes de seis estações meteorológicas no Distrito Federal com o intuito de identificar as principais conseqüências de uma provável mudança climática, em especial nos recursos hídricos, e avaliar a forma com que as informações a respeito dessa temática têm chegado ao público. A análise dos resultados mostrou que, mesmo não sendo identificada tendência significativa de mudança climática, a população tem recebido essa informação como verdadeira.

Palavras-chave: Variabilidade climática; Expansão urbana, Recursos hídricos, Mídia.

ABSTRACT

The main objective of this work was to analyze the behavior of meteorological parameters to identify climatic changes in the Federal District and verify the existence and the characteristics of the inconstancies using climatic and hidrologic data from six meteorological stations in the Federal District. The study was also intended to identify the main effects of a possible climatic change and evaluate the way the information has reached to the public. The analysis of the results showed that, even without any significant tendency of climatic change, the population has received that information otherwise.

Key words: Climate, water resources.

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1. Introdução

O termo ambiente aparece tão freqüentemente no vocabulário diário que os primeiros passos para uma discussão sobre problemas ambientais de qualquer categoria é conceituá-lo e definir o sentido em que o mesmo é utilizado em diferentes trabalhos.

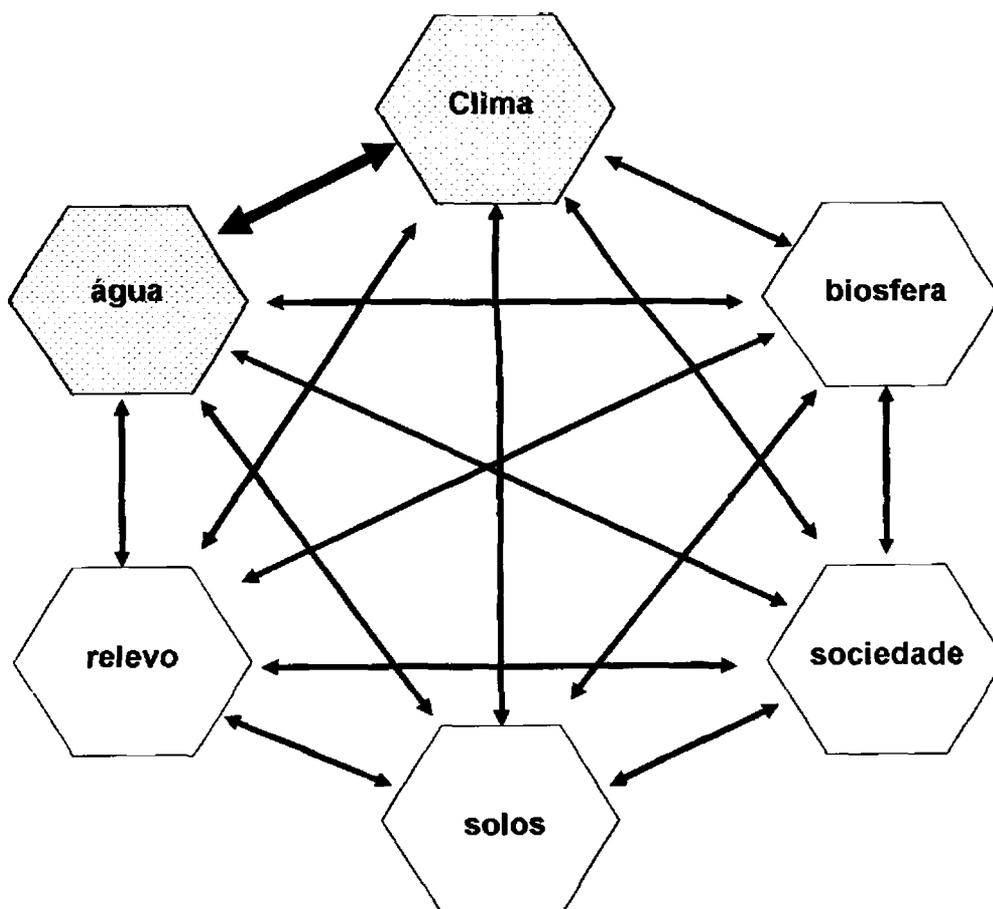
Para CHRISTOFOLETTI (1999), o ambiente é constituído pelos sistemas que interferem e condicionam as atividades sociais e econômicas, isto é, pelas organizações espaciais dos elementos físicos e biogeográficos da natureza (Figura 1.1). Possui duas propriedades importantes: extensão espacial e dinâmica. Isso significa que as variáveis ambientais se modificam no tempo e no espaço, sendo que a taxa de mudança do ambiente pode ser lenta ou rápida, natural ou induzida pelo homem através de modificações nas entradas e saídas de energia e matéria do sistema ambiental.

Portanto, sendo o ambiente o resultado da inter-relação e funcionamento entre elementos naturais e sociais em forma de sistemas, PENTEADO-ORELLANA (1976), acredita ser a Análise Sistêmica a melhor metodologia de abordagem do estudo do ambiente.

Dentro da Ecologia, o tratamento sistêmico dado ao meio ambiente tem sido preocupação da Ecologia da Paisagem. SAITO (1998) chamou atenção para o fato de que a repetição de termos como “estruturas”, “funções”, “elementos” e “relações” que aparecem nos trabalhos de Ecologia da Paisagem, nos remetem ao estruturalismo e à adoção de modelos estruturados do ambiente.

Esse mesmo autor enfatizou que existem diversas implicações negativas na adoção de modelos estruturados na pesquisa ambiental. Contudo, a abordagem estrutural, “enquanto uma forma sistêmica de leitura da realidade

representa uma linguagem de representação que permite ao homem não só descrever como prever o comportamento da realidade através, por exemplo, de simulações”.



FONTE: CHRISTOFOLETTI, 1999.

Figura 1.1: Esquema estrutural do sistema ambiental.

O ambiente seria, então, constituído de entidades de organização que determinariam as diversas paisagens da superfície terrestre. Dentro dessa perspectiva, surgiu o conceito de geossistema, também designado como sistema ambiental físico, que representa a organização espacial resultante da interação dos elementos físicos e biológicos da natureza com os elementos sociais (CHRISTOFOLETTI, 1999).

SOTCHAVA (1962) *apud* CHRISTOFOLETTI (1999), ao introduzir o termo geossistema na literatura soviética preocupou-se em estabelecer uma tipologia

que pudesse ser aplicada aos fenômenos geográficos em substituição à dinâmica biológica dos ecossistemas. O principal aspecto do geossistema, para este autor, é a conexão da natureza com a sociedade, pois embora os geossistemas constituam fenômenos naturais, os fatores sociais influenciam sua estrutura SOTCHAVA (1977).

Para BERTRAND (1968), o geossistema é o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de um potencial ecológico (geomorfologia, clima, hidrologia), um aspecto biológico (vegetação, solo e fauna) e uma ação antrópica, não apresentando, necessariamente, homogeneidade fisionômica. Para MONTEIRO (2000 (a), p. 30), este trabalho representa, entre os geógrafos, o marco inicial da proposta de Paisagem, através do geossistema, sendo:

(...) certamente, uma proposta geográfica que não pretende ser confundida com aquela – bem mais antiga e já universalizada – de ecossistema. (...) Em realidade, o sucesso da Teoria Geral dos Sistemas, lançada por Ludwig Von Bertalanfy, no início dos anos cinqüenta, extravasa da Biologia para os mais diferentes ramos do conhecimento. Àquela altura seria de admirar que ela não viesse a ser aplicada também na Geografia. Sobretudo porque já estavam em franca expansão os reclamos por teoria e quantificação.

MONTEIRO (1978), considera o geossistema, ou sistema ambiental como um sistema complexo no qual interagem os elementos humanos, físicos, químicos e biológicos, e onde os elementos socioeconômicos não constituem um sistema antagônico, mas sim, se incluem no funcionamento do sistema. Seus produtos constituem-se em *inputs* e interferem nos processos e fluxos de matéria e energia.

Assim, esta investigação abordará os problemas do Distrito Federal como um sistema ambiental, isto é, um conjunto estruturado numa área limitada, com partes componentes e fluxos internos e externos (processos), sendo que as partes do sistema que serão abordadas dizem respeito ao clima e aos recursos hídricos.

Entre todos os problemas ambientais brasileiros conhecidos, TUCCI *et al.* (2001) acreditam que o maior deles é a deterioração dos recursos hídricos, uma

vez que a maioria dos rios que atravessam as cidades encontra-se deteriorados. Em função disso, os problemas enfrentados quanto à utilização dos recursos hídricos induziram à concepção da utilização de bacias hidrográficas nas pesquisas ambientais. Nesse sentido, diagnosticar a situação real em que se encontram os recursos hídricos de uma determinada bacia passa a ser um instrumento necessário para a preservação, visando não só a manutenção do recurso água, como também dos solos, vegetação e fauna.

Observa-se que a maior preocupação dos estudos envolvendo problemas em recursos hídricos têm se voltado para a identificação de impactos acarretados em função de alterações na própria água ou na região adjacente ao corpo d'água. A inclusão de variáveis climáticas e suas alterações como promotoras de impactos ambientais nos recursos hídricos é recente. Contudo, o interesse pelo assunto vem crescendo e já existe, na bibliografia, uma gama de trabalhos referentes ao tema.

O clima, por ser um dos mais importantes componentes do ambiente natural, pode configurar como indicador de degradação ambiental, uma vez que ele afeta os processos geomorfológicos atuais, os da transformação dos solos, o crescimento e o desenvolvimento da vegetação e conseqüentemente, os processos hidrológicos que envolvem a dinâmica de uma bacia hidrográfica.

Uma das formas de avaliar a influência do clima nos recursos hídricos é através da avaliação da variabilidade climática, uma das formas de inconstâncias climáticas que, por sua vez, fazem parte das mudanças climáticas. A mudança climática compreende diversas categorias de inconstâncias ou perturbações (SILVA *et al.*, 2001), cujas ocorrências se enquadram nas definições de tendência, descontinuidade, flutuação, variação, oscilação, periodicidade e variabilidade.

O estudo da variabilidade e da tendência dos parâmetros climáticos, que podem ser constatadas dentro de um período de curto prazo, adquire importância, uma vez que as condições climáticas, consideradas como elemento condicionador da dinâmica do sistema ambiental, encontram-se diretamente

ligadas aos processos hidrológicos que envolvem a dinâmica de uma bacia hidrográfica, assim como, ao gerenciamento das águas e à utilização do recurso o que, por sua vez, afeta assentamentos humanos, a disponibilidade de água tanto em ambientes urbanos quanto em atividades rurais, o desenho dos sistemas de irrigação, a geração de energia hidrelétrica e diversas outras atividades.

1.2. Justificativa

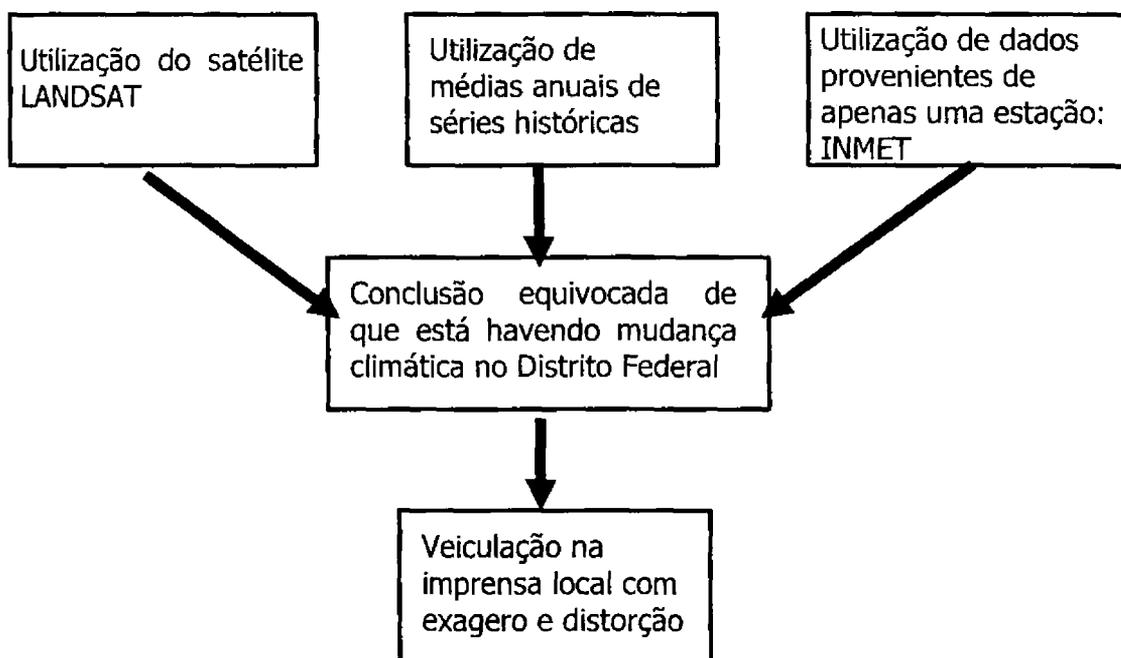
Muito se tem discutido sobre os problemas relacionados aos recursos hídricos no Distrito Federal e mais ainda tem se especulado sobre alterações nos parâmetros climáticos a ponto de se afirmar que o Distrito Federal está entrando em um processo de desertificação irreversível (PAIXÃO, 2003). Contudo, ainda não existem estudos suficientes para comprovar estatisticamente a existência de uma tendência de mudança nas séries de dados climáticos existentes no Distrito Federal.

A polarização exercida pela capital e a migração desencadeada têm produzido um quadro caótico de degradação dos recursos hídricos, como mostraram FONSECA e STEINKE (2003), ao elaborarem um mapa de níveis de comprometimento das bacias hidrográficas do Distrito Federal e concluírem que grande parte das grandes bacias, tais como Descoberto, Paranoá e São Bartolomeu está fortemente comprometida, apresentando áreas com grande pressão antrópica e com elevada criticidade ambiental em função, principalmente, da expansão urbana.

Assim, a questão básica que envolve esta pesquisa está relacionada à verificação de uma possível mudança climática e seus impactos nos recursos hídricos do Distrito Federal que, como pode ser observado, já se apresentam bastante comprometidos. E para que se possa responder essa questão, é necessário, em primeiro lugar, que se avalie a veracidade das informações a respeito das tendências de mudança nas séries de dados climáticos do Distrito Federal.

Observa-se que existem, basicamente, três fontes de equívocos a respeito de mudança climática no Distrito Federal (figura 1.2). A primeira fonte refere-se à utilização de imagens do satélite LANDSAT (satélite de recursos naturais e não meteorológico) para o estudo de modificação da temperatura do ar; a segunda fonte está associada ao fato de que são utilizadas médias aritméticas para afirmar que a temperatura do ar e a umidade relativa do ar estão, respectivamente, aumentando e diminuindo, e a terceira fonte de equívocos diz respeito à utilização de dados provenientes de uma única estação – a do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) como se esses dados fossem representativos para todo o território do Distrito Federal.

Esses três pontos de avaliação do comportamento do clima do Distrito Federal têm levado à conclusão equivocada de que a região está passando por uma mudança climática, sendo que esta afirmação tem sido veiculada na imprensa local de forma distorcida e com exageros desnecessários.



Elaborado por: Ercília Torres Steinke, 2004.

Figura 1.2: Fontes de equívocos sobre mudanças climáticas no Distrito Federal

A expansão urbana tem sido apontada como sendo a principal causa da equivocada visão de que o Distrito Federal está passando por uma mudança climática. De acordo com o INMET (2000), indícios de alterações climáticas no Distrito Federal podem ser verificados, por exemplo, através dos índices de umidade relativa do ar, que permaneceram em níveis muito baixos de 1990 a 2000. Os valores mostram, de 1963 a 1989, somente registros de apenas cinco umidades relativas do ar abaixo de 15%. Já no período compreendido entre 1990 a 1999 foram registrados seis índices variando entre 11% e 15%.

O nível de cobertura da imprensa em relação aos aspectos climáticos e suas relações também deve ser considerado, uma vez que é por meio da mídia que o público em geral recebe informações a respeito de temas tais como, as mudanças climáticas. É papel do jornalista alertar a sociedade para a gravidade da situação, se ela ocorrer, sem cometer o pecado do sensacionalismo e sem explorar de modo irresponsável as previsões catastróficas dos cientistas. Deve, também, estar atento para evitar as simplificações e generalizações, que trabalham em favor da forma em prejuízo do conteúdo. TRIGUEIRO (2003, p. 82) acredita que "seja esta a razão pela qual alguns cientistas tenham tanto desprezo pela mídia, sem contar que evitam deliberadamente contato com a imprensa. Teme-se que a falta de informações do jornalista em relação ao assunto comprometa o rendimento da entrevista e o subsequente entendimento do público. Estarão eles errados?".

Em alguns países da Europa, nos Estados Unidos e na Argentina, os estudantes de jornalismo podem completar a formação básica com um curso de especialização na área de meio ambiente, ou em outra qualquer de sua predileção. Isso significa que, antes de ingressar no mercado de trabalho, o profissional de imprensa terá incorporado ao seu estoque de informações um conhecimento específico que lhe será útil na carreira.

De acordo com TRIGUEIRO (2003), os jornalistas brasileiros que se interessam por meio ambiente buscam a especialização, via de regra, por conta própria, muitas vezes sem o apoio da empresa à qual estão vinculados. Essa é

uma área do conhecimento que ainda se ressentia de cursos, literatura e eventos que capacitem e estimulem o profissional de imprensa a realizar um trabalho mais consistente. Nas próprias redações, o meio ambiente não tem *status* de editoria. Os setoristas (como são chamados os jornalistas que cobrem áreas específicas) de meio ambiente costumam ser informalmente delegados para essa função por razões meramente circunstanciais. Por essa razão, observa-se que, muitas vezes, as notícias são divulgadas contendo erros que poderiam ser evitados com uma simples pesquisa um pouco mais aprofundada.

1.3. Objetivos

Nesse contexto, esta pesquisa teve como objetivo principal analisar o comportamento de parâmetros meteorológicos buscando identificar mudanças climáticas no Distrito Federal com base no estudo de séries temporais de registros sobre temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação provenientes de seis estações meteorológicas no Distrito Federal e no cálculo dos parâmetros: deficiência hídrica e excedente hídrico com o intuito de identificar os impactos dessa possível mudança nos recursos hídricos, e as distorções conceituais associadas.

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Avaliar o crescimento das áreas urbanas no Distrito Federal, comparando-se dados dos anos de 1974, 1984, 1994 e 2003;
- Avaliar a aplicabilidade de uma técnica de estimativa de temperatura de superfície através do satélite LANDSAT no ano de 1984;
- Avaliar a forma como a imprensa local veicula informações relacionadas ao clima do Distrito Federal.

Acredito que a pesquisa possa ser esclarecedora e servir de base para todos os que pretendem seguir adiante na investigação do clima do Distrito Federal, região de escassa contribuição nessa temática.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Climatologia aplicada ao gerenciamento de recursos hídricos

2.1.1. Ciclo hidrológico: componentes e processos

Para o desenvolvimento de qualquer estudo sobre recursos hídricos é necessário compreender que a água está em constante movimento, percorrendo uma trajetória na biosfera e atmosfera conhecida como ciclo hidrológico. O ciclo da água é acionado pela energia solar e retira água das superfícies continentais e aquáticas através da evaporação. Essa água é incorporada ao sistema de circulação geral da atmosfera, que por sua vez, é extremamente dinâmico, o que dificulta sua previsão quantitativa. A circulação geral cria condições de precipitação pelo resfriamento do ar úmido que forma as nuvens de chuva e neve, devolvendo a água para a superfície da Terra.

Esta descrição simples da trajetória da água entre a atmosfera e a biosfera não é suficiente para estudos que envolvem a utilização dos recursos hídricos, isto é, faz-se necessário a compreensão do ciclo como um sistema, o que permite analisá-lo como um todo.

Segundo a Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1973), os sistemas possuem entradas (*inputs*), saídas (*outputs*) e passam por processos de retroalimentação (*feedback*), que podem ser positivos ou negativos. Podem operar de duas maneiras: como sistemas abertos, ou seja, independentemente da saída produzida e como sistemas fechados, os quais dependem da retroalimentação recebida. Grande parte dos sistemas hidrológicos regionais ou locais é aberta, desde que a saída não exerça um controle significativo no sistema. Já o ciclo hidrológico global pode ser considerado um sistema fechado, de forma que não há entrada nem saída de água, somente energia. O sistema, dessa forma, consiste em uma série de transferências e armazenamentos.

Dentro do sistema hidrológico, cada componente pode ser analisado como um subsistema dependendo do objetivo da investigação. Dessa forma, podem ser distinguidos, por exemplo, os subsistemas vegetação, solo e clima, entre outros. Esses subsistemas são interdependentes e a menor interferência em qualquer um deles acarretará conseqüências nos demais. Dentro dessa visão, alterações em algum elemento do subsistema clima, causará alguma modificação no sistema maior chamado hidrológico.

A vegetação desempenha um papel fundamental no sistema. A parcela inicial da precipitação é retida pela vegetação, caracterizando a fase de interceptação; quanto maior for a superfície de folhagem, maior a área de retenção da água durante a precipitação. Esse volume retido, quando evaporado completamente, permite o início do processo de perda de umidade das plantas para o ambiente – a transpiração. Da parcela de precipitação que atinge o solo, após a interceptação, uma parte pode infiltrar e outra, escoar superficialmente, dependendo de fatores como características do solo, quantidade de umidade já existente no solo e sua cobertura. A água que infiltra pode percolar para o aquífero ou gerar escoamento sub-superficial.

A capacidade de infiltração depende do tipo de utilização da terra. Normalmente, a capacidade de infiltração em solos cobertos por vegetação é alta, o que produz pequena quantidade de escoamento superficial. Para solos com superfície desprotegida e compactada, a capacidade de infiltração diminui, resultando em maior escoamento superficial. Por outro lado, a capacidade de infiltração varia com o tipo de solo e com suas condições de umidade. Um solo argiloso, por exemplo, pode apresentar uma alta capacidade de infiltração quando estiver seco, contudo, pode tornar-se quase impermeável se estiver úmido (TUCCI, 2002).

Observa-se, a partir dessa breve descrição, que a interface solo-planta-atmosfera exerce uma forte influência no sistema hidrológico e que, associada a esses processos, existe, também, a interferência humana, que age sobre esse sistema natural.

As ações antrópicas sobre os sistemas hídricos envolvem diferentes escalas relacionadas com o tempo e com o espaço. Essas duas escalas estão de alguma forma relacionadas. Contudo, a escala temporal depende muito mais da ação antrópica e das condições de variabilidade climática. Os efeitos podem ser observados dentro de uma escala de percepção humana ou apenas com base em medidas de sua ocorrência. Enquanto a maioria dos processos dinâmicos que a percepção humana tem capacidade de observar ocorre dentro da escala de tempo de anos, existem vários processos que atuam sobre condições ambientais e de desenvolvimento econômico dentro de uma escala de tempo muito maior.

Existem, assim, variabilidades de curto prazo, que ocorrem num evento chuvoso de várias horas ou poucos dias, que caracterizam uma inundação que afeta a população e sistemas hídricos tais como reservatórios; as variabilidades sazonais, que definem o ciclo de ocorrência dos períodos úmidos e secos com os quais os usuários da água procuram conviver; as variabilidades interanuais (poucos anos) e decadais (dezenas de anos), estas últimas atuando fortemente sobre as condições do planeta (TUCCI, 2002).

A importância da identificação dessas condições está relacionada com a capacidade que os sistemas hídricos possuem para se alterar em função dessas variabilidades e, em conseqüência, como a sociedade e seu desenvolvimento podem suportar essas variações. Quando ocorre falta de água, por exemplo, fortes restrições são geradas para o abastecimento, agricultura, produção de energia, entre outros, tal como ocorreu em algumas regiões do Brasil em 2001. A adaptação da sociedade a essas novas realidades exige mudança de hábitos, e novas tecnologias para racionalizar o uso da água e promover a sua conservação.

2.1.2. Variabilidade e mudança climática

As definições utilizadas na literatura sobre alterações climáticas, segundo TUCCI (2002), se diferenciam de acordo com a inclusão dos efeitos antrópicos na identificação da variabilidade. O Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2001) define mudança climática (*climate change*) como sendo as mudanças temporais do clima devido à variabilidade natural e/ou resultados de

atividades humanas. Já outros autores adotam, para o mesmo termo, a definição de mudanças associadas direta ou indiretamente à atividades humanas que alterem a variabilidade climática natural observada num determinado período.

De uma forma geral, o termo "variabilidade climática" é utilizado para as variações de clima em função dos condicionantes naturais do planeta e suas interações, daí a denominação de **variabilidade natural do clima**. Já as "mudanças climáticas" seriam as alterações na variabilidade natural do clima devido às atividades humanas. Dessa forma, é necessário identificar se está ocorrendo alteração na variabilidade natural para se poder afirmar que está havendo mudança climática.

Para a Organização Meteorológica Mundial (OMM), a evolução do comportamento atmosférico nunca é igual de um ano para outro ou mesmo de uma década para outra, podendo-se verificar flutuações a curto, médio e longo prazos. Dessa forma, podem-se distinguir as seguintes categorias de variação, segundo CONTI (2000):

- Mudança climática: termo mais geral que abrange toda e qualquer manifestação de inconstância climática, independente de sua natureza estatística, escala temporal ou causas físicas;
- Tendência climática: aumento ou diminuição lenta dos valores médios ao longo de séries de dados de, se possível, três décadas. Essa tendência não é restrita a uma mudança linear ao longo do tempo, mas caracteriza-se apenas por um mínimo e um máximo nos pontos terminais do registro;
- Descontinuidade climática: é a inconstância que consiste em mudança abrupta e permanente de um valor médio para outro, durante o período de registro;
- Flutuação climática: correspondente a qualquer forma de mudança sistemática, regular ou irregular, caracterizada pelo menos por duas máximas (ou mínimas) e uma mínima (ou máxima) observadas no período de registro;
- Variação climática: é uma flutuação cujas características, em escala temporal, são suficientemente longas para resultar em diferença apreciável entre médias (ou normais) sucessivas, geralmente observada na escala de décadas;

- Oscilação climática: é uma flutuação na qual a variável tende a se mover gradual e suavemente entre máximas e mínimas sucessivas;
- Vacilação climática: flutuação na qual a variável tende a permanecer, alternadamente, em torno de dois (ou mais) valores e a movimentação de um valor médio para outro ocorre a intervalos regulares ou irregulares;
- Periodicidade climática: oscilação em que as máximas e as mínimas ocorrem a intervalos de tempo iguais, por exemplo, 26 anos; e;
- Variabilidade climática: maneira pela qual os parâmetros climáticos variam no interior de um determinado período de registro expressos através de desvio padrão ou coeficiente de variação.

Estas definições refletem as dificuldades existentes em separar os efeitos das atividades humanas no clima e a sua variabilidade natural, sobretudo, porque o sistema climático é extremamente complexo sua dinâmica ainda não é completamente compreendida, por mais que se tenha avançado no conhecimento sobre o sistema Terra-Atmosfera.

A preocupação com o comportamento climático do globo devido a efeitos antrópicos agravou-se na década de 80, com o questionamento sobre o desmatamento das florestas, redução da camada de ozônio e o agravamento do efeito estufa. TUCCI (2002) acredita que o acidente nuclear de Chernobyl foi um grande divisor deste processo, quando se observou que ações numa parte da Terra poderiam afetar a população de outras regiões.

Utilizando-se da prerrogativa de que o aumento na quantidade de CO₂ produz uma elevação da temperatura da baixa atmosfera num modelo de escala logarítmica, vários eventos foram organizados no sentido de discutir a problemática da mudança climática global e assim foi implantado, em 1988, pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e pela Organização Meteorológica Mundial – (OMM), o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima – IPCC, a fim de: (1) avaliar as informações científicas existentes sobre a mudança do clima, (2) avaliar os impactos ambientais e socioeconômicos da mudança do clima e (3) formular estratégias de resposta a esses impactos.

O IPCC é mais conhecido por seus Relatórios de Avaliação, que são amplamente reconhecidos como as fontes mais confiáveis de informações sobre a mudança do clima. O **Primeiro Relatório de Avaliação** do IPCC foi finalizado em agosto de 1990 e serviu de base para a negociação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. O IPCC também concluiu seu Suplemento de 1992 e o *Climate Change 1994: Radiative Forcing of Climate Change and An Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios* (Mudança do Clima 1994: o Forçamento Radiativo da Mudança do Clima e uma Avaliação dos Cenários de Emissões IS92 do IPCC) para continuar auxiliando o processo da Convenção.

Em 1995, o Painel elaborou o **Segundo Relatório de Avaliação**, não apenas atualizando as informações da Primeira Avaliação sobre a mesma amplitude de assuntos, mas também incluindo a nova área temática de questões técnicas relacionadas com os aspectos econômicos da mudança do clima. Nesse documento foram discutidos o sistema climático físico, fatores que induzem à mudança do clima, análises do clima no passado, além de sugerir que "o balanço das evidências indica uma nítida influência do homem sobre o clima através das emissões de gases estufa" (IPCC, 1995).

No **Terceiro Relatório de Avaliação**, anunciado oficialmente em 21 de janeiro de 2001, o IPCC afirmou que "há novas e mais fortes evidências de que a maior causa do aquecimento global observado nos últimos 50 anos é atribuível a atividades humanas" (IPCC, 2001). As previsões do Terceiro Relatório de Avaliação, para os próximos 100 anos (até 2100), são aumento da média global da temperatura entre 1,4 a 5,8 °C e aumento no nível dos mares causado pela expansão térmica dos oceanos e o derretimento das calotas polares entre 0,09 e 0,88 metros.

Se as previsões se confirmarem, espera-se um aumento na incidência de ondas de calor, inundações e secas. Por isso, o IPCC procura estabelecer normas internacionais de controle de emissões de gases que causam o efeito estufa, como o Protocolo de Kyoto. O acordo, assinado em 1997, ainda não está em vigor, sobretudo pela posição do governo dos Estados Unidos (responsável

por 23% do total global de emissões de CO₂) que considera não haver suficientes evidências científicas para apoiar o protocolo.

A ferramenta utilizada atualmente para a investigação dessas possíveis mudanças climáticas são os chamados Modelos de Circulação Geral da Atmosfera (MCGAs). Esses modelos descrevem a atmosfera de forma global, utilizando equações matemáticas para prescrever as leis físicas que regem atmosfera. Segundo ABREU (2000), tais modelos são importantes para que se possa avaliar as implicações de uma mudança na composição química da atmosfera. Porém, a autora chama atenção para o fato de os modelos atuais serem limitados pelo conhecimento científico sobre a dinâmica da atmosfera e aos recursos computacionais disponíveis.

Embora exista toda uma credibilidade envolvendo o IPCC, em função de nele estarem reunidos cientistas do mundo inteiro, representando diferentes áreas do conhecimento, e que utilizam os MCGAs para as previsões de mudanças climáticas devido ao aumento da concentração de CO₂, é cada vez maior o número de cientistas que coloca em dúvida as afirmações de seus Relatórios de Avaliação.

Segundo o IPCC (2001), o século XX teria sido o mais quente do milênio, presumivelmente devido, em grande parte, à atividade econômica humana (usinas de energia, automóveis), responsável pela emissão de gases causadores do efeito estufa (como o CO₂, principalmente), cujo acúmulo favorece o aquecimento global. Existem, porém, argumentos contrários ao aumento da temperatura e, segundo MOLION (1995; 2001), é provável que os MCGAs não sejam adequados para tais previsões, embora eles sejam, no presente, as únicas ferramentas disponíveis para esse tipo de estudo.

Os modelos matemáticos utilizados pelo IPCC enfrentam vários questionamentos. SOON e BALIUNAS (2003), em seu estudo "Lições e Limites da História do Clima" explicam que: "(...) cada vez fica mais claro que o registro principal adotado pelo IPCC apresenta uma tendência a subestimar variações climáticas naturais em escalas de tempo que vão de várias décadas a um século

(...)”. Através da análise de fósseis biológicos, taxas de acúmulo de gelo, sedimentos no leito marinho e anéis das árvores, entre outros indicadores denominados de “*proxy* paleoclimáticos”. SOON e BALIUNAS (2003, p. 3) sugerem que as medições que fundamentam as políticas globais estão incorretas e esclarecem que o objetivo principal do estudo foi:

(...) conseguir a compreensão da alteração climática em níveis locais e regionais e não globais, porque estas são medidas mais relevantes de mudança, em um sentido prático. Isso é especialmente importante já que sociedades, economias ou esferas humanas não estão “vivendo” sob uma temperatura global.

No estudo citado anteriormente foram analisados, por exemplo, arquivos documentais sobre assentamentos vikings na Groenlândia (986 d.C.), variações das geleiras na Argentina e registros isotópicos de estalagmites da Caverna do Buda, na China. A pesquisa demonstrou que as últimas ondas de calor e frio podem corresponder a variações climáticas naturais e não a emissões de gases causadores do efeito estufa como se acredita e que, ao contrário do que afirma o IPCC (2001), o século XX não foi o mais quente do milênio.

Indicadores *proxy* climáticos de várias localidades confirmam a existência global de uma anomalia climática denominada Período Medieval Temperado (800 a 1300 d.C.), durante o qual estima-se que a temperatura foi maior do que a do século XX. Por exemplo, a análise de indicadores *proxy* marinhos na região denominada *Pacific Warm Pool* (Indonésia) demonstrou que, durante esse período, a temperatura na superfície marinha chegou a um máximo de 30°C, enquanto nas duas últimas décadas ficou apenas entre 28°C e 29°C. Além disso, confirmou-se a existência de uma Pequena Idade do Gelo (1300 a 1900 d.C.) com temperaturas baixas extremas (SOON e BALIUNAS, 2003).

Essas hipóteses são compartilhadas por outros cientistas, como, por exemplo, LINDZEN e GIANNITSIS (2002) que acreditam que essas idéias estão corretas e chamam atenção para o fato de que a maior parte da literatura especializada aceitar a existência de um Período Medieval Temperado, embora seja debatido se realmente foi um fenômeno global.

Em seu Terceiro Relatório de Avaliação, o IPCC (2001) não considerou a presença de ambos os períodos como um fenômeno global e deu particularidade aos níveis de aquecimento do século XX. Apesar das discrepâncias, especialistas são concludentes ao afirmar que existe um grande número de incertezas quando se trata de determinar em que proporção o aquecimento da Terra se deve a causas naturais ou às emissões de gases causadores do efeito estufa.

Importante ressaltar que as previsões de mudanças climáticas, associadas às ações do homem, não se referem propriamente ao efeito estufa que é uma propriedade natural da atmosfera, mas sim à intensificação desse efeito, quando, pelas atividades antrópicas, gases-estufa são lançados na atmosfera, reforçando o bloqueio à saída da radiação infravermelha para o espaço. A questão é se a injeção desses gases na atmosfera, pela ação do homem, promoveria o aquecimento do planeta.

ALVES (2001) afirma que não. O autor explica que a adição de CO₂ na atmosfera, pela ação humana, corresponde apenas a um mecanismo “forçante” (*forcing*) do aquecimento do Planeta, o que não significa que o aquecimento terá de ocorrer. O homem não só queima biomassa e combustíveis fósseis como também altera a superfície do planeta através, por exemplo, das atividades de urbanização. Tais atividades contribuem para um aumento da reflectância (albedo) do Planeta, o que reduz a entrada de energia solar no Sistema Terra-Atmosfera, estabelecendo, assim, um mecanismo climático “forçante” ao resfriamento. Se esses dois mecanismos forçantes tiverem a mesma intensidade, sendo de sentidos opostos, a temperatura do Planeta não se alteraria. Se as intensidades forem diferentes, poderia haver aquecimento ou resfriamento, se todas as demais condições se mantivessem constantes. Portanto, a adição de CO₂ na atmosfera pelo homem não implica, necessariamente, o aquecimento do Planeta.

Essas idéias são, também, defendidas pelo Professor Luiz Carlos Baldicero Molion, que vem questionando as previsões do IPCC desde a sua criação. Em seus estudos sobre o tema, MOLION (1995, p. 48) ressalta que existem problemas de representatividade, tanto espacial como temporal, das séries

históricas de temperatura do ar, o que torna difícil sua homogeneização e, conseqüentemente, a construção de uma média confiável para o globo, e afirma que:

(...) De maneira geral, a interpretação dessas séries temporais longas depende da boa vontade em se aceitar a validade das várias hipóteses e técnicas de correção aplicadas aos dados anteriores a 1940. Com a atual base de dados, em princípio, não é possível concluir se houve um aumento de 0,5°C na temperatura média do ar (oceano) nos últimos 150 anos (...) e mesmo que o aquecimento tivesse ocorrido, estudos mostram que sua maior parte ocorreu antes de 1950, quando a liberação de carbono devido ao consumo de petróleo era inferior a 30% do que é hoje e a destruição de florestas tropicais era incipiente. Ou seja, se houve o aquecimento, muito provavelmente não foi provocado pelo homem.

MOLION (2001) ressalta ainda que se os resultados das previsões realizadas pelos MGCAs fossem considerados, o aumento de 25% na concentração de CO₂ na atmosfera, observado nos últimos 150 anos, já deveria ter provocado um incremento na temperatura média da Terra entre 0,5 e 2,0°C. Porém, observa-se que os desvios da temperatura média global do ar próximo à superfície, com relação à média do período de 1961-1990, aumentaram cerca de 0,56°C desde 1850, ou seja, no limite inferior da previsão dos modelos.

Este mesmo autor ressalta que entre 1920 e 1945, a temperatura aumentou 0,37°C, entre 1945 e 1978 diminuiu 0,14°C e entre 1978 e 1999 voltou a aumentar 0,32°C. O primeiro período de aquecimento (1920-1945) coincide com o período em que a atividade vulcânica foi a mais fraca dos últimos 400 anos. Nesse período, o albedo planetário diminuiu e a Terra se aqueceu cerca de 0,4°C naturalmente. O segundo período de aquecimento (1978 – 1999), segundo MOLION (2001), tem causado maior polêmica, pois não foi verificado em todas as partes do mundo, sendo possível até que não tenha sido real, mas sim, resultado de outras influências tais como, mudanças de instrumentos de observação ou a falta de manutenção dos mesmos, mudanças no ambiente circundante à estação meteorológica ou mesmo sua relocação.

Dentre essas influências, merece destaque o efeito da urbanização, materializado, principalmente, pelo que se conhece como “ilha de calor”. Ela é formada quando a cobertura vegetal é substituída por asfalto e concreto, características dos centros urbanos, aumentando a proporção de energia utilizada para aquecer o ar, uma vez que existe pouca água para ser evaporada já que a vegetação foi retirada. Ora, muitas estações meteorológicas estão localizadas, hoje, dentro de centros urbanos, cujas medições sofrem os efeitos da ilha de calor, impossível de serem filtrados dos registros. Dessa maneira, é possível que os registros de aumento de temperatura sejam decorrentes desse tipo de efeito e não do acréscimo de CO₂. Contudo, estudos devem ser desenvolvidos no sentido de investigar as conseqüências dessa alteração pontual no meio ambiente, lembrando que tal alteração não significa mudança climática.

2.1.3. Clima e recursos hídricos

Nas últimas décadas, muito se tem empenhado em pesquisas com a expectativa de melhor compreender as causas da degradação dos sistemas hídricos dada a sua importância para a sobrevivência deste planeta. No Brasil, a Lei nº 9.433 (08/01/97), instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e estabeleceu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Com isso, a água passou a ser considerada recurso natural limitado e dotado de valor econômico. Durante muito tempo, a idéia de abundância serviu como suporte à cultura do desperdício da água disponível, à sua pouca valorização como recurso e ao atendimento dos investimentos necessários à otimização de seu uso. Posteriormente, a Lei nº 9.984 (17/06/00), criou a Agência Nacional da Águas – ANA, entidade encarregada da implementação dessa Política e da coordenação desse Sistema.

O Brasil, apesar de apresentar uma boa situação quanto à disponibilidade de recursos hídricos, já vem sofrendo com problemas ambientais relacionados à água como a escassez decorrente das demandas localizadas e da deterioração da qualidade do recurso. Acrescente-se, ainda, que a falsa visão de que os recursos hídricos eram inesgotáveis serviu, durante longo tempo, para sustentar a cultura do desperdício e da pouca valorização da preservação. Atualmente, já é

consenso o fato de que conservar as nascentes de rios e seus volumes d'água ao longo de seus cursos é de fundamental importância para a manutenção dos sistemas hidrológicos e requer disciplina para a sua utilização.

Na gestão e controle de sistemas hidrológicos há que se considerar o conjunto de elementos naturais que atuam no sentido de criar um contexto ecológico da região. Nesse sentido, o clima surge como elemento fundamental que pode auxiliar no estabelecimento de uma visão quantitativa do potencial hidrológico de cada região existente, a cada período, e disponível para as diversas atividades humanas, definindo a cota de água disponibilizada para cada setor de atividade, ou seja, planejar e controlar a utilização do recurso.

Nos últimos anos, inúmeros estudos têm sido desenvolvidos com relação à vulnerabilidade hidrológica às mudanças climáticas. Essas mudanças não alteram somente as vazões dos rios, mas também alteram os condicionantes que dão sustentabilidade ao meio natural, como a fauna e flora. Ao longo do tempo, a modificação climática gera outros ambientes em função da ocorrência de maior ou menor precipitação, temperatura, umidade, etc. Com a alteração desses condicionantes, o escoamento proveniente das bacias também se altera. O que é realmente importante observar é que existe uma diferença nas alterações produzidas na bacia através da variabilidade natural e através da mudança climática, e que os efeitos são diferenciados para cada setor dos recursos hídricos associado com o desenvolvimento econômico.

O ponto em comum entre os estudos refere-se à identificação dos efeitos que as mudanças climáticas promovem nos sistemas hidrológicos. É consenso que alterações no clima podem alterar inúmeras características hidrológicas de uma bacia tais como, o balanço hídrico, as taxas de evapotranspiração, a vazão e a recarga dos aquíferos. CHRISTENSEN *et al.* (2004) compararam vários cenários de alterações climáticas com o comportamento hidrológico (série histórica) da bacia hidrográfica do rio Colorado nos Estados Unidos. Os resultados mostraram que se a mudança climática prevista pelo Painel

Intergovernamental sobre Mudança Climática - IPCC (2001) ocorrer de fato, levará a uma situação em que a demanda total do sistema excederá a reserva de escoamento, levando o sistema como um todo a uma substancial degradação no seu desempenho.

Da mesma forma, BARNETT *et al.* (2004) elaboraram uma metodologia para avaliar os efeitos das mudanças climáticas nos recursos hídricos do oeste americano. O principal objetivo do trabalho foi prover de dados e informações os responsáveis por lidar com as demandas conflitantes que a mudança climática e o crescimento da população irão acarretar nos recursos hídricos. O resultado da pesquisa apontou como principal efeito de uma mudança no clima, a redução no armazenamento total de água, problema que demandará discussões a respeito de como a nova disponibilidade de água deverá ser utilizada para as atividades humanas.

Com o objetivo de subsidiar o planejamento regional e redirecionar as atividades humanas, SWART e SANTOS (2001), realizaram uma pesquisa em São Paulo, para período de 1955 a 1997, onde avaliaram o comportamento dos parâmetros térmicos e hídricos tentando identificar possíveis alterações nos parâmetros climáticos e suas implicações nos recursos hídricos. Os autores afirmaram estar havendo um aumento na temperatura média anual nos setores do espaço paulista analisado e, como conseqüência, um aumento na deficiência hídrica que exigirá futuras adaptações nas políticas públicas de ocupação da terra e de ordenamento territorial.

Infelizmente, o que se observa é que as políticas públicas, de modo geral, ainda não estão bem ajustadas às condições do clima atual, muito menos às possíveis mudanças a que essas condições estarão sujeitas no futuro. STAKHIV (1998), acredita que os tomadores de decisão na área de recursos hídricos devem estar atentos às inovações tecnológicas relacionadas ao setor, tais como novos procedimentos de previsão, modelos de simulação mais modernos e sistemas de monitoramento mais avançados. Um exemplo de nova tecnologia para o gerenciamento operacional da água foi desenvolvido por GEORGAKAKOS

et al. (1998), os quais utilizaram um sistema de previsão e controle para avaliar a resposta de uma bacia hidrográfica nos Estados Unidos às variações climáticas. O estudo mostrou que as práticas de manejo que vinham sendo utilizadas não incluíam a possibilidade de uma mudança climática e que a nova tecnologia proposta possuía a vantagem de poder prever, analisar e minimizar os efeitos adversos que as alterações climáticas promovem nos recursos hídricos.

Um elemento importante quando se trata do recurso água e do fator clima é saber diferenciar os **efeitos hidrológicos** dos **impactos nos recursos hídricos** que as mudanças climáticas promovem. Para STAKHIV (1998), efeitos hidrológicos referem-se às mudanças nos sistema hidrológico natural (ex: precipitação, evapotranspiração, infiltração, escoamento) que são causadas, por exemplo, pelo aquecimento global e estão associadas a alterações hidrometeorológicas.

Já a utilização do termo “recurso hídrico” diz respeito ao controle, uso e distribuição do suprimento de água disponível para as atividades humanas e o seu gerenciamento depende da compreensão de como o sistema hidrológico funciona. Dessa forma, os impactos nos recursos hídricos decorrentes de mudanças climáticas não são uma simples extrapolação dos efeitos hidrológicos no sistema, mas sim, dizem respeito às alterações na disponibilidade de água para as necessidades da sociedade e suas conseqüências como, por exemplo, a redução da capacidade de abastecimento de água de uma represa devido a diminuição da precipitação.

Para CHRISTOFOLETTI (1999), para que se possam compreender os efeitos de mudanças nos parâmetros meteorológicos nos recursos hídricos ou em outro sistema qualquer, há necessidade de se conhecer algumas noções fundamentais características dos sistemas ambientais tais como, **a estabilidade e a resiliência**.

O conceito de estabilidade está relacionado com as condições externas, ou seja, “os sistemas ambientais alcançam uma organização ajustada às condições das forças controladoras, denunciando um estado de equilíbrio. Mantendo-se as condições externas, os sistemas permanecem em estado ajustado, em estabilidade” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 113). Porém, esse estado ajustado não é sinônimo de equilíbrio estático, mas sim de equilíbrio dinâmico. Significa oferecer reações perante as variações de intensidade e frequência das forças controladoras através de mecanismos que absorvem essas variações externas sem mudar as características internas do sistema.

A literatura aponta os trabalhos de HOLLING (1973; 1976) como referência básica aos estudos sobre estabilidade dos sistemas, especificamente, os ecossistemas, para os quais estabilidade significa: a capacidade do ecossistema de manter ou retornar as condições originais após um distúrbio provocado por forças naturais ou pela ação humana. Sendo assim, o ecossistema mantém sua estrutura e funções mesmo respondendo às interferências. O sistema é considerado mais estável à medida que apresentar a menor flutuação ou recuperar-se mais rapidamente.

A noção de estabilidade está relacionada a dois aspectos. Em primeiro lugar, ao conceito de **resistência**, considerada como sendo a capacidade do sistema em permanecer sem ser afetado por distúrbios externos, ou seja, as variações das forças controladoras, neste caso, não são capazes de ocasionar alguma conseqüência no sistema. O segundo aspecto refere-se ao conceito de **resiliência**, que é a capacidade do sistema em retornar às suas condições originais após ser afetado pela ação de distúrbios externos.

Esses conceitos são fundamentais quando se pretende analisar e avaliar a estabilidade dos sistemas em termos de sua manutenção ou da rápida recuperação após a perturbação. Portanto, quando se trata de avaliar as mudanças climáticas e suas implicações, seja nos solos, relevo, vegetação,

recursos hídricos, agricultura e etc., CHRISTOFOLETTI (1999, p. 137) chama atenção para o fato de:

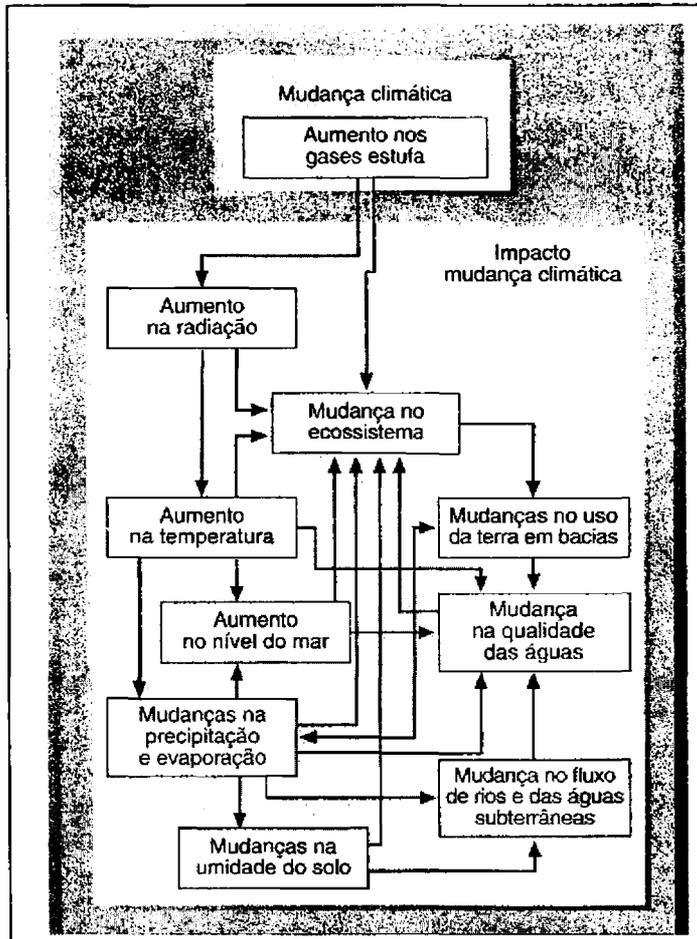
(...) ser necessário utilizar de abordagem holística em seu tratamento e compreender com clareza o posicionamento e grandeza hierárquica dos *inputs*, reações e efeitos no contexto da totalidade, a fim de se evitar o **uso inadequado das informações** [grifo nosso] e a elaboração de análises, interpretações explicativas e projeções preditivas incompatíveis com a categoria dos fenômenos implicados nos impactos e funcionamento dos sistemas.

A compreensão das conseqüências relacionadas com as mudanças climáticas constitui um tema que ganha importância crescente. Contudo, há de se identificar o grau dessa mudança e de estar ciente do potencial de resiliência da estabilidade na categoria climática, que são diferentes das limitações, cujas ultrapassagens levam a um novo estado de equilíbrio, a um novo tipo de clima (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Os efeitos das mudanças climáticas no ciclo hidrológico são muito diversos. Segundo ARNELL (1994), o aumento da concentração de gases estufa, por exemplo, resulta em aumento no balanço de radiação na superfície terrestre, produzindo modificações nas temperaturas, taxas de evaporação e chuvas e, em conseqüência, nos regimes de umidade dos solos, reabastecimento de águas subterrâneas e escoamento fluvial. A figura 2.1 mostra os efeitos no sistema hidrológico que poderiam ser desencadeados pela crescente concentração de gases estufa na atmosfera.

Os setores dependentes dos recursos hídricos tais como a agricultura, a hidroeletricidade, a navegação, etc., devem passar por contínuas adaptações com o intuito de lidar com a variabilidade climática atual. Essa rotina de gerenciamento adaptativo contínuo é denominada pelo IPCC (1995) de "adaptação autônoma". A questão é se as práticas de gerenciamento atuais, mesmo que efetivamente implementadas, serão suficientes para todas as regiões do mundo sob uma série antecipada de cenários de mudança climática. Experiências em muitos dos países

em desenvolvimento mostraram que reformas na forma como são gerenciados os recursos hídricos são condições necessárias para promover o gerenciamento adaptativo à variabilidade climática atual e às futuras mudanças pelas quais se acredita que o clima passará no futuro (LEMOIGNE *et al.*, 1994 *apud* STAKHIV, 1998).



Fonte: ARNEEL (1994).

Figura. 2.1. Impactos das mudanças climáticas nos sistemas hidrológicos.

No Distrito Federal, as fortes pressões sobre os recursos hídricos ocorrem em função de vários fatores incluindo sua localização, pouco privilegiada, em termos de oferta hídrica, e o aumento populacional vertiginoso e desordenado na região. Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2003), a região metropolitana de Brasília é a que mais cresce em todo o país, um aumento anual médio de 3,72 %. Essa tendência, aliada à falta de políticas integradas de planejamento e gestão das bacias hidrográficas, acarreta pressões

constantes sobre os recursos hídricos e sérios impactos para os sistemas aquáticos.

Localizado na cabeceira de três grandes bacias hidrográficas nacionais: Tocantins, São Francisco e Paraná, o Distrito Federal ocupa uma região estratégica, para onde devem ser direcionados todos os esforços no sentido da conservação e recuperação dos sítios naturais formadores dessas bacias. Observa-se uma preocupação crescente com relação ao potencial hídrico do Distrito Federal e a demanda diária da crescente população. Contudo, ressalta-se que a inclusão da avaliação das condições climáticas e suas possíveis mudanças ainda são incipientes quando se trata de gerenciar os recursos hídricos, tal como propuseram SILVA e D'ANGIOLELLA (2002), através de uma metodologia de aplicação do monitoramento climático e do balanço hídrico para determinar as flutuações hidrológicas e as condições bio-vegetativas sazonais reinantes na região do Distrito Federal e entorno. O resultado do trabalho demonstrou ser fundamental incluir a análise climatológica em projetos que visem à gestão dos recursos hídricos, auxiliando na elaboração e propostas que se preocupem não só com as condições climáticas atuais, mas também com as possíveis alterações que essas condições poderão sofrer ao longo do tempo.

A questão das mudanças climáticas e seus efeitos, tanto em nível global como regional e local, vem sendo estudada com especial interesse pelos que se dedicam às ciências da natureza em todo mundo. O interesse na questão climática deve-se à sua importância fundamental para as atividades humanas, e por ser um dos poucos componentes do sistema ambiental sobre o qual o homem tem pouco ou nenhum poder de controle. Sobre isso SANTOS (1995, p. 2) afirma:

Atualmente, há tendência em não mais focar o clima como um fator de adversidade, negligenciando-o ou desprezando-o como recurso. Verifica-se uma valorização do clima pautado na consideração de que a exploração demográfica e o conseqüente aumento do consumo, com aumento da necessidade de alimentos, exercem demanda cada vez maior na capacidade de nosso planeta em manter a vida. Sob este aspecto, o clima, em conjunto com o solo, leva a uma conjugação dinâmica no estabelecimento de condições dos "sistemas vitais" à sobrevivência do homem.

Começa a se criar, portanto, uma mentalidade de conservação dos recursos com o intuito de preservar o meio em que vivemos. A preocupação com as mudanças climáticas é parte integrante dos debates, discutindo-se, por exemplo, a responsabilidade dos países mais ricos na poluição atmosférica e suas repercussões. Já as discussões acadêmicas sobre mudanças climáticas residem na influência antrópica e nas causas naturais observadas através da variabilidade climática e todas as outras inconstâncias.

A atmosfera está em constante movimentação e suas características se modificam de lugar para lugar e com o decorrer do tempo, em qualquer lugar e em escalas de tempo que variam desde microssegundos até milhares de anos. Existem interações importantes dentro da atmosfera que podem ser resultantes ou causadoras de tais mudanças. Tais interações são conhecidas como *feedback*, pois não existem simples processos unidirecionais de causa e efeito, uma vez que os efeitos freqüentemente retornam para alterar suas causas. AYOADE (1996, p. 205) refere-se à essas mudanças, afirmando:

Existem evidências de flutuações ou variações no próprio clima. Quando essas flutuações seguem uma tendência, falamos em tendência climática. As flutuações também podem ser de natureza cíclica e fornecem o que se denomina de ciclos climáticos. Por um longo período de tempo, as flutuações climáticas podem ocorrer de tal forma que passam a provocar uma mudança no tipo de clima predominante em determinada área. Nesse caso, falamos de mudança no clima ou mudança climática.

As mudanças climáticas constituem tema que ganha importância cada vez maior. De acordo com CHRISTOFOLETTI (1993), muitos estudos foram realizados a respeito das modificações climáticas de longa duração, principalmente aquelas ocorridas no Quaternário. A partir da década de 70, mas principalmente nos anos 80, surgiram muitas pesquisas sobre as mudanças climáticas recentes, sendo que a preocupação tornou-se crescente para verificar as mudanças climáticas ligadas ao aumento da concentração de CO₂ na atmosfera e em conseqüência, ao aquecimento global. Este mesmo autor observa que as implicações geográficas das mudanças climáticas ganham relevância quando há conseqüência na organização espacial tanto dos sistemas ambientais como dos sócio econômicos.

Vale lembrar que as alterações climáticas são numerosas e podem ocorrer de formas muito variadas e em diferentes escalas de tempo e de espaço. Contudo, não se deve estabelecer relações diretas entre qualquer mudança nos parâmetros climáticos locais, por exemplo, e a tão especulada mudança climática global. É por isso que, num estudo de clima deve-se, em primeiro lugar, identificar a escala em que a mudança está ocorrendo, tanto temporal quanto espacialmente.

2.2. Escalas de estudo do clima

RIBEIRO (1993) define o termo “escala” como sendo uma referência de valor arbitrada segundo critérios que interessam à compreensão de um determinado fenômeno. Constitui-se em um dos aspectos fundamentais para todos os raciocínios referentes ao espaço e, ao tempo e, segundo LACOSTE (1988), numerosas controvérsias, que não se limitam à linguagem, mas também, envolvem questões de ordem conceitual e metodológica.

Os estudos dos fenômenos relacionados ao comportamento da atmosfera são orientados no sentido da compreensão da sua extensão (espaço) e de sua duração (tempo). A definição da intensidade, frequência e de uma tipologia climática dependerá da adequação da abordagem espaço-temporal ao conjunto de técnicas analíticas empregadas no desenvolvimento da pesquisa.

O fenômeno climático é constituído por um conjunto de elementos de naturezas diversas e que convivem, no mesmo espaço, em regime de trocas energéticas interdependentes. Por esse motivo, abstrair racionalmente o clima exige, segundo RIBEIRO (1993), a adoção de uma escala taxonômica como parte da própria metodologia da pesquisa climatológica. A cada nível escalar deve corresponder uma abordagem específica, no sentido da coerência entre extensão e duração do fenômeno climático.

Na climatologia existem diversas propostas de sistematização dos estudos climáticos. Entretanto, apresentam diferenças tanto nos termos como nos

conceitos (AYOADE, 1996; RIBEIRO, 1993). Apesar disso, considerando-se a relação entre os fluxos de matéria/energia e os elementos condicionantes da definição dos estudos climáticos, pode-se distinguir três níveis de abordagem: macroclimático, mesoclimático e microclimático.

O nível macroclimático trata da interação entre a radiação solar, a curvatura da Terra e seus respectivos movimentos, gerando os aspectos climáticos referentes ao planeta como um todo, como os movimentos atmosféricos de grande escala, tais como a circulação geral da atmosfera. Já o nível mesoclimático preocupa-se com a interação entre a energia disponível (para o processo de evaporação e geração dos campos de pressão atmosférica) e as feições da superfície, constituindo-se objeto de estudo, nesse nível, os climas locais. Com relação ao nível microclimático, existe muita controvérsia com relação aos seus limites, entretanto, os autores que estudam o microclima são unânimes em reconhecer a existência de um nível escalar mais próximo dos indivíduos (MONTEIRO, 1999).

O clima de uma determinada área resulta, principalmente, de três influências: processos atmosféricos resultantes dos fatores geográficos locais; influência dos padrões do clima de escala imediatamente inferior e, efeito dos sistemas atmosféricos atuantes em larga escala. Assim, de acordo com LANDSBERG (1981), cada localidade é governada pelos padrões meteorológicos de grande escala (escala sinótica), sendo que o ambiente modifica, em maior ou menor grau, as condições locais da camada de ar acima do solo (camada limite da atmosfera). A interação entre a escala sinótica e a escala local oscila continuamente, ora predominando condições de grande escala, ora predominando condições locais, embora ambas estejam sempre presentes.

Sob o ponto de vista climático, uma área não pode ser vista de maneira estanque e isolada. Deve-se lembrar que o clima dessa área – clima local - está inserido no contexto macroclimático e, por outro lado, é constituído por um conjunto de microclimas existentes em função das características de sítio e das novas formas e demandas de energia criadas pela agricultura e urbanização.

Neste sentido, MONTEIRO (1976), sugere que o clima local deve ser analisado através de dois caminhos, uma vez que o comportamento atmosférico, integrado às demais esferas e processos naturais, organiza espaços climáticos dos níveis superiores para os níveis inferiores. Nessa interação, após uma diferenciação espacial produzida por influência da latitude (diferenciação das zonas térmicas – nível zonal), a dinâmica dos grandes centros de pressão atmosférica (centros de ação) e os fatores geográficos (relevo, água) origina, em nível regional, uma nova organização climática. A partir daí, a variação dos fatores geográficos no seu interior gera uma “especialização”, tanto mais diversificada, quanto mais heterogênea for a região, incluindo-se no nível do clima local.

2.2.1. Clima local

O clima regional, conforme RIBEIRO (1993), pode apresentar significativas variações em seu interior devido à ação de determinadas feições fisiográficas ou antrópicas que interferem no fluxo energético ou no transporte de massa da circulação regional, diferenciando subsistemas de circulação secundária. Além disso, há que se considerar o aquecimento diferencial das superfícies que potencializam a diferenciação climática local.

Para CANTAT (1987), o aquecimento da superfície, durante o dia, é resultado tanto da influência de fatores externos, representados pela quantidade de energia disponível ao nível do solo e pela exposição da superfície à radiação solar, quanto de fatores internos, estes representados pela capacidade dos objetos de converterem a radiação solar incidente em calor. Para uma mesma radiação solar incidente, a superfície terrestre pode se aquecer de maneira diferenciada em função do estado da superfície ativa, considerada como a interface entre a atmosfera, superfície e camada sub-superficial.

O estado da superfície ativa é considerado o fator básico de determinação do clima local, pois interfere diretamente nos fluxos de energia para as baixas camadas da atmosfera, criando ambientes diferenciados em relação ao

aquecimento. Essas diferenças se acentuam conforme a condição sinótica, pois dependem dos fluxos de radiação e das trocas de calor entre os locais. Dessa forma, o albedo, a condutividade térmica e o calor específico são as propriedades básicas das superfícies que recebem, armazenam e transferem energia, que devem ser consideradas.

Um corpo com valor elevado de albedo se aquece menos, uma vez que a quantidade de energia que poderá se transformar em calor é pequena. A tabela 2.1 apresenta alguns valores médios de albedo para algumas superfícies. Estes valores são variáveis em função das características do material como a textura e principalmente a coloração. Um solo seco escuro, por exemplo, apresenta albedo menor do que um solo seco claro e, portanto absorve mais radiação solar. O fato de o albedo médio das cidades ser menor do que o das áreas cultivadas, explica, em parte, a maior absorção da radiação que atinge a superfície urbana (OKE, 1981).

Tabela 2.1: Albedo médio de algumas superfícies.

Tipo de superfície	Albedo (α)
Concreto	0,02
Asfalto	0,07
Culturas e campo	0,12 – 0,25
Florestas	0,06 – 0,15
Solo seco	0,15
Solo úmido	0,08
Água	0,05

Fonte: OKE (1981)

A energia solar absorvida pelas superfícies aquece as mesmas de maneira diferenciada, em função das propriedades térmicas dos materiais que as constituem, tais como o calor específico e a condutividade térmica. O calor específico refere-se à quantidade de energia necessária para aumentar em 1°C a temperatura de um grama de uma substância. A água, em função de apresentar

um elevado calor específico, possui uma maior inércia térmica, enquanto o solo exposto, o concreto e os metais sofrem grandes variações de temperatura ao receberem a radiação solar diurna. Com relação à condutividade térmica, considerando-se constantes outros fatores, quanto maior o seu valor num material, menores são as variações de temperatura de superfície e mais efetivo é o seu papel como reservatório de calor.

Uma vez comentadas as propriedades que potencializam as diferenças na temperatura da superfície ativa, outro importante fator que deve ser considerado é a transferência de calor entre a superfície e a atmosfera. A transferência de calor através da condução é restrita ao ar diretamente em contato com o solo, mesmo que haja uma grande diferença de temperatura entre os dois meios. Isto se deve à má condutividade térmica do ar. Essa camada de ar aquecido se torna mais leve e se eleva, sendo substituída por ar frio e denso que, por sua vez, também se aquece, configurando o processo de transferência de calor conhecido como convecção térmica. O outro processo de transferência se dá através da radiação de ondas longas emitida pela superfície e conhecida como termal. A radiação termal, ao contrário da radiação solar, está sempre presente no ambiente, emitindo energia constantemente.

Além do aquecimento diferencial das superfícies e conseqüente transferência de calor da superfície para as baixas camadas da atmosfera, outro fator de fundamental importância na determinação do clima local é a configuração do relevo. Este se destaca, de acordo com RIBEIRO (1993), entre as características fisiográficas responsáveis pela modificação da circulação regional, como sendo aquele que cria situações de barlavento e sotavento, que influenciam o fluxo da circulação da superfície e, ao mesmo tempo, geram condições para a condensação a barlavento (chuvas orográficas) e refrescamento a sotavento (sombra de chuva). Por outro lado, as diferenciações altimétricas apresentam em mesoescala papel destacado na distribuição da radiação líquida, na retenção do vapor de água e armazenamento de calor sensível. A atuação conjunta desses parâmetros é suficiente para provocar variações no clima regional, gerando as feições dos climas locais.

Não menos importante do que os fatores já listados, a ação antrópica aparece como fundamental na geração de climas locais e pode ser vista sob dois aspectos. Segundo RIBEIRO (1993), deve-se considerar a capacidade que a sociedade tem em alterar a cobertura do solo, substituindo a vegetação natural por agricultura e edificações, e ainda considerar as alterações, que são cada vez mais significativas, provocadas pelas atividades humanas na composição da atmosfera, ao introduzir gases e material particulado que interferem no balanço de radiação e na retenção de umidade e de calor específico, principalmente, na troposfera.

A substituição da cobertura vegetal pela urbanização associada à emissão de poluentes das mais diversas origens faz da cidade o local onde se dá a maior razão de deterioração do clima. Daí o clima próprio das cidades estar ligado intimamente à escala local e chamar tanto a atenção, a ponto de figurar como uma especialidade da ciência climatológica.

2.2.2. Clima urbano

O processo de urbanização é o principal modificador ambiental gerido pelo homem na superfície terrestre. No meio ecológico, os elementos naturais solo, relevo, vegetação e clima têm a função de manter o equilíbrio do ecossistema a que se referem. Alterar o funcionamento de um desses elementos pode desencadear desequilíbrios. Isso se faz na medida em que o homem constrói historicamente o espaço que habita, deixando marcas na caracterização desse espaço. A este processo SANTOS (1985) denomina rugosidade. Os centros urbanos possuem rugosidades históricas deixadas pelo homem também no que se refere ao trato com a natureza.

Nos espaços urbanos, referindo-se à questão ambiental, uma das mais fortes alterações diz respeito ao clima. A intensidade da urbanização altera de forma significativa as condições climáticas das cidades, quando comparadas com áreas circunvizinhas. A cidade altera o clima, principalmente nas escalas micro e local, através de transformações em sua superfície, em geral aumentando o calor

e modificando os fluxos de vento e a umidade relativa do ar, caracterizando o “clima urbano”.

Como as características geológicas (sítio) e geourbanas (estruturas e funções) diferenciam os organismos urbanos, da mesma forma as especificidades das cidades e seus sítios marcam contrastes internos. No que diz respeito às discrepâncias entre atributos climáticos, percebe-se que o clima urbano varia de uma cidade para outra.

As cidades, com suas instalações industriais, circulação de veículos, cobertura vegetal insuficiente, impermeabilização dos solos, modificação na topografia e tantas outras, alteram substancialmente o balanço energético e o balanço hídrico da cidade, criando ambientes climáticos, na maioria das vezes inconvenientes ao pleno desempenho das funções urbanas. Essas alterações no organismo urbano acabam por gerar profundas mudanças no comportamento da atmosfera sobre a cidade, de que são exemplos problemas relacionados ao escoamento superficial e a umidade relativa do ar, com efeitos que comprometem a qualidade ambiental cidadina.

Segundo MONTEIRO (1976), a cidade gera um clima próprio (clima urbano), resultante da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada limite urbana e que agem no sentido de alterar o clima em escala local. Seus efeitos mais diretos são percebidos pela população através de manifestações ligadas ao conforto térmico, à qualidade do ar, aos impactos pluviais e a outras manifestações capazes de desorganizar a vida da cidade e de deteriorar a qualidade de vida de seus habitantes.

O clima vem adquirindo crescente importância nos estudos ambientais, destacando-se como um dos principais componentes da qualidade ambiental urbana. O enfoque atual concentra-se, essencialmente, na configuração das ilhas de calor, fenômeno que representa mais significativamente o clima urbano.

Paralelamente ao processo de urbanização generalizada no último século, tem crescido o interesse pelo estudo do clima urbano. Geógrafos e

meteorologistas europeus vêm se preocupando com o clima das cidades desde o início do século passado. A literatura estrangeira apresenta farta bibliografia sobre clima urbano principalmente relativa às cidades de países situados em médias latitudes, de onde foram levados os conhecimentos sobre o assunto para os países tropicais, incluindo o Brasil. Nessa vasta bibliografia, destacam-se os estudos de H. Landsberg, *“The climate of towns”*, publicado em 1956, e o de T. Chandler, *“The climate of London”*, publicado em 1965, como pioneiros no conhecimento das alterações climáticas provocadas pela urbanização em cidades de latitudes médias.

Os estudos relativos às cidades das regiões tropicais são recentes. Tal fato é atribuído à pequena parcela de recursos financeiros destinada ao financiamento de pesquisas e à aquisição de instrumentos meteorológicos e à insuficiente rede de estações climatológicas instaladas para atender aos objetivos desses estudos, fato já largamente enfatizado por vários autores, entre eles: OKE (1981), MONTEIRO (1984), MENDONÇA (1995) e BRANDÃO (2001).

As alterações no balanço de energia, segundo LANDSBERG (1981), são apontadas como resultantes das transformações que o processo de urbanização gera na superfície, em relação às propriedades radiativas, térmicas, aerodinâmicas e de umidade. Assim, os parâmetros naturais do ambiente têm suas propriedades físicas bastante alteradas, como por exemplo, o albedo, em função dos materiais que predominam na superfície urbana. Tais alterações, produzidas pelo processo de urbanização nos parâmetros do balanço de energia, são refletidas na maior capacidade de estocagem de calor em função das propriedades dos materiais de construção da cidade e nas situações de aumento da poluição, por exemplo, uma vez que a geometria da cidade produz o aprisionamento do ar.

Vários estudos, tais como os de CHANDLER (1965) e MONTEIRO (1984), apontam as variações nos parâmetros do balanço de energia entre a cidade e o campo e concluem que as diferenças podem ser significativas, sendo que em geral a radiação solar global, a insolação, o albedo, a umidade relativa do ar, a nebulosidade e a velocidade do vento apresentam valores mais altos no campo

do que na cidade. Ao contrário, a temperatura e a pluviosidade apresentam-se, em geral, mais elevadas na cidade.

A ilha de calor constitui um dos principais produtos das alterações climáticas provocadas pela existência das cidades. Embora ainda não estejam claro quais as causas mais relevantes para a sua formação, vários estudos apontam como principais causas, segundo CHANDLER (1965) e OKE *et al.* (1991):

- 1) As propriedades térmicas e hidrodinâmicas da superfície urbana geram grande estocagem de calor durante o dia e maior emissão de radiação noturna;
- 2) A produção artificial de calor na cidade em função da utilização de aquecedores e/ou refrigeradores de ar, da circulação de veículos e dos processos industriais, que resultam em adição de calor antropogênico;
- 3) A redução do fluxo de calor latente e o aumento do calor sensível em função da reduzida superfície líquida e de áreas verdes na área urbana, que resultam em redução da umidade e menor evaporação.

Vale ressaltar que esse fenômeno também pode ocorrer em áreas rurais com solo exposto. Da mesma forma que em áreas urbanas, a retirada da cobertura favorece o armazenamento de calor durante o dia e a maior emissão de radiação noturna, além de reduzir o fluxo de calor latente e aumentar a emissão de calor sensível devido à redução da superfície líquida, diminuindo a evaporação.

Inúmeros estudos, utilizando diferentes técnicas, de estações-padrão ou de medidas fixas ou móveis, estabeleceram correlações entre os diferentes padrões de uso do solo urbano e seus parâmetros físicos, como a intensidade da ilha de calor, chegando mesmo, alguns deles, a atribuir ao uso da terra o fator de maior peso na distribuição espacial da ilha de calor.

Um dos primeiros estudos referentes a uma cidade brasileira, que tentou estabelecer correlações entre a distribuição dos diferentes tipos de superfície e as ilhas de calor, foi o de SAMPAIO (1981), para a cidade de Salvador. Esse estudo, de caráter exploratório, identificou, claramente, a presença da ilha de calor no

ambiente urbano, embora não tenha sido constatado nenhum indício de correlação linear entre a intensidade do uso do solo e a variação das temperaturas internas no espaço urbano. Contudo, constatou temperaturas mais elevadas (de 1,3°C a 6,0°C) nos ambientes edificados e verificou o deslocamento da ilha de calor do centro tradicional de Salvador para o sítio, localizado na praia.

O interesse pelo estudo do clima urbano no Brasil vem aumentando, principalmente, em função de a problemática ambiental em nosso país ter alcançado dimensões alarmantes na atualidade e da crescente crise socioeconômica, embora a produção científica brasileira nessa temática seja ainda muito reduzida se comparada com outros temas relacionados ao meio ambiente.

Vale ressaltar a grande contribuição do Dr. Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro nos estudos de clima urbano desde a década de 70. A partir dessa data, estudos com a abordagem do clima urbano vêm sendo aplicados para várias cidades brasileiras, de diferentes tamanhos, privilegiando-se as áreas metropolitanas em função de nelas já haver claras evidências de alterações climáticas derivadas da ação antrópica. Dentre elas, São Paulo, Salvador, Belo Horizonte, Porto Alegre, além de Florianópolis, Londrina e Santa Maria.

Quanto ao estudo do clima urbano no Distrito Federal, as contribuições são, ainda, incipientes, destacando-se o trabalho de RIBEIRO (2000), no qual foram analisados os impactos da expansão urbana nas variações climáticas, além de indicar a presença de ilhas de calor em setores específicos do Distrito Federal, e o de BARROS (2003), no qual foram identificados os principais padrões de regime e variação espacial da chuva no Distrito Federal. BAPTISTA (2002) realizou estudos sobre as ilhas de calor no Distrito Federal a partir de imagens LANDSAT - 5 TM, constatando um aumento médio da temperatura do ar de 3°C no período de 1984 a 2001. Contudo, o autor não mencionou o método de correção atmosférica e de emissividade utilizado na pesquisa, o que pode levar à contestação dos valores de incremento de temperatura encontrados.

Foi a partir dos anos 90 que a produção científica neste campo se tornou mais expressiva podendo ser destacados os estudos listados a seguir.

ASSIS (1990) desenvolveu uma metodologia para as avaliações do comportamento térmico de áreas construídas e áreas verdes urbanas, utilizando-a no tratamento de dados climáticos de estações meteorológicas da cidade de Belo Horizonte. Avaliou o comportamento da ilha de calor nos períodos críticos de verão e de inverno e o seu efeito de stress térmico. O efeito das áreas verdes urbanas sobre as temperaturas locais foi avaliado através do emprego de imagens do satélite LANDSAT, da banda termal, mostrando que os limites de ocupação e de edificação, em cada local, podem ser determinados a partir de uma análise do comportamento do clima da cidade ou de locais situados em regiões climáticas e geográficas semelhantes.

MENDONÇA (1995) propôs metodologia para o estudo do clima urbano de cidades de porte médio e pequeno, aplicando-a ao estudo do campo termodinâmico da cidade de Londrina. Elaborou cartas de uso da terra com base em fotointerpretação e imagens do satélite LANDSAT - 5 TM, que foram utilizadas como balizadoras da setorização do ambiente urbano. A partir da correlação entre os aspectos geoecológicos da cidade e o uso da terra, a área urbana de Londrina foi dividida em ambientes com características aproximadamente homogêneas. Nos diversos setores urbanos, foram realizados levantamentos de dados meteorológicos, considerando situações sazonais e diárias bem diferenciadas. Este estudo possibilitou a identificação de ilhas de calor de grande magnitude, superiores a 10 °C, e a definição de 15 ambientes climáticos diferentes no interior da cidade.

PITTON (1997) investigou o campo termodinâmico das cidades paulistas de Rio Claro, Araras, Cordeirópolis e Santa Gertrudes, considerando os aspectos geoecológicos e geourbanos de cada uma. Medições em campo foram efetuadas simultaneamente em dois segmentos temporais – julho e dezembro de 1992. Os resultados indicaram que as anomalias térmicas originadas nas cidades existem a despeito de sua categoria dimensional. Da análise dos dados e de acordo com as peculiaridades de cada organismo urbano, foram definidas Unidades Térmicas,

como também foi sugerida a criação de áreas verdes, visando os benefícios térmicos que as mesmas podem oferecer aos residentes urbanos.

COLLISCHONN (1998) realizou estudo sobre o campo térmico da Região Metropolitana de Porto Alegre, no qual empregou imagens de satélite LANDSAT - 5 TM, particularmente o canal 6 para identificar a termografia regional. Nesse trabalho, a autora enriquece os estudos relativos ao ambiente atmosférico das cidades ao aplicar o geoprocessamento como ferramenta básica para a pesquisa.

Com base em instrumental cartográfico, ANUNCIAÇÃO (2001) elaborou uma setorização da cidade de Campo Grande em ambientes geográficos distintos, com o intuito de definir as características da estrutura urbana e chegar às especificidades climáticas locais. A autora utilizou uma série temporal de 38 anos para avaliar a variabilidade dos parâmetros: temperatura do ar, umidade relativa, pressão e vento. Os resultados constataram a importância da arborização de ruas e fundos de quintais para o conforto térmico e para a melhora das condições gerais do ambiente.

Objetivando oferecer uma contribuição para a caracterização do quadro climático do Distrito Federal, BARROS (2003) analisou alguns episódios pluviais de caráter habitual e excepcional para caracterizar o regime de chuvas da região, bem como o ritmo de sucessão de alguns estados atmosféricos atuantes. Embora a pesquisa da autora não pertença à categoria de estudos de clima urbano, é de fundamental importância para o entendimento da dinâmica climática do Distrito Federal, considerando a carência de estudos de climatologia abrangendo essa região.

2.3. Técnicas de análise em climatologia

As técnicas de análise do clima urbano tradicionalmente se apóiam na utilização de dados meteorológicos oficiais e no emprego de mini-abrigos termométricos móveis, pluviômetros, anemômetros e de equipamentos para coleta de material particulado, distribuídos em rede e/ou transectos na área de estudo. A maioria das referências bibliográficas relacionadas a essa temática faz

alusão a esses procedimentos. MENDONÇA (2003) efetuou um levantamento dos estudos de clima urbano realizados nos últimos trinta anos no Brasil e verificou que, de maneira geral, os dados têm sido provenientes tanto de estações fixas quanto de móveis, distribuídas em pontos pré-estabelecidos. Porém, a partir da década de 90, começaram a ser empregadas mini-estações meteorológicas automáticas, além de sensores eletrônicos e imagens de satélite para aferição dos componentes da atmosfera. Verificou, também, que está havendo maior precisão na elaboração da cartografia de representação dos parâmetros climáticos, a partir do emprego de *softwares* diversificados, o que garante melhora na qualidade estética e estatística na ilustração dos episódios estudados.

Outra técnica, conhecida como *Sky View Factor*, que emprega a cobertura do horizonte como elemento de análise do clima urbano, tem sido utilizada, embora sem muita divulgação. Essa técnica permite evidenciar o papel do sombreamento dos edifícios dentro da cidade e produz resultados importantes para o conhecimento da obstrução do horizonte nos *canyons* urbanos formados pelos altos prédios. Maiores detalhes sobre esta técnica podem ser encontrados em BRANDÃO (1996) e ASSIS (1990).

Na maioria dos estudos de clima, os dados levantados de forma pontual possibilitam elaborar cartas de isolinhas que permitem representar, aproximadamente, a realidade. Dependendo da densidade da distribuição dos pontos de observação, pode-se produzir uma considerável generalização (MENDONÇA, 2003).

Esses registros pontuais (estações e postos meteorológicos) representam apenas uma parcela dos elementos necessários à compreensão do clima local, principalmente quando se leva em conta que parte do espaço geográfico é ocupado por áreas urbanas e industriais, o que acarreta modificações sensíveis para o clima: a) em função da substituição da vegetação por asfalto e concreto; b) da diminuição da superfície disponível para a evapotranspiração; c) das mudanças nos fluxos radiativos e no escoamento superficial e da geração de calor antropogênico. As estações meteorológicas nunca cobrem suficientemente o espaço geográfico estudado para permitir analisar, de forma detalhada, as

conseqüências climáticas do desenvolvimento de uma aglomeração, por exemplo, (COLLISCHONN, 1998).

Segundo DOUSSET e GOURMELON (2003), os parâmetros físicos relacionados acima são difíceis de serem monitorados somente com instrumentos de superfície. Portanto, a utilização de informações provenientes de satélites possibilitaria a análise de dados quantitativos com altas resoluções espaciais e temporais. O sensoriamento remoto tem sido utilizado para estudos de fenômenos como o crescimento das cidades, uso da terra e suas modificações, etc. Entretanto, esses autores destacaram que as aplicações em climatologia ainda são restritas devido à complexidade de interações da radiação eletromagnética (REM) com a atmosfera e com as diferentes superfícies.

A combinação de dados provenientes de diversos sensores, resoluções espaciais mais finas e novas técnicas de processamento têm, recentemente, aperfeiçoado a precisão do sensoriamento remoto, permitindo novas aplicações. A utilização de dados de satélites para estimar propriedades físicas da superfície e suas variações foram investigadas, por exemplo, por CARNAHAN e LARSON (1990), que utilizaram dados do satélite LANDSAT - 5 TM (canal termal), em mesoescala, para analisar as diferenças de temperatura entre as áreas urbanas e rurais em Indianápolis (EUA); KIM (1992) estudou as ilhas de calor em Washington/DC, apontando o significado do albedo dos solos e da disponibilidade de vapor d'água para o balanço energético da superfície; NICHOL (1994) elaborou uma metodologia para estudo do clima urbano em Singapura e defendeu a aplicabilidade dos dados termais do satélite LANDSAT, desde que se utilizem as devidas correções, para avaliação das temperaturas de superfície; PETKOV *et al.* (1996) realizaram uma comparação entre as temperaturas do ar coletadas em estações meteorológicas e as temperaturas estimadas através do sensor AVHRR a bordo do satélite NOAA 11 para a região da Toscana (Itália), indicando que os dados NOAA-AVHRR podem fornecer informações sobre a variabilidade espacial da temperatura do ar. Outros exemplos podem ser encontrados em THOMAS *et al.* (2002) e WENG *et al.* (2004).

Vários autores, entre os quais, KERR *et al.* (1992, 2003) acreditam que o sensoriamento remoto tem possibilidade de contribuir com estudos relacionados ao campo térmico das cidades (temperatura de superfície), sendo necessário que o sensor escolhido conte com uma resolução espectral que o habilite à captação da radiação emitida pelos corpos terrestres. Essa emissão ocorre em forma de ondas longas.

A radiação de ondas longas está situada, segundo MENESES (2001), FERREIRA (2002) e FLORENZANO (2002), dentro do intervalo espectral que vai de 5,0 a 1000 μm . Essa extensão de comprimento de ondas é definida como região do infravermelho termal do espectro eletromagnético¹ (tabela 2.2). Essa região é conhecida como termal porque, segundo MENESES (2001), o que se detecta no sensor é a radiação emitida pelos objetos, cuja intensidade é função da sua temperatura de superfície. A melhor janela atmosférica (região que permite maior transmissão que alcança o sensor da energia emitida pela Terra), nessa região espectral, é o intervalo de 8,0 a 14,0 μm para imageamento orbital, porque acima de 30 km, a camada de ozônio absorve toda radiação além de 14 μm emitida pela Terra.

Tabela 2.2: espectro de ondas eletromagnéticas em ordem crescente de comprimento de onda.

Tipo de radiação	Comprimento de onda
Raios Gama	0.0001 nm - 0.1 nm
Raios X	0.01 nm - 100 nm
Ultravioleta	6 nm - 380 nm
Luz visível - Violeta	380 nm - 430 nm
Luz visível - Azul	430 nm - 470 nm
Luz visível - Azul esverdeado	470 nm - 500 nm
Luz visível - Verde	500 nm - 560 nm
Luz visível - Amarelo	560 nm - 600 nm
Luz visível - Laranja	600 nm - 640 nm
Luz visível - Vermelho Claro	640 nm - 710 nm
Luz visível - Vermelho escuro	710 nm - 780 nm
Infravermelho	780 nm - 1 mm (milímetro)
Microondas	1 mm - 30 cm
Ondas de rádio, TV, radar, etc..	1 mm - 60 km

Fonte: NOVO (1998)

¹ A ordenação de todas as radiações eletromagnéticas em função do comprimento de onda (λ) forma o que se conhece como ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO.

Vale lembrar que o fluxo energético emitido pela superfície tem suas características modificadas por vários fatores, tais como perturbações promovidas pelo próprio sensor, incluindo a resolução radiométrica e dinâmica dos dados; pelos efeitos devidos à presença da atmosfera e, também, pelo perfil do relevo terrestre. Segundo ZULLO JUNIOR (1994) e MACHADO *et al.* (2003), o conhecimento desses fatores é de grande importância para que seja possível distinguir as variações relacionadas com a captura dos dados pelos satélites das variações referentes às próprias grandezas medidas.

Entre os efeitos devidos à presença da atmosfera, os de caráter atmosférico são os mais comumente corrigidos quando se trata de extração das temperaturas de superfícies. Os principais efeitos observados nas imagens de satélite, devido à presença real da atmosfera entre o satélite e a superfície terrestre são, de acordo com ZULLO JUNIOR (1994), a diminuição da faixa de valores digitais possíveis registrados pelo sensor, diminuição do contraste entre superfícies adjacentes e alteração do brilho de cada ponto da imagem. Os gases (principalmente vapor d'água, oxigênio, ozônio e dióxido de carbono) e os aerossóis (pequenas partículas materiais em suspensão, distintas da água e do gelo, com raio variando de 0,1 μm a 10 μm) absorvem e espalham a radiação solar desde quando ela atinge a atmosfera até quando a deixa, depois de refletida pelo solo.

Em uma situação hipotética de ausência completa da atmosfera, toda a radiação solar atingiria diretamente a superfície terrestre. Uma parte dessa energia seria absorvida pela superfície, enquanto o restante seria refletido de volta ao espaço. Nesse caso, o sinal registrado pelo satélite dependeria apenas do estado da área visada, uma vez que somente ela reenviaria os fótons em direção ao espaço. A presença da atmosfera perturba a transmissão da radiação solar em seu meio, modificando as intensidades de energia que chegam diretamente à superfície terrestre e ao satélite. Essa atenuação na iluminação da superfície terrestre e no sinal registrado pelo satélite é contrabalançada pela contribuição de outros tipos de radiação incidente e refletida, que surgem com a presença da atmosfera. As perturbações causadas pela atmosfera devem-se

principalmente à atuação dos processos de absorção e espalhamento na trajetória da radiação solar em direção à superfície da terra e no caminho da radiação refletida para o satélite (MIRALLES, 1991 e ZULLO JUNIOR, 1994).

De acordo com KERR *et al.* (2003), devido a essas limitações, a utilização de estimativas confiáveis se constitui em um ponto crucial para qualquer estudo que envolva temperatura de superfície. O autor destaca, ainda, que além dos efeitos atmosféricos, deve-se considerar os efeitos relativos à emissividade² da superfície.

Geralmente, os corpos naturais possuem emissividades muito próximas e os contrastes de temperaturas de brilho medidas pelo sensor correspondem essencialmente às diferenças de temperatura de superfície desses corpos. A água é o material terrestre que irradia energia termal com comportamento mais próximo à do corpo negro³. Ela possui emissividade (ϵ) igual a 0,97 a 0,99. Vale lembrar que as condições ambientais podem alterar significativamente os valores de emissividade de um material.

Existem diversas técnicas para estimar valores de temperatura de superfície a partir de imagens de satélite. Contudo, vale ressaltar que a sofisticação do problema da transferência radiativa através da atmosfera, a dificuldade em obter os dados atmosféricos necessários à correção dos efeitos descritos anteriormente e o custo computacional associado aos procedimentos de cálculos mais elaborados faz com que a correção com relação aos efeitos atmosféricos e de emissividade sejam quase sempre desconsiderados.

PRICE (1983) ressaltou que esses efeitos parecem ser, particularmente, pronunciados em áreas urbanas localizadas em regiões de clima tropical, onde a absorção e a emitância da radiação infravermelha pelo vapor d'água atmosférico podem atribuir uma diferença de até 10 °C entre a temperatura real da superfície

² A emissividade, definida como razão entre a excitância (densidade do fluxo radiante em uma superfície) de um material e a excitância de um corpo negro à mesma temperatura, é de extrema importância quando se trabalha com dados de sensoriamento remoto na região do infravermelho termal (NOVO, 1998).

³ Corpo negro: modelo conceitual de corpo absorvente perfeito, ou seja, apresenta coeficiente de absorção igual a 1. (VAREJÃO-SILVA, 2000).

e a estimada pelo satélite. Dessa forma, embora os valores de radiância da imagem possam ser convertidos em temperatura do corpo negro, usando a Lei de Planck, essa técnica subestima a temperatura de superfície, se não forem feitas correções atmosféricas e de acordo com a emissividade de cada cobertura.

Partindo-se desse princípio, os resultados apresentados nos estudos realizados por MARALET *et al.* (1985), TARIFA e ARMANI (2000), BAPTISTA (2002) e BIAS *et al.* (2003), só para citar alguns, que utilizaram a equação da lei de Planck sem efetuarem nenhum processo de correção atmosférica e de emissividade, podem ser contestados, uma vez que a simples transformação dos níveis de cinza das imagens em valores de temperatura da superfície oferece informações distorcidas (LAYMON e QUATROCCI, 2003).

Estudos relacionados com a extração da temperatura de superfície por meio de satélite foram iniciados com a utilização de dados provenientes dos sensores AVHRR (*Advanced Very-High Resolution Radiometer*) a bordo dos satélites da série NOAA. Esses sensores contam com dois canais de detecção de energia eletromagnética emitida na faixa do infravermelho termal. Esses canais compreendem as regiões que vão de 10,3 a 11,3 μm (canal 4) e 11,5 a 12,5 μm (canal 5). Os dados obtidos desses canais revelam especificamente as características termais da superfície da Terra, dos oceanos e dos topos das nuvens. Como a maioria dos sensores IR (infravermelho), o AVHRR mede a radiação IR emitida pela Terra em comprimentos que podem penetrar na atmosfera. Isso permite que medidas de temperatura da superfície possam ser feitas do espaço (FERREIRA, 2002).

Os satélites da série NOAA foram projetados pela empresa norte americana *National Oceanic and Atmospheric Administration* para operarem numa órbita polar e heliossíncrona, ou seja, cada satélite passa nas regiões com o sol numa posição aproximada à da passagem anterior, para qual o eixo maior possui 7.231,9 km, formando um campo de observação de pontos do globo compreendidos entre 78° de latitude Norte e 78° de latitude Sul. Cada órbita possui um período de aproximadamente 102 minutos. Portanto, em um dia, o

satélite faz em torno de 14 órbitas ao redor do planeta (1.440 minutos divididos por 102 minutos por órbita).

Atualmente, os satélites NOAA 12, 16 e 17 fazem a cobertura do globo terrestre numa área de 2.500 por 4.000 km, captando informações sobre uma mesma área seis vezes por dia (três diurnas e três noturnas). Cada um dos atuais satélites da série NOAA possui um número diferente de sensores, com propósitos específicos. Contudo, o único usado para fins meteorológicos é o AVHRR, com resolução espacial de 1 km (nadir). Além dos dois canais já comentados anteriormente, este sensor possui mais três descritos na tabela 2.3.

Tabela 2.3: Canais do sensor AVHRR

Canal	Resolução Espectral (μm)	Tipos de dados obtidos
1 (visível)	0,58 – 0,68	Cobertura de nuvens, neve, gelo, mapeamento, poluição.
2 (IR próximo)	0,725 – 1,10	Cobertura de nuvens, superfícies de água, vegetação.
3 (IR médio)	3,55 – 3,93	Cobertura de nuvens à noite, temperatura do mar, incêndio e vulcões.
4 (IR termal)	10,3 – 11,3	Cobertura de nuvens (dia e noite) e padrões de temperatura da terra e mar.
5 (IR termal)	11,5 – 12,5	Vapor d'água, cobertura de nuvens e temperaturas.

Fontes: adaptado de FERREIRA (2002) e ALMEIDA (1996).

O fato de o sistema NOAA apresentar uma boa resolução temporal aliada à baixa resolução espacial de seus produtos, torna as imagens oferecidas pelo sistema aptas à estimativa da temperatura de superfície dentro de curtos intervalos de tempo. Porém, EHRlich *et al.* (1994) observaram que essas são características apreciáveis no desenvolvimento de estudos em escalas regionais.

Características do campo térmico de cidades foram inicialmente examinadas com a utilização de sensores de baixa resolução espacial tais como o AVHRR do satélite NOAA. Este foi utilizado por BALLING e BRAZEL (1988) e ROTH *et al.* (1989) para a identificação de ilhas de calor. LOMBARDO (1985) encontrou diferenças de 9 °C de temperatura entre o centro da cidade de São Paulo e a periferia da mancha urbanizada em um trabalho pioneiro no Brasil, utilizando imagens do satélite NOAA para tratamento das condições térmicas e

imagens do satélite LANDSAT para identificação do uso da terra. A análise da termografia da superfície urbana permaneceu bastante genérica naquele estudo, uma vez que a resolução espacial das imagens NOAA não permite o detalhamento necessário que a análise climática local demanda.

DOUSSET e GOURMELON (2003) propuseram uma metodologia para analisar a variação espacial e temporal das temperaturas de superfície e sua relação com a cobertura do solo em Los Angeles (EUA), através da combinação de dados oriundos do sensor AVHRR do satélite NOAA e do sensor HRV do satélite Spot. A pesquisa demonstrou a aplicabilidade da combinação de dados termais (resolução de 1 Km) e dados do visível e do infravermelho próximo (resolução de 20 m) para estudos de climatologia urbana.

Vários autores, entre eles NICHOL (1994); MENDONÇA (1995); e WENG *et al.* (2004) acreditam que as imagens provenientes do satélite LANDSAT, embora este seja um satélite de recursos naturais e não meteorológico como o NOAA, encontram aplicação no domínio da climatologia local através da utilização do canal infravermelho termal (banda 6) do sensor TM (*Thematic Mapper*), que apresenta uma resolução espacial no solo de 120 m. Segundo esses autores, essas imagens possibilitam a observação da variação térmica de superfície intra-urbana tanto de grandes cidades como das de menor porte, bem como da variação térmica na área rural.

Os satélites LANDSAT foram desenvolvidos pela *National Aeronautics and Space Administration* – NASA para a observação dos recursos terrestres, tendo sido lançado em julho de 1972 o LANDSAT 1 (ERST – 1). Nos três primeiros satélites da série, o principal sistema sensor era o *Multispectral Scanner System* (MSS), que operava em quatro canais (dois no visível e dois no infravermelho próximo), com uma resolução espacial de 80 metros. Os LANDSAT 1, 2 e 3 passavam sobre a mesma área da superfície terrestre a cada 18 dias (NOVO, 1998).

A partir do LANDSAT 4, lançado em 1982, além do MSS, foi colocado em operação um novo sistema sensor com tecnologia mais avançada, o *Thematic*

Mapper (TM). Esse sensor registra dados em sete canais (três no visível, um no infravermelho próximo, dois no infravermelho médio e um no infravermelho termal) com resolução espacial de 30 metros (exceto para o termal - 120 metros). O LANDSAT 5, com as mesmas características do seu antecessor, foi lançado em 1984 e operou até recentemente (FLORENZANO, 2002).

O LANDSAT 6 foi lançado em outubro de 1993, mas não conseguiu atingir sua órbita e foi declarado perdido. O LANDSAT 7 foi lançado em abril de 1999, nesse satélite o sensor TM foi substituído pelo ETM⁺ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) que inclui um canal pancromático (da região do visível e infravermelho próximo) com resolução espacial de 60 metros para o canal termal e de 15 metros para os outros canais. O LANDSAT 7 funcionou até meados de 2003, passando sobre a mesma área do globo a cada 16 dias. Cada imagem obtida por esse satélite cobre uma área de 185 por 185 km. A tabela 2.4 mostra os sensores e suas respectivas faixas espectrais do satélite LANDSAT 5 e 7.

Tabela 2.4: Canais dos sensores do satélite LANDSAT 5 e 7

Canais	Resolução espectral (nm)	Resolução espacial
1 (TM e ETM ⁺)	0,45 – 0,52	30 m
2 (TM e ETM ⁺)	0,52 – 0,60	30 m
3 (TM e ETM ⁺)	0,60 – 0,63	30 m
4 (TM e ETM ⁺)	0,76 – 0,90	30 m
5 (TM e ETM ⁺)	1,55 – 1,75	30 m
6 (TM)	10,42 – 12,50	120 m
6 (ETM ⁺)	10,42 – 12,50	60 m
7 (TM e ETM ⁺)	2,08 – 2,35	30 m
8 PAN (ETM ⁺)	0,50 – 0,90	15 m

Fonte: FLORENZANO (2002).

O estudo de WENG *et al.* (2004) tentou mostrar a viabilidade da utilização dos dados do canal 6 do satélite LANDSAT ETM⁺ 7 em pesquisas relacionadas à climatologia urbana, especificamente à extração de temperatura de superfície. Os autores utilizaram uma imagem (canal 6) da cidade de Indianápolis (EUA) para investigar a variação das temperaturas das superfícies na cidade. O estudo

chama atenção para o fato da emissividade (ϵ) das superfícies ser um importante elemento a ser considerado e corrigido.

Da mesma forma, NICHOL (1994) acredita que, dentre os parâmetros que contribuem para erros na derivação de temperaturas de superfície por meio de dados de radiância do satélite, aqueles que produzem imprecisões entre os tipos de coberturas, tal como a emissividade, são importantes para monitorar variações de temperatura em áreas urbanas.

Embora alguns autores estejam fazendo uso das imagens de satélite do sensor TM canal 6 do satélite LANDSAT -5 TM para a estimativa de temperatura de superfície, vale lembrar que elas não podem proporcionar a expressão pronta do campo térmico, que se apresenta como uma complexidade de vários estratos. As temperaturas derivadas do sensor não são idênticas à temperatura do ar medida na camada próxima à superfície.

Existem inúmeros modelos para a extração da temperatura aparente da superfície da Terra a partir das imagens originadas do satélite LANDSAT. BARIOU *et al.* (1993) sintetizam três dessas técnicas, entre as quais a de MARALET *et al.* (1985), que foi utilizada por TARIFA e ARMANI (2000) para a região metropolitana de São Paulo. Contudo, estas técnicas subestimaram a temperatura, pois não foram feitas correções dos efeitos atmosféricos e de emissividade. De acordo com MARALET *et al.* (1985), a obtenção da temperatura de superfície é feita através da conversão do número digital⁴ (DN) de cada *pixel* da imagem do canal termal em temperatura aparente, com a utilização do seguinte modelo de regressão quadrática:

$$T = 209,831 + 0,834 \text{ DN} - 0,00133 \text{ DN}^2 \quad (2.1)$$

A simples transformação das radiâncias (número digital) medidas pelo satélite em temperatura, no caso da equação acima, é feita supondo que a

⁴ As imagens de satélite são compostas por uma matriz de pixels em 255 tons de cinza. Cada um dos pixels que compõem a imagem tem um número digital (ou DN – digital number) associado, número esse que corresponde à tonalidade de cinza através do qual é representado e varia de 0 a 255.

superfície observada é um corpo negro, cujo valor de emissividade é igual a 1. Todavia, uma superfície vegetada, por exemplo, não se comporta como um corpo negro perfeito, 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 (SOBRINO *et al.* 1993) e só pode ser considerado como representativo da realidade terrestre depois de ser corrigido quanto aos efeitos atmosféricos e de emissividade da superfície. Vale ressaltar que TARIFA e ARMANI (2000) tiveram o cuidado de utilizar o termo “temperatura aparente” para os mapas de temperatura elaborados a partir das estimativas pelo satélite.

Já a técnica apresentada por NICHOL (1994) e utilizada por COLLISCHONN (1998) para a região metropolitana de Porto Alegre utiliza a equação inversa da lei de Planck, mas também leva em consideração os efeitos da emissividade das superfícies. Portanto, essa técnica vai além da simples aplicação da lei de Planck, mas, ainda assim, não apresenta resultados satisfatórios com relação à estimativa das temperaturas de superfície, pois os valores de emissividade utilizados não foram tomados em campo, mas retirados da bibliografia estrangeira e os efeitos atmosféricos não foram corrigidos. A equação utilizada foi:

$$T_s = \frac{T_b}{1 + \left(\frac{\lambda T_b}{\alpha} \right) \cdot \ln \varepsilon} \quad (2.2)$$

Onde:

T_b = temperatura que emitiria a superfície se fosse um corpo negro perfeito;

λ = comprimento de onda médio do infravermelho termal (11,5 μm);

$\alpha = hc/K = 1,438 \times 10^{-2} \text{ m K}$, onde:

K = constante de Stefan-Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$)

h = constante de Planck ($6,28 \times 10^{-34} \text{ J s}^{-1}$)

c = velocidade da luz ($2,998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$)

$\ln \varepsilon$ = logaritmo natural da emissividade da superfície

Outra técnica, também muito utilizada, é a de MARKHAM e BARKER (1986) *apud* LAYMON e QUATTROCHI (2003). A equação utilizada nesse caso é mais complexa, pois envolve, além da emissividade, outros elementos tais como a radiação atmosférica e a transmitância espectral⁵ e por isso pode ser considerada de maior precisão. Mesmo assim, LAYMON e QUATTROCHI (2003) chamaram atenção para o fato de o resultado ainda apresentar distorções. A temperatura de superfície, neste caso, é determinada por:

$$T_s(\lambda) = \frac{C_2}{\ln\left(\left(\frac{C_1}{L_s(\lambda)}\right) + 1\right)} \quad (2.3)$$

Onde C_1 e C_2 são constantes de calibração iguais a $60,776 \text{ m W cm}^{-2} \text{ ster}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ e $1260,56 \text{ }^\circ\text{K}$, respectivamente. A radiação da superfície, $L_s(\lambda)$ pode ser expressa em termos da radiação observada, $L_0(\lambda)$, como:

$$L_s(\lambda) = \frac{L_0(\lambda) - t(1 - \varepsilon_s)L_d(\lambda) - L_p(\lambda)}{t\varepsilon_s} \quad (2.4)$$

Onde:

$L_0(\lambda)$ = radiância espectral aparente no satélite na banda λ ;

$L_d(\lambda)$ = radiação de ondas longas que atinge a superfície;

$L_p(\lambda)$ = radiação atmosférica;

ε_s = emissividade da superfície; e

t = transmitância.

⁵ A transmitância (ou transmissividade) espectral de um meio é definida como a razão entre a quantidade de energia radiante transmitida e o total de energia incidente no meio, para um dado comprimento de onda. O corpo negro possui transmissividade nula. (BAKST e YAMAZAKI, 2002).

LAYMON e QUATTROCHI (2003) desenvolveram um método experimental para estimar, em escala regional, a evapotranspiração (ETP) de uma região desértica dos Estados Unidos utilizando informações da banda termal do LANDSAT 5 TM. Para tanto, realizaram várias estimativas, entre elas, as dos componentes do balanço de energia tais como: radiação líquida, albedo, emissividade, fluxo de calor no solo e temperatura de superfície.

Para a estimativa da temperatura de superfície, especificamente, os autores utilizaram a equação desenvolvida por MARKHAM e BARKER (1986) *apud* LAYMON e QUATTROCHI (2003) (equação 2.3), o modelo de transferência radiativa (SPECTRL) e os dados atmosféricos de Ely, Nevada (EUA) para calcular a transmitância e a radiação atmosférica para a banda termal do LANDSAT 5 TM. Mesmo com a adoção desses parâmetros, os autores concluíram que existem ainda limitações referentes à estimativa da temperatura de superfície através do LANDSAT - 5 TM.

Como pode ser observado, as estimativas de temperatura de superfície a partir do sensoriamento remoto termal utilizando-se imagens provenientes do satélite LANDSAT - 5 TM são muito complexas. Fatores como a natureza dos diferentes alvos, emissividade, efeitos atmosféricos, entre outros, contribuem para as dificuldades em determinar as temperaturas de superfícies em diferentes escalas espaciais. QUATTROCHI e GOEL (1995) destacaram que, para se obter qualidade razoável nas estimativas, devem ser considerados vários processos de correção, entre eles, efeitos atmosféricos e de emissividade da superfície. Assim, novas pesquisas devem ser desenvolvidas no sentido de confirmar os resultados encontrados, utilizando-se de metodologias de campo, tais como a tomada da emissividade dos alvos com radiômetros (para melhorar a estimativa da temperatura de superfície) e o levantamento de dados numa série temporal que permita a identificação de alterações nas variáveis.

2.4. Dinâmica atmosférica

As condições gerais do clima e do tempo atuantes em uma região estão relacionadas aos mecanismos de escala global, oriundos da circulação geral da atmosfera. Dessa forma, qualquer tentativa de entendimento da dinâmica atmosférica sobre uma determinada área, nesse caso específico o Distrito Federal, deve iniciar-se com uma visão geral, na qual a área em estudo está inserida. Sendo assim optou-se por iniciar pela América do Sul a descrição dos controles climáticos do Distrito Federal.

Estudos brasileiros sobre a circulação atmosférica na América do Sul, no Brasil e de caráter regional foram iniciados, segundo SANT'ANNA NETO (2001), a partir dos anos 30 do século passado, por Adalberto Serra e Leandro Ratisbona, os quais muito contribuíram para a compreensão dos sistemas produtores de tipos de tempo no Brasil. A partir dos anos 60, tais trabalhos serviram de base para estudos voltados para a abordagem genética do clima, destacando-se as contribuições de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro.

2.4.1. Principais aspectos da circulação atmosférica na América do Sul e no Brasil

Segundo MONTEIRO (1973), para descrever a localização dos centros de ação das fontes de massas de ar é imprescindível a consideração de fatores geográficos, principalmente o relevo continental, assim como a circulação atmosférica não pode ser compreendida sem a consideração do embasamento continental, com sua morfologia e suas articulações com as correntes oceânicas.

Portanto, vale ressaltar que a porção leste do continente sul-americano, dotada de modestas altitudes, não dificulta o deslocamento dos sistemas atmosféricos, ao contrário da porção ocidental, em função da influência exercida pela Cordilheira dos Andes. Essa configuração determina a atuação dos sistemas atmosféricos descritos a seguir.

A circulação atmosférica na América do Sul reflete a presença de centros de ação conjugados com os fatores geográficos acima comentados. A principal fonte de ar tropical marítimo do continente é proveniente dos anticiclones tropicais marítimos, e apenas o Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul invade profundamente o continente, destacando-se pelo papel que desempenha sobre o clima do Brasil.

Segundo FONZAR (1994), esse anticiclone possui seu centro de ação no Atlântico e penetra pelo interior do Brasil, tomando-o na sua totalidade, e avança no sentido SE/NW atingindo o Amazonas. Ali se desdobra em uma célula regional de alta pressão continental, denominada Anticiclone Tropical Continental, posicionado no nordeste de Mato Grosso, ao norte do Tocantins e que tem como centro o sul do Pará. A presença do Anticiclone Tropical Continental no interior do continente é mais comum no verão. No inverno, durante a invasão dos anticiclones polares, ele desaparece, mas configura-se como pertencente ao quadro geral da circulação atmosférica na América do Sul.

Uma vez comentadas as atuações dos anticiclones tropicais considerados semifixos, conhecidos como anticiclones quentes, passar-se-á para a descrição da atuação de outro tipo de anticiclone – o frio – que, de acordo com BRANDÃO (1996), sendo de origem térmica, é dotado de forte energia cinética, que o caracteriza como móvel ou migratório. O anticiclone móvel é uma célula de alta pressão, geralmente associada a tempo bom e calmo.

A América do Sul é invadida, constantemente, pelos anticiclones móveis, chamados migratórios, provenientes das altas latitudes. De acordo com NIMER (1989), esses anticiclones invadem o continente sul-americano entre dois centros de ação, o do Pacífico e o do Atlântico, seguindo duas trajetórias diferenciadas em função do relevo, uma a oeste dos Andes, onde é originada a Frente Polar Pacífica - FPP e outra, a leste dessa cordilheira, sob a forma de grandes anticiclones.

Na segunda trajetória, a leste dos Andes, o ar polar encontra-se com os ventos quentes do sistema tropical originando a Frente Polar Atlântica - FPA. Em seu caminho para o equador, essa frente divide-se em dois ramos: um continental

e um oceânico, sendo o seu avanço variável, tanto latitudinalmente quanto conforme a época do ano.

Pelo seu ramo oceânico, a FPA se desloca para nordeste e, a partir de 15°S de latitude, aproximadamente, essa frente entra em contato com os alísios de sudeste, perdendo sua nitidez pela incorporação do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul. Como a área de estudo referente a esta pesquisa se encontra na parte central do continente, o ramo continental da FPA constitui-se de maior interesse do que o ramo oceânico.

Pelo interior, durante o inverno, os avanços da FPA tornam-se mais vigorosos, atingindo o norte de Mato Grosso e, às vezes, o Amazonas, provocando o fenômeno conhecido como friagem – uma invasão do vigoroso anticiclone frio de massa polar – o Anticiclone Migratório Polar, cuja trajetória ultrapassa o equador, de acordo com NIMER (1989). No verão, ao contrário, devido ao forte aquecimento da região do Chaco (originando um centro de baixa pressão, comentado a seguir), o Anticiclone Migratório Polar apresenta dificuldades ou mesmo fica impedido de passar para as latitudes mais baixas.

Os centros de baixa pressão também desempenham papel importante na configuração climática da América do Sul. Pode-se destacar a célula de Baixa Pressão Continental Única (FONZAR, 1994) mais conhecida como Baixa do Chaco, formada pelo grande aquecimento continental e mais desenvolvida no verão, sendo, nessa estação, situada mais freqüentemente sobre a região do Chaco, por isso essa denominação. No verão, a Baixa do Chaco é um centro depressionário de origem térmica. Em altitude, produz divergência, estando associada a um sistema fechado de circulação anticiclônica, muito importante para o clima do Distrito Federal, denominado de Alta da Bolívia (alta quente).

Conforme BRANDÃO (1996), associa-se, inicialmente, o desenvolvimento da Alta da Bolívia ao aquecimento do continente, que favorece a queda da pressão atmosférica em superfície e transfere calor sensível do continente para a atmosfera, favorecendo a instabilidade e a formação de nuvens convectivas.

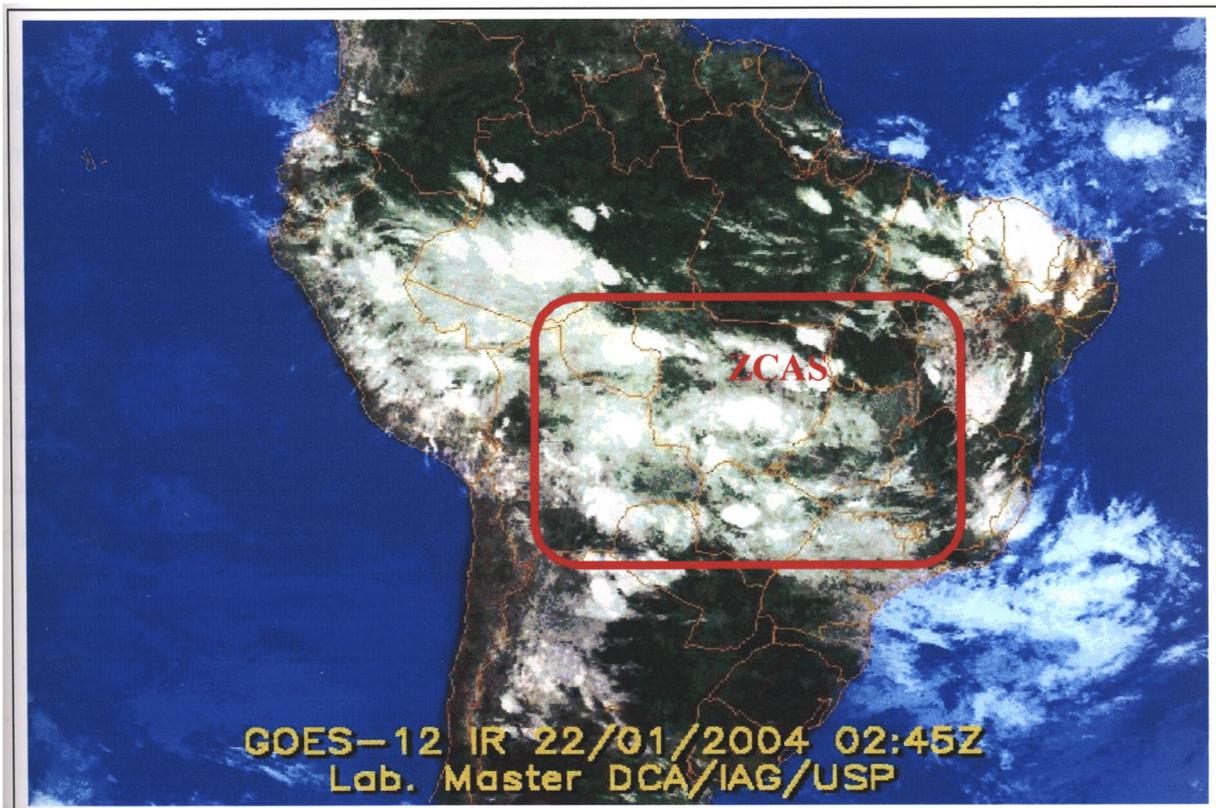
A Alta da Bolívia inicia seu desenvolvimento, em altitude, na primavera, de acordo com GAN e MOSCATI (2003), sobre o oeste da Amazônia, quando platô boliviano começa a se aquecer, intensificando a convecção térmica sobre a região. O sistema atinge intensidade máxima no verão, quando se posiciona sobre a Bolívia, deslocando-se, no outono, para a Amazônia central. Sob a atuação desse sistema, grandes conglomerados de nuvens do tipo Cb (cumulonimbus) cobrem grandes áreas continentais e, quando interagem com frentes frias, provocam chuvas torrenciais por vários dias, durante o verão.

A manutenção desse centro quente anticiclônico, segundo FISCHER *et al.* (1996), ocorre devido à convergência, em superfície, da umidade que vem do nordeste e do leste. Esta convergência provoca forte convecção, condensação e liberação de calor latente na alta troposfera, associada à atividade convectiva. Contudo, essa atividade convectiva possui um ciclo anual de migração SE/NW, partindo da região Amazônica durante o trimestre Dez/Jan/Fev e deslocando-se até a América Central no trimestre Jun/Jul/Ago. Com o início do inverno (mês de junho), ocorre o enfraquecimento da Alta da Bolívia, com o seu completo desaparecimento.

Associado à Alta da Bolívia, existe, também, um importante fenômeno de escala intra-zonal, que ocorre durante o verão na América do Sul. Trata-se da Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS. SAKAMOTO (1993), define a ZCAS como uma faixa de nebulosidade de orientação nordeste – sudeste, estendendo-se do sul da Amazônia ao Atlântico Sul-Central que, nos meses de verão, provoca períodos prolongados de chuvas intensas.

Os mecanismos que originam e mantêm a ZCAS não estão ainda totalmente definidos. Contudo, sabe-se que a sua formação está relacionada à penetração dos sistemas frontais em latitudes mais baixas na América do Sul. Estes, eventualmente, estacionam na porção Centro-Sul do Brasil, passando a interagir com a convecção tropical sobre a Amazônia, criando condições para a manutenção dessa zona de convergência. (Figura 2.2).

Outra região de importância para a América do Sul é a zona equatorial. Nessa região é originada uma descontinuidade térmica, conhecida como Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, resultante do encontro dos ventos alísios de Sudeste com os de Nordeste. A ascensão conjunta do ar na ZCIT produz uma faixa de calmarias denominada doldrum.



Fonte: DINIZ (2004)

Figura 2.2: Imagem obtida pelo satélite GOES 12 (canal IR), na qual pode-se observar a localização da ZCAS no dia 22/01/2004.

A posição da ZCIT é variável. Em virtude de sua grande área continental, o hemisfério Norte é mais quente, em média, do que o Sul, fato que determina a posição da ZCIT sobre o primeiro, na maior parte do ano (NIMER, 1989). Em julho, o resfriamento do hemisfério Sul mantém a ZCIT localizada mais ao norte. Em janeiro, ao contrário, ela desloca-se para o hemisfério sul. De acordo com FERREIRA (2002), esse movimento norte-sul é maior entre a Ásia e a Austrália,

onde ela pode variar de 20° S a 30° N. No Atlântico, a ZCIT fica mais freqüentemente ao norte do equador com, posição média em torno de 5° N.

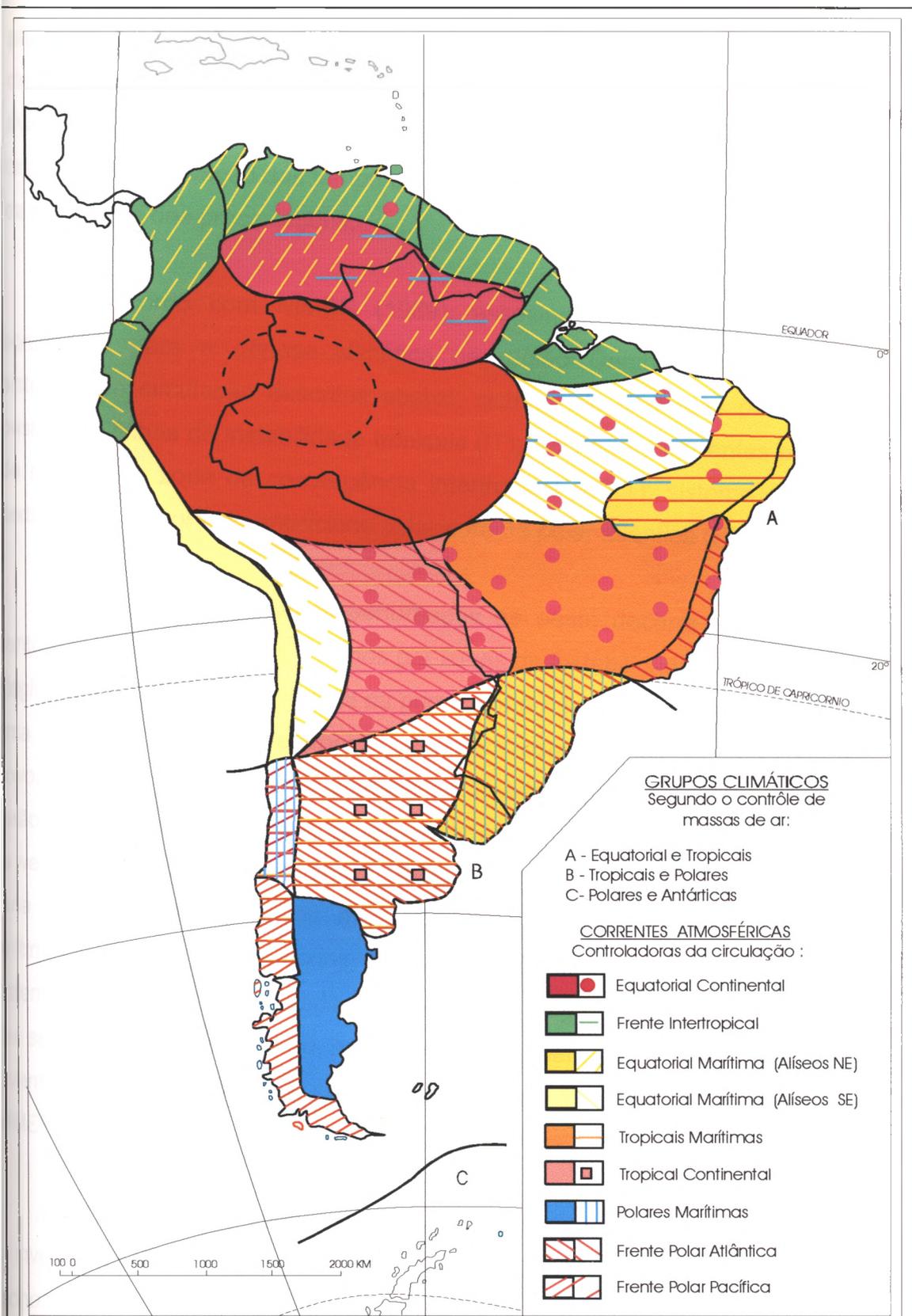
Essa migração da ZCIT pode causar diferenças climáticas em algumas regiões dos trópicos. Como por exemplo, um aumento da precipitação na região do semi-árido da Região Nordeste do Brasil, causado principalmente pela migração da ZCIT para o hemisfério Sul. (FERREIRA, 2002).

Em se tratando de Brasil, mais especificamente, pode-se afirmar que a circulação geral sobre a América do sul, descrita anteriormente, desempenha importante papel na diversidade climática do território. Segundo VIANELLO e ALVES (1991), associados aos Anticiclones do Atlântico e do Pacífico, à Alta da Bolívia, à Baixa do Chaco, a ZCIT e às altas pressões polares, diversos mecanismos ocorrem durante o ano sobre o Brasil, tais como: as invasões de massas de ar frias e secas, provenientes do sul, em contraste com as massas quentes e úmidas que caracterizam sistemas frontais periódicos. Combinados com esses fatores de grande escala, atuam fatores locais e regionais, determinando a caracterização climática de cada região do país.

2.4.2. Enquadramento climático regional (Região Centro-Oeste)

Ao olharmos para o esquema de MONTEIRO (2000 (b)), referente às grandes regiões climáticas da América do Sul, conforme mostra a Figura 2.3, é possível constatar que a área onde se localiza a região Centro-Oeste e o Distrito Federal encontra-se no domínio climático controlado pelas massas equatoriais e tropicais.

A região Centro-Oeste é dominada pela massa Tropical Atlântica (mTa) que, devido à ação persistente do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul, possui atuação relevante durante o ano todo. No verão, a mTa torna-se instável pelo aquecimento basal que sofre ao entrar em contato com o continente e que é agravado, de início, pelo efeito orográfico do sistema atlântico. Durante o inverno, o resfriamento basal aumenta a estabilidade superior, contribuindo para a ocorrência de bom tempo.



Fonte: MONTEIRO, C. A. F. A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo. Rio Claro, 2000. 2ª edição, versão 1.0 (CD-Rom).
Desenho: Marcos N. Boin e Eduardo P. Dibieso

Figura 2.3: As grandes regiões climáticas da América do Sul

A massa Equatorial Continental (mEc), cujo centro de origem está na planície amazônica, é quente e úmida. Durante o verão, atraída pelos sistemas depressionários do interior do continente, como a Baixa do Chaco, tende a avançar do NW, ora para SE, ora para ESE, atingindo a região Centro-Oeste, onde provoca elevação das temperaturas, sendo responsável ainda pelo aumento da umidade e das precipitações.

De acordo com NIMER (1989), associados à essas massas de ar, contribuem para a gênese climática na região Centro-Oeste os seguintes sistemas de circulação descritos abaixo: sistema de correntes perturbadas de oeste – de linhas de instabilidade tropicais (IT); sistema de correntes perturbadas de norte – da zona de convergência intertropical (ZCIT); sistema de correntes perturbadas de sul – do anticiclone polar e frente polar atlântica (FPA).

O sistema de correntes perturbadas de oeste decorre das invasões de ventos de oeste a noroeste, trazidos por linhas de instabilidade tropicais (IT) até a Região Centro-Oeste entre o final da primavera e o início do outono. No centro de uma linha de instabilidade tropical, o ar em convergência acarreta chuvas e trovoadas, que são bastante comuns no interior do Brasil, especialmente no verão. A origem desse sistema parece estar ligada ao movimento ondulatório que se verifica na frente polar atlântica (FPA) que, em contato com o ar quente da zona tropical, forma uma ou mais linhas de instabilidade tropicais sobre o continente. Depois de formadas, essas instabilidades (IT) se propagam com extrema mobilidade e, à medida em que a FPA segue em direção ao Equador, elas se deslocam para leste ou, mais comumente, para sudeste, anunciando, com nuvens e chuvas tropicais, a chegada da FPA com antecedência de 24 horas. (NIMER, 1989).

O sistema de correntes perturbadas de norte chega no verão, no outono e no inverno ao Tocantins e ao Mato Grosso, com máximo de penetração no outono. Na primavera, período em que a ZCIT fica situada bem ao norte do Equador Geográfico, praticamente não ocorrem chuvas de doldrum na Região Centro-Oeste (NIMER, 1989).

Finalmente, o sistema de correntes perturbadas de sul, é representado pela invasão do Anticiclone Migratório Polar, cuja penetração na Região Centro-Oeste é bem diferente no inverno e no verão. No período do verão, o aprofundamento e a expansão da baixa do Chaco dificulta ou impede a invasão do Anticiclone Polar (provocador de chuvas frontais e pós-frontais) ao norte da Região Centro-Oeste. Nessa época, após transpor a Cordilheira dos Andes, a Frente Polar Atlântica (FPA), em sua extremidade meridional, avança para nordeste, alcançando a Região Centro-Oeste pelo sul e sudeste de Mato Grosso onde, em contato com a Baixa do Chaco, entra em frontólise (dissipa-se) ou recua como frente quente, mantendo-se, contudo, em frontogênese (em avanço) ao longo do litoral (NIMER, 1989).

No inverno, a célula de baixa pressão abandona o Chaco e se refugia sobre o Acre e a Bolívia. Nessas condições, o Anticiclone Migratório Polar torna-se mais poderoso e, após passar pelo oceano Pacífico e transpor a Cordilheira dos Andes, atinge o Mato Grosso com orientação NW-SE. A baixa, por sua vez, desloca-se sobre o continente no sentido NE ou E, provocando, com sua passagem, chuvas frontais e pós-frontais em toda a região durante um a três dias. Após essa passagem, a região fica sob o domínio do Anticiclone Migratório Polar, com céu limpo, pouca umidade específica e forte declínio de temperatura, geralmente por dois dias, após os quais retornam à Região Centro-Oeste os ventos estáveis e relativamente quentes do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (NIMER, 1989).

Desse modo, NIMER (1989) conclui que, ainda que o setor setentrional da Região Centro-Oeste seja atingido pelas chuvas de norte da ZCIT no verão, outono e inverno, estas são tão pouco freqüentes que não chegam a ter uma participação muito representativa no regime térmico, nem mesmo no regime pluviométrico regional. Os sistemas de circulação que são de fato responsáveis pelas condições de tempo e de clima na Região Centro-Oeste são o sistema de circulação estável do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul, o sistema de correntes perturbadas de W a NW das Instabilidades Tropicais e o sistema de correntes perturbadas de S a SW da FPA, sucedidas, geralmente, pelo Anticiclone Migratório Polar, com tempo bom, seco e temperaturas amenas e frias.

Observa-se que a continentalidade da Região Centro-Oeste aparece como um dos fatores geográficos que mais influenciam o comportamento espacial da temperatura, uma vez que, ao impedir a interferência das influências marítimas, faz com que a variação da latitude seja responsável pela temperatura de cerca de 26°C no extremo norte e de 22°C no extremo sul da Região (NIMER, 1989).

Outra variável importante é o relevo. A altitude faz com que as mais altas chapadas sedimentares e superfícies cristalinas do centro sul da Região possuam temperatura média anual entre 20° a 22°C, podendo chegar a menos de 20°C no Distrito Federal, que apresenta altitudes acima de 1.200 m.

Com relação à precipitação, NIMER (1989) acredita que as características da altura pluviométrica e do regime de chuvas na Região Centro-Oeste devem-se, quase que exclusivamente, aos sistemas de circulação atmosférica. Esse autor atribui pouca importância à influência da topografia sobre a distribuição da precipitação ao longo do espaço geográfico da Região, que apresenta um núcleo mais chuvoso ao norte do Mato Grosso, onde os índices pluviométricos são elevados (superiores a 2.750 mm anuais), com os valores decrescendo para leste e sul. Na área do extremo leste de Goiás, o regime cai para cerca de 1.500 mm e no Distrito Federal, os valores ficam entre 1.500 e 1.750 mm anuais.

O regime das precipitações na Região Centro-Oeste e, conseqüentemente, no Distrito Federal, é caracteristicamente tropical, com máxima no verão e mínima no inverno. Em quase toda Região, mais de 70% do total de chuvas acumuladas durante o ano se precipita de novembro a março e, no Distrito Federal, de acordo com os cartogramas elaborados por NIMER (1989), o trimestre novembro-dezembro-janeiro aparece como o mais chuvoso, período no qual, em média, 45 a 55% do total anual da precipitação é, então, registrado.

3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o limite político-administrativo do Distrito Federal do Brasil, localizado na região geo-econômica do Centro-Oeste. Seus limites são definidos, a norte pelo paralelo 15° 30', ao sul pelo paralelo 16° 03' e pelos limites naturais ao leste pelo rio Preto e pelo rio Descoberto a oeste, abrangendo uma área aproximada de 5.814 km² (Figura 3.1).

3.1. Caracterização Física

O meio natural do Distrito Federal encontra-se bem caracterizado na literatura existente, o que dispensa maiores aprofundamentos. A seguir apresenta-se uma síntese de sua caracterização básica:

- O relevo caracteriza-se por topografia plana a plana ondulada com cotas entre 830 e 1.000 metros, constituindo-se nos divisores de água das bacias hidrográficas da região. Existem também unidades morfológicas com relevo suave-ondulado, representadas por colinas; e as de relevo acidentado, encostas de perfil côncavo-convexo e perfil complexo. Grande parte dessas unidades está recoberta por Latossolos e Cambissolos (STEINKE, 2003).

- A região é drenada por cursos d'água pertencentes a três das mais importantes bacias hidrográficas brasileiras: São Francisco, representada pelo rio Preto, Tocantins/Araguaia, pelo rio Maranhão, e Paraná, pelos rios São Bartolomeu e Descoberto. Muitos dos rios são de planalto e, devido a essa característica, é típica a ocorrência de perfis escalonados por zonas de corredeiras, ou mesmo grandes quedas d'água, formando cachoeiras. Dadas as condições dos solos, topografia e clima, existe grande quantidade de canais de primeira ordem e de nascentes (SEMARH, 2000).

- O Distrito Federal situa-se na região do Cerrado e apresenta diferentes tipos de vegetação, tais como: Cerradão, Cerrado Típico, Campo Cerrado, Campo Sujo e Campo Limpo. Matas Ciliares, Veredas e Campos Rupestres completam o quadro (SEMARH, 2000).

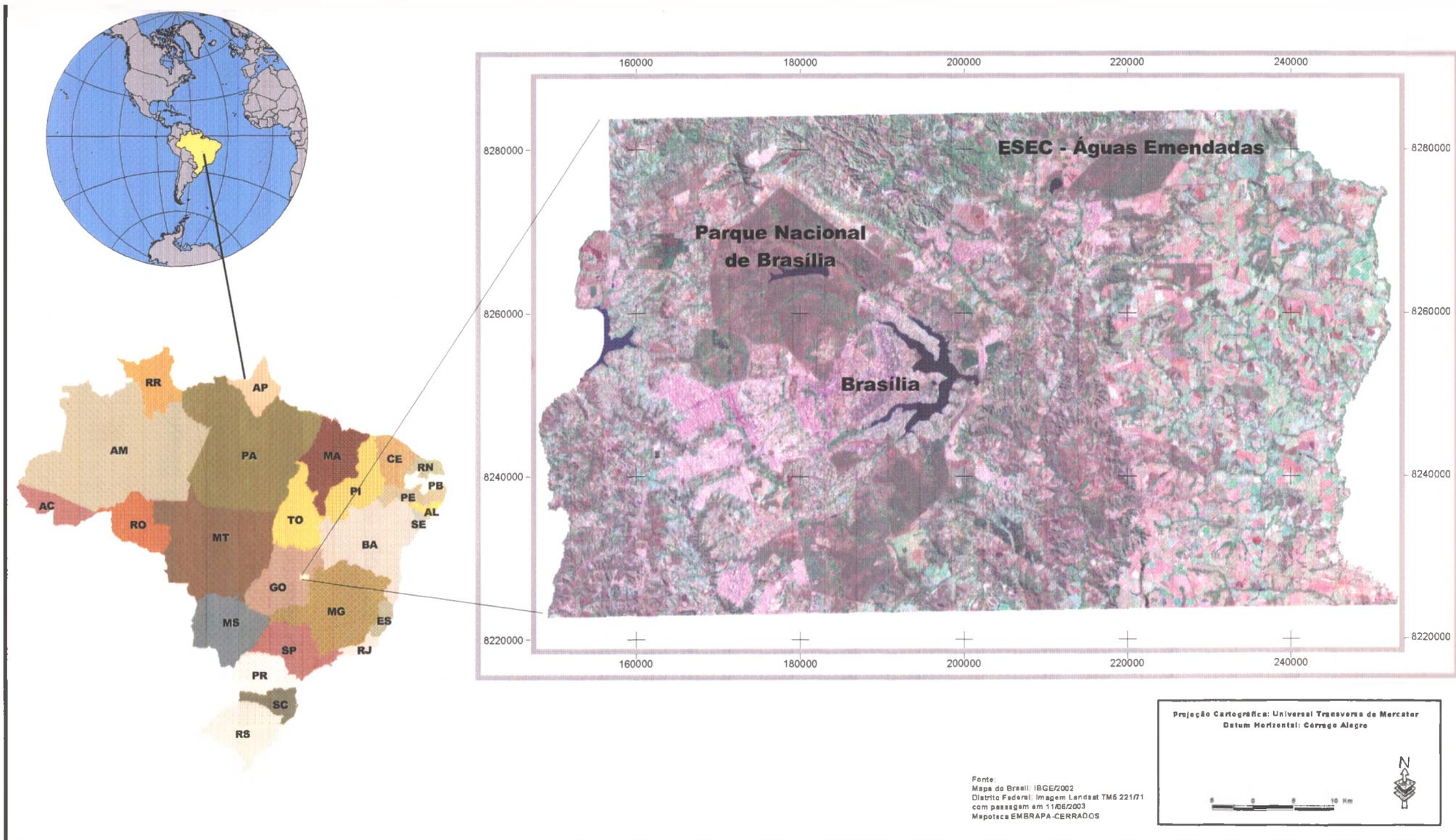


Figura 3.1: Localização da área de estudo

3.2. Os tipos de tempo no Distrito Federal

Os sistemas de circulação atmosférica que atuam no Centro-Oeste, associados à posição geográfica do Distrito Federal, permitem observar na região em dois períodos marcantes, um seco e outro úmido.

Segundo BARROS (2003), de maneira geral pode-se dizer que o período compreendido entre os meses de maio a setembro (seco) possui as seguintes características: intensa insolação, pouca nebulosidade, forte evaporação, baixos teores de umidade no ar, pluviosidade reduzida e grande amplitude térmica (máximas elevadas e mínimas reduzidas).

O inverso se dá no semestre outubro a abril (úmido): a insolação se reduz, a nebulosidade aumenta, diminui a evaporação, os teores de umidade do ar aumentam, a pluviosidade se intensifica e a amplitude térmica moderadamente reduz-se, pois as máximas mantêm-se e as mínimas elevam-se.

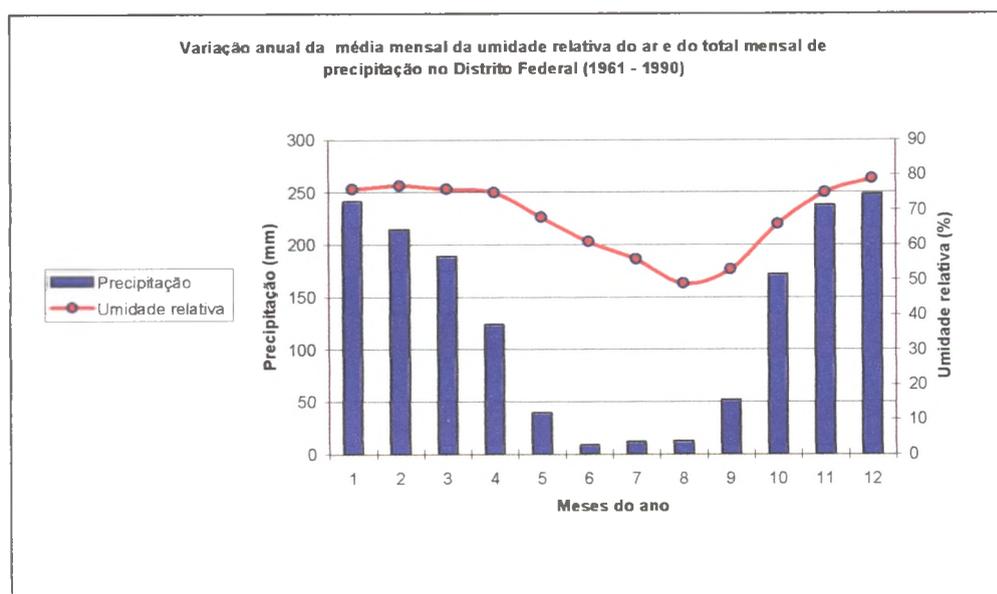
O período úmido corresponde ao final da primavera e ao início do verão. Nesse período, o continente é dominado por intensos conglomerados de nuvens convectivas responsáveis por fortes chuvas. As baixas pressões em superfície se expandem e dominam grande parte do território. Em altitude, a Alta da Bolívia se estabelece em sua posição mais característica (BRANDÃO, 1996).

Essa característica determina, no Distrito Federal, menores valores de evaporação e de insolação (devido à presença de nuvens), maiores valores de umidade relativa do ar e redução na amplitude térmica, pois as temperaturas máximas são menos intensas, ao passo que as mínimas são mais elevadas.

As características climáticas da segunda quinzena do mês de março e do mês de abril representam a passagem do período úmido e de menores amplitudes térmicas para o mais seco e de maiores amplitudes térmicas. O mês de março ainda é considerado um mês chuvoso em função da vigência da situação de verão.

Por volta da segunda metade da estação do outono, a circulação atmosférica sofre uma mudança. O cinturão de altas pressões subtropicais (em superfície) instala-se, dando início ao período seco, que no Distrito Federal compreende os meses de maio a setembro.

NIMER (1989), descreveu a atuação do Sistema de Correntes Perturbadas de Sul na região Centro-Oeste, destacando que, no inverno, a invasão do Anticiclone Migratório Polar provoca queda de temperatura com céu limpo. Nesse período ocorre forte evaporação, intensa insolação, pouca nebulosidade e grande amplitude térmica, visto que as temperaturas máximas se elevam e as mínimas atingem seus mais baixos patamares, sendo que tais características climáticas implicam em baixos teores de umidade relativa do ar que, por sua vez, associam-se aos baixos valores de chuva, assim compondo um longo período de estiagem. A figura 3.2 mostra a variação anual da média mensal da umidade relativa do ar e do total mensal de precipitação, no Distrito Federal.



Fonte: Normais Climatológicas 1961 - 1990 (1992)

Figura 3.2: Variação anual da média mensal da umidade relativa do ar e do total mensal de precipitação, no Distrito Federal.

NIMER (1989) explica, ainda, que as temperaturas baixas do inverno, nessa área, estão relacionadas à ação direta do poderoso Anticiclone Migratório Polar, sucedendo à passagem de frentes frias (KF) que, ao transporem a Cordilheira dos Andes, produzem, na zona frontal, uma advecção do ar tropical. O

interior da Região Centro-Oeste, que estava sob calmarias, passa, então, a apresentar ventos NE e NW, que resultam na imediata elevação das temperaturas máximas. Diante de tal aumento de temperatura, a umidade do ar cai a valores muito baixos e, com a chegada da frente sobre o lugar, o céu fica coberto de nuvens de convecção dinâmica, com a possibilidade de ocorrência de chuvas.

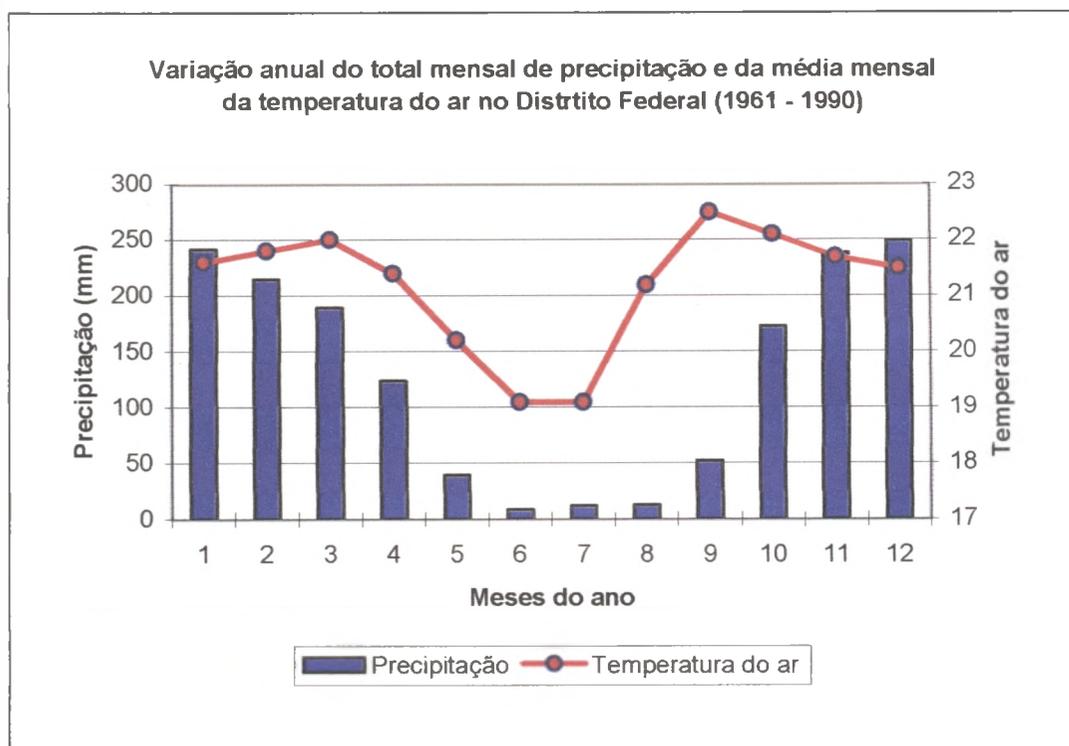
Os meses de setembro e outubro também são considerados de transição, representando a passagem do período seco para o úmido. Setembro apresenta ventos fortes, os valores de temperatura mais elevados e registra os menores índices de umidade relativa do ar. No interior do continente, os conglomerados convectivos começam a se formar, quando, então, a situação de verão se restabelece, rompendo os cinturões de alta pressão subtropicais.

De um modo geral, pode-se constatar que existem dois semestres pluviometricamente distintos: o que envolve o período de abril a setembro, que pode ser considerado como mais seco; e aquele compreendido entre os meses de outubro a março, que é o período mais chuvoso. Dentro do período mais seco, os meses de julho e agosto são os que apresentam os mais baixos volumes de chuva no Distrito Federal. Já no período mais chuvoso, o mês de maior pluviosidade é dezembro.

Com relação às temperaturas, pode-se afirmar que permanecem elevadas na primavera-verão, enquanto o inverno, embora sujeito a máximas diárias elevadas, apresenta temperaturas amenas e frias, que ocorrem em função da latitude, da altitude e da maior participação da massa polar. A figura 3.3 mostra a distribuição anual das chuvas e das temperaturas no Distrito Federal.

Diante dessas características, a primeira tentativa de classificar o Distrito Federal em diferentes tipos climáticos foi realizada pela CODEPLAN em 1984, seguindo a proposta de Wladimir Köppen. A classificação climática de Köppen, do fim do séc. XIX baseava-se no fato de aceitar que a vegetação natural era a melhor expressão do clima, considerando as médias de temperatura e pluviosidade como elementos básicos da classificação, sendo mais adequada

para estudos biológicos do que climáticos propriamente ditos. (CODEPLAN, 1984).



Fonte: Normais Climatológicas 1961 - 1960 (1992).

Figura 3.3: Distribuição anual do total mensal de precipitação e da média mensal da temperatura do ar no Distrito Federal.

De acordo com CODEPLAN (1984), o clima do Distrito Federal, na classificação de Köppen, é do tipo Tropical, concentrando-se as chuvas no verão. O mapa de clima elaborado pela CODEPLAN levou em consideração a variação da temperatura do ar, uma vez que levantamentos de dados mostraram que as variações locais de precipitação não são relevantes e não existe variação significativa decorrente da latitude. Assim, a variação da temperatura estaria relacionada apenas às variações altimétricas locais. Essa característica propiciaria a observação de diferentes tipos climáticos, conforme a classificação de Köppen. O mapa de clima elaborado pela CODEPLAN pode ser visualizado na figura 3.4.

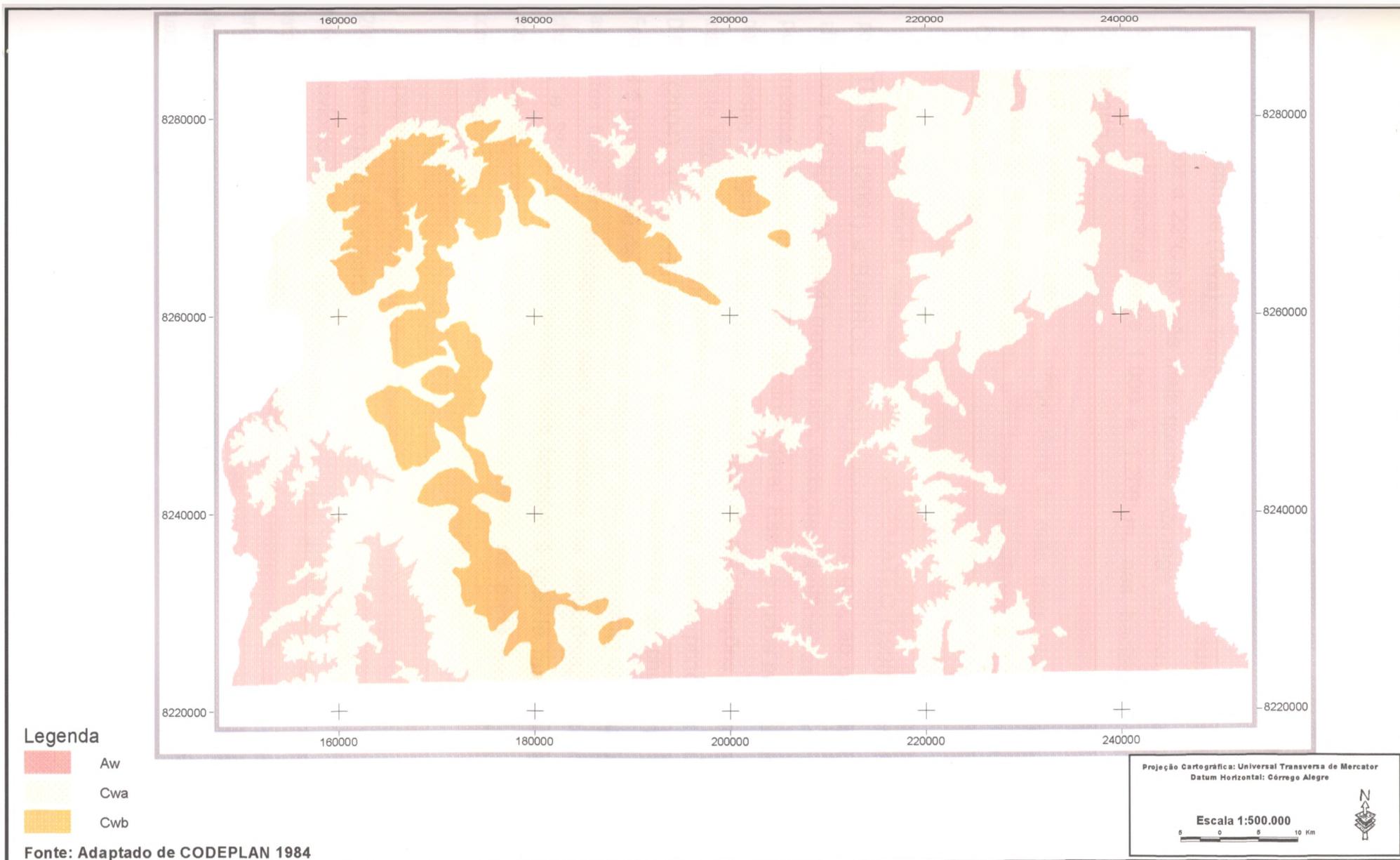


Figura 3.4: Classificação climática do Distrito Federal segundo o critério de Köppen.

Tropical (Aw) - Temperatura para o mês mais frio, superior a 18°C. Situa-se, aproximadamente, nas áreas com cotas altimétricas abaixo de 1.000 m, nas bacias hidrográficas dos rios São Bartolomeu, do Preto, do Descoberto e do Maranhão;

Tropical de altitude (Cwa) – Temperatura do mês mais frio, superior a 18°C, com média superior a 22°C no mês mais quente. Abrange aproximadamente, áreas com cotas altimétricas entre 1.000 e 1.200 m, nas bacias do Paranoá e Descoberto, e

Tropical de altitude (Cwb) – Temperatura do mês mais frio, inferior a 18°C. corresponde às áreas com cotas altimétricas superiores a 1.200 m como na Chapada da Contagem.

Contudo, estudos realizados pelo IEMA/SEMATEC (1998) e confirmados por STEINKE (2001) e BARROS (2003) constataram que, ao contrário do que afirmou a CODEPLAN (1984) existem sim, variações significativas da precipitação pluviométrica dentro da área do Distrito Federal. Esses estudos mostraram que a parte oeste, em geral, recebe maior quantidade de precipitações do que a parte leste. Este fato ocorre principalmente, devido a três fatores principais, segundo DINIZ (2004): 1º: grande parte da umidade causadora de chuva no Distrito Federal é proveniente de um sistema meteorológico proveniente da Amazônia; 2º: as frentes frias, ao interagirem com a umidade da Amazônia, sustentam as chuvas; e 3º: a convecção térmica, que também é grande responsável pela ocorrência de chuvas, ocorre mais intensamente na parte oeste, pois esta configura-se como a parte do território mais urbanizada.

Apesar dessas constatações, deve-se lembrar, como bem frisou BARROS (2003), que o fato de a parte oeste do Distrito Federal ser apontada como a de maior pluviosidade pode, também, estar sofrendo a interferência da rede de estações meteorológicas, que se localizam predominantemente nessa parte do território. Assim, essa afirmação só poderá ser confirmada quando existir, no Distrito Federal, uma rede de estações mais densa e que cubra todos os quadrantes da região.

Ainda com relação à classificação de Köppen, embora clássica, já não mais satisfaz o caráter explicativo da climatologia moderna, podendo ser considerada como ultrapassada (STEINKE e STEINKE, 2000), pois não leva em consideração a dinâmica da atmosfera representada pela atuação das massas de ar e dos sistemas produtores de tempo descritos. Sendo assim, em um estudo específico de climatologia devem-se utilizar classificações climáticas mais modernas e explicativas como a de Arthur Strahler, cujo elemento básico se constitui na influência dos deslocamentos das massas de ar e dos sistemas produtores de tempo à elas associados. Nessa classificação, o Distrito Federal é enquadrado no clima do tipo Tropical Alternadamente Úmido e Seco, influenciado por massas tropicais, equatoriais e polares, mas dominado pelas equatoriais e tropicais, o que determina as características climáticas descritas anteriormente.

3.3. Histórico da Ocupação do Distrito Federal

As idéias de implantação da capital do Brasil no Planalto Central surgiram no período colonial e o ano de 1750 é apontado como marco das iniciativas para a interiorização da capital (BERTRAN, 1994). Nessa época, o cartógrafo Francisco Tossi Colombina elaborou a Carta de Goiás e capitanias próximas, sugerindo a mudança da capital do país para essa região. O fator segurança era a principal motivação da mudança, uma vez que a posição litorânea da capital tornava-a bastante vulnerável a ataques estrangeiros. Aliado a esse fator, políticos e intelectuais reconheciam que apenas a faixa litorânea do Brasil estava sendo povoada e defendiam a idéia da interiorização da capital, alegando que isso traria o desenvolvimento para o interior do país.

Com o mesmo objetivo, em 1871, são registradas referências atribuídas ao Marquês de Pombal com relação à idéia de transferir a capital para o interior, como sede do Governo da Colônia e do próprio Reino de Portugal (CRULS, 1894). A partir desse período, várias propostas contendo a transferência da capital para o interior se sucederam.

Em 1808, o jornalista Hipólito José da Costa fundou, em Londres, o jornal *Correio Braziliense*⁶, através do qual passou a divulgar idéias liberais e sugestões para a interiorização da capital, configurando-se em uma verdadeira campanha em favor da mudança. Apesar da oposição e da perseguição sofridas por Hipólito, logo seu jornal começou a ter influência em Portugal, no Brasil e até mesmo em Londres, onde era editado em língua portuguesa. Foi na edição de março de 1813 que Hipólito enfocou pela primeira vez, com maior ênfase, a necessidade da interiorização da capital e seguiu em defesa dessa idéia até as últimas edições do jornal, apontando, inclusive, a latitude de 15 graus sul como sendo a área mais vantajosa para a instalação da nova capital. (VASCONCELOS, 1978).

As qualidades naturais da região sugerida sempre foram destacadas. Como justificativas que pudessem sustentar a idéia da transferência deveriam ser apresentadas, o argumento das riquezas naturais que a região possuía era muito utilizado, somando-se a isso as questões político-estratégicas de segurança. Assim, em 1823 e 1849, respectivamente, as cidades de Paracatu e São João Del Rei em Minas Gerais e a cidade de Formosa, no Planalto Goiano, foram indicadas para sediar a nova capital.

José Bonifácio de Andrada e Silva, primeiro homem ligado ao Poder Central a incorporar a idéia da mudança da capital, fez de sua influência política à época uma força a induzir os legisladores brasileiros a transformarem em obrigação legal a interiorização da capital, criando oportunidade ao Poder Central de concretizá-la dentro do conceito de imperativo e vontade popular.

Em 1821, quando se encontrava à frente do Governo Provisório de São Paulo, redigiu e encaminhou um documento aos deputados, no qual justificou a utilidade de uma cidade central para a capital, antevendo a ocupação demográfica e o desenvolvimento das regiões interioranas despovoadas. As propostas apresentadas não chegaram a transformar-se em dispositivo legal. Contudo, a idéia da interiorização começou a tomar forma e no primeiro momento do Brasil independente, José Bonifácio, então Primeiro-Ministro, voltou a interferir em favor

⁶ Considerado o primeiro periódico brasileiro, foi editado, clandestinamente, até o ano de 1822, com 175 números publicados.

da interiorização da capital ao apresentar em uma das sessões da Assembléia Constituinte de 1823 o projeto intitulado **Memória sobre a necessidade e meios de edificar no interior do Brasil uma nova Capital**, no qual sugeriu oficialmente para sede a Comarca de Paracatu, em Minas Gerais, e os nomes de Petrópole ou Brasília (DETUR-DF, 1991).

Embora diversas manifestações de simpatia tivessem vindo de vários segmentos da sociedade brasileira, a **Memória** também não obteve o êxito que se esperava e José Bonifácio não teve tempo de novamente tentar fazer algo em favor da nova Capital, pois em julho de 1823 saiu do Ministério e no mesmo ano a Assembléia Constituinte foi dissolvida por D. Pedro I, antes mesmo de aprovar o projeto.

Alguns anos depois, um dos maiores defensores da mudança da capital para o interior foi o engenheiro, historiador e diplomata Francisco Adolfo Varnhagen, mais conhecido como Visconde de Porto Seguro, que, ao longo de sua vida fez deste ideal um dos seus grandes objetivos, justificando a necessidade e a importância do fato em função da segurança, da grandeza e da unidade nacionais.

Em 1877, Varnhagen liderou uma missão oficial ao Planalto Central, onde percorreu o local onde se ergueria, posteriormente, a nova capital do país. O objetivo oficial da missão era identificar terras adequadas ao sistema de colonização europeu, enquanto o objetivo específico de Varnhagen era localizar uma área para a futura construção da nova capital, sendo que o local apontado por ele é exatamente onde está situado o atual Distrito Federal (COUTO, 2001).

Com a Proclamação da República, em 1889, o ideal da transferência da capital para o interior do território transformou-se em um imperativo constitucional e a Constituição Federal de 1891 foi outorgada contendo o seguinte texto:

Art. 3º - Fica pertencente à União, no Planalto Central da República, uma zona de 14.400 km², que será oportunamente demarcada, para nela estabelecer-se a futura Capital Federal". (CRULS, 1894).

Em maio de 1892, a fim de dar cumprimento ao Art. 3º da Constituição Federal, o Presidente da República, Marechal Floriano Peixoto, nomeou a **Comissão Exploradora do Planalto Central**, encarregada da exploração do Planalto Central e da demarcação da área a ser ocupada pela futura capital da República. Essa Comissão, que, por ser presidida pelo astrônomo e geógrafo belga Luiz Cruls ficou conhecida como **Missão Cruls**, deveria realizar estudos indispensáveis ao conhecimento exato da posição geográfica da área a ser delimitada.

A Missão Cruls realizou seus trabalhos de 1892 a 1894. Entre os anos de 1892 e 1893, fez a identificação da zona constitucionalmente pré-definida, demarcando uma área de 14.400 km², que incorporava áreas de antigas fazendas do estado de Goiás, pertencentes às cidades de Planaltina e Luziânia.

Como resultado desses estudos, foi elaborado o primeiro mapa do Brasil em que aparece no Planalto Central o "Quadrilátero Cruls", área retangular que recebeu, oficialmente e pela primeira vez, o termo "Distrito Federal". (BERTRAN, 1994).

Entre os vários estudos científicos realizados pela Missão Cruls, desde aspectos como hidrografia, topografia, fauna e flora, entre outros, encontram-se estudos sobre o clima, aspecto que chamou muita atenção dos estudiosos. O trecho a seguir demonstra a preocupação com este aspecto:

Um dos resultados que a Comissão colheu e sobre o qual ousamos chamar a atenção, é concernente ao clima da região explorada (...) Em resumo a zona demarcada goza, em sua maior extensão, de um clima extremamente salubre, em que o imigrante europeu não precisa de aclimação, pois encontrará ahí condições análogas às que oferecem as regiões mais salubres da zona temperada européia. (CRULS, 1894)

Contudo, já naquela época, o caráter da baixa umidade relativa do ar foi reforçado, como sendo característica comum desta região.

A humidade do ar é extremamente diminuta durante os meses do inverno (Abril – Setembro) aumentando naturalmente com a estação chuvosa (CRULS, 1894).

Após os resultados positivos alcançados pela Missão Cruls, em junho de 1894, Cruls foi designado para presidir uma Segunda Missão - a **Comissão de Estudos da Nova Capital da União**, composta, em sua grande maioria, pelos membros da Comissão Cruls. Para a escolha definitiva do local da nova capital, a comissão deveria levar em conta, especialmente, a salubridade do clima, a qualidade das águas, sua abundância e facilidade para o abastecimento da futura cidade, a topografia e natureza do terreno, de modo a prestar-se o melhor possível ao desenvolvimento de uma grande cidade.

Além de indicar o melhor local, cuja escolha se confirmou com a construção de Brasília, 65 anos depois, a segunda Missão Cruls identificou cientificamente observações anteriores da Comissão Exploradora quanto à "excelência do clima e das águas da região", através de pesquisas meteorológicas e hidrográficas. Para isso, instalou, nas proximidades do acampamento de Cruls, a cerca de 5 km do local onde existe hoje o Cruzeiro de Brasília, um Observatório Meteorológico que funcionou durante todo o ano de 1895. A chefia do Observatório foi confiada ao engenheiro militar João José Campos Curado (VASCONCELOS, 1978).

Durante todo aquele ano, a segunda Missão Cruls fez registros diários das temperaturas máximas e mínimas, do grau de umidade relativa do ar, a velocidade e a direção dos ventos, o grau higrométrico das chuvas, etc. Dessa Missão resultou um enorme levantamento topográfico de toda a área dos 14.400 km² do Quadrilátero demarcado que culminou, oportunamente, com a elaboração do primeiro mapa do novo Distrito Federal, em 1895.

Os trabalhos da Segunda Missão Cruls perduraram até 1896. Com a saída de Floriano Peixoto do Governo, as idéias de mudança da capital, no que diz respeito às ações do poder executivo, foram temporariamente interrompidas. Os levantamentos e resultados, apontados pela Comissão serviram como ponto de

referência para as realizações de estudos futuros, no que diz respeito à transferência da capital para o Planalto Central.

Em 1922, ano do Centenário da Independência do Brasil, a cidade de Planaltina se destacaria no cenário nacional, quando, entre as celebrações, houve o lançamento da Pedra Fundamental da nova capital, assentada no Morro do Centenário, Serra da Independência, a 9 km de Planaltina.

Somente na década de 1940 o ideal da interiorização da capital voltou ao cenário político, quando Arthur Bernardes, constituinte mineiro e ex-presidente da República, sugeriu a inclusão de um preceito idêntico ao da Constituição de 1891. A idéia passou a fazer parte dos debates na Assembléia Constituinte e logo surgiram duas novas propostas para que a capital se estabelecesse na recém-inaugurada cidade de Goiânia ou na área do Triângulo Mineiro (COUTO, 2001).

Depois de muitas discussões, a Constituição de 18 de setembro de 1946 determinou expressamente a transferência da capital para o Planalto Central do Brasil. A fim de cumprir o dispositivo legal, o Presidente Eurico Gaspar Dutra criou, sessenta dias depois, a **Comissão de Estudos para a Localização da Nova Capital do Brasil**, chefiada pelo general Djalma Polli Coelho, composta por engenheiros, agrônomos, geólogos, higienistas, médicos e militares. Ficou mais conhecida como Comissão Polli Coelho e logo duas correntes de opiniões se formaram dentro da própria Comissão. Um grupo propunha o Quadrilátero Cruls e outro uma área no Triângulo Mineiro.

No Governo de Café Filho, em junho de 1953, atendendo a preceitos legais, foi criada a **Comissão de Localização da Nova Capital Federal**. Nascia, assim, mais uma comissão técnica para realizar estudos semelhantes aos que foram realizados pelas comissões Cruls em 1894, e Polli Coelho em 1946.

A primeira medida prática adotada pelo presidente da Comissão de Localização foi a contratação de levantamento aerofotogramétrico de toda a área do Retângulo do Congresso. O trabalho foi executado pela empresa Cruzeiro do

Sul e concluído em 4 meses, tendo sido entregue em janeiro de 1954. Em seguida, a comissão viabilizou a assinatura de um contrato com a firma norte-americana *Donald J. Belcher and Associates Incorporated*, especializada em estudos e pesquisas baseados em análise e interpretação aerofotogramétrica.

Os estudos preliminares de Belcher apontaram cinco sítios considerados próprios à implantação da nova Capital, cada um com 1.000 km², denominados por cores (Verde, Vermelho, Azul, Amarelo e Castanho). Cabia, então, à Comissão de Localização, a escolha, entre os cinco sítios, do local que oferecesse as melhores condições para a edificação da nova Capital, tendo ela optado pelo Sítio Castanho.

O Relatório Belcher (BELCHER *et al.*, 1954), resultado do levantamento, aponta uma série de fatores que contribuíram para se chegar à identificação de um sítio que melhor pudesse acomodar uma cidade. Dentre os vários aspectos estudados e analisados, o clima e a hidrografia foram preponderantes para a definição do melhor sítio.

Em abril de 1955, foi escolhido, oficialmente, o Sítio Castanho para abrigar a nova capital, exatamente no local onde esteve acampada a comitiva de Luiz Cruls, na antiga fazenda Bananal. Finalmente, em setembro do mesmo ano, a **Comissão de Localização da Nova Capital Federal** foi transformada em **Comissão de Planejamento da Construção e da Mudança da Capital** e, em outubro de 1955, o governador de Goiás criou a **Comissão de Cooperação para a Mudança da Capital**, que realizou, em dezembro seguinte, a desapropriação da Fazenda Bananal, com 23.000 hectares e cuja área representava a quase totalidade do Sítio Castanho.

Em maio de 1956 foram desapropriadas mais cinco fazendas: Guariroba, Riacho Fundo, Tamanduá, Vicente Pires e Taguatinga. No mês seguinte foi adquirida a Fazenda Gama. E assim, seguindo seu trabalho até setembro de 1958, a Comissão ocupou toda a área principal da futura capital da República. (VASCONCELOS, 1978).

Somente em 1956, no governo de Juscelino Kubitschek, a concretização das iniciativas voltadas para a construção da nova capital começaram a se materializar. Em setembro desse ano foi sancionada a Lei nº 2.874, que dispunha sobre a mudança da capital federal e criava a Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil, NOVACAP, instituição responsável pela construção e urbanização da futura cidade. Nessa mesma época foi publicado o edital do concurso que escolheria o melhor projeto para a Nova Capital do Brasil. Definiu-se, inclusive, o dia previsto para a inauguração – 21 de abril de 1960.

Quanto ao concurso, o projeto de Lúcio Costa foi considerado obra de arte e o único que realmente apresentava um plano para uma capital administrativa. Concebeu o Plano Piloto a partir do sinal-da-cruz, em forma de pássaro de asas abertas. A simplicidade foi a solução encontrada pelo urbanista.

O Plano Piloto concebia a Capital para 500.000 habitantes no final do século XX. A cidade seria constituída de diferentes setores específicos. No coração, o centro cívico. Os outros setores: comercial, bancário, de diversões, de apartamentos residenciais do funcionalismo e de casas populares.

Articulado com a equipe de Lúcio Costa, o grupo de arquitetos encabeçado por Oscar Niemeyer projetou, em curto espaço de tempo, todos os prédios públicos e grande parte dos residenciais.

A necessidade de construir a capital em pouco tempo obrigou a utilização de uma massa de mão-de-obra de forma tal que se criou um fluxo migratório sem precedentes. E não demorou a surgir um grande problema: ao final da construção, para onde iriam aqueles operários que, por falta de recursos, não poderiam adquirir casa ou apartamento na cidade que estavam a construir?

Com o decorrer das obras, além dos acampamentos das construtoras e da Cidade Livre, surgiram acampamentos espontâneos como a Vila Amauri, próxima à Vila Planalto e a Vila Sara Kubitschek, próxima à Cidade Livre. A inexistência de experiências anteriores para construções deste porte criou uma relação conflituosa entre os acampamentos e a Cidade Livre, de um lado, e a

administração da NOVACAP de outro, que pretendia, após o término das obras, desativar todos os acampamentos e a própria Cidade Livre com o intuito de evitar a formação de favelas (QUINTO JUNIOR e IWAKAMI, 1991).

A partir dessa preocupação em evitar favelas e da necessidade de dar respostas à maneira como se processou a atração da mão-de-obra para a construção de Brasília, começaram a surgir as "cidades-satélites". Iniciava-se, antes mesmo da inauguração da Capital, um processo de construção do espaço do Distrito Federal bem diferente daquele previsto em seu plano original. Em meio a controvérsias, polêmicas e um cenário político nacional conturbado, a promessa de Juscelino Kubitschek foi cumprida e, a 21 de abril de 1960, Brasília foi inaugurada.

Na data da inauguração a cidade já contava, então, com mais de 140.000 habitantes, sendo a maioria de trabalhadores vindos de todas as partes do país e, após sua inauguração, o processo de remoção dessas pessoas do centro para a periferia se intensificou, tornando-se prática sistemática dos governos que se seguiram. Logo surgiram, assim como surgem ainda hoje, novas cidades no Distrito Federal.

A Cidade Livre, que supria o Plano Piloto de comércio e serviços, recebeu a denominação de Núcleo Bandeirante, consolidando-se como núcleo urbano definitivo. Alguns acampamentos, como a Vila Paranoá, devido à resistência dos moradores, não foram desativados e atualmente são Regiões Administrativas, com administrações próprias.

O Distrito Federal superou, muito cedo, as expectativas de crescimento demográfico. Em dez anos, desde a inauguração da capital, a região já havia atingido os 500.000 habitantes previstos, inicialmente, para completar-se a população da cidade. De acordo com o IBGE, a evolução da população do Distrito Federal ocorreu da seguinte forma (tabela 3.1):

Tabela 3.1: População do Distrito Federal.

População residente	Situação de domicílio		
	Total	Urbana	Rural
Em 01/09/1960	140.164	88.334	51.830
Em 01/09/1970	537.492	516.082	21.410
Em 01/09/1980	1.176.935	1.139.031	37.904
Em 01/09/1991	1.601.094	1.515.889	85.205
Em 01/08/2000	2.043.169	1.954.442	88.727

Fonte: IBGE. Censos Demográficos de 1960, 1970, 1980, 1991 e 2000.

Como se vê, a população do Distrito Federal já ultrapassou os 2 milhões de habitantes e, apesar de ter sido concebida para ser diferente de todas as outras cidades, Brasília já apresenta muitos dos problemas comuns às grandes cidades brasileiras. Muitas áreas urbanas surgiram para abrigar essa população que vem crescendo vertiginosamente. Segundo o IBGE, para o Distrito Federal, o grau de urbanização tem se comportado da seguinte maneira, tabela 3.2:

Tabela 3.2: Grau de urbanização do Distrito Federal 1960-2000

Censos Demográficos	1960	1970	1980	1991	1996	2000
Grau de Urbanização (%)	63,02	96,02	96,78	94,68	92,88	95,66

Fonte: IBGE, Censos Demográficos de 1960, 1970, 1980, 1991 e 2000. Contagem da população em 1996

O acelerado crescimento populacional e os conflitos gerados pela estrutura urbana, planejada inicialmente para ser uma cidade administrativa, tiveram como consequência problemas decorrentes da ocupação desordenada e da falta de planejamento urbano.

Muitos problemas ambientais podem ser citados, incluindo a degradação dos recursos hídricos e as alterações nos parâmetros climáticos. RIBEIRO (2000), em sua pesquisa sobre as alterações climáticas no Distrito Federal decorrentes da urbanização concluiu que, com o processo de expansão urbana, analisado até

1998, houve alteração positiva de 0,84 °C na temperatura máxima absoluta, e a umidade relativa do ar média das mínimas decresceu em torno de 5,2 % na estação do CPAC – Centro de Pesquisas Agropecuárias do Cerrado – EMBRAPA e em torno de 1,7 % na estação da Fazenda Água Limpa – UnB. O trabalho procurou demonstrar que as alterações na superfície decorrentes da urbanização provocaram, principalmente nos últimos anos, reflexos na temperatura e na umidade relativa do ar do Distrito Federal. Contudo, não foram identificadas as formas pelas quais a urbanização provocou as alterações descritas.

Ainda com relação ao clima, em seu Boletim Informativo nº 10, o INMET (2000) alertou para a tendência da umidade relativa do ar no Distrito Federal nos próximos anos. Esta seria de que, a cada ano, aumentaria o número de vezes em que a umidade relativa do ar chegaria a menos de 15%. Se as alterações identificadas por RIBEIRO (2000) e a tendência prevista pelo INMET forem confirmadas, resta aos planejadores procurar saídas para evitar que o período de estiagem se torne cada vez menos suportável para a população do Distrito Federal. Entretanto, mais estudos devem ser conduzidos com a finalidade de avaliar a veracidade dessas informações e, aí sim, se forem corretas, analisar que os impactos dessas alterações podem promover no meio ambiente do Distrito Federal e propor soluções.

3.4 Expansão urbana no Distrito Federal

Alterações na distribuição da temperatura da superfície e na temperatura do ar têm sido relacionadas às modificações ocorridas em virtude da implantação de áreas urbanas, sobretudo pela substituição da área verde. Uma vez implantada uma área urbana, a mesma tende a se ampliar, caracterizando o fenômeno conhecido como “expansão urbana”.

A ampliação de espaços urbanos pode ser explicada, segundo PAVIANI (1996), através da ação de segmentos da sociedade, conhecidos como atores, que moldam o quadro urbano. Três atores possuem ação destacada: o Estado, representado pelas instâncias do poder público influentes na escala local; o

Capital, representado por empresas imobiliárias e o Morador, representado pelos compradores ou usuários dos imóveis. A literatura detém o Estado como grande ator, em razão dos diversos organismos e instituições que, acionados pelo próprio Estado para proceder suas finalidades principais, acabam por manter e perpetuar o crescimento urbano.

Convém destacar a situação dos assentamentos particulares (loteamentos), já que a questão loteamentos e dos condomínios está ligada à crescente necessidade de moradia da população do Distrito Federal e entorno. Cada assentamento particular possui uma história própria, que pode ser representada por etapas que se encadeiam: (1) parcelamento do terreno; (2) lançamento e comercialização; e (3) primeira ocupação e desenvolvimentos posteriores (VALLADARES, 1980).

A história dos loteamentos pode ser vista como um processo de oposições e conjugações entre os interesses dos três atores acima citados. "O loteamento é uma grande gleba de terra cujo primitivo uso rural é transformado pela proximidade de um centro urbano em expansão. Com fins especulativos, essa terra é dividida em lotes para a finalidade de moradia" (VALLADARES, 1980, p.45).

A primeira divisão da terra é feita pelos proprietários que montam, para isso, empresas imobiliárias. Como o parcelamento raramente cumpre todos os requisitos da lei, é muito comum que os loteamentos sejam clandestinos e que contem, para se efetivar, com a conivência do poder público.

Num primeiro momento, os custos dos lotes oferecidos no mercado são baixos. Isso ocorre porque nos loteamentos não existe nenhuma infra-estrutura básica, como rede de água e esgoto, luz elétrica e asfaltamento. Os "corretores", que moram no próprio loteamento e representam os interesses da empresa imobiliária, tratam os compradores de forma personalizada, podendo o lote ser pago em prestações baixas e fixas. Desse modo, o lote sai barato e de forma conveniente para a população, se comparado aos preços dos imóveis existentes nas áreas legalizadas.

As “empresas” nunca vendem seus lotes de uma só vez e essa é uma das causas que faz seu empreendimento rentável, apesar dos preços baixos de venda das unidades. Os primeiros lotes comercializados são os de mais difícil acesso, com piores condições físicas de terreno. Quando existe uma quantidade elevada de moradores no local, são lançados os lotes melhores, a preços mais altos.

A população que começa a se concentrar nos loteamentos possuem poder de troca política. Elegendo representantes no poder público, reivindicam benefícios sob a forma de bens de consumo coletivo. A ação política, por sua vez, possui resultados econômicos: a valorização das moradias e dos terrenos, valorização que cresce a cada novo investimento. A cada conquista corresponde uma dupla apropriação: a dos moradores que, além de terem as suas condições de moradia melhoradas, possuem um sobrevalor acrescido ao seu patrimônio; e a do empresário, que vê o mesmo sobrevalor fazer crescer o valor de seus terrenos remanescentes sem que para isso tenha feito o menor esforço, já que os custos econômicos foram “fabricados” a partir de um custo social que não lhe diz respeito.

Assim, os interesses dos atores, apesar de teoricamente fazerem pensar em contradição, na prática são pouco conflitantes. Há ocasiões em que empresários e moradores agem juntos (cada qual visando os seus fins) assim como o Estado (representado, por exemplo, por um vereador, prefeito etc.).

Com relação à participação do Estado na questão urbana do Distrito Federal, CIDADE (2003, p. 173) ressalta que:

Nas últimas décadas, a população do Distrito Federal continuou em crescimento. Não só Brasília situa-se próxima às áreas de emissão de migrantes, como seu poder de atração é bastante elevado. Para isso contribui o fato de que o Estado continuou o grande provedor de terra para a habitação e de equipamentos urbanos.

No Distrito Federal, a fase reconhecida oficialmente como “de expansão”, se inicia a partir de 1986, segundo SILVA (2003). O período das ações de gestão

do território na fase de expansão caracterizou-se por um significativo crescimento e adensamento da área urbanizada.

Embora seja considerado de porte médio pelo IBGE, o Distrito Federal, por possuir, atualmente, mais de 2.000.000 de habitantes assume, segundo PAVIANI (1996), posição de grande cidade, com uma população de porte metropolitano, o que lhe causa problemas assemelhados aos das grandes metrópoles. Vale ressaltar que, por se tratar de uma cidade projetada há pouco mais de 40 anos, não deveria seguir a tendência de crescimento mundial. Enquanto o Brasil possui cerca de 81,23 % de sua população residindo em cidades, o Distrito Federal conta com 95,66% de seus habitantes concentrados nos centros urbanos (SITURB, 1994).

Levando-se em consideração o fato de ser um território planejado, o Distrito Federal poderia contar com um espaço urbano melhor implementado. Contudo, o conjunto urbano de Brasília⁷ já possui uma série de problemas característicos dos grandes centros urbanos, como Rio de Janeiro e São Paulo, herdados pela sucessiva implementação e conseqüente expansão de núcleos habitacionais em áreas restritivas a esse uso.

CIDADE (2003), salienta que, na tentativa de enfrentar os problemas decorrentes da expansão urbana e de estabelecer uma organização territorial planejada, o governo elaborou, até o presente momento, cinco planos de estudos: em 1985, o POT – Plano de Ordenamento do Território; em 1985-1987, o Brasília Revisitada; em 1986-1990, o POUISO - Plano de Ocupação e Uso do Solo do Distrito Federal; em 1992, o PDOT – Plano Diretor de Ordenamento Territorial; e em 1997, o novo PDOT - Plano Diretor de Ordenamento Territorial e Urbano do Distrito Federal, em vigor até os dias atuais. Contudo, a falta de implementação, fiscalização e detalhamento dos planos, aliada ao quadro de explosão demográfica que enfrenta o Distrito Federal, faz com que esses Planos

⁷ Conjunto urbano de Brasília: expressão utilizada para se referir a todas as cidades, parcelamentos regulares ou irregulares do solo (condomínios), e outros espaços urbanos que compõem o Distrito Federal, cujo centro é o Plano Piloto, segundo ANJOS (1995).

apresentem pouca utilidade, e o que se tem observado é um contínuo processo de degradação do território em função da expansão urbana.

A respeito da questão relacionada à expansão urbana tratada no PDOT, CIDADE (2003, p. 173) chama atenção para o fato de que:

O PDOT/97 reconheceu a conurbação entre núcleos periféricos que vinha se acelerando nos últimos anos, notadamente no eixo sudoeste, definindo-a como zona urbana de dinamização. O Plano reconheceu, também, outras expansões não planejadas do tecido urbano, como o crescimento do eixo nordeste, onde se situa a maior parte dos loteamentos irregulares; e ampliou bastante as áreas urbanas de Sobradinho e Planaltina, esta como zona urbana de uso controlado. Envolvendo o Plano Piloto na direção nordeste-sudeste, o plano estabeleceu uma zona urbana de uso controlado. (SILVEIRA, 1999 *apud* CIDADE, 2003). Este novo eixo de crescimento, na verdade com a forma de um arco, continua abrangendo área significativa do território do Distrito Federal e atende, principalmente, o crescimento por meio de loteamentos irregulares de classe média.

A questão dos loteamentos irregulares ou, como são conhecidos, os condomínios, está diretamente relacionada ao crescimento demográfico do Distrito Federal, portanto à necessidade de moradia da crescente população e à especulação imobiliária. Um bom exemplo de como a ação dos especuladores imobiliários se dá na área de estudo está relacionada às áreas rurais. O processo de ocupação basicamente se inicia da seguinte forma: a princípio, realizam um parcelamento de lotes de dois hectares, tamanho do módulo rural mínimo. Posteriormente, caracterizam esses loteamentos como condomínios, onde as pessoas tornam-se co-proprietárias. A partir desse ponto, é feito o parcelamento dos lotes em partes menores, transformando o espaço antes destinado às atividades agrícolas em espaço com fins urbanísticos.

O Plano Diretor de Ordenamento Territorial - PDOT (1997), aprovado pela Lei nº 353, de 18/11/1997, estabelece uma série de normas para a implantação de um parcelamento do solo como, por exemplo, a necessidade do licenciamento ambiental e a exigência do Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório EIA/RIMA. Entretanto, esses condomínios, como são irregulares, não respeitam

as exigências do PDOT, trazendo consigo o velho problema da falta de infraestrutura e saneamento básicos.

Interessante observar que os loteamentos não são estabelecidos através de uma regra autoritária, definida de forma rígida. Não obedecem a planos e programas do Governo. Surgem no meio da necessidade de fornecer alternativas mais viáveis para morar, entretanto, em sua essência, não têm nada de espontâneos. Ao contrário, são induzidos, possuem padrões e modelos, sendo que o que os faz diferentes dos programas oficiais do Governo são os seus graus de autonomia nos processos de gestão, produção, comercialização e uso da terra. Essa é uma das razões pelas quais os condomínios possuem enorme eficácia, tanto na oferta de terras, como de moradias.

ANJOS (2003) identificou quatro conjuntos de estruturas territoriais, ligadas ou não ao poder público, que estimulam o crescimento urbano no Distrito Federal. Essas estruturas são representadas, basicamente, pelas regiões que possuem maior poder de atração da população e podem ser caracterizadas como: Pólo principal e pólo complementar: Constituem-se nas regiões do Distrito Federal que ANJOS (2003) define como pólos dinamizadores da urbanização. São representados pelo Plano Piloto de Brasília, mais importante núcleo de atração e geração de empregos, e por um pólo complementar, constituído, primeiramente, pelas cidades conurbadas de Taguatinga, Ceilândia e Samambaia e, em segundo lugar, pelas cidades do Gama e Santa Maria, ao sul, e Sobradinho e Planaltina, ao norte. A representação gráfica dessa polarização pode ser observada na figura 3.5.

Outra estrutura territorial importante para a expansão urbana no Distrito Federal, é o anel semi-radial que envolve o Plano Piloto de Brasília. Identificado por ANJOS (2003), é formado por manchas de parcelamentos urbanos privados (condomínios) de vários padrões urbanísticos atendendo, portanto, a várias classes sociais. A figura 3.5 mostra a localização espacial do referido anel.

Os vetores de expansão também se configuram como dinamizadores da urbanização. ANJOS (2003) divide esses vetores em principal e secundário. O vetor principal é constituído por uma extensão territorial com progressivo crescimento urbano e com tendências de continuação no futuro. É representado pelo Plano Piloto de Brasília, Taguatinga, Samambaia, Ceilândia e Gama. Na figura 3.5 pode-se observar que esse vetor expressa o dinamismo urbano na direção sul do Distrito Federal, estimulado pelo eixo de conurbação do Novo Gama até a cidade de Luziânia no estado de Goiás. O vetor de crescimento secundário apresenta uma direção no sentido da bacia do São Bartolomeu e abrange a porção norte-sul central do Distrito Federal.

A última estrutura espacial reconhecida por ANJOS (2003) como sendo propulsora da expansão urbana é representada pelas localidades fronteiriças ao Distrito Federal com expansão de loteamentos populares. As cidades de Santo Antônio do Descoberto, Águas Lindas de Goiás, Planaltina de Goiás, Formosa, Novo Gama e adjacências estão caracterizadas pela disseminação de loteamentos, fato esse que “favorece o aumento no fluxo dos corredores de transporte e reforça a relação pendular dessas cidades com o “core” da estrutura urbana, o Plano Piloto de Brasília” (ANJOS, 2003, p. 73). (Ver figura 3.5).

A respeito dos loteamentos populares, vale lembrar que o processo de ocupação é feito sem a devida implantação da infra-estrutura necessária, o crescimento é desordenado e não são consideradas as características naturais do meio. Desse modo, uma das conseqüências do processo de expansão urbana é a degradação do meio ambiente. Alguns dos impactos são:

- Alterações no ambiente terrestre, necessárias à implantação da área urbana (movimentos de terra; desmatamentos, desvios de cursos d’água, etc.);
- Utilização de recursos naturais como fonte de recurso necessário às atividades humanas, como a captação de água para abastecimento público;
- Lançamento de resíduos no ambiente; e
- Alterações nos parâmetros climáticos locais.

Para evitar a ocorrência desses impactos, existem várias características a serem consideradas, no momento e na forma como se processa a ocupação.

Entre elas, a topografia, os tipos de solo, os recursos hídricos e a cobertura vegetal constituem algumas das características importantes do meio que podem ser utilizadas como elementos de orientação da definição de áreas propícias ou não à expansão urbana, assim como para a definição dos diversos tipos de uso.

A topografia, por exemplo, constitui um fator que influencia diretamente no processo de expansão urbana. Por exemplo, terrenos com grandes declividades são considerados impróprios para a ocupação urbana, devido aos problemas de instabilidade e erosão que eventualmente possam ser desencadeados devido à essa ocupação.

Pode-se citar como um dos maiores problemas decorrentes dessa interferência o rompimento do equilíbrio da paisagem traduzido no processo de erosão acelerada. A erosão constitui um processo natural de retirada e transporte das partículas do solo pela ação da água e do vento. As ações antrópicas de retirada da cobertura vegetal, da camada superficial do solo e da alteração da rede de drenagem natural, aceleram o processo, que se denomina, então, de erosão acelerada.

A disponibilidade de recursos hídricos também está entre as características ambientais a serem consideradas na ocupação urbana. Nesse caso, os estudos hidrológicos possuem dois enfoques: o primeiro relaciona-se à preservação dos recursos hídricos como bem de consumo e o outro se refere ao seu papel como fator de equilíbrio do meio ambiente. Não se pode pensar em estender a ocupação humana sem identificar, por exemplo, as possibilidades de abastecimento de água. A regularidade do abastecimento público, por sua vez, está relacionada à manutenção de fatores como: a cobertura vegetal, a permeabilidade dos solos e a precipitação. Esses fatores, quando alterados, produzem mudanças no regime dos recursos hídricos que podem resultar tanto em inundações como em secas.

Outras conseqüências do processo de expansão urbana no regime dos recursos hídricos, dizem respeito a:

- Diminuição da infiltração da água, devido à impermeabilização e compactação do solo e conseqüente aumento do escoamento superficial;
- Mudanças no nível do lençol freático podendo ocorrer redução ou esgotamento do mesmo;
- Aumento da ocorrência de enchentes; e
- Poluição das águas superficiais e subterrâneas.

Observa-se que a concentração da população em áreas urbanas e a expansão espacial implicam modificações substanciais na paisagem original de um território, fazendo com que as cidades possuam a propriedade de gerar suas próprias condições ambientais. Não se deve esquecer os reflexos da atuação antrópica nas condições climáticas locais, expressas pelos dados de temperatura, chuva, ventos e etc., que sofrem modificações e alteram a realidade climática local.

As alterações descritas anteriormente constituem alguns dos exemplos de como a expansão urbana pode resultar em modificações ambientais, cabendo ao homem procurar adequar esse processo ao ambiente físico existente, de modo que os efeitos negativos sejam os menores possíveis. Entende-se que um planejamento urbano que considere os aspectos ambientais pode minimizar essas conseqüências.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa está voltada para a investigação do clima do Distrito Federal e para a avaliação das influências de uma possível alteração dos parâmetros climáticos nos recursos hídricos, ou seja, em última instância, colaborar com informações que possam ser utilizadas para o planejamento, seja na categoria urbano ou ambiental, uma vez que o bem-estar da população está intimamente ligado à situação ambiental em que ela vive.

Para tanto, foi necessária a compilação e análise de dados meteorológicos de seis estações existentes no Distrito Federal e a utilização de imagens do satélite LANDSAT 5 TM e de informações hidrológicas (deficiência e excedente hídrico). O tratamento utilizado será descrito a seguir.

4.1. Dados meteorológicos

Para os profissionais dedicados às pesquisas relacionadas ao clima em nosso país, são muitas as dificuldades que se têm de superar em relação à aquisição e à utilização dos dados primários que atendam as necessidades de trabalhos com propósitos específicos, como os de análise do clima local. Contudo, no caso específico desta pesquisa, a maior dificuldade encontrada relacionou-se, não à aquisição dos dados, pois todas as instituições procuradas atenderam as solicitações prontamente, mas sim, ao volume de dados existentes, uma vez que o Distrito Federal conta com poucas estações meteorológicas e nem todas possuem registros desde a inauguração de Brasília.

Mesmo assim, para o desenvolvimento da pesquisa foram selecionadas seis estações e utilizados os seguintes parâmetros: temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação. Os dados foram gentilmente cedidos pelas seguintes instituições: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Embrapa Cerrados (EMBRAPA), Centro Nacional de Pesquisas em Hortaliças (CNPq/EMBRAPA), Reserva Ecológica do IBGE (RECOR), Primeiro Centro Integrado de Defesa

Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA I), e Fazenda Água Limpa (FAL/UnB). Do INMET foram utilizados dados da estação Brasília; da Embrapa, estação CPAC; e do CINDACTA foram utilizados dados da estação Aeroporto de Brasília. A figura 4.1 apresenta a localização geográfica das estações meteorológicas utilizadas.

Infelizmente, nem todas as estações possuem registros desde os anos 60 ou mesmo 70, com exceção do CINDACTA I, que registra dados desde agosto de 1960, do INMET, que possui registros desde 1961, e da EMBRAPA, que possui registros desde 1974 para CPAC principal, 1971 para CNPH e 1978 para CPAC Chapada⁸. Por isso, para a definição do período homogêneo a ser estudado, optou-se por adotar um período mais curto, que contasse com número maior de observações, ao invés de um período mais longo, porém com quantidade menor de pontos de observação. A figura 4.2 relaciona os dados obtidos em cada estação e os dados realmente utilizados na pesquisa.

Visando a identificação de alterações climáticas no Distrito Federal realizou-se uma análise do comportamento das variáveis: temperatura do ar, precipitação, umidade relativa do ar, deficiência hídrica e excedente hídrico procurando verificar a existência e as características das inconstâncias climáticas, com base no estudo da série temporal de 1965 a 2003, referente aos dados fornecidos pelo INMET da estação Brasília. Optou-se por analisar primeiramente esses dados em função dos seguintes aspectos: o INMET, órgão pertencente ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), é o responsável pela meteorologia no Brasil, representando o País junto à Organização Meteorológica Mundial (OMM). Portanto, a coleta e fornecimento de dados meteorológicos possuem confiabilidade. Além disso, por esse órgão, desde 1961, as informações sobre o tempo e clima no Distrito Federal são coletas e armazenadas constituindo-se, assim, nos registros mais antigos sobre o Distrito Federal e, por fim, quando se trata de clima do Distrito Federal, os dados meteorológicos considerados representativos e que são utilizados para qualquer avaliação são sempre obtidos na estação do INMET.

⁸ Os dados da estação CHAPADA não foram utilizados devido à proximidade com a estação CPAC Principal.

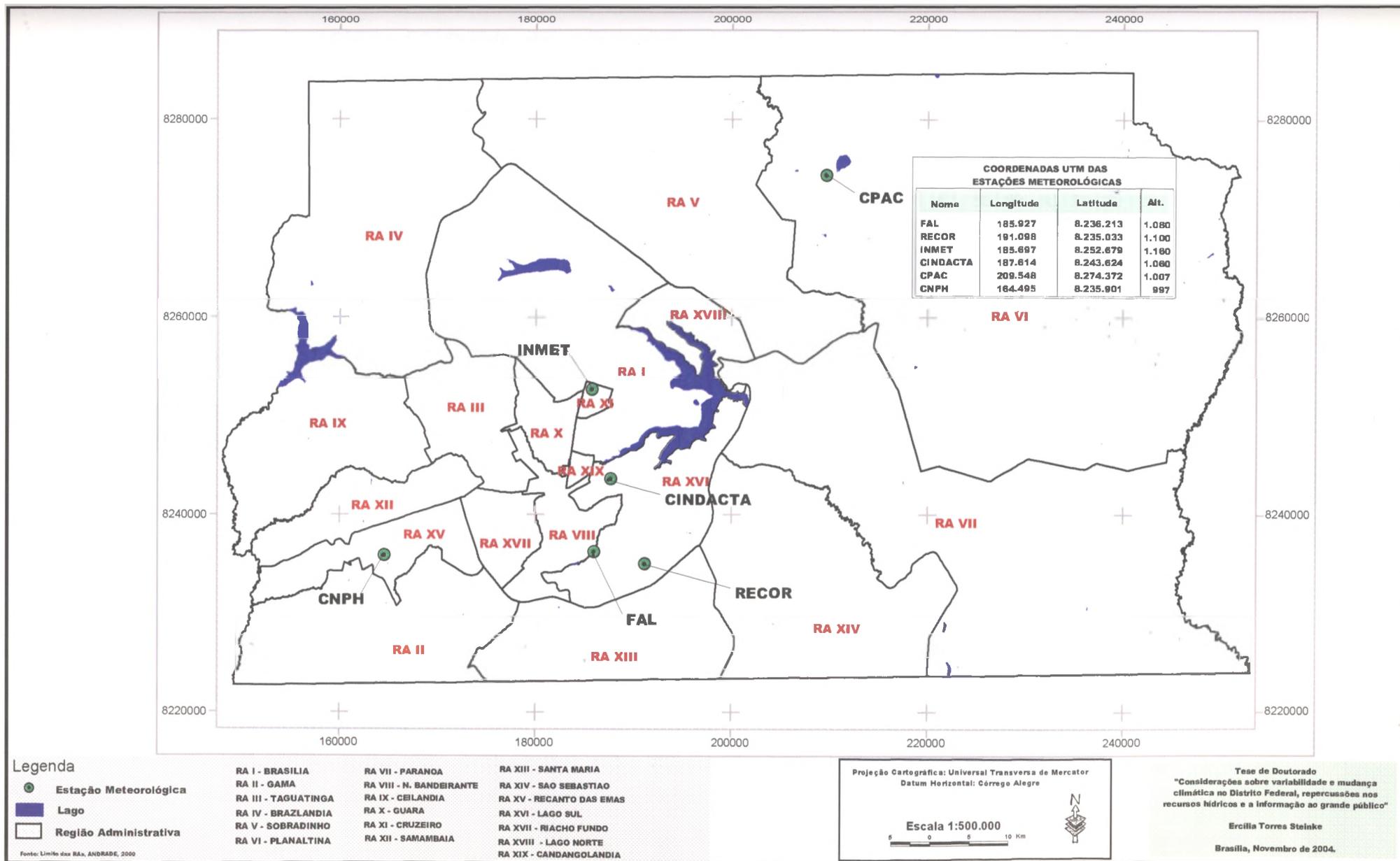


Figura 4.1: Localização das estações meteorológicas no Distrito Federal.

Em seguida, procedeu-se a caracterização das condições meteorológicas do período de 11 a 15 de agosto de 1984, com a finalidade de complementar a análise dos fatores que devem ser considerados antes da interpretação de uma imagem termal para a estimativa da temperatura de superfície. Tais fatores estão relacionados ao quadro temporal anterior ao imageamento e às condições meteorológicas do momento do registro das imagens. Para tanto, foi realizada uma análise rítmica (MONTEIRO, 1971) utilizando-se dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, direção do vento, precipitação e pressão atmosférica, registrados às 09 h, referentes à estação do INMET, além das cartas sinópticas⁹ disponibilizadas pelo CINDACTA I.

Segundo MONTEIRO (1971), é através do ritmo, ou seja, “do encadeamento, sucessivo e contínuo, dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno aos mesmos estados” que se percebem as diferentes combinações dos elementos climáticos entre si e suas relações com os demais elementos do quadro geográfico.

BARROS (2003) ressalta que vários fatores levaram o Prof. Monteiro a desenvolver e aprimorar a técnica de análise rítmica. Destacando-se a preocupação com uma associação analítica combinada de diferentes elementos do clima em seu ritmo de sucessão habitual, a utilização de seqüências de cartas sinópticas a fim de compreender a circulação atmosférica regional e a necessidade de aperfeiçoamento da classificação genética dos climas em caráter regional. Dessa forma, pode-se definir a técnica de análise rítmica como sendo aquela que utiliza a representação concomitante dos elementos do clima (em unidades de tempo cronológico diárias) e dos mecanismos de circulação atmosférica regional para investigar a realidade climática local. A representação se dá a partir dos gráficos de análise rítmica, que são “faixas de representação diária concomitante de atributos atmosféricos mensuráveis (e possíveis de se obter) sobre um lugar, acompanhados da informação sobre o sistema meteorológico atuante em cada dia” (MONTEIRO, 1976).

⁹ As cartas sinópticas foram utilizadas na identificação dos sistemas atmosféricos regionais atuantes nos dias analisados.

Vale ressaltar que, nesta pesquisa específica, não foram realizados levantamentos de dados meteorológicos em campo, uma vez que o objetivo principal foi fazer uma análise temporal da variação dos elementos do clima utilizando dados já existentes.

4.2. Imagens do satélite LANDSAT

Os documentos de base que serviram para a elaboração do mapa das áreas urbanas, cobertura do solo da bacia do rio Monteiro e da estimativa da temperatura de superfície na bacia do rio Monteiro foram:

1. Imagem LANDSAT 4 MSS, órbita ponto 221 71, bandas 3, 4 e 5 do dia 15 de agosto de 1973 às 12 h 37 min UTC;
2. Imagem LANDSAT 5 TM, órbita ponto 221 71, bandas 3, 4, 5, e 6 do dia 14 de agosto de 1984 às 12 h 44 min UTC;
3. Imagem LANDSAT 5 TM, órbita ponto 221 71, bandas 3, 4 e 5 do dia 25 de julho de 1994 às 12 h 40 min UTC;
4. Imagem LANDSAT 5 TM, órbita ponto 221 71, bandas 3, 4 e 5 do dia 16 de junho de 2003 às 12 h 21 min UTC.

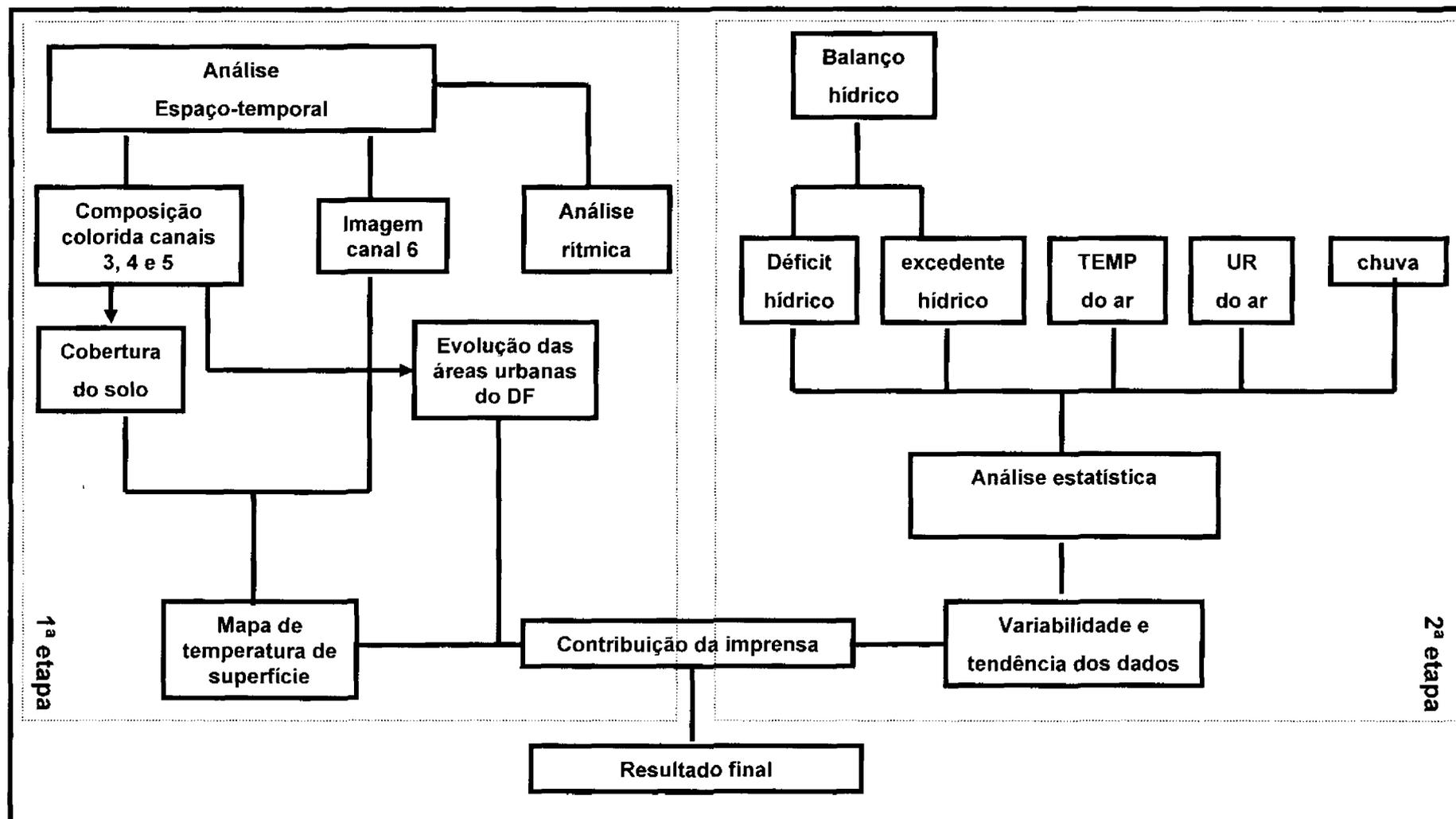
As imagens provenientes do satélite LANDSAT 5 TM foram gentilmente cedidas pela EMBRAPA Cerrados e processadas nos *softwares* ERDAS-IMAGINE versão 8.6, IDRISI versão 3.2 e ArcView versão 3.3 junto ao Centro de Monitoramento Ambiental - CEMAM do IBAMA/DF. As imagens dos anos de 1973, 1984, 1994 e 2003 foram utilizadas para a elaboração do mapa de evolução das áreas urbanas (bandas 3, 4 e 5) do Distrito Federal e, para a avaliação da estimativa da temperatura de superfície (banda 6) na bacia do rio Monteiro, foi utilizada a imagem de 1984 (banda 6 – termal)

Ressalta-se que, para a avaliação da técnica de estimativa de temperatura de superfície, foi utilizada apenas a imagem do ano de 1984, pois a banda termal das imagens dos outros anos apresentou problemas que interferiram negativamente no processamento digital. Além disso, há necessidade de se encontrar condições favoráveis de estabilidade atmosférica para a tomada da

imagem: céu claro, ausência de nebulosidade e baixo teor de vapor d'água (LOMBARDO, 1985). Na área de estudo, estas condições são encontradas quando ocorre o predomínio de um sistema meteorológico já descrito no item 3.2, o Anticiclone Migratório Polar, o que permite melhor captação da temperatura pelo sensor. Outro aspecto que foi levado em consideração foi a disponibilidade de imagens que não apresentassem *pixels* com ruídos. De acordo com ESPINDOLA *et al.* (2004), geralmente, os *pixels* com ruído aparecem como pontos com níveis de cinza bem diferentes da sua vizinhança: escuros (pretos) ou saturados (brancos). Tais pontos podem aparecer distribuídos aleatoriamente ou de forma sistemática (listras verticais ou horizontais) e suas causas podem ser falhas nos detectores ou limitações do sistema eletrônico do sensor.

4.3. Roteiro metodológico

Como mencionado, a abstração do clima exige a definição de uma escala como parte da própria metodologia da pesquisa climática. Em estudos que ressaltam a avaliação da ação antrópica sobre as condições climáticas, LOMBARDO (1985) ressalta ser fundamental uma observação meteorológica ajustada às escalas inferiores de abordagem. Conforme MONTEIRO (1976), quanto às categorias de organização geográfica e suas articulações com o clima urbano, o estudo climático do Distrito Federal, se enquadra na categoria de clima local, no qual a escala geográfica de tratamento situa-se entre 1:100.000 e 1:250.000. Nesse sentido, MONTEIRO (1976) propõe que esse tipo de estudo esteja pautado em dois tipos de análise, uma espacial e outra temporal. A **análise espacial** teria papel estruturador da investigação como um todo, fundamentada na representação cartográfica do conjunto de complexos territoriais que constituem a base física da área de estudo e daqueles que são resultado do trabalho humano, ou seja, o uso da terra. A **análise temporal** está baseada na observação de dados provenientes de estações e postos meteorológicos e rede complementar. Seguindo essa recomendação, o trabalho foi dividido em duas etapas principais descritas a seguir. O roteiro metodológico está representado esquematicamente na figura 4.3.



Elaborado por Ercília T. Steinke, 2004.

Figura 4.3: Fluxograma esquemático do roteiro metodológico da pesquisa.

4.3.1. Primeira etapa:

Esta etapa da pesquisa teve a finalidade de organizar os dados e criar os documentos básicos para o desenvolvimento das próximas etapas. Está relacionada à análise espaço-temporal das informações como a caracterização da realidade em relação a cobertura do solo no ano de 1984 a partir da classificação das imagens LANDSAT -5 TM (bandas 3, 4 e 5), elemento este que se constituiu em um dos fatores básicos para a compreensão da temperatura de superfície da área de estudo. Envolveu, também, a estimativa da temperatura de superfície, a partir da imagem do satélite LANDSAT 5 TM (banda 6), para o ano de 1984 e o levantamento dos dados meteorológicos para a elaboração da análise rítmica.

Nessa etapa foi ainda elaborado o mapa de evolução das áreas urbanas no Distrito Federal referentes aos anos de 1973, 1984, 1994 e 2003.

4.3.2. Segunda etapa:

A segunda parte da pesquisa envolveu a avaliação do comportamento dos parâmetros térmicos e hídricos, no período de 1965 a 2003, para a estação do INMET, e de 1984 a 2003 para as demais estações, a fim de identificar alterações nesses parâmetros durante esses períodos. Foram utilizados dados médios mensais de **temperatura do ar**, **umidade relativa do ar** e totais mensais **chuva**, coletados nas estações meteorológicas anteriormente citadas. Para a determinação dos parâmetros **deficiência hídrica** e **excesso hídrico**, variáveis de suma importância para o planejamento quando definidas as tendências de seus comportamentos, foi utilizado o balanço hídrico segundo a metodologia de THORNTHWAITE e MATHER (1955), com a estimativa da evapotranspiração potencial pelo método THORNTHWAITE (1948), através do programa computacional para cálculo de Balanço Hídrico Climatológico, utilizando a planilha eletrônica Excel e elaborado por D'ANGIOLELLA e VASCONCELLOS (2003).

Segundo AYOADE (1996), o termo “balanço hídrico” refere-se a uma expressão quantitativa do clima hidrológico e seus vários componentes, sobre

uma área específica, em determinado período de tempo. Sua determinação serve, principalmente, para oferecer uma visão geral das condições hídricas sobre uma área e conhecer o impacto do homem sobre o ambiente hidrológico.

O balanço hídrico desenvolvido por THORNTHWAITE e MATTER (1955) é uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo. Partindo-se do suprimento natural de água ao solo, da demanda atmosférica, e da capacidade de água disponível, o balanço hídrico fornece estimativas da evapotranspiração¹⁰ real (ETR), da deficiência (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM). O balanço hídrico assim calculado torna-se um indicador climatológico da disponibilidade hídrica em uma região (PEREIRA *et al.*, 1997), o que é fundamental no planejamento.

Justifica-se a escolha das variáveis do balanço hídrico, excedente e deficiência hídrica, pois a partir delas é possível, segundo SWART e SANTOS (2001) monitorar a disponibilidade de água no solo, que por sua vez, é em grande parte determinada pelas condições climáticas.

O comportamento das variáveis climáticas foi determinado através de regressão não linear (senoidal) para os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar e regressão linear para os dados de precipitação, déficit e excedente hídricos, que permitem uma boa visualização das tendências seguidas pelas variáveis climáticas, em determinado período de tempo, com o intuito de identificar possíveis alterações.

A seguir serão descritos, detalhadamente, os procedimentos metodológicos adotados para a execução de cada etapa do trabalho.

¹⁰ O termo evapotranspiração diz respeito ao processo simultâneo de transferência de água para a atmosfera por evaporação da água do solo e por transpiração das plantas. A evapotranspiração potencial (ETP) é a quantidade de água que seria utilizada por uma superfície vegetada sem restrição hídrica. Já a evapotranspiração real (ETR) é a quantidade de água realmente utilizada por uma superfície vegetada, com ou sem restrição hídrica. (PEREIRA *et al.*, 2002).

4.4 Procedimentos metodológicos

4.4.1. Estimativa da temperatura de superfície através do satélite LANDSAT - 5 TM

A técnica empregada nesta pesquisa para a estimativa da temperatura de superfície utiliza informações relativas à cobertura do solo da região que será mapeada. Por isso, o primeiro passo foi elaborar o mapa de cobertura do solo. Constitui-se de um mapa temático, no qual cada classe identifica um tipo de cobertura, seja ela natural ou decorrente de atividades antrópicas.

Ressalta-se que foi escolhida uma área-teste, dentro do Distrito Federal, para aplicação da técnica, uma vez que quanto menor a área de estudo, maiores são as chances da técnica apresentar melhores resultados, conforme afirmam QUATTROCHI e GOEL (1995).

Segundo NOVO (1998), o termo Uso da Terra refere-se à utilização “cultural” da terra, enquanto que o termo Cobertura do Solo refere-se ao seu revestimento. Por exemplo: áreas florestadas que, embora sejam um só tipo sob o ponto de vista de cobertura, podem ter diferentes usos: lazer, exploração de madeira, reservas, etc. Sendo assim, ao se adotar um sistema de classificação de uso da terra, deve-se levar em conta um nível alto de detalhamento. Isso não foi necessário nesta pesquisa específica, uma vez que o objetivo foi identificar as principais coberturas e não seus usos específicos.

O mapa de cobertura do solo foi elaborado através do processamento digital da imagem LANDSAT 5 TM do ano de 1984 utilizando o método de segmentação de imagens disponível no *software* ERDAS-IMAGE 8.5. Este método pode ser descrito como sendo o processo de divisão de uma imagem em segmentos não sobrepostos. Em primeira instância, o método é muito similar à classificação não supervisionada, como a ISODATA. A segmentação de imagens divide a imagem em grupos espectrais únicos. Além disso, a segmentação inclui um componente espacial. A exigência é que todos os *pixels* em um grupo (ou segmento) sejam espacialmente contíguos. Esses segmentos podem ser usados para extrair e

classificar feições produzindo uma imagem melhor classificada. O programa de segmentação utilizado neste trabalho foi o RSAC (*Remote Sensing Application Center*) desenvolvido para o ERDAS-IMAGINE 8.5 (RUEFENACHT *et al.*, 2002).

Primeiramente, a partir da interpretação visual da imagem digital, foram identificadas as classes de cobertura preponderantes na cena. Em seguida, realizou-se o processo de vetorização das classes gerando, assim, um polígono para cada classe, posteriormente editados com a finalidade de refinamento das informações.

Uma vez elaborado o Mapa de Cobertura do Solo de 1984 na bacia do rio Monteiro (apresentado no capítulo 5), partiu-se para a estimativa da temperatura de superfície.

Os valores da temperatura de superfície para a área da bacia do rio Monteiro foram obtidos através da técnica desenvolvida por Artis e Carnahan (*apud* NICHOL, 1994) e utilizada por COLLISCHONN (1998) para determinação das temperaturas de superfície na região metropolitana de Porto Alegre. Essa técnica utiliza a equação (2.2), citada no capítulo de Fundamentação Teórica.

A resolução da equação (2.2) foi definida em três passos: definição do numerador da equação, definição do denominador da equação e definição da temperatura da superfície. Utilizou-se, para tanto, o Sistema IDRISI¹¹. Esse sistema contém um conjunto amplo de ferramentas que possibilitam armazenar e processar dados em duas ou mais dimensões, envolvendo operações complexas de funções matemáticas, estatísticas, etc. O IDRISI é um *software* que reúne ferramentas nas áreas de processamento de imagens, sensoriamento remoto, SIG, geoestatística, apoio a tomada de decisão e análise de imagens geográficas de uma forma prática e de fácil uso. Contudo, vale salientar que a metodologia não precisa necessariamente estar atrelada a um sistema específico, podendo ser desenvolvida por qualquer outro sistema de preferência do usuário.

¹¹ A metodologia seguida recomenda a utilização do *software* IDRISI para essa etapa. Por isso, este foi utilizado nesta pesquisa.

O processamento digital da imagem através do *software* IDRISI pode ser dividido em quatro operações básicas: restauração, realce da informação, criação de novos canais e transformação e classificação das imagens. As ferramentas de análise geográfica utilizadas foram: THERMAL, RECLASS, ASSIGN, SCALAR e OVERLAY. RECLASS e ASSIGN são utilizados para isolar classes de interesse em uma imagem, bem como atribuir novos valores a essas classes. SCALAR e OVERLAY produzem imagens novas como resultado de operações matemáticas sobre uma imagem ou entre duas imagens existentes.

1º passo: Definição do numerador da equação (Tb)

Para a estimativa da temperatura do corpo negro (Tb) de cada pixel da banda termal (canal 6) do satélite LANDSAT 5 TM, submeteu-se essa banda a um processo de conversão através do módulo THERMAL do Sistema IDRISI. A imagem de saída foi denominada **resultado 1: (Tb) temperatura do corpo negro**.

2º passo: Definição do denominador da equação

A imagem **resultado 1: (Tb) temperatura do corpo negro** foi multiplicada pelo valor médio do comprimento de onda termal ($\lambda = 11,5 \mu\text{m}$) através do módulo SCALAR. A imagem de saída foi denominada **resultado 2** e representa a expressão (λTb).

A imagem **resultado 2 (λTb)** foi dividida por α , também através do módulo SCALAR. A imagem de saída foi denominada **resultado 3 ($\lambda\text{Tb}/\alpha$)**.

O termo $\ln\epsilon$ foi obtido atribuindo-se os valores do logaritmo natural da emissividade de cada classe de cobertura do solo a cada pixel do mapa de cobertura. O módulo ASSIGN foi utilizado para tal atribuição. A imagem de saída foi denominada **resultado 4: logaritmo da emissividade ($\ln\epsilon$)**.

Vale lembrar que os valores de emissividade utilizados não foram coletados em campo, mas sim, retirados da literatura. Dada a variação significativa da emissividade para as áreas vegetadas e superfícies construídas, e tendo em vista a importância desse parâmetro na obtenção dos valores de temperatura de superfície, realizou-se uma busca na bibliografia com o intuito de elaborar um quadro de valores de emissividade (quadro 4.1) e, a partir deste, optar pelos valores mais próximos da realidade da área de estudo. Dessa forma, optou-se por utilizar valores médios de emissividade para cada classe de cobertura do solo identificada.

Quadro 4.1: Emissividades típicas de alguns materiais terrestres

MATERIAL	FONTE	VALOR DE EMISSIVIDADE
Água limpa	MENESES (2001)	0,98-0,99
Neve úmida	MENESES (2001)	0,98-0,99
Pele úmida	MENESES (2001)	0,97-0,99
Gelo seco	MENESES (2001)	0,97-0,98
Áreas vegetadas	NICHOL (1994)	0,95
Vegetação verde	MENESES (2001)	0,96-0,99
Vegetação seca	MENESES (2001)	0,88-0,94
Vegetação com copa fechada	COLLISCHONN (1998)	0,97-0,98
Vegetação mais aberta	COLLISCHONN (1998)	0,96
Culturas variadas	COLLISCHONN (1998)	0,93-0,97
Espaços verdes urbanos	COLLISCHONN (1998)	0,90
Solo úmido	MENESES (2001)	0,95-0,98
Solo seco	COLLISCHONN (1998)	0,91
Solo mineral seco	MENESES (2001)	0,92-0,94
Áreas não vegetadas	NICHOL (1994)	0,92
Basalto	MENESES (2001)	0,92-0,96
Asfalto	MENESES (2001)	0,94-0,97
Concreto	COLLISCHONN (1998)	0,97
Granito	MENESES (2001)	0,83-0,87
Metal polido	MENESES (2001)	0,16-0,21
Alumínio	MENESES (2001)	0,03-0,07

A partir desse quadro foram selecionados os valores médios para cada classe de cobertura do solo definida nas imagens, a saber: área urbana: 0,92; área rural: 0,94; água: 0,97; vegetação (considerada primeiramente como uma única classe): 0,95; campo: 0,93; cerrado: 0,96; mata ciliar: 0,98 e reflorestamento: 0,99. Vale lembrar que esses valores médios podem mascarar alguns resultados, uma vez que as condições ambientais podem modificar os valores de emissividade, este fato constitui-se numas das limitações da técnica.

O termo $(\lambda T_b/\alpha) \cdot \ln \epsilon$ foi definido multiplicando-se a imagem **resultado 3**: $(\lambda T_b/\alpha)$ pela imagem **resultado 4**: **logaritmo da emissividade** através do módulo OVERLAY. A imagem de saída foi denominada **resultado 5**: $(\lambda T_b/\alpha) \cdot \ln \epsilon$.

Para obter-se uma imagem em que cada pixel tivesse o valor 1, definiu-se uma nova imagem, à qual atribuiu-se o valor inicial 1 para todos os pixels da imagem criando-se uma nova imagem (**pixel valor 1**) através do módulo INITIAL. Assim, o denominador da equação (**resultado 6**), foi encontrado somando-se, através do módulo OVERLAY, as imagens **resultado 5** e **pixel valor 1**.

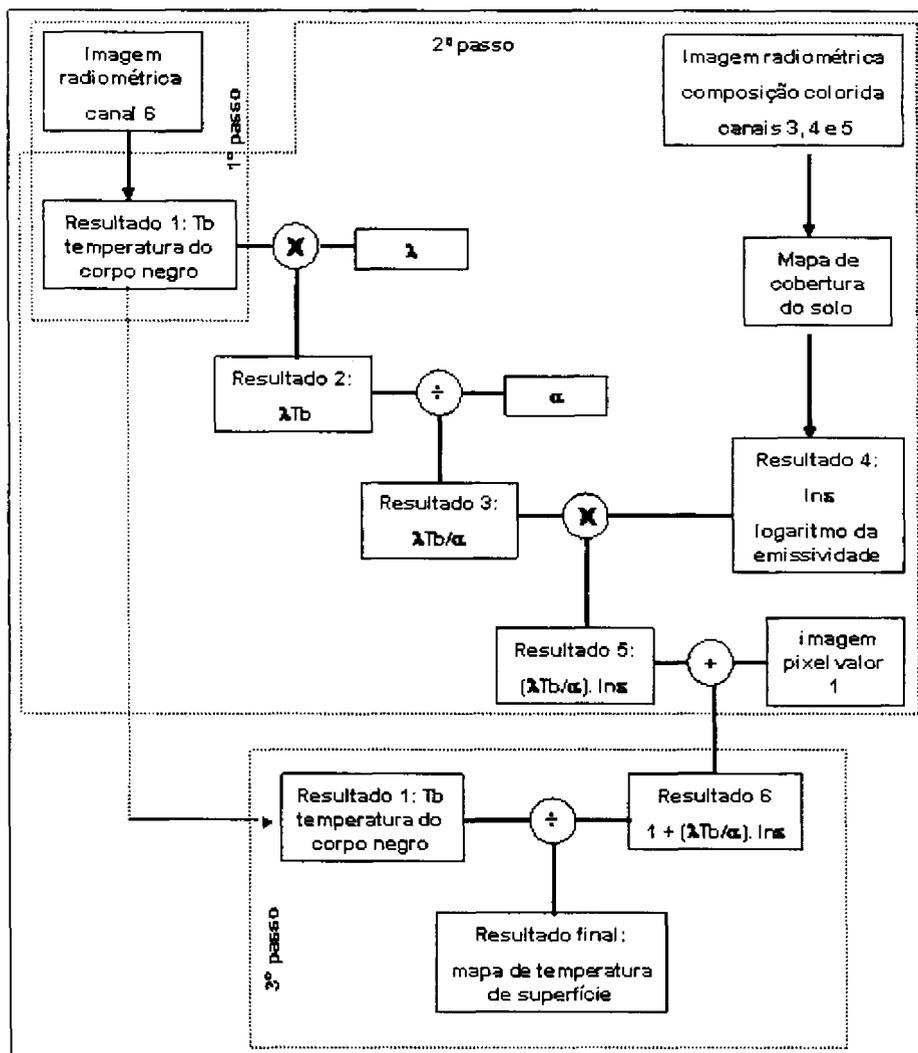
3º PASSO: Definição da temperatura da superfície e elaboração da imagem termográfica.

Através do módulo OVERLAY, dividiu-se a imagem **resultado 1**: (T_b) **temperatura do corpo negro** pela imagem **resultado 6**: $(1+(\lambda T_b/\alpha) \cdot \ln \epsilon)$ e obteve-se a imagem **resultado final**, que corresponde à temperatura de superfície de cada pixel em graus Kelvin (K).

As temperaturas resultantes foram, então, convertidas para graus Celsius (°C) subtraindo-se o valor da temperatura do ponto de congelamento da água ao nível do mar, ou seja, 273,15 K, através do módulo SCALAR. Essa nova imagem foi submetida a uma reclassificação através do módulo RECLASS definindo-se as seguintes classes: Classe 1: menor que 15 °C; Classe 2: 15 °C a 17 °C; Classe 3: 17 °C a 19 °C; Classe 4: 19 °C a 21 °C; Classe 5: 21 °C a 23 °C; Classe 6: 23 °C a 25 °C; Classe 7: 25 °C a 27 °C; e Classe 8: maior que 27 °C. A imagem resultante

foi exportada para o *software* ArcView para a preparação do mapa final de temperatura de superfície e será apresentada e discutida no capítulo 5.

Para melhor entendimento dos procedimentos adotados nessa etapa foi elaborado um fluxograma (figura 4.4) esquemático em que podem ser visualizadas as etapas seguidas.



Elaborado por Ercília Torres Steinke, 2004.

Figura 4.4: Fluxograma esquemático da resolução da equação para a estimativa da temperatura de superfície.

4.4.2: Inconstâncias climáticas no Distrito Federal

Esta etapa do trabalho diz respeito à análise do comportamento das principais variáveis climáticas no Distrito Federal, procurando verificar a existência e as características das inconstâncias climáticas (variabilidade e tendência), com base no estudo das séries temporais 1965 – 2003 para a estação Brasília (INMET) e 1984 –2003 para as demais estações do Distrito Federal, de registros sobre temperatura, chuva, umidade relativa do ar, deficiência e excedente hídrico.

Cálculo do balanço hídrico

Como citado anteriormente, a análise se iniciou através do cálculo do balanço hídrico realizado mediante estudo dos dados meteorológicos do período de 1961 a 2003 para a estação Brasília (INMET) e de 1984 a 2003 para as demais estações do Distrito Federal, obtidos nas estações já mencionadas. Com auxílio da planilha eletrônica desenvolvida por D'ANGIOLELLA e VASCONCELLOS (2003), foram obtidos os valores da **evapotranspiração potencial (ETP)** mensal, pelo método preconizado por THORNTHWAITE (1948). A disponibilidade hídrica do solo foi estimada pelo método de THORNTHWAITE e MATTER (1955), o qual considera que a disponibilidade de água no solo é proporcional ao seu armazenamento, levando-se em conta a evapotranspiração real. A capacidade de armazenamento (CAD) adotada foi de 75 mm segundo a orientação da planilha.

Genericamente, o balanço hídrico segundo PEREIRA *et al.* (1997), pode ser representado por:

ENTRADAS:

P = precipitação;
I = irrigação;
O = orvalho;
Ri = escoamento superficial (run in);
Dli = drenagem lateral;
AC = ascensão capilar.

SAÍDAS:

ET = evapotranspiração;
Ro = escoamento superficial (run off);
Dio = Drenagem lateral;
DP = drenagem profunda.

Chuva e orvalho dependem do clima da região, enquanto as demais entradas dependem do tipo de solo e do relevo da região. A irrigação é utilizada para manter o armazenamento de água em um nível adequado às necessidades das plantas. A drenagem profunda expressa o excesso de água que penetrou no solo pelas chuvas ou irrigação, de modo que quanto mais profundo o solo, menor a drenagem profunda e maior a ascensão capilar. Assim, o balanço hídrico pode ser expresso da seguinte forma:

$$\pm \Delta \text{ARM} = P + I - ET + AC - DP \quad (4.1)$$

No caso do método desenvolvido por THORNTHWAITE e MATTER (1955), a equação (4.2) é retomada com o objetivo de se determinar a variação do armazenamento (ARM) de água no solo com algumas simplificações, para fins práticos. Considera-se a irrigação nula ($I = 0$) e a ascensão capilar desprezível ($AC = 0$). Desse modo, torna-se possível estimar a variação do armazenamento, denominada de **alteração do armazenamento (ALT)**, a **evapotranspiração real (ETR)**, e a drenagem profunda, agora denominada de **excedente hídrico (EXC)**, resultando na seguinte equação:

$$\pm \text{ALT} = P - \text{ETR} - \text{EXC} \quad (4.2)$$

Além de ALT e de EXC, a determinação de ETP e ETR permite estimar o **déficit hídrico (DEF)**, definido como:

$$\text{DEF} = \text{ETP} - \text{ETR} \quad (4.3)$$

A evapotranspiração real (ETR) ocorre às custas da precipitação e da diminuição do armazenamento de água no solo. Enquanto não ocorre deficiência de água no solo, a evapotranspiração real (ETR) será igual à evapotranspiração

potencial (ETP). Ocorre excedente hídrico (EXC) sempre que a precipitação for superior à quantidade necessária para alimentar a evapotranspiração potencial (ETP) e completar o armazenamento de água no solo. O déficit hídrico (DEF) aparece sempre que o solo não conseguir suplementar a precipitação no atendimento da evapotranspiração potencial (ETP) (TUBELIS e NASCIMENTO), 1980).

Vale lembrar que, embora nesta pesquisa tenha sido utilizado o método de THORNTHWAITE (1948) para o cálculo da ETP, a planilha desenvolvida por D'ANGIOLELLA e VASCONCELLOS (2003) permite a sua estimativa por mais cinco métodos, quais sejam: Tanque Classe A, Penman-Monteith - FAO, Hargreaves & Samani, Makkink e Blaney & Criddle. A escolha do método depende das condições pedológicas da área de estudo. Os parâmetros: excedente hídrico e deficiência hídrica foram, então, incorporados aos demais para o tratamento estatístico.

Análises de dados climatológicos

O problema de detectar se há aumento progressivo nas variáveis climáticas e de estimar seu valor é típico de análise de tendência em séries temporais ou, em outros termos, de avaliação da estacionariedade de séries temporais. Esse tipo de problema é particularmente complexo em séries climatológicas, pois as variáveis climáticas apresentam flutuações significativas ao longo do tempo. Há anos mais secos e anos mais chuvosos, em alguns anos os invernos são rigorosos, em outros, brandos, por exemplo.

Considerando esses fatores, utilizou-se um modelo de regressão não linear para os dados de temperatura do ar e de umidade relativa do ar e um modelo de regressão linear para os dados de precipitação, deficiência hídrica e excedente hídrico.

Para os dados de temperatura do ar (média compensada, média das máximas e média das mínimas) utilizaram-se às médias mensais referentes a cada ano da série 1965 - 2003. Os dados foram analisados utilizando-se um

modelo de regressão não linear, considerando que o comportamento das temperaturas do ar mensais ao longo do ano varia de forma senoidal. As curvas estimadas para cada ano foram comparadas com o ajuste não linear da Normal Climatológica (1992) de temperatura do ar média mensal. As regressões foram calculadas seguindo o modelo:

$$\hat{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 * x_i + \beta_2 * x_i^2 + \beta_3 * x_i^3 + \varepsilon \quad (4.4)$$

Onde:

Y_i = variável dependente;

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ = parâmetros da equação;

x = variável independente; e

ε = erro aleatório.

Este mesmo modelo de regressão não linear foi aplicado para os dados de umidade relativa do ar (média compensada, média das máximas e média das mínimas), sendo que as Normais Climatológicas da umidade relativa máxima e mínima foram calculadas e analisadas da mesma forma.

Para os dados de precipitação, excedente hídrico e déficit hídrico foi aplicado um modelo de regressão linear, tendo em vista que estes dados são interpretados a partir do seu total anual, e as curvas ajustadas foram então comparadas com a Normal Climatológica de cada parâmetro¹², pelo teste t de *Student*, considerando o desvio padrão da mesma, através da equação:

$$\hat{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 * x + \varepsilon_i \quad (4.5)$$

Onde: Y_i = variável dependente; β_0, β_1 = parâmetros da equação; x = variável independente e ε_i = erro aleatório.

Os parâmetros β_0 e β_1 foram determinados através do método dos mínimos quadrados. O coeficiente β_1 indica a tendência da série temporal representada pela declividade da reta de regressão linear. A significância estatística da série foi verificada mediante a aplicação do teste de hipótese para o coeficiente da regressão linear (β_1) dado por:

$H_0: \beta_1 = 0$, não existe tendência;

$H_0: \beta_1 \neq 0$, existe tendência em dado nível de significância;

As análises comparativas entre os dados das Estações Meteorológicas do INMET, RECOR, CINDACTA, CPAC, CNPH e FAL foram realizadas através da aplicação do teste t de *Student* com nível de significância de 5%, para dados dependentes entre os resultados obtidos de cada parâmetro climatológico nas estações e os obtidos no INMET. O objetivo dessa análise foi determinar se as medições realizadas em diferentes estações são semelhantes às realizadas no INMET. Para isso comparou-se 19 anos de dados (1984 – 2003) de cada estação com os dados do INMET. O modelo estatístico utilizado foi:

$$\hat{Y}_i = \mu + t_i + \varepsilon_i \quad (4.6)$$

Onde:

Y_i = variável independente;

μ = média geral;

t_i = variável independente, e

ε_i = erro aleatório.

As análises foram executadas no *software* STATÍSTICA versão 5.2, sendo obtidos os valores médios, os coeficientes das equações, o coeficiente de determinação (R^2) e o valor da significância. As técnicas empregadas neste trabalho são amplamente utilizadas nos estudos de climatologia e permitem, em

¹² Não existem Normais Climatológicas para os parâmetros déficit e excedente hídricos. Por isso, a média de 30 anos foi calculada e admitida como Normal para fins de comparação.

conjunto, estimar o relacionamento dos dados ao longo de uma seqüência temporal, com vistas a avaliação de tendência climática. Os resultados serão apresentados no capítulo 5.

4.4.3. Evolução das áreas urbanas do Distrito Federal no período de 1973 a 2003

O mapa de Evolução das Áreas Urbanas do Distrito Federal no período de 1973 a 2003 foi elaborado da mesma forma que o mapa de Cobertura do Solo da bacia do Rio Monteiro, ou seja, através do processamento digital das imagens LANDSAT 5 TM dos anos de 1973, 1984, 1994 e 2003 e utilizando o método de segmentação de imagens disponível no *software* ERDAS-IMAGINE 8.5.

A diferença reside no fato de que, a partir da interpretação visual das imagens digitais, foram identificadas apenas as **áreas urbanas** existentes em cada cena. Em seguida realizou-se o processo de vetorização das áreas urbanas gerando os polígonos que as identificavam, visualizáveis pela cor, textura e geometria. Esses polígonos foram editados e, após o refinamento das informações, as imagens foram exportadas para o ambiente ArcView 3.3 para elaboração do mapa final de evolução das áreas urbanas.

No Mapa de Evolução das Áreas Urbanas no Distrito Federal, (apresentado no capítulo 5) também foram plotadas as estações meteorológicas cujos dados foram utilizados na pesquisa. Com isso procurou-se mostrar o avanço das áreas urbanas sobre as imediações das estações com a finalidade de verificar há possibilidade de a expansão urbana estar realmente interferindo no registro dos dados, como afirma RIBEIRO (2000).

O mapa de Evolução das Áreas Urbanas no Distrito Federal foi, ainda, sobreposto com o mapa de Localização Geográfica das Nascentes do Distrito Federal, adaptado do Mapa de Áreas de Proteção aos Mananciais da CAESB por ANDRADE (2000). Através deste cruzamento, realizado no *software* ArcView 3.3, foi possível identificar as áreas constituídas de nascentes que foram afetadas

diretamente pela expansão urbana no período analisado definindo, desta forma, o Mapa de Localização das Nascentes Afetadas pela Expansão Urbana de 1973 a 2003, que também será apresentado no capítulo 5.

4.4.4. A contribuição da imprensa local

A maneira como a imprensa tem tratado a questão do clima no Distrito Federal e suas possíveis alterações, bem como as conseqüências nos recursos hídricos, foi incorporada a esta pesquisa com o intuito de avaliar de que forma a população está sendo informada sobre essas questões, uma vez que, quando se trata de assuntos climáticos, o que se observa, muitas vezes, é o tratamento sensacionalista das informações e, não raro, incorreto.

A divulgação de temas relacionados às ciências que envolvem o meio ambiente tem merecido espaço cada vez maior na imprensa. Esse fato demonstra o incremento que vem tendo na informação jornalística o espaço para artigos, pesquisas e comentários sobre temas ambientais e científicos. Cada vez mais o homem procura fazer com que os fatos científicos favoreçam a sociedade. Para isso, o público deve ser informado a seu respeito, de tal forma que seus benefícios sejam utilizados convenientemente.

Às vezes, as informações obtidas de pesquisas técnico-científicas são tão “espetaculares” que se tornam notícias obrigatórias, e a imprensa não pode deixar de registrá-las. Cabe ao jornalista sua difusão ao grande público, ou seja, transformar textos científicos em jornalísticos, de forma a tornarem compreensíveis pela grande maioria da população. Contudo, talvez pela falta de preparo do próprio jornalista, nem sempre as informações divulgadas estão condizentes com a realidade.

Quando o assunto é clima, qualquer tentativa de síntese (e o jornalismo é conhecido como a arte da objetividade) requer cuidados. De um lado é preciso que o jornalista evite as simplificações e generalizações, que trabalham em favor da forma e em prejuízo do conteúdo. De outro, é fundamental alertar a sociedade

sobre possíveis situações de risco, sem cair no sensacionalismo e nem explorar de forma irresponsável as previsões dos cientistas.

Neste sentido, reportagens relacionadas ao clima do Distrito Federal e publicadas no jornal Correio Braziliense, desde o ano de 1997, foram compiladas e analisadas com a finalidade de avaliar como a população vem sendo informada das questões relacionadas ao clima e suas repercussões. Ressalta-se que o jornal Correio Braziliense foi escolhido por ser o jornal impresso de maior circulação no Distrito Federal. Os resultados desta análise serão apresentados no capítulo 5.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação da estimativa da temperatura de superfície através do satélite LANDSAT - 5 TM

A utilização de informações provenientes do satélite LANDSAT TM para a avaliação de condições climáticas tem crescido nos últimos anos. Alguns trabalhos, inclusive no Distrito Federal, já foram desenvolvidos no sentido de mostrar a influência da modificação da superfície, notadamente a urbanização, no clima local. Contudo, as deficiências são muitas e os resultados limitados. Por isso, realizou-se a avaliação de uma técnica que utiliza imagens do satélite LANDSAT 5 TM, banda termal, para mostrar quais são as possíveis informações que se pode obter dos resultados alcançados sobre temperatura de superfície.

A área-teste escolhida para a aplicação da técnica refere-se à bacia do rio Monteiro (Figura 5.1), onde se localiza a cidade de Planaltina e a sede da EMBRAPA Cerrados. A região de Planaltina tem sido alvo de implantação de novos assentamentos urbanos, fazendo com que a expansão urbana tenha apresentado crescimento significativo nos últimos anos.

Antes da interpretação da imagem termal propriamente dita, é necessário fazer algumas considerações sobre as condições climatológicas da estação do ano em que foi tomada a imagem e sobre as condições meteorológicas do momento do registro, pois essas condições podem explicar, em parte, a resposta térmica dos objetos em superfície.

O mês de agosto (mês da tomada da imagem de 1984) no Distrito Federal apresenta temperatura amena. Na Região Centro-Oeste, esse mês é considerado pouco chuvoso. No Distrito Federal, especificamente, costuma-se registrar muito pouca precipitação neste período. Essas características são representativas do inverno.

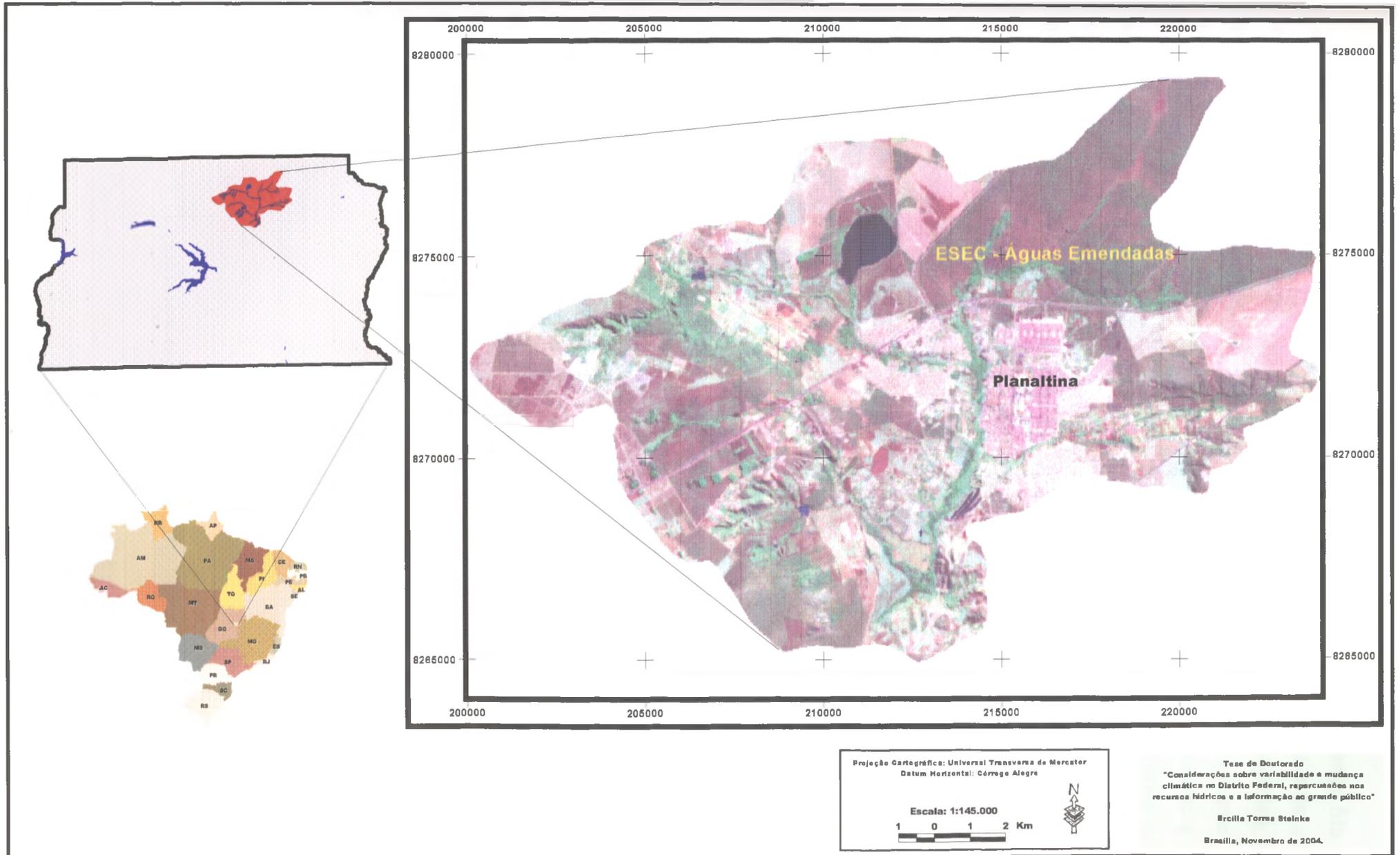


Figura 5.1: Localização da bacia hidrográfica do rio Monteiro no Distrito Federal.

O principal sistema meteorológico atuante nesse mês é a frente fria associada ao avanço da mPa. Após a passagem de frentes frias, observa-se a entrada de massas de ar frio que, dependendo da sua trajetória e intensidade, provocam queda de temperatura. Outro aspecto meteorológico que se observa durante o inverno, são as constantes inversões térmicas que causam nevoeiros e neblinas que, por vezes, permanecem durante o período da manhã, reduzindo a visibilidade. Além da redução da visibilidade, um outro fator importante é o alto índice da umidade relativa do ar, cujos valores alcançam até 98% no período da manhã. O contrário ocorre no período da tarde, após a dissipação do nevoeiro, quando o índice de umidade relativa do ar diminui consideravelmente, chegando a registrar valores de até menos de 20% em agosto. O ar seco e o vento calmo favorecem a formação da bruma (substâncias sólidas suspensas na atmosfera, tais como poeira e fumaça), mais conhecida no Distrito Federal como névoa seca.

Condições do tempo de 11 a 15 de agosto de 1984

Entre os dias 11 e 15 de agosto de 1984, o Distrito Federal esteve sob o domínio da massa Tropical Atlântica Continentalizada (mTac), que provocou no período o aparecimento de dias secos e ensolarados com ausência de nuvens, condições essas favoráveis à tomada de imagens de sensoriamento remoto. Observa-se que, a partir do dia 13, as temperaturas se elevaram e houve queda na umidade relativa do ar, sendo que o dia 14, data da tomada da imagem, apresentou o mais baixo valor de umidade relativa e foi o último dia do domínio da mTac nesse período, visto que no dia seguinte estava em avanço uma massa fria, favorecendo a diminuição da temperatura e a elevação da umidade relativa do ar. Essas condições podem ser visualizadas no gráfico de análise rítmica da figura 5.2.

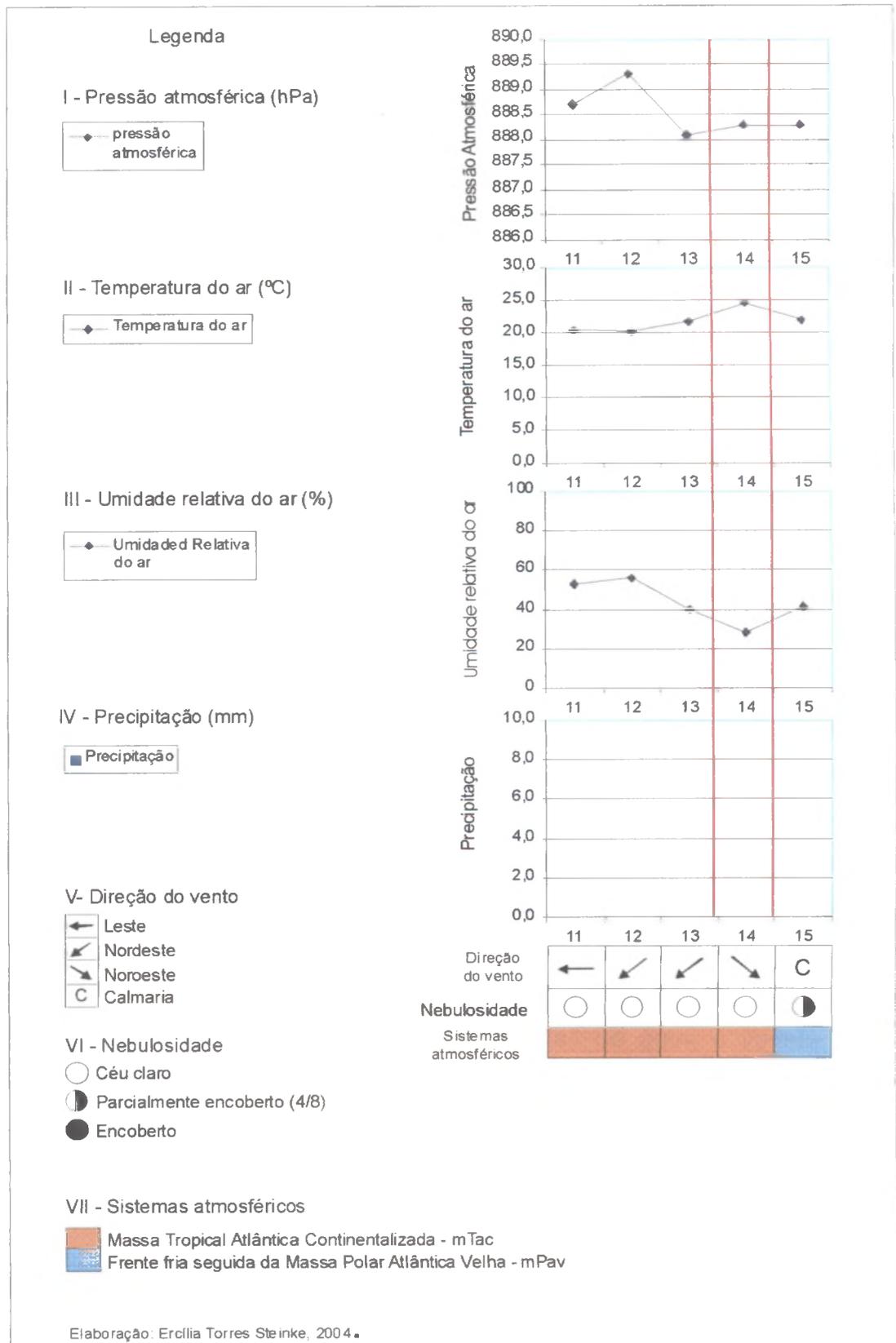


Figura 5.2: Gráfico de análise rítmica do período de 11 a 15 de agosto de 1984 (9 h).

O próximo passo referiu-se à classificação da imagem LANDSAT -5 TM (bandas 3, 4 e 5) para a elaboração do mapa de cobertura do solo da Bacia do Rio Monteiro (Figura 5.3) separando-se as classes em: Água, Cerrado, Campo, Mata Ciliar, Reflorestamento, Área Rural, Área Urbana Consolidada e Área Urbana em Consolidação. Essa divisão em oito classes é significativa no momento em que representa um maior número de alvos, os quais possuem valores de emissividade diferenciados daqueles admitidos para uma classe mais geral.

A distribuição das classes na bacia, no ano de 1984, estava representada por: 41,87% de área rural, 19,21% de área recoberta por cerrado, 2,96% ocupada pela área urbana (consolidada e em consolidação) 2,66% reflorestamento, 23,24% de campo limpo, 0,91% de corpos d'água e 9,17% de mata de galeria. Observa-se, assim, que a maior parte da bacia era ocupada predominantemente por áreas rurais, embora o processo de expansão urbana já tivesse se iniciado.

Uma vez elaborado o mapa de cobertura do solo, este foi utilizado para a estimativa da temperatura de superfície conforme a descrição da técnica (capítulo 4). Observando-se o Mapa de Temperatura de Superfície (Figura 5.4) pode-se verificar que a espacialização dos valores de temperatura de superfície inferidos a partir dos valores de *pixel* comporta-se de acordo com a identificação dos principais tipos de cobertura do solo, isto é, a imagem de satélite coloca em evidência o comportamento térmico desses tipos de cobertura. Os principais contrastes térmicos aparecem entre as áreas cobertas de água e vegetadas (frias) e os espaços mineralizados e urbanizados (quentes).

As áreas mais aquecidas (em marrom e vermelho) constituem parcelas do meio rural com solo exposto ou recoberto de palhada seca. As áreas medianamente quentes (em laranja e amarelo) são representadas pelas áreas urbanas como na cidade de Planaltina e as áreas de expansão urbana adjacentes a esta cidade-satélite, assim como pelas áreas recobertas por cerrado e campo limpo.

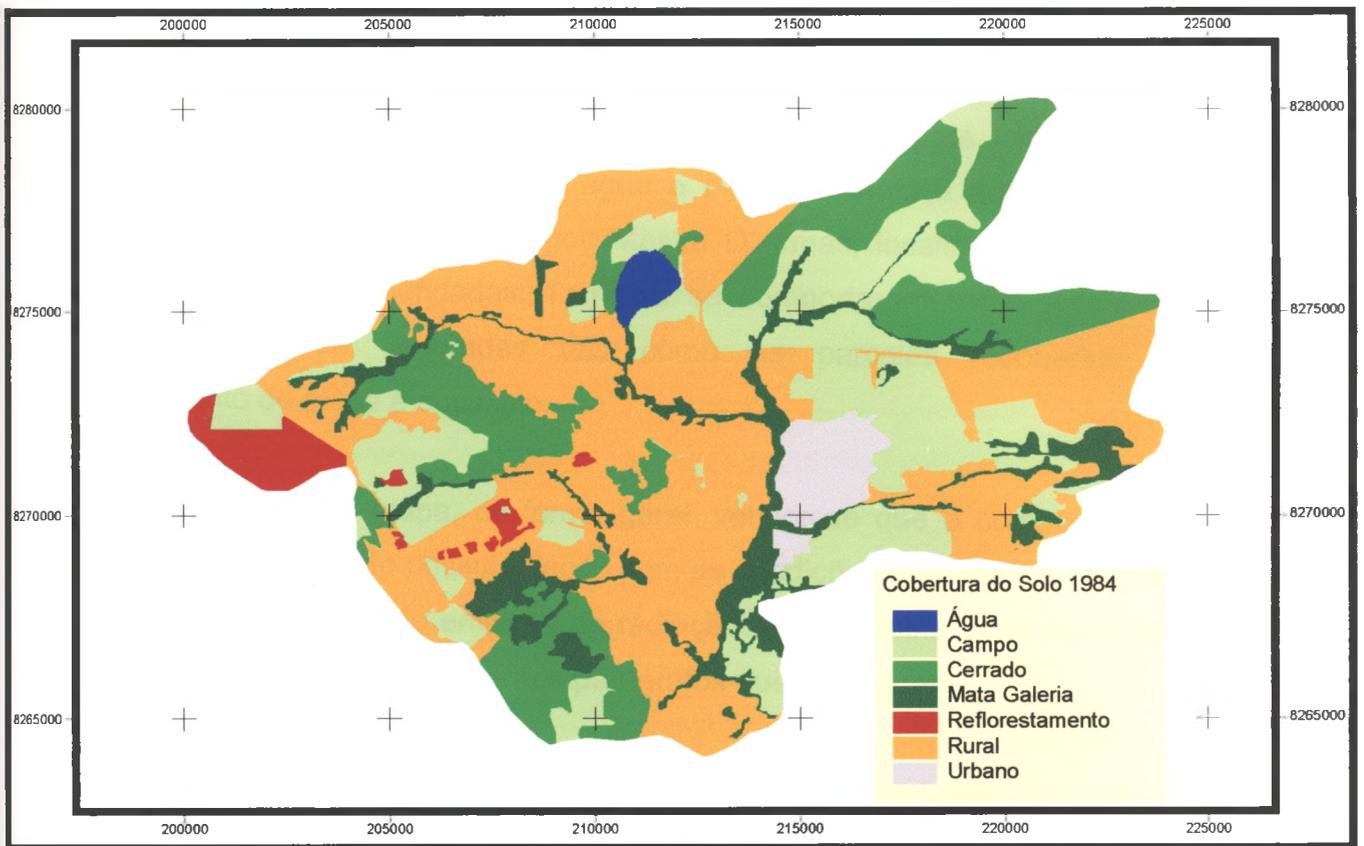


Figura 5.3: Mapa de cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio Monteiro em 1984.

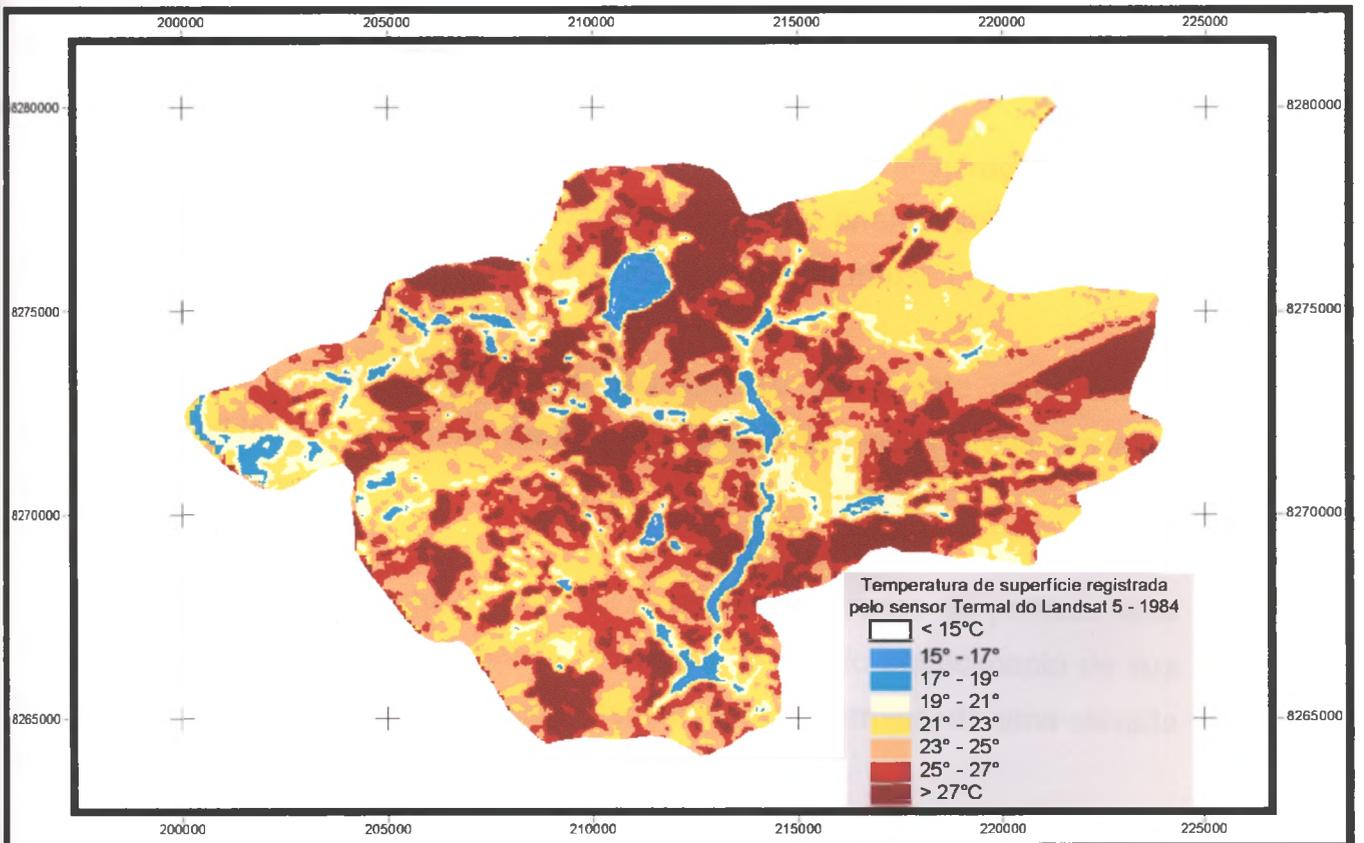
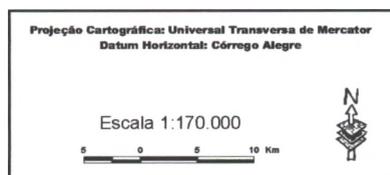


Figura 5.4: Mapa de temperatura de superfície em 14/08/1984



Tese de Doutorado
"Considerações sobre variabilidade e mudança climática no Distrito Federal, repercussões nos recursos hídricos e a informação ao grande público"

Ercília Torres Stalke

Brasília, Novembro de 2004.

As áreas de menor temperatura estão representadas pela vegetação que acompanha as drenagens, cursos d'água e pelas superfícies aquáticas: o rio Monteiro e seus tributários e a Lagoa Mestre D'Armas, localizada na Estação Ecológica de Águas Emendadas. Também se comportaram como áreas frias aquelas densamente vegetadas tais como as parcelas recobertas por reflorestamento de pinus e eucalipto.

Analisando-se o mapa, de forma geral, verifica-se que o comportamento térmico de cada ambiente possui relação com as condições bioclimáticas e com a natureza das superfícies de emissão da radiação infravermelha. A esse respeito são feitas algumas considerações nos parágrafos que se seguem.

Os ambientes aquáticos, em função de suas propriedades térmicas, se aquecem e se resfriam mais lentamente que as superfícies terrestres. Somam-se a isso o fato de intensa evaporação ser produzida junto a essas superfícies, o que acentua o caráter frio desse tipo de cobertura.

A vegetação densa, pelos fenômenos de evapotranspiração e pelas características de sua superfície foliar, que intercepta a energia solar sem poder estocá-la de maneira eficaz, aparece no mapa igualmente fria.

O espaço urbano consolidado não aparece tão quente como a área urbana consolidada e as áreas rurais, uma vez que nessas áreas ainda há presença de vegetação.

Por fim, os espaços rurais com solo exposto recobertos de palhada seca aparecem como sendo mais quentes, em razão do rápido aquecimento de sua superfície dada pela ausência de água (época seca), determinando uma elevada reflectância.

Com o intuito de validar a técnica aplicada realizou-se uma medição da temperatura de superfície, em campo, para que os valores medidos nos termômetros fossem comparados com aqueles estimados pelo sensor do satélite.

A medição foi realizada no dia 17 de setembro de 2004 e a metodologia seguida será descrita a seguir.

Das oito classes de cobertura do solo definidas para a bacia, foram escolhidas quatro para serem medidas as suas temperaturas: cerrado, mata galeria, área agrícola e campo limpo¹³. Em cada classe foi delimitada uma malha de 10m X 10m dividida em quatro partes iguais, nas quais foram instalados nove termômetros de solo¹⁴. Foram tomadas as temperaturas em cada classe, simultaneamente, das 9:30 às 11:30, num intervalo de 15 minutos e posteriormente calculada a média para cada horário estipulado.

Embora a data da medição não corresponda à data da tomada da imagem, a comparação é válida em razão de as condições climáticas serem aproximadas e de não ter havido alteração nas áreas escolhidas para a medição, uma vez que se encontram localizadas nas dependências da EMBRAPA Cerrados e da Estação Ecológica de Águas Emendadas, ambas com restrição de uso.

Os resultados dessa medição e os resultados obtidos através do sensor do satélite estão representados na figura 5.5. Observou-se que, para todas as classes houve uma diferença, em média de 5 °C entre a temperatura real da superfície e a estimada pelo satélite e que os valores estimados pelo sensor são mais baixos do que os valores medidos em campo, corroborando com a afirmação de PRICE (1983), de que esta técnica subestima a temperatura de superfície, se não forem feitas correções atmosféricas e de acordo com a emissividade real de cada cobertura.

Observou-se, também, que as diferenças de temperaturas medidas pelos termômetros apresentaram uma relação inversa com a densidade de cobertura vegetal. Já a temperatura estimada pelo sensor para a classe Campo Limpo apresentou menor valor do que a temperatura estimada para a classe Cerrado, o

¹³ Fotografias representativas dessas quatro classes encontram-se nos apêndices.

¹⁴ Dentre os termômetros utilizados, alguns eram de mercúrio outros a álcool. Os termômetros a álcool foram calibrados devido à sua menor precisão.

que configura um problema na identificação de áreas com temperaturas de superfície fora dos extremos quentes e frios.

CAMPBELL (2002), ressalta que a passagem do satélite é feita num horário (aproximadamente 9 h 45 min) considerado cedo demais para registrar um contraste termal máximo (que ocorre à tarde), além disso, as análises de temperatura são influenciadas pelos efeitos da topografia e do balanço de energia na superfície, contando ainda com a interferência da atmosfera. Em virtude dessas limitações, muitos estudos, como o de TOLL (1985), chamam atenção para o fato de que não é possível retirar informações quantitativas detalhadas sobre temperatura de superfície da banda termal do satélite LANDSAT TM e que uma maneira de aproximar os resultados da realidade seria ter em mãos dados de emissividade e de temperatura de superfície coletados em campo.

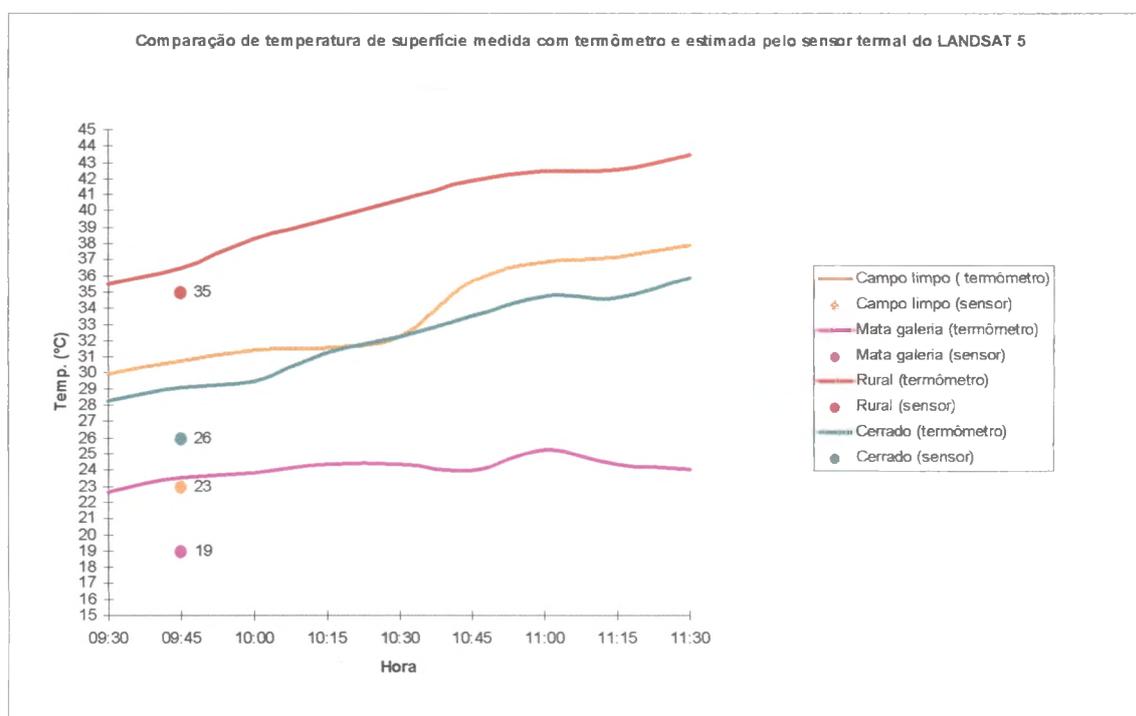


Figura 5.5: Gráfico da temperatura de superfície medida no campo e estimada pelo sensor TM do satélite LANDSAT 5.

Embora as informações referentes à temperatura de superfície da banda termal do LANDSAT 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. Esta informação, se bem utilizada, poderá contribuir com inúmeras atividades de planejamento, como por exemplo, o mapeamento de locais que estejam passando por algum tipo de agressão ambiental.

No caso de bacias hidrográficas, o impacto das diferenças na temperatura de superfície sobre os processos atmosféricos e destes sobre a dinâmica de recarga dos aquíferos pode ser uma realidade que venha a merecer atenção, uma vez que o clima, por ser um dos mais importantes componentes do ambiente natural, pode se caracterizar como indicador de degradação ambiental. Essa possível funcionalidade é decorrente do fato de que as condições climáticas afetam os processos geomorfológicos atuais, os da transformação dos solos, o crescimento e o desenvolvimento da vegetação e conseqüentemente, os processos hidrológicos que envolvem a dinâmica de uma bacia hidrográfica.

Os resultados da distribuição das temperaturas de superfície na bacia do rio Monteiro sugerem a necessidade de proteger prioritariamente as regiões da bacia junto às nascentes e divisores de águas, visto que extensas áreas rurais apresentam magnitudes de impacto tão elevadas quanto ou até mesmo maiores que aquelas apresentadas pela ocupação urbana, na medida em que também possibilitam a formação de áreas nucleares quentes ou ilhas de calor, com desdobramentos sobre o ciclo hidrológico local e sub-regional, uma vez que, com a retirada da cobertura vegetal, ocorre armazenamento de calor durante o dia e maior emissão de radiação noturna, além de haver redução do fluxo de calor latente e aumento da emissão de calor sensível devido à redução da superfície líquida, diminuindo a evaporação. Em conseqüência, o regime de umidade do solo, o reabastecimento das águas subterrâneas e o escoamento fluvial são alterados.

Observa-se que a maior preocupação dos estudos envolvendo problemas em recursos hídricos têm se voltado para a identificação de impactos acarretados em função de alterações na própria água ou na região adjacente ao corpo d'água,

utilizando-se para a análise mapas de uso da terra. A inclusão de variáveis climáticas e suas alterações como promovedoras de impactos ambientais nos recursos hídricos é recente. Contudo, o interesse pelo assunto vem crescendo e já existe, na literatura, uma gama de trabalhos referente ao tema.

Observa-se uma preocupação crescente com relação ao potencial hídrico do Distrito Federal e à demanda diária da crescente população. Contudo, ressalta-se que a inclusão da avaliação das condições climáticas ainda é incipiente, quando se trata de gerenciar os recursos hídricos. No caso específico deste trabalho, procurou-se mostrar, através de metodologia diferenciada das usualmente utilizadas, que a análise de variáveis relacionadas ao clima, como a temperatura de superfície, pode contribuir para se determinar problemas atuais e futuros na dinâmica de uma bacia hidrográfica. Não se pode esquecer que a metodologia utilizada apresenta limitações. Porém, pode oferecer informações que auxiliem na avaliação de recursos hídricos. Uma vez que a técnica seja aprimorada, essas informações serão, cada vez mais, essenciais para o gerenciamento de bacias.

5.2 Análise das tendências de alteração climática no Distrito Federal

Uma vez comprovado que, através da banda termal do satélite LANDSAT - 5 TM não é possível identificar valores reais (e conseqüentemente alterações nesses valores) de temperatura de superfície e muito menos extrapolar os resultados para a temperatura do ar, de forma a possibilitar inferências com relação ao aumento de temperatura, por exemplo, parte-se, agora, para uma avaliação dos dados meteorológicos registrados nas estações.

Optou-se por avaliar o comportamento das variáveis climáticas comparando-se os resultados das análises dos dados da estação do INMET com os dados das demais estações, no sentido de demonstrar que existe diferença nos dados registrados em cada uma delas. Essa comparação foi necessária, uma vez que, quando se trata de clima do Distrito Federal, qualquer avaliação leva em conta somente os dados registrados na estação do INMET por ser este o órgão oficial de coleta de informações meteorológicas. Porém, deve-se lembrar que

esse registro é pontual e que a informação coletada não deve ser extrapolada para o Distrito Federal como um todo.

A estação do INMET constitui-se naquela que apresenta o registro de dados meteorológicos mais longo de todas as estações do Distrito Federal, 42 anos, sendo que os quatro primeiros anos apresentam muitas falhas. Por isso, optou-se por analisar os dados a partir de 1965 até 2003. A avaliação do comportamento das variáveis foi realizada através da comparação dos dados registrados com as Normais Climatológicas de 1961 a 1990.

O Comitê Meteorológico Internacional definiu em 1872 períodos de 30 anos como sendo o padrão para o cálculo das médias dos dados meteorológicos, com o objetivo de assegurar a comparação entre os dados coletados nas diversas partes do planeta. O primeiro período se inicia em 1° de janeiro de 1901 e estende-se até 31 de dezembro de 1930; o segundo período em de 1° de janeiro de 1931 até 31 de dezembro de 1960, e assim por diante (SUGAHARA, 1999). Essas médias, computadas no período de 30 anos, foram chamadas Normais Climatológicas Padrão ou apenas Normais Climatológicas. As Normais Climatológicas possuem inúmeras aplicações, pois são fundamentais para a descrição do clima e sua variabilidade, para monitoramento do clima mensal, para controle de qualidade dos dados utilizados na previsão do tempo, enfim, são referências para todas as atividades que envolvam variáveis atmosféricas.

As análises de dados meteorológicos que têm a finalidade de identificar variações ao longo dos anos normalmente utilizam como base para a comparação as Normais Climatológicas e a avaliação é realizada, geralmente, comparando-se a média anual dos dados com o valor da Normal. Vários trabalhos, tais como os de TAVARES (2002), SWART e SANTOS (2001) e RIBEIRO e SILVA (2004) utilizaram esta metodologia de análise na identificação de possíveis alterações climáticas em suas áreas de estudo.

A seguir, serão discutidos os resultados obtidos da análise dos dados da estação do INMET, avaliando-se, separadamente, se houve alteração nos dados

de temperatura do ar, precipitação, umidade relativa do ar, déficit hídrico e excedente hídrico, em um período de 35 anos (1965 a 2003).

Temperatura do ar

Em relação às médias anuais para a temperatura do ar no período de 35 anos analisado, os dados demonstraram que, em geral, as variações ocorreram entre 18 e 22°C, com alguns anos de temperatura fora dos padrões da Normal Climatológica (21,2° C), como observado para as médias dos anos 1983 (22,1°C) e 1998 (22,4°C), ou seja, acima da Normal. Esse fato pode ter ocorrido devido à influência de inúmeros fatores, entre eles a ocorrência do fenômeno El Niño, que se manifestou intensamente nesses dois anos. Além disso, quando a temperatura do ar é analisada considerando-se somente a média anual da série 1965 – 2003, comparada com a Normal Climatológica (21,2°C) (Figura 5.6) observa-se uma **tendência de aumento** ao longo da série 1965 – 2003.

Porém, analisando-se o valor do coeficiente de determinação (R^2) de 0,08, da equação desenvolvida, valor este muito baixo, observa-se que essa tendência não se confirma, isto porque o desvio padrão da temperatura média de cada ano revelou-se muito elevado (Figura 5.6).

Portanto, verifica-se que utilizar dados médios de temperatura anual pode levar a uma interpretação incorreta do comportamento do parâmetro. Mesmo quando dados de temperatura do ar médios mensais (Normais Climatológicas) são plotados em um gráfico, observa-se que as variações ocorridas entre os anos não são levadas em consideração. Analisando-se o desvio padrão observa-se que, ao longo dos 30 anos das Normais (1961-1990), as variações mensais são muito grandes (Figura 5.7).

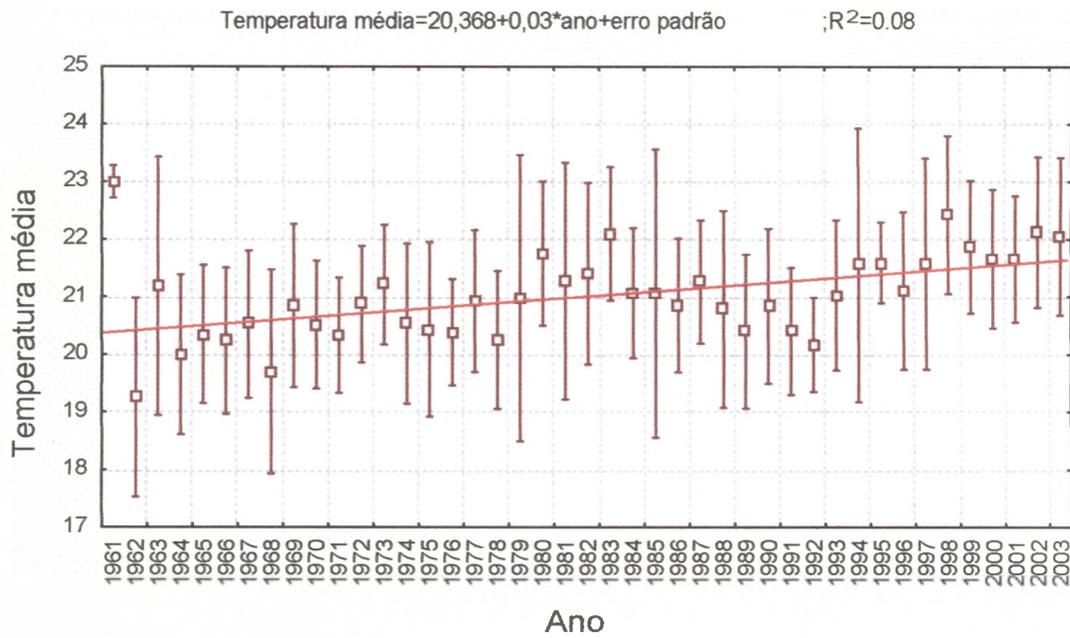


Figura 5.6: Média, desvio padrão e ajuste linear da temperatura média anual de 1961 a 2003 (Temperatura média = $20,368 + 0,03 * \text{ano} + \text{erro padrão}$; $R^2 = 0,08$).

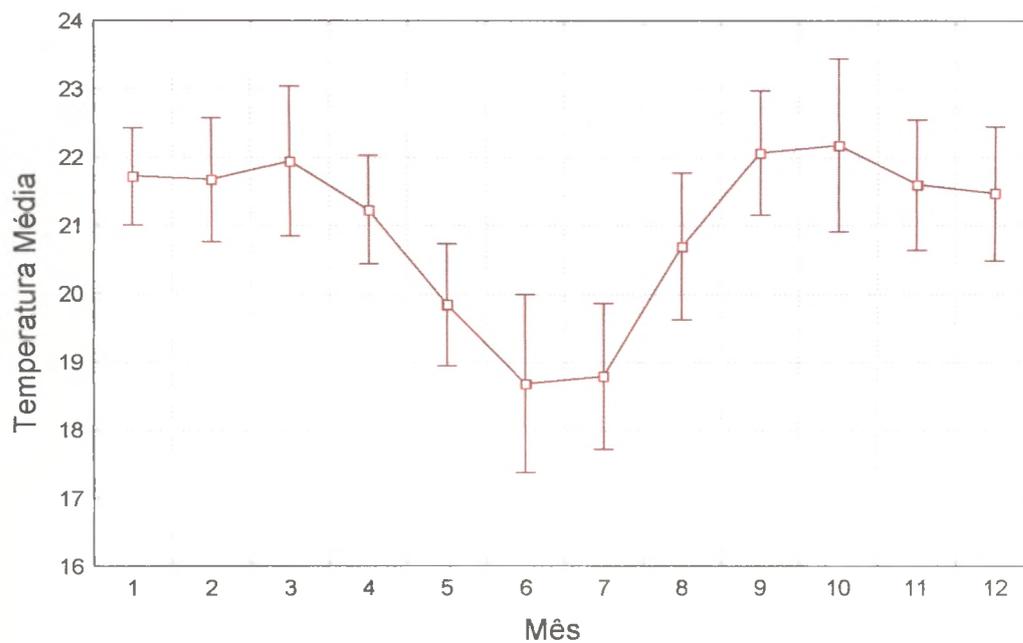


Figura 5.7: Normal climatológica considerando as médias mensais e os desvios padrões mensais.

Analisando os dados a partir de um modelo de regressão não linear (senoidal), uma vez que o comportamento da temperatura não é linear, e comparando-os com o ajuste aplicado à Normal Climatológica observa-se, realmente, que não há uma tendência de aumento da temperatura média (apêndice 1; $p > 0,05$), conforme exemplificado na figura 5.8. Esse resultado também pode ser verificado quando se observam as médias das temperaturas mínimas e das máximas (figura 5.9).

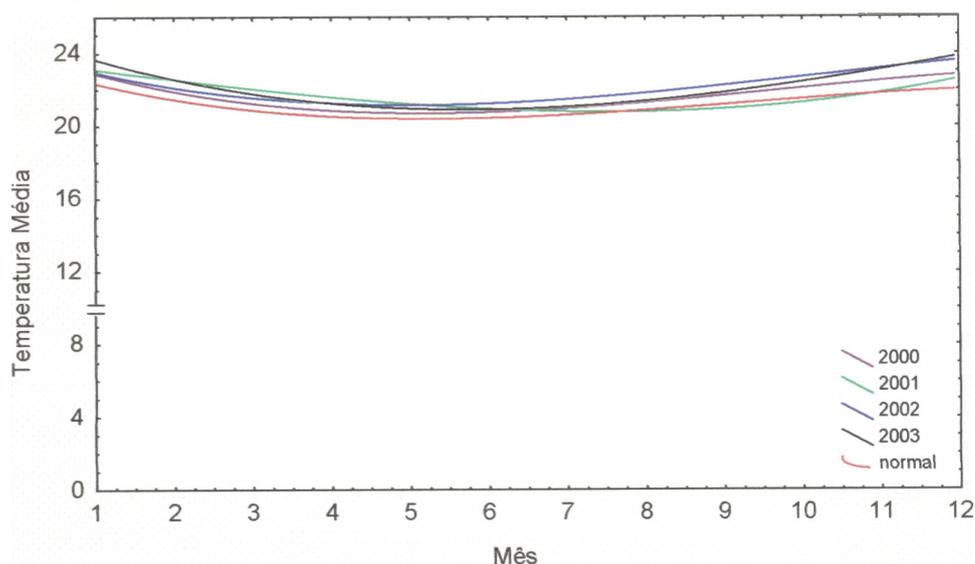


Figura 5.8: Ajuste não linear da Normal Climatológica de temperatura do ar e dos anos de 2000 a 2003.

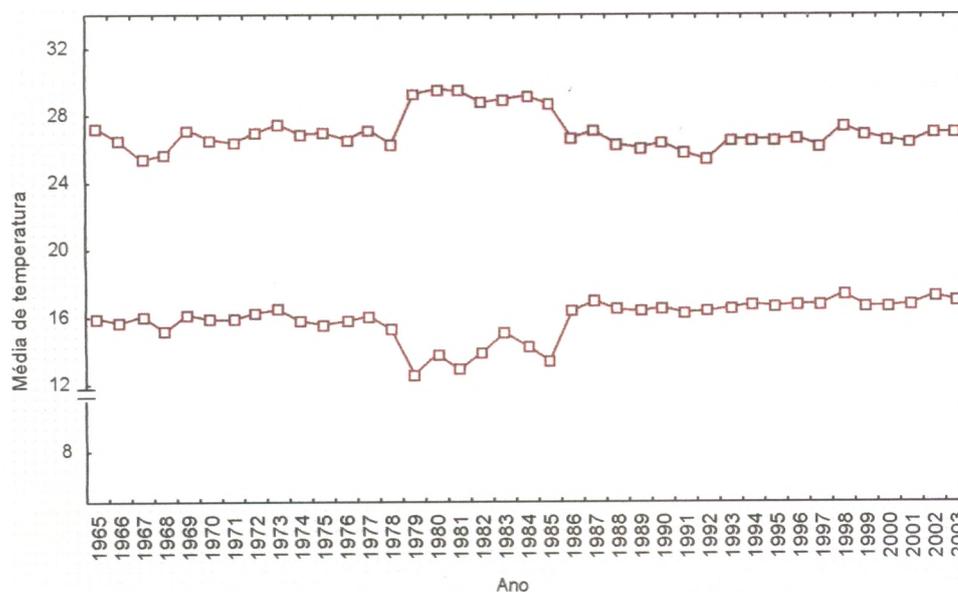


Figura 5.9: Temperaturas médias das mínimas e médias das máximas de 1965 a 2003.

A análise do gráfico das temperaturas médias das máximas e das mínimas apontou indefinições quanto às tendências, não sendo possível identificar a tendência de aumento observada no gráfico das médias anuais. O que é interessante notar é a variação que ocorreu entre 1979 e 1985, quando as máximas aumentaram e as mínimas diminuíram, definindo um período de amplitude térmica mais elevada.

O que se observou, também, na série 1965 – 2003, foi a ocorrência de determinados anos com temperaturas médias das máximas e das mínimas muito diferentes da Normal Climatológica, ou seja, uma variabilidade grande. Contudo, não se pode afirmar que houve aumento progressivo nos valores a ponto de se afirmar que a temperatura do ar está aumentando.

Vale lembrar que a variabilidade dos elementos climáticos é definida por vários fatores. Entre eles, SANT'ANNA NETO (2003) aponta como importantes os ciclos (constantes ou quasi-periódicos) que se repetem em intervalos fixos de tempo. Alguns fenômenos que apresentam fortes correlações com as variações do clima, como a ciclicidade das manchas solares, ocorrem a cada período de 11 anos. Entretanto, na metade deste ciclo (cerca de 5,5 anos), estabelecem-se relações harmônicas, em geral mais suaves, mas suficientes para provocar ruídos nas séries temporais.

Os episódios ENOS, fenômenos de grande escala que ocorrem no Oceano Pacífico tropical, referem-se a uma combinação de dois mecanismos que demonstram o vínculo existente entre o oceano e a atmosfera. O El Niño (EN) representa a componente oceânica do fenômeno, enquanto a Oscilação Sul (OS) representa a contrapartida atmosférica. Esse fenômeno parece apresentar periodicidade de 22, 11, 6 e 3 anos, de diferentes magnitudes e, portanto, seria responsável por graus variados de impactos regionais. TRENBERTH (1997) *apud* BERLATO e FONTANA (2003) realizou um levantamento das ocorrências de ENOS de 1877 a 2002. Parte deste levantamento é apresentado na tabela 5.1.

Tabela 5.1: Histórico de ocorrência de El Niño e La Niña no período de 1965 a 2003.

ANO	EPISÓDIO	INTENSIDADE
1963	El Niño	Fraco
1964 - 1965	La Niña	Moderado
1965 - 1966	El Niño	Moderado
1968 - 1970	El Niño	Moderado
1970 - 1971	La Niña	Moderado
1972 - 1973	El Niño	Forte
1973 - 1976	La Niña	Forte
1976 - 1977	El Niño	Fraco
1977 - 1978	El Niño	Fraco
1979 - 1980	El Niño	Fraco
1982 - 1983	El Niño	Forte
1983 - 1984	La Niña	Fraco
1984 - 1985	La Niña	Fraco
1986 - 1988	El Niño	Moderado
1988 - 1989	La Niña	Forte
1990 - 1993	El Niño	Forte
1994 - 1995	El Niño	Fraco
1995 - 1996	La Niña	Moderado
1997 - 1998	El Niño	Forte
1998 - 2000	La Niña	Forte
2002 - 2003	El Niño	

Fonte: BERLATO e FONTANA (2003)

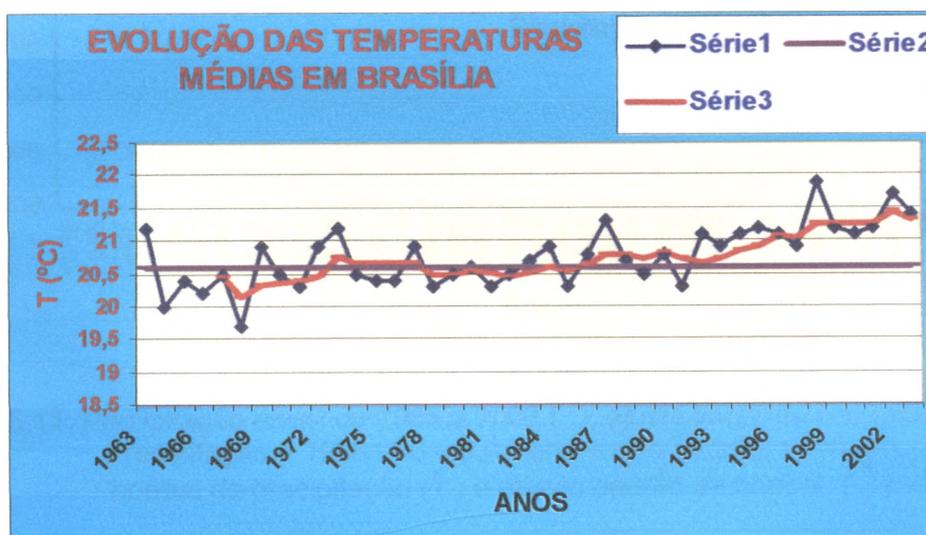
Tanto o El Niño como a La Niña provocam mudanças na circulação atmosférica em escala regional e global, gerando anomalias climáticas em várias partes do mundo, mais conhecidas como teleconexões, onde a precipitação pluvial e a temperatura do ar são os elementos meteorológicos mais afetados.

No Brasil, os impactos do ENOS no clima são muito diversos. Na **Região Centro-Oeste**, especificamente, a componente do El Niño gera um forte aquecimento durante sua ocorrência, aumentando a atividade das células convectivas e tornando a atmosfera instável, sujeita a ocorrências de chuvas fortes com vento e queda de granizo (OLIVEIRA e SATYAMURTY, 1998). Para o caso da La Niña, na **Região Centro-Oeste**, não há evidências de efeitos pronunciados na precipitação pluvial e na temperatura (MARENGO e OLIVEIRA, 1998).

Os ciclos lunares, que ocorrem a cada 18,6 anos, também afetam a variabilidade do clima, produzindo relações determinísticas com alguns elementos atmosféricos, notadamente, com o regime das chuvas.

Além disso, as atividades vulcânicas, principalmente as que emitem material piroclástico (fumaça quente composta principalmente por dióxido de carbono) e enormes quantidades de gases sulfurosos e clorídricos, provocam flutuações no clima de curto e longo prazos. MOLION (1995) explica que as erupções vulcânicas causam resfriamento na atmosfera. Das 56 maiores erupções entre 1865 e 1989, 48% aconteceram até 1920, período em que a temperatura do ar no planeta esteve relativamente baixa. Entre 1920 e 1940, período de rápido aquecimento e altas temperaturas, foram registradas apenas 11% dessas erupções, enquanto no período de resfriamento suave, entre 1940 e 1980, ocorreram 34% delas. A década de 80, que voltou a registrar temperaturas elevadas, similares a dos anos 30, foi coincidentemente agraciada com um número menor de erupções.

Entretanto, existem ainda outros fatores que afetam a variabilidade do clima, tais como a variação da produção da energia solar (ciclo das manchas solares) e as mudanças dos parâmetros orbitais da Terra. Assim, é possível que alguns desses processos cíclicos tenham sido a causa das variações observadas na série de temperatura 1965-2003, porém, não se observou tendência de aumento, fato que contraria as afirmações de DINIZ (2004), que ao apresentar um gráfico com as temperaturas médias anuais desde 1963, chamou atenção para o aumento que tem sido verificado nos últimos anos (Figura 5.10).



Fonte: DINIZ (2004).

Figura 5.10: Evolução das temperaturas médias anuais em Brasília.

Precipitação

Com relação à precipitação anual, observou-se na série de 1965 - 2003 tendência de diminuição de 0,54 % na quantidade total de chuva anual a partir do ano de 1992 ($p < 0,05$). Analisando-se o valor do coeficiente de determinação (R^2) alcançado, de 0,14, observa-se que foi muito baixo o que pode ser explicado pela grande variação ocorrida ao longo destes anos, com a ocorrência de períodos de precipitação anual superiores aos da Normal Climatológica (1985 a 1991) e períodos de precipitação inferiores aos da Normal (1972 a 1977). A partir do ano de 1993, os valores de precipitação permaneceram abaixo da Normal, contudo, ao se observar o desvio padrão da Normal verifica-se que os valores apresentados nestes anos não diferem estatisticamente ($p > 0,05$) da Normal Climatológica (Figura 5.11).

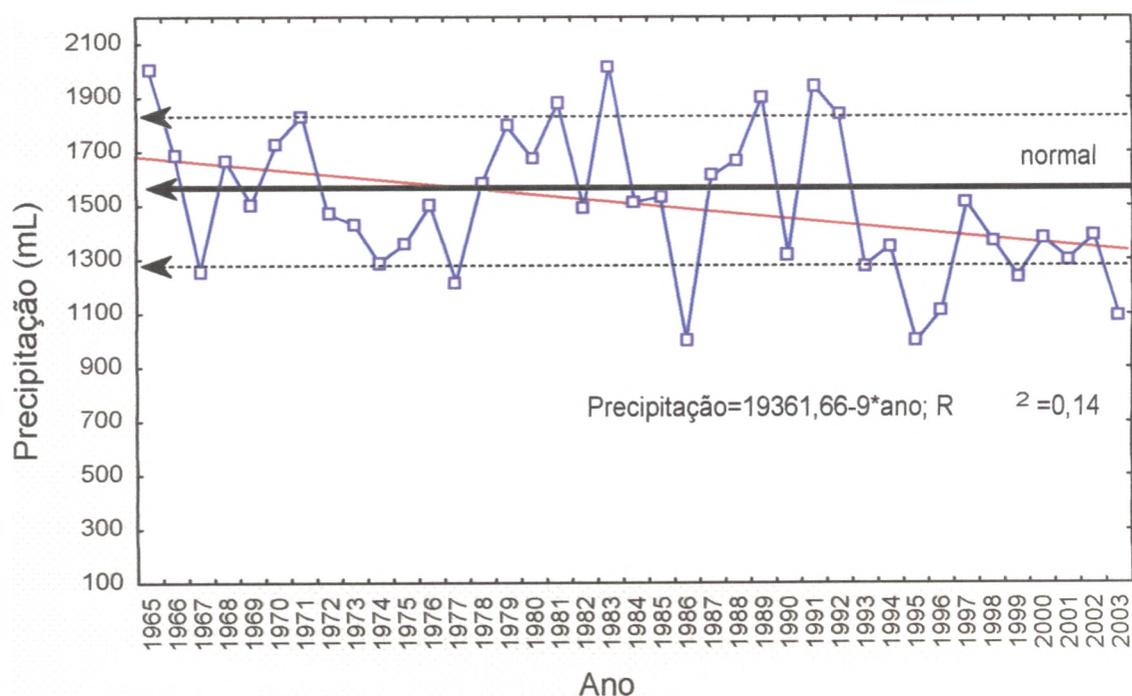


Figura 5.11: Precipitação anual de 1965 a 2003 (□), ajuste linear da precipitação anual (—), $Precipitação = 19361,66 - 9,0 * ano + erro\ padrão; R^2 = 0,14$, normal da precipitação (—) e desvio padrão da normal (---).

Como o valor do coeficiente de determinação (R^2) encontrado foi muito baixo, a tendência de diminuição da precipitação observada, pode não significar que, necessariamente, esteja havendo modificação na precipitação.

A média anual das precipitações na estação do INMET (Normal Climatológica) é aproximadamente 1.560 mm, como mostra a figura 5.11, entretanto, o comportamento pluviométrico em relação à média, tem apresentado pequenos períodos anômalos que poderá se caracterizar em uma ciclicidade do comportamento desse parâmetro, com a continuidade da série histórica em questão.

Estas anomalias estão representadas na figura 5.11, para o período de 1972 a 1977 (6 anos) e 1993 a 2003 (10 anos), com flutuação pluviométrica abaixo da média. Mesmo em condições tão variáveis, esses dois períodos estão bem caracterizados na série. As anomalias observadas no período de 1993 a 2003, de certa forma, acumularam um grande déficit hídrico, como será mostrado a seguir, que acabou refletindo em todo sistema hídrico do Distrito Federal. Segundo SILVA e D'ANGIOLELLA (2002), o grande período de baixas precipitações foi causado pela atuação prolongada dos sistemas meteorológicos na região sul, que provocou um bloqueio impedindo o avanço das frentes para as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste.

A possibilidade de uma ciclicidade do comportamento da precipitação, não deve ser descartada, sobretudo porque o ano de 2004 já está sendo considerado extremamente chuvoso devido à forte atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS, o que determinou totais mensais muito acima da Normal Climatológica (Figura 5.12). Somente no mês de fevereiro choveu o equivalente a 61% da Normal Climatológica anual e até o mês de março foi registrada uma quantidade de precipitação equivalente a 75 % da precipitação do ano de 2003 inteiro. Este fato pode significar que um novo ciclo está se iniciando, desta vez com totais acima da Normal.

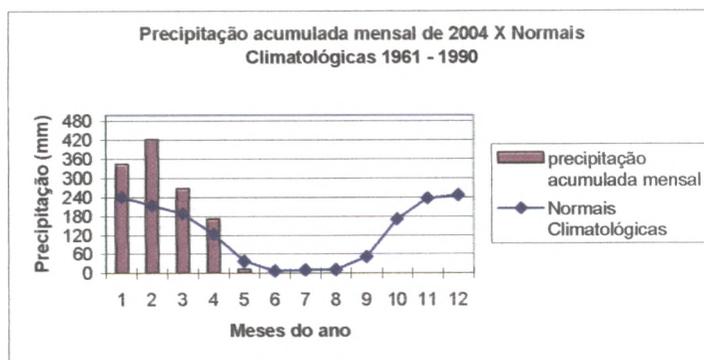
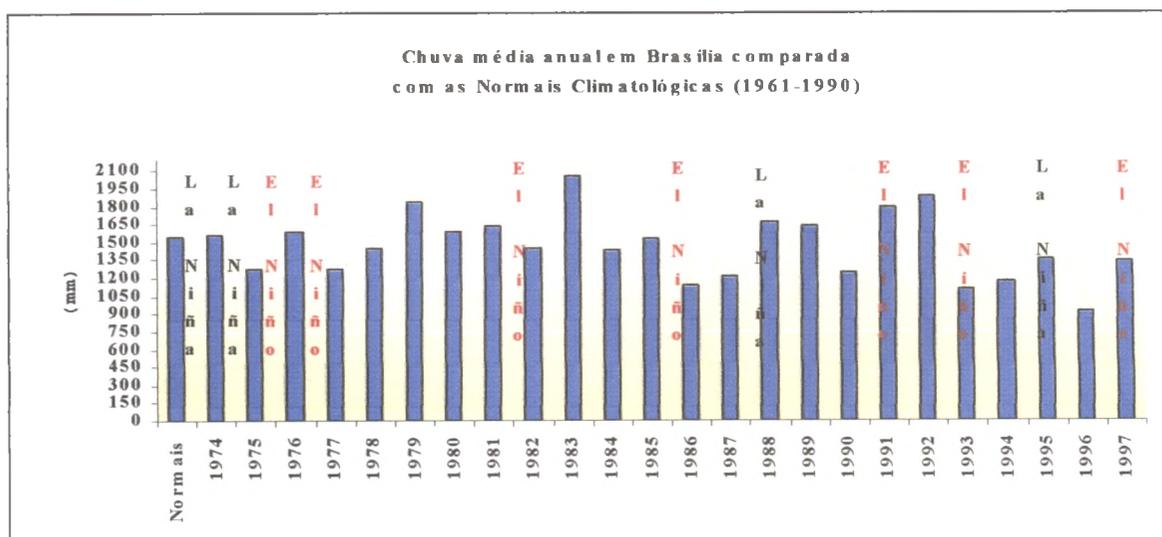


Figura 5.12: Precipitação acumulada mensal de 2004 X precipitação acumulada mensal (Normal Climatológica 1961 - 1990).

É importante lembrar que, no momento de se identificar as causas dessas anomalias, deve-se levantar todas as alternativas possíveis e não simplesmente atribuí-las aos efeitos do El Niño, primeiro fenômeno citado quando se fala em variabilidade climática. SILVA (1998), elaborou um gráfico comparativo entre os valores de precipitação anual de 1974 a 1997, os valores da Normal Climatológica e os anos de ocorrência de El Niños e observou que não existe um padrão característico da influência desse fenômeno na precipitação do Distrito Federal. Analisando-se a figura 5.13, observa-se que em anos de El Niño, as precipitações estiveram tanto acima, quanto abaixo da Normal Climatológica.



Fonte: SILVA (1998)

Figura 5.13: Total anual da precipitação (1974 a 1997) comparada com as Normais Climatológicas do período 1961 – 1990, e os anos de ocorrência do El Niño.

Excedente hídrico e deficiência hídrica

Os elementos do balanço hídrico apresentaram resultados semelhantes ao da precipitação na análise proposta, ocorrendo a seguinte variação: aumento de 3,09 % de deficiência hídrica (Figura 5.14) e redução de 1,31% no excedente hídrico (Figura 5.15).

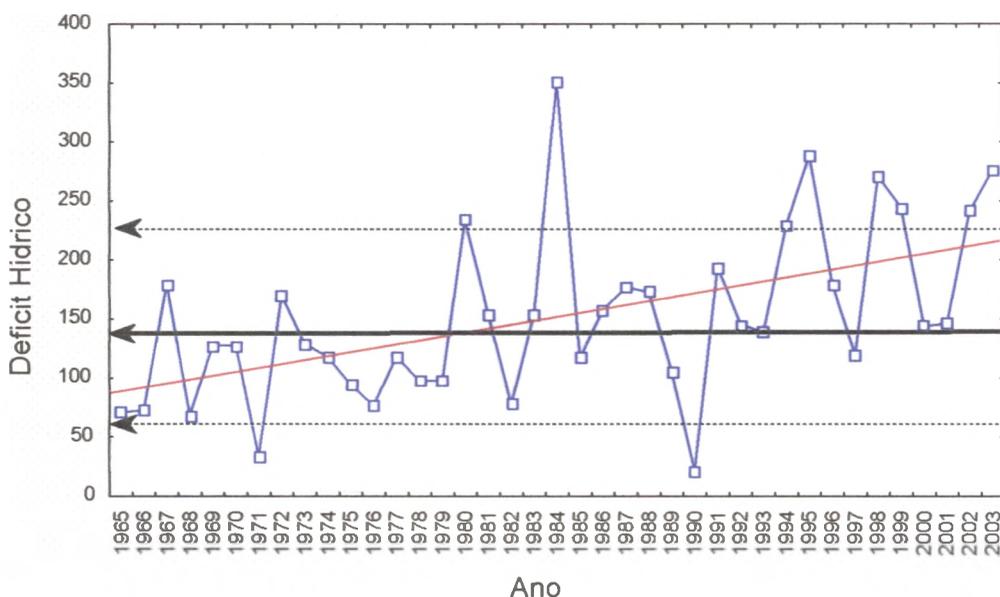


Figura 5.14: Déficit Hídrico anual de 1965 a 2003 (/), ajuste linear do déficit hídrico anual (/ , Déficit Hídrico = $85,86 + 3,32 * \text{ano} + \text{erro padrão}$; $R^2 = 0,2$), normal do déficit hídrico (↑) e desvio padrão da normal (▲).

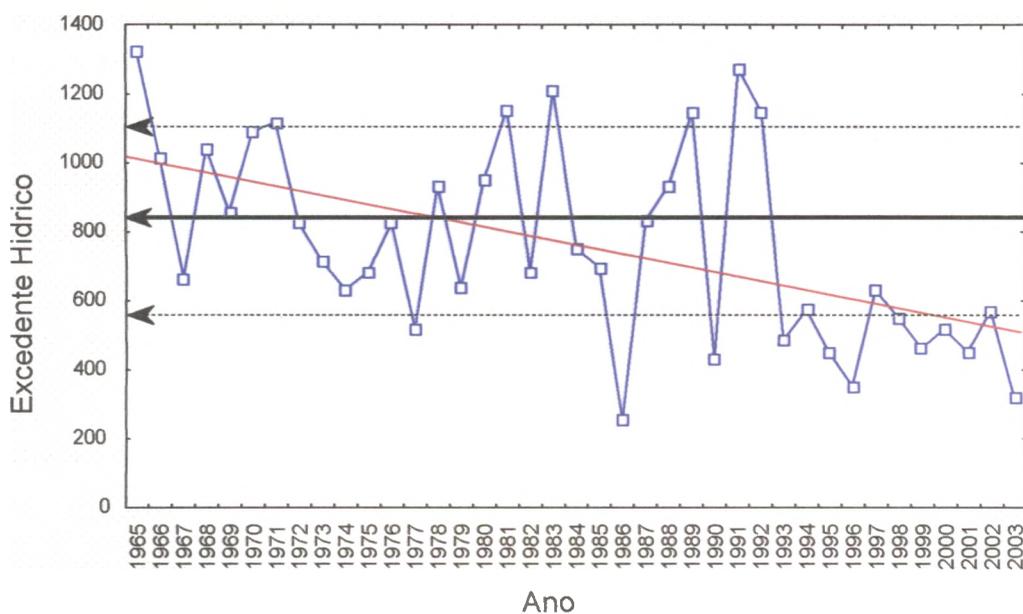


Figura 5.15: Excedente Hídrico anual de 1965 a 2003 (/), ajuste linear do excedente hídrico anual (/ , Excedente Hídrico = $26828,65 - 13,14 * \text{ano} + \text{erro padrão}$; $R^2 = 0,25$), normal do excedente hídrico (↑) e desvio padrão da normal (▲).

O aumento na deficiência hídrica e a redução do excedente hídrico representam um risco sazonal no abastecimento hídrico de represas e todo o sistema hidrológico de uma região pode ficar comprometido temporariamente. Porém, existem outros fatores que por não apresentarem reações imediatas passam despercebidos, com conseqüências a longo prazo e, muitas vezes, irreversíveis tais como o assoreamento dos rios, o aporte de material orgânico entre outros.

Como o potencial hídrico do Distrito Federal acompanha a sazonalidade das chuvas, o limite inferior de consumo de água, que ocorre no mês de setembro, expressa o ponto crítico onde a demanda deve ser controlada para que não haja um colapso no sistema de abastecimento. De acordo com SILVA e D'ANGIOLELLA (2002), como, naturalmente, o período seco no Distrito Federal diminui sensivelmente o aporte de água dos mananciais exigindo maior controle na distribuição, no caso de haver um aumento no déficit hídrico, esse controle deveria ser muito mais rigoroso, o que evitaria um possível quadro de racionamento.

Entretanto, vale lembrar que neste período o consumo de água também aumenta, o que caracteriza um conflito sócio-ambiental. Assim, a solução de controle rigoroso proposta por SILVA e D'ANGIOLELLA (2002) pode ser socialmente inadequada. Do ponto de vista da sustentabilidade, há que se pensar mais globalmente. A própria Lei 9.433/97 estabelece que, em situações de escassez de água, o preceito Constitucional de 1988 deve ser seguido, o qual prioriza o abastecimento humano e a dessedentação de animais.

No caso do Distrito Federal, percebe-se que falta ainda ajustes no sistema de gestão de recursos hídricos considerando que o fator desperdício representa uma séria ameaça para o desenvolvimento sustentável. É possível que na medida em que os Comitês de Bacias passarem a funcionar de forma eficiente, o planejamento deixe de ser visto como atividade de segundo plano e só assim as questões climáticas poderão ser incorporadas às discussões.

Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar constitui-se no parâmetro mais importante para o clima do Distrito Federal no sentido de que todo ano, o período seco, que ocorre entre os meses de abril a setembro, é motivo de preocupação para a população e “um prato cheio” para as especulações com relação a mudanças climáticas na região.

Os baixos índices de umidade relativa que ocorrem durante o período seco, mais precisamente, nos meses de agosto e setembro, fazem até com que a região seja, erroneamente, comparada com regiões desérticas. Nos últimos anos, principalmente, que têm registrado índices mais baixos, a especulação em torno de uma possível mudança no clima do Distrito Federal aumentou. E essa mudança tem sido atribuída à ocupação desordenada da região.

A esse respeito, PAIXÃO (2003; p.8), afirmou que o INMET e alguns especialistas negam que Brasília esteja, lentamente, transformando-se em um **imenso deserto** [grifo nosso] e descartam a semelhança da capital com regiões desérticas. Contudo, a autora aponta que existem aqueles que acreditam num cenário desastroso, chegando até a afirmar que o Distrito Federal “está caminhando para um processo de desertificação, que não deve ser minimizado”.

No sentido de se verificar se esta afirmação é verdadeira, realizou-se a análise do comportamento da umidade relativa do ar, sendo que o tratamento dado a este parâmetro foi semelhante ao da temperatura do ar, em razão do comportamento não linear que este apresenta ao longo do ano.

Através da análise tradicional, isto é, comparando-se os dados das Normais Climatológicas com dados da série 1965-2003, observa-se, com relação à umidade relativa média, uma tendência à diminuição. Contudo, tal como ocorreu com a temperatura do ar, o valor do coeficiente de determinação (R^2) foi muito baixo, não confirmando, assim, a tendência de diminuição.

Contudo, analisando-se a figura 5.16, observa-se que os valores de umidade relativa média apresentaram-se menores nos últimos anos, porém, não há uma diminuição progressiva. Em 2002, embora nos primeiros meses do ano a umidade relativa média tenha sido menor do que a Normal Climatológica, durante os meses considerados de seca, os valores foram significativamente iguais aos da Normal (apêndice 8). Embora no ano de 2002 tenha sido registrado o menor índice de umidade relativa até aquela data (10%, no dia 07 de agosto), percebe-se, através do gráfico, que este não foi um ano considerado seco.

Outra observação a ser feita refere-se ao fato de que a partir do mês de outubro (período chuvoso), os dados de umidade relativa média, a partir de 1999, se comportaram de forma semelhante à Normal.

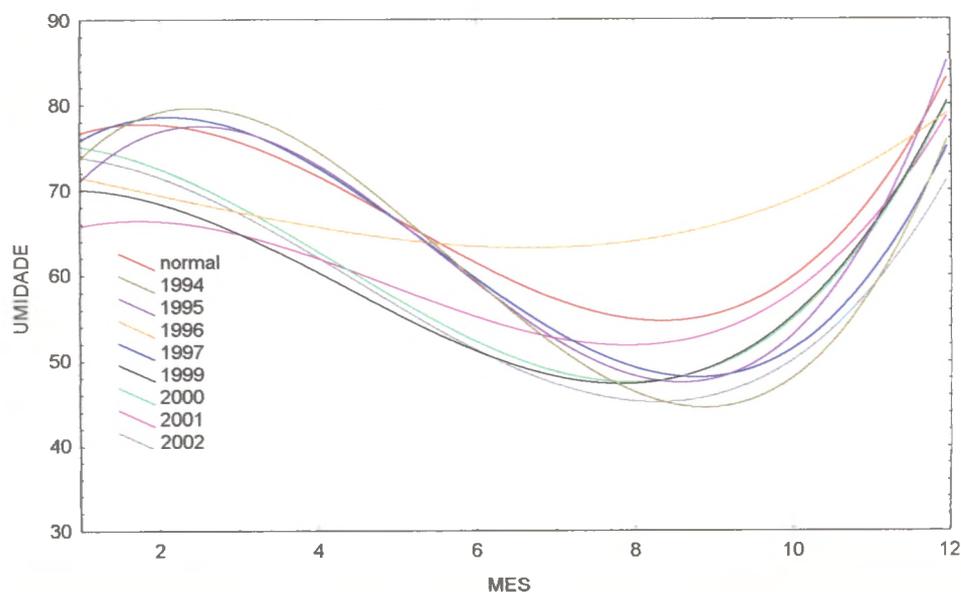
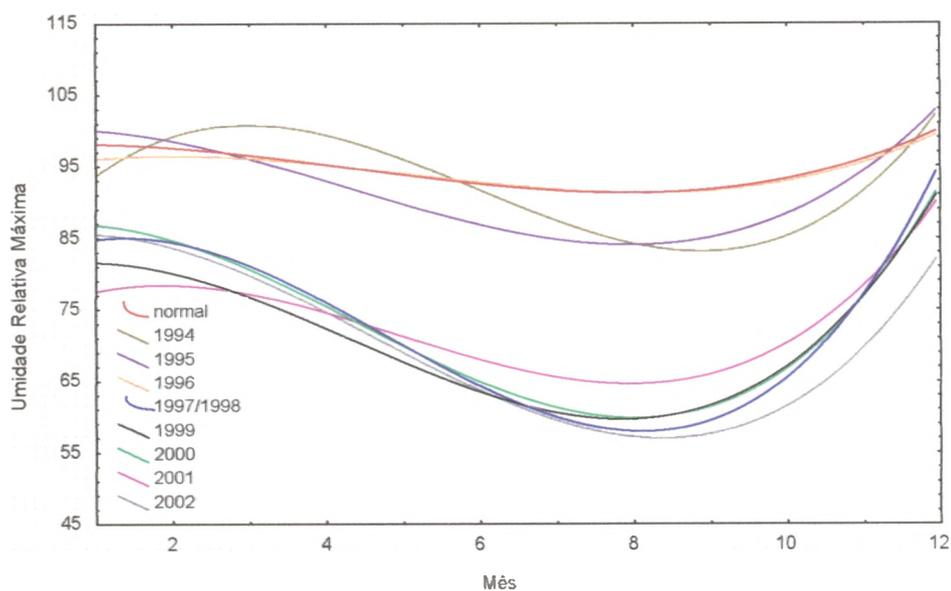


Figura 5.16: Ajuste não linear da Normal Climatológica (1961 – 1990) de umidade relativa do ar média mensal e dos meses dos anos de 1994 a 2002.

Como já foi observado, usar o valor médio para este tipo de análise não é adequado, em razão do desvio padrão ser muito elevado. Por isso, optou-se por

analisar, também, os dados de umidade relativa máxima e mínima¹⁵ da série através de um modelo de regressão não linear.

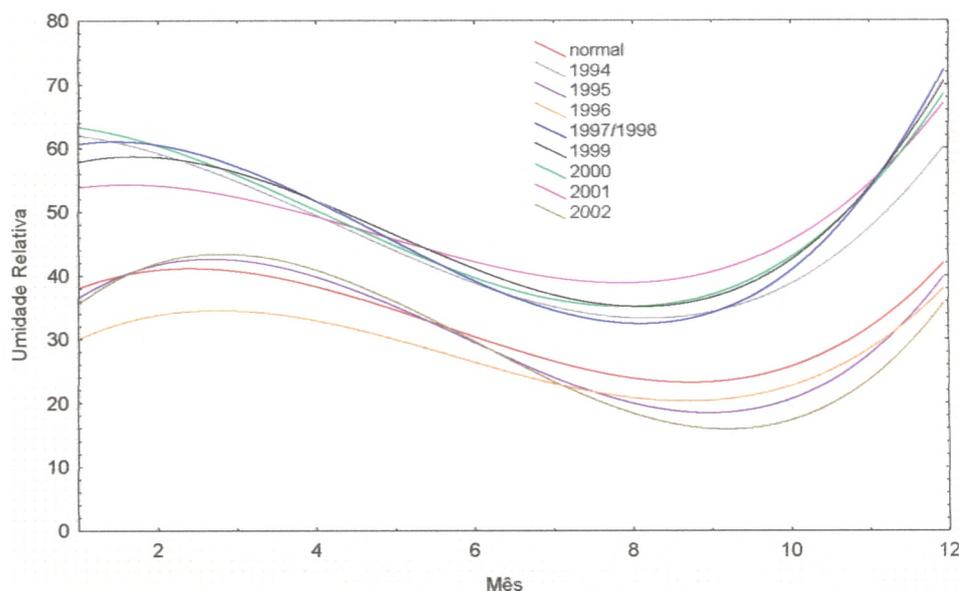
Com relação aos dados de umidade relativa média das máximas observou-se uma tendência de diminuição nos valores a partir de 1994, contudo, no período anterior (de 1989 a 1992) a umidade relativa máxima foi superior a Normal Climatológica calculada. A figura 5.17 mostra o comportamento desse parâmetro no período de 1994 a 2002. Este foi considerado, pelo INMET, o período no qual a umidade relativa esteve mais baixa.



5.17: Ajuste não linear da Normal Climatológica (1961 – 1990) de umidade relativa do ar média das máximas e dos anos de 1994 a 2002.

Já os valores de umidade relativa média das mínimas comportaram-se diferentemente. Nos últimos dez anos, observou-se que os valores foram maiores do que a Normal Climatológica calculada. Apenas o ano de 2003, apesar de apresentar valores maiores do que a Normal no início do ano, comportou-se de forma semelhante aos anos anteriores (Figura 5.18).

¹⁵ Como não existem Normais Climatológicas para umidade relativa máxima e mínima, a forma encontrada para o estabelecimento de um parâmetro de comparação foi calcular a média de 30 anos de registro de dados a partir de 1965.



5.18: Ajuste não linear da Normal Climatológica (1961 – 1990) de umidade relativa do ar média das mínimas e dos anos de 1994 a 2002.

O resultado da análise dos dados demonstrou que, da mesma forma que os outros parâmetros, não é possível fazer afirmações sobre o comportamento da umidade relativa do ar em termos de uma tendência definida, pois a variabilidade foi grande e pode ter ocorrido em função de vários fatores, e não somente à crescente expansão urbana verificada no Distrito Federal nos últimos anos.

No ano de 2000, o INMET divulgou um estudo realizado pelos seus meteorologistas, que mereceu destaque na imprensa devido ao cenário desolador criado para o período de seca no Distrito Federal nos anos que se seguiriam. Os meteorologistas do INMET analisaram a série histórica de 1963 a 1999 e constaram que o índice de umidade relativa do ar vinha atingindo, com maior frequência, patamares críticos e que o quadro agravou-se na década anterior a 1999.

O estudo mostrou que de 1963 a 1989 o índice de umidade relativa ficou abaixo de 15% por apenas cinco vezes (em 1969, 1973, 1974, 1985 e 1987), Enquanto nos anos 90 o fato se repetiu por seis vezes (em 1993, 1994, 1995, 1998 e 1999). A análise também identificou que a década de 90 foi considerada a

mais seca da história. Por este motivo, acreditava-se que a umidade relativa do ar estaria apresentando uma tendência de diminuição.

Porém, deve-se lembrar que os valores absolutos registrados pelo INMET correspondem a um horário (em que se dá a mínima absoluta) de um dia específico, e que não existe referencial para a comparação desse valor único como ocorre, por exemplo, com as Normais Climatológicas. Na estação seca, ao contrário do que se possa imaginar, os registros de umidade relativa do ar, por mês, não chegam a atingir valores extremamente baixos, pois a média mensal está condicionada à marcha diária das temperaturas que, nesta época do ano, oscila muito. As oscilações diárias da temperatura provocam um ganho de umidade nas primeiras horas do dia e durante a noite, quando os termômetros registram menores temperaturas e, conseqüentemente, maiores índices de umidade relativa do ar. A tabela 5.2 apresenta os menores índices registrados pelo INMET desde o ano de 1998.

Tabela 5.2: Menores índices de umidade relativa do ar registrados pelo INMET.

	Agosto	Setembro
1998	14% (dia 23)	12% (dia 15)
1999	12% (dia 31)	17% (dia 04 e 05)
2000	19% (dias 08 e 09)	22% (dia 24)
2001	19% (dia 07)	21% (dia 11)
2002	10% (dia 07)	23% (dias 14 e 20)
2003	20% (dia 18)	11% (dia 26)
2004	17% (dia 24)	10% (dia 04)

Fonte: INMET

Assim, o fato de serem identificados os menores índices de umidade relativa que ocorreram num determinado dia, mês e ano, não possibilita afirmar que o Distrito Federal esteja caminhando para se tornar cada vez mais seco devido à urbanização e à sua conseqüente expansão. Deve-se lembrar que a umidade relativa do ar está, também, relacionada a outros fatores, como a energia, o avanço e o recuo de sistemas atmosféricos tais como a mPa (massa Polar Atlântica).

Resultados comparativos entre as Estações Meteorológicas

Realizou-se uma análise comparativa (teste t) entre os dados anuais de precipitação, déficit hídrico, excedente hídrico, e os dados médios mensais de temperatura do ar e umidade relativa, de cada estação meteorológica utilizada na pesquisa e os dados obtidos da estação do INMET. O objetivo desta análise foi determinar se os dados registrados nas diferentes estações são semelhantes àqueles registrados no INMET. Para isto comparou-se 19 anos de dados de cada estação com 19 anos de dados do INMET. O quadro 5.1 apresenta o resultado da aplicação do teste t.

Quadro 5.1: Resultado da aplicação do teste estatístico (teste t de student):

	RECOR	CPAC	CNPH	CINDACTA I	FAL
PRECIPITAÇÃO	=	- 10%	=	- 10%	=
EXCEDENTE HÍDRICO	=	- 20%	=	- 25%	=
DÉFICT HÍDRICO	+ 11%	+34%	+ 32%	+ 11%	=
TEMPERATURA DO AR	+ 1°C	+ 1°C	+ 2°C	+ 1°C	=
UMIDADE RELATIVA DO AR	+ 10%	+ 10%	=	+ 10%	=

Elaboração: Ercília Torres Steinke, 2004.

Com relação à precipitação anual, observou-se que as estações da RECOR, FAL e CNPH apresentaram os mesmos resultados que o INMET ($p > 0,05$). Contudo, os dados provenientes das medições realizadas nas estações do CINDACTA I e do CPAC tendem a ser 10% menores do que as realizadas no INMET ($p < 0,05$).

Para o excedente Hídrico, a análise mostrou que as estações da RECOR, FAL e CNPH também apresentam os mesmos resultados de excedente hídrico que o INMET ($p > 0,05$). Porém, os dados da estação do CINDACTA I tendem a

ser 25% menores do que os da estação do INMET ($p < 0,05$) e os dados da estação do CPAC, 20% menores ($p < 0,05$).

A análise dos dados de déficit hídrico mostrou que apenas a estação da FAL apresenta os mesmos resultados que os da estação do INMET ($p > 0,05$). Os dados das estações da RECOR e do CINDACTA I tendem a ser 11% maiores do que os da estação do INMET ($p < 0,05$); os da estação do CNPH tendem a ser 32% maiores ($p < 0,05$) e os da estação do CPAC 34% maiores ($p < 0,05$).

Para os dados de temperatura média, observou-se que, aqueles registrados na estação do CINDACTA I, da RECOR e do CPAC são, em média, 1°C ($\pm 0,6^{\circ}\text{C}$) superiores aos da estação do INMET ($p < 0,05$). Na estação do CNPH são cerca de 2°C ($\pm 0,26^{\circ}\text{C}$) superiores ($p < 0,05$); e na estação da FAL são iguais aos do INMET ($p > 0,05$).

Por fim, com relação aos dados de umidade relativa média registrados nas estações do CINDACTA I, da RECOR e do CPAC são em média 10% superiores as do INMET ($p < 0,05$). E a os dados das estações do CNPH e da FAL são iguais às mensuradas no INMET ($p > 0,05$).

De forma geral, percebe-se que existem diferenças nos dados de uma estação para outra, diferenças essas oriundas de fatores como a topografia, a proximidade com corpos d'água e a própria circulação atmosférica local, o que significa que os dados registrados na estação do INMET não podem ser extrapolados, por exemplo, para Planaltina. Portanto, fica claro através da análise comparativa realizada, que não se pode utilizar as informações do INMET (mesmo sendo o órgão oficial de meteorologia) para o Distrito Federal como um todo, ou seja, mesmo que alterações nos parâmetros sejam identificadas, não significa que as mesmas estejam ocorrendo em outras partes do Distrito Federal.

Os resultados alcançados sugerem que não há tendência de mudança climática no Distrito Federal, uma vez que a análise dos parâmetros não demonstrou variação relevante, a ponto de caracterizar uma tendência definida.

Embora se admita que as mudanças nos parâmetros climáticos têm relação direta com as alterações na superfície, que o Distrito Federal, nos últimos 15 anos, tem apresentado uma expansão urbana e que o crescimento das áreas urbanas interfere na vegetação e nos recursos hídricos, metodologicamente, 44 anos de dados são insuficientes para se detectar movimentos cíclicos do clima, ou seja, indicar se a seca, por exemplo, mais presente na última década, não é resultado de um ciclo, tal como se espera que seja para a precipitação.

A respeito do assunto, BESSAT (2003, p. 12) ressalta que:

(...) no momento, não é motivo para entrar em pânico: falar de uma mudança climática em um escala de tempo tão curta talvez seja um pouco prematuro: com efeito, a observação de alguma diferença de um decênio para outro pode, de fato, significar uma real mudança, mas também, uma anomalia, uma simples flutuação dentro do próprio sistema climático (...) o ritmo do aquecimento global, por exemplo, não coincide totalmente com aquele do aumento dos gases provocado pelo efeito estufa e poderia ser um fenômeno "natural", sem dúvida acelerado pelas atividades humanas, porém, não obrigatoriamente criado por elas.

5.3. Avaliação da evolução espacial das áreas urbanas no Distrito Federal entre 1973- 2003.

Conforme RIBEIRO (2000), a expansão urbana no Distrito Federal é apontada como sendo a responsável direta pelas anomalias identificadas na série de dados meteorológicos do INMET. Por esse motivo, resolveu-se avaliar o crescimento das áreas urbanas de 1973 a 2003 com a finalidade de verificar qual o grau de interferência desse crescimento no registro dos dados das estações meteorológicas.

O mapeamento das áreas urbanas foi realizado para uma escala temporal de, aproximadamente, dez em dez anos, onde foram consideradas manchas urbanas, os espaços urbanos consolidados quanto os não consolidados. Os espaços urbanos consolidados constituem-se naqueles onde a ocupação apresenta todos ou quase todos os equipamentos urbanos básicos. Os espaços urbanos não-consolidados são representados pelos assentamentos em formação

onde ainda há presença de vegetação, e pode-se observar uma infra-estrutura deficiente, como por exemplo, ruas não asfaltadas.

Um aspecto diferencial que marca a criação do Distrito Federal diz respeito à propriedade das terras por parte do poder público. Na implantação das principais ações estratégicas de planejamento urbano o agente estatal predominava. Desta forma, os planos diretores se sucederam em momentos distintos (como já citado no capítulo 2) e se tornaram os meios para a retomada da ordenação territorial pelo Estado, uma vez que a grande migração molda o espaço à sua própria dinâmica.

No entanto, a propriedade pública das terras não garantiu a ocupação democrática do território; quando as conseqüências das migrações começaram a ameaçar o projeto da “cidade-mãe”, o Estado reagiu criando espaços para os migrantes, sobretudo os de baixa renda, cada vez mais constantes, acelerando e fortalecendo os mecanismos de segregação sócio-espacial. Os assentamentos constituem-se em bons exemplos desse processo.

A expansão das áreas urbanas no Distrito Federal, por conseguinte, foi surpreendente nesses seus 44 anos de existência, apresentando como característica o aparecimento de manchas urbanas em áreas que apresentam condições naturais impróprias para a ocupação. Apesar disso, as cidades, assentamentos e os parcelamentos irregulares continuam, na atualidade, o seu caminho de consolidação. O mapa de evolução das áreas urbanas, elaborado nesta pesquisa (Figura 5.19), registra a seqüência de três momentos diferenciados da ampliação do espaço urbano no Distrito Federal, os quais serão discutidos nos próximos parágrafos.

No período compreendido entre 1973 e 1984 observa-se um adensamento da malha urbana pré-existente (Plano Piloto e cidades de Sobradinho, Gama, Taguatinga, Ceilândia, Planaltina e Brazlândia), sobretudo a do Plano Piloto, Gama, Taguatinga, Planaltina, além da criação das cidades-satélites do Guará, de Samambaia e do setor de mansões Park Way. Caracteriza-se, também, pelo processo de conurbação entre as áreas de Taguatinga e Ceilândia, assim como,

Plano Piloto, Guará e Cruzeiro. Neste período, com o aumento da demanda de água, advinda do crescimento populacional, foi construída a barragem do rio Descoberto, formando um lago de 17 km² (TORRES, 1997) que, atualmente, abastece mais de 60% da população do Distrito Federal com água potável. A rea urbana em 1973 contabilizava 207,86 km², o que representava 3,58% da área total do Distrito Federal. Já em 1984, a área urbana contabilizava 309,73 km², e passou a representar 5,33% da área total do Distrito Federal.

No período de 1984 a 1994 desenvolveram-se novas áreas urbanas de caráter popular como Samambaia e Recanto das Emas, localizadas nas proximidades das cidades conurbadas de Taguatinga e Ceilândia, assim como, a cidade de Santa Maria, próxima ao Gama, e a cidade do Paranoá, próximo ao Lago Paranoá e ao Plano Piloto. A rea urbana, no ano de 1994, contabilizava 427,62 km², o que representava 7,36% da área total do Distrito Federal.

De 1994 a 2003 observa-se um adensamento das áreas de parcelamento irregular do solo e a expansão do núcleo urbano de áreas como o setor de mansões Park Way, áreas ao redor da cidade de Sobradinho, representadas pelos condomínios irregulares do Colorado; e, também, aquelas próximas ao Lago Sul, representadas pelos condomínios do Jardim Botânico, além da expansão da cidade-satélite de Planaltina. Observou-se, ainda, o crescimento de localidades do entorno do Distrito Federal, tais como: as áreas próximas ao Lago Descoberto (cidade goiana de guas Lindas) e das cidades do Gama e Santa Maria. Vale lembrar que o adensamento observado tem sido, na maioria das vezes, provocado por empreendimentos particulares. A rea urbana, no ano de 2003 já contabilizava 502,15 km², o que representava 8,64% da área total do Distrito Federal.

Observa-se que do ano de 1973 a 1994 houve elevada expansão das áreas urbanas do Distrito Federal provocada pela criação de inúmeros assentamentos urbanos destinados à classe média. Este processo foi acompanhado de profunda intensificação de degradação do ambiente, porém, na última década houve uma diminuição no ritmo de crescimento dessa expansão (tabela 5.3), o que pode significar que o adensamento urbano, ou seja, o aumento

da densidade de edificações foi maior do que o crescimento das áreas urbanas propriamente dito, como foi o caso da cidade de Águas Claras e dos condomínios situados na bacia do rio São Bartolomeu (Jardim Botânico). Alie-se a isso o crescimento acelerado da produção imobiliária ilegal e precária do espaço, ou seja, não restando alternativa para a grande parcela da população socialmente excluída, ocupar áreas impróprias se tornou comum, onde o acúmulo de lixo, o desmatamento e a ausência de esgotamento sanitário agravam os problemas ambientais urbanos, tal qual o caso da invasão da "Estrutural".

Tabela 5.3: Áreas urbanas no Distrito Federal 1973-2003.

	Áreas urbanas (km ²)	(%) da área total do DF	Incremento (km ²)	Incremento (%)
1973	207,86	3,59	-	-
1984	309,73	5,35	101,87	49,01
1994	427,62	7,38	117,89	38,10
2003	502,15	8,64	74,53	17,43

Embora tenha havido uma pequena desaceleração da expansão urbana no Distrito Federal na última década (incremento de 17,43%), é inegável que desde a criação de Brasília o ambiente vem sofrendo modificações de categorias diferenciadas.

Com relação ao clima, RIBEIRO (2000), em sua dissertação de mestrado defendeu a hipótese de que a expansão urbana, calculada em 167,70 km² para 16 anos (1984 – 1998), provocou reflexos fortes nos dados de temperatura e de umidade relativa do ar em várias estações meteorológicas do Distrito Federal, atribuídos às alterações na superfície do solo, crescimento da malha urbana e concentração de populações. A autora identificou acréscimos na temperatura do ar e diminuição da umidade relativa do ar nos 16 anos analisados.

Porém, analisando-se a figura 5.19, observa-se que as imediações onde se localizam algumas das estações meteorológicas analisadas nesta pesquisa, não apresentaram expansão urbana, portanto, as estações tais como a do CNPH, RECOR e CPAC não foram afetadas, ao menos diretamente, pelo crescimento

urbano. A escala em que foi elaborado o mapa de evolução das áreas urbanas no Distrito Federal possibilita afirmar que as áreas onde se localizaram as estações da FAL e do INMET apresentaram uma grande expansão em termos de avanço da malha urbana, porém, não é possível identificar qual foi o adensamento urbano em torno de cada uma delas.

Observa-se, assim, que há necessidade de obtenção de dados sobre as edificações do Distrito Federal para que se possa avaliar a interferência das áreas urbanas no registro dos dados meteorológicos. A estação Brasília, por exemplo, localizada nas dependências do INMET, é cercada por uma área tampão que não foi modificada desde a instalação da estação até o presente momento, embora em suas adjacências tenha se desenvolvido uma área urbana de grande importância – o Setor Sudoeste. Dessa forma, a questão está associada ao grau de interferência desse adensamento urbano nos registros dos dados do INMET. Como já foi discutido, a análise da série histórica dos dados de temperatura do ar do INMET, por exemplo, mostra que não houve alteração, contrariando as afirmações de RIBEIRO (2000). Possivelmente, a área urbana que se desenvolveu próxima ao INMET exerce pouca influência no registro dos dados.

O momento pelo qual o Distrito Federal vem passando em termos de problemas ambientais traz a reflexão de que, talvez, tão importante quanto avaliar se as estações foram ou não englobadas pelas áreas urbanas, interferindo assim, no registro dos dados meteorológicos, é avaliar a destruição das nascentes oriunda do avanço da urbanização aliada à diminuição da quantidade de precipitação que foi identificada nos últimos 12 anos.

A figura 5.20 mostra a expansão das áreas urbanas sobre as nascentes existentes no Distrito Federal. Observou-se que em 1973, 68 nascentes foram afetadas pelas áreas urbanas; em 1984, este número passou para 75; em 1994 já eram 135 e no ano de 2003, 277 nascentes foram englobadas por áreas urbanas.

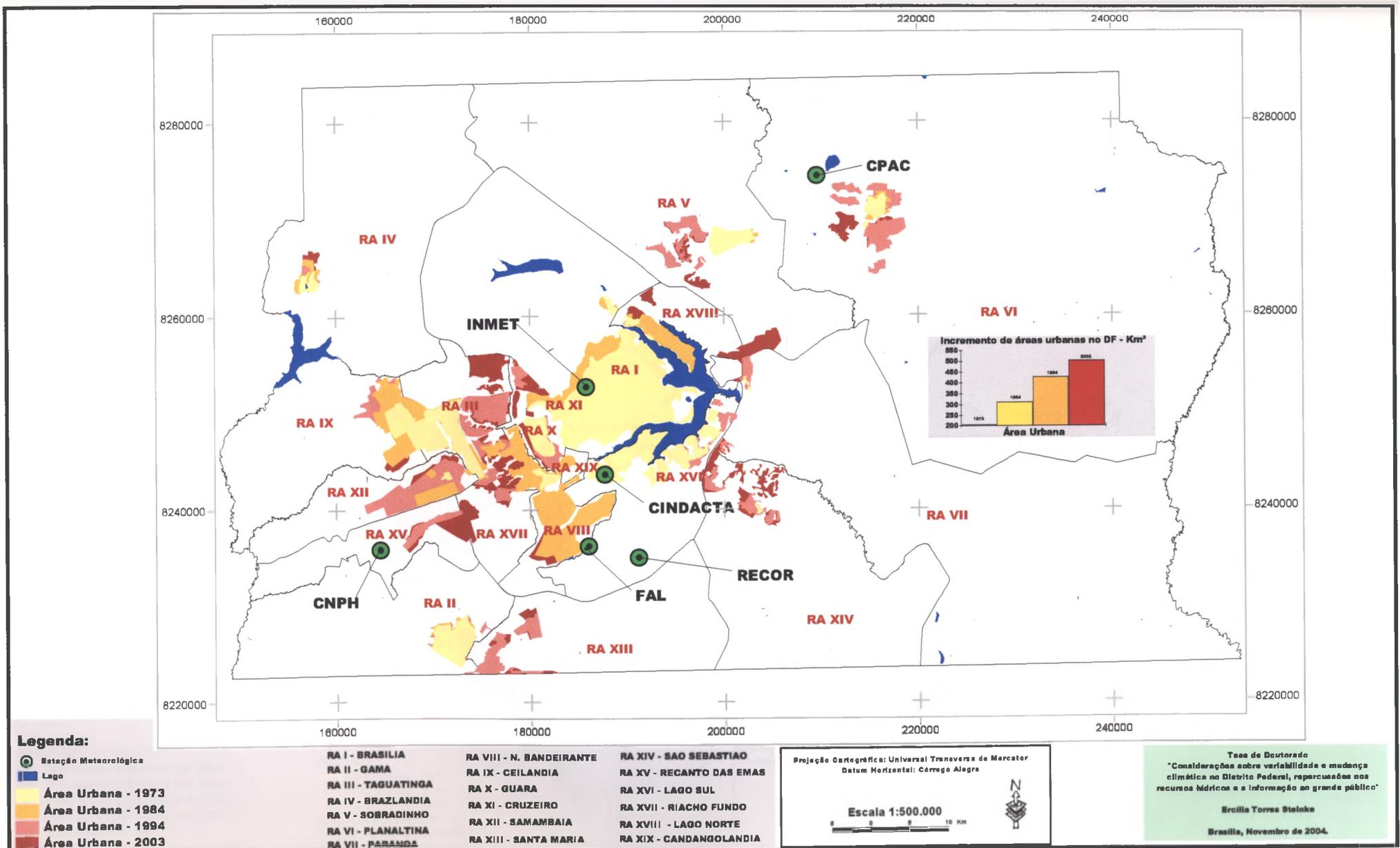


Figura 5.19: Incremento das áreas urbanas no Distrito Federal (1973 - 2003).

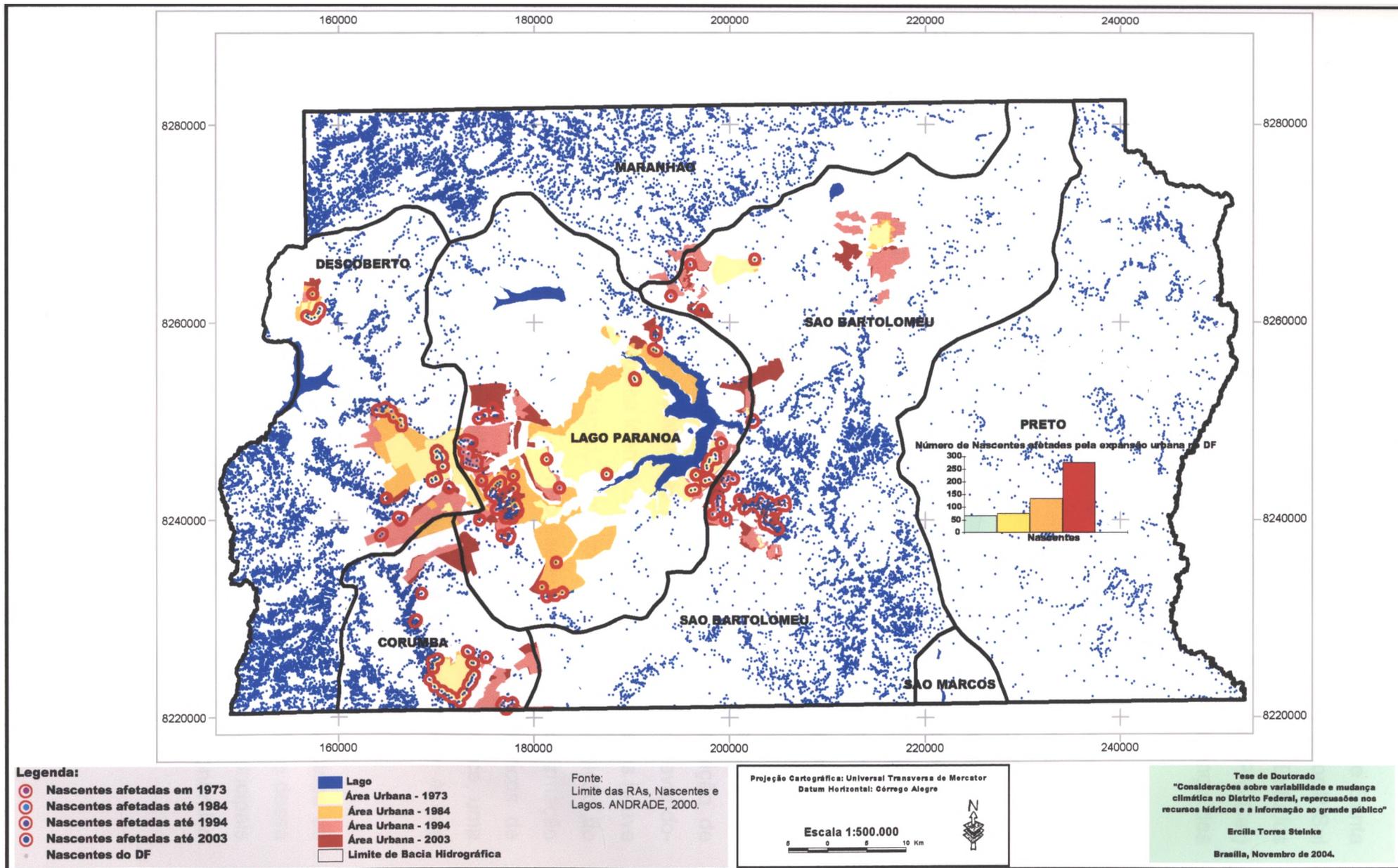


Figura 5.20: Localização das nascentes afetadas diretamente pela expansão das áreas urbanas (1973 - 2003).

Analisando-se o mapa, observa-se que as cidades do Gama e de Santa Maria foram construídas em cima de muitas nascentes, assim como o setor P-Sul de Ceilândia, Lago Sul, Condomínios do Jardim Botânico e Vicente Pires. Estudos realizados pela Sociedade de Pesquisas Ecológicas do Cerrado (Pró-Cer) concluíram que as nascentes estão desaparecendo em virtude do avanço das áreas urbanas.

Como a hidrografia do Distrito Federal é composta basicamente de nascentes, a região se torna extremamente sensível à ação humana. Vários estudos, como os de FONSECA e STEINKE (2003), mostram o nível de comprometimento dos recursos hídricos do Distrito Federal. Os estudos já identificaram que houve diminuição do volume de água dos rios e que as oito principais bacias hidrográficas da região apresentam sérios problemas, sendo que dessas oito, cinco apresentam ocupação urbana desordenada, determinando para o Distrito Federal uma grande possibilidade de falta de água daqui a alguns anos.

Os rios pertencentes a essas bacias hidrográficas que tiveram seu volume da água reduzido, provavelmente, são aqueles que recebem contribuição de tributários que tiveram suas nascentes afetadas pela expansão urbana. Levando-se em consideração que esta pesquisa identificou que nos últimos 12 anos houve diminuição da quantidade de precipitação, aumento do déficit e diminuição do excedente de água na estação do INMET, é necessário avaliar se a confirmação desta tendência nos próximos anos acarretará para os recursos hídricos da região, já tão comprometidos, a possibilidade de desaparecimento precoce, uma vez que a vazão dos rios está diretamente ligada à precipitação e à sua variabilidade.

A variabilidade da precipitação afeta em maior ou menor grau todos os usos dos recursos hídricos e a conservação ambiental associada. O efeito dessa variabilidade existe, contudo é necessário analisar quais são as principais fragilidades em cada setor da água associado com o desenvolvimento econômico e regional.

O abastecimento urbano, por exemplo, possui fragilidade maior à variação da precipitação quando as comunidades são abastecidas de água nas seguintes condições:

- Regiões semi-áridas onde a disponibilidade de água é pequena;
- Localidades abastecidas por rios de pequeno porte, com vazão média;
- Mananciais urbanos com demanda acima da capacidade da disponibilidade hídrica;
- Redução da disponibilidade pela poluição pelas atividades urbanas.

A grande fragilidade dos sistemas de abastecimento urbanos está relacionada com a falta de monitoramento por parte das companhias de abastecimento de água, ficando sempre sujeita a variabilidade e ao racionamento. Estas companhias geralmente estão preocupadas com o tratamento da água e do esgoto e pouco se preocupam em conhecer as características que determinam a disponibilidade de seu insumo básico que é a água. Este cenário gera maiores incertezas à sustentabilidade da quantidade e qualidade da água de abastecimento, já que qualquer anomalia maior sobre o sistema hídrico poderá gerar impactos significativos.

Com relação à irrigação observa-se que com a implantação da regulamentação do uso da água e da cobrança, poderão ocorrer dois processos opostos na área rural, segundo TUCCI (2002):

- Redução da demanda da irrigação nos projetos existentes devido à cobrança e à racionalização do uso da água, criando melhores oportunidades para a sustentabilidade regional da atividade, com obediência aos acordos e às decisões dos comitês de bacia; ou
- Aumento dos conflitos, com dificuldades na implementação das decisões dos comitês e de restrições de diferentes naturezas.

A irrigação é um dos grandes consumidores de água, principalmente naquelas regiões onde o consumo é grande com pouca racionalização do uso.

Num cenário crítico de disponibilidade hídrica a tendência é de que o conflito existente entre irrigação e abastecimento de água aumente, e decidir sobre qual desses dois setores será tarefa difícil, uma vez que ambos são de essenciais para a população.

Quando se trata da qualidade da água, deve-se lembrar que esta é dependente da vazão dos rios, que por sua vez, depende da precipitação. Quanto maior a vazão, maior será a capacidade de diluição dos corpos d'água e vice-versa.

Na maioria dos sistemas hídricos, como o do Distrito Federal, as condições críticas de qualidade da água ocorrem durante a estiagem, quando a vazão nos rios diminui, reduzindo a capacidade de diluição das cargas urbanas e rurais. No caso de uma possível continuidade da tendência (mesmo que pequena) de diminuição da precipitação no Distrito Federal, a seguinte condição pode ser agravada: períodos mais secos representam menor capacidade de diluição dos rios e, conseqüentemente, piora na qualidade da água.

Porém, o aumento da demanda bentrônica também deve ser considerado. Com o início das chuvas (mês de outubro), grande parte da parcela inicial de escoamento que chega às drenagens, traz consigo grande quantidade de material vegetal. Este volume adicional e a erosão do fundo promovem o aumento da carga de matéria orgânica (m.o.) para decomposição no rio. A matéria orgânica em decomposição utiliza grande quantidade de oxigênio dissolvido (OD), reduzindo-o e causando a morte dos peixes.

Se, por outro lado, houver intensificação das precipitações nos centros urbanos devido ao efeito do aquecimento das superfícies urbanas e processos convectivos, as cargas pluviais representarão custos maiores para melhoria da qualidade da água. Tem-se como exemplo, o reservatório do Descoberto, maior manancial de abastecimento de água do Distrito Federal. Rodeado de áreas onde se desenvolvem atividades agrícolas, no período das chuvas o Reservatório recebe uma grande quantidade de resíduos dessas atividades e, possivelmente, com um aumento da quantidade de chuva, haverá aumento dessa carga de

resíduos o que poderá comprometer futuramente a utilização da água do Reservatório.

5.4. A contribuição da imprensa local para a divulgação dos fatos relacionados ao clima do Distrito Federal

No Distrito Federal, o período de estiagem sempre foi motivo de preocupação para a população, devido aos inúmeros problemas de saúde que são desenvolvidos nessa época (em função da natural queda nos índices de umidade relativa do ar) e aos incômodos relacionados aos efeitos fisiológicos da seca.

Assim, é comum na mídia, durante o período de estiagem, figurarem reportagens relacionadas ao clima e seu comportamento. Algumas delas, bastante esclarecedoras com relação aos cuidados que a população deve tomar para evitar ou mesmo controlar os problemas de saúde. Outras, entretanto, muitas vezes fornecem informações incorretas relacionadas, principalmente, a dois aspectos: à umidade relativa do ar e ao tipo de clima que predomina do Distrito Federal.

A partir das notícias veiculadas pelo jornal diário, Correio Braziliense, no segmento temporal de 1997 a 2003, foi analisada a forma como tem sido abordada a questão climática no Distrito Federal através da coleta, tabulação e, seleção das notícias de jornal. Vale lembrar, mais uma vez, que a opção pelo Correio Braziliense se deu em virtude de o mesmo constituir-se no jornal diário de maior circulação no Distrito Federal.

As fontes jornalísticas possuem a vantagem de serem grandes geradoras de dados qualitativos, pois, do ponto de vista meteorológico, não é possível a representação do cotidiano. Os jornais, ao contrário, se preocupam em relatar o cotidiano, com fotos e textos. Cabe ressaltar que é importante analisar a “política editorial”, pois dependendo das circunstâncias (por ela designada), as notícias podem, ou não, ter grandes repercussões, limitando-se ao “espaço do jornal”, que depende da pauta que a redação elabora para o dia.

Mesmo assim, o resultado da análise demonstrou que a contribuição da imprensa, nesse caso, tem sido mais negativa do que positiva, uma vez que insiste em veicular conceitos incorretos ou que induzem ao erro. Dentre as 42 reportagens selecionadas, cujas datas e manchetes encontram-se listadas na tabela 5.4, 40% delas chamaram atenção pelo fato de atribuírem, incorretamente, ao clima do Distrito Federal, características de climas áridos ou de deserto como, por exemplo:

“A umidade às 13 h do domingo caiu para 18% - o menor índice já registrado foi de 11% no dia 15 de setembro de 1994. **Umidade próxima a do deserto do Saara** [grifo meu], que nas piores horas chega a 10%...” (BONVAKIADES, 1997, p. 01).

“Apesar de receiar [sic] as conseqüências do **clima desértico** [grifo meu], o atleta Klesst Roberto não dispensou sua corrida diária no parque” (BAUMGRATZ, 1998, P. 01)

“No deserto nosso de cada dia, ontem foi o dia mais seco do ano. Exatos 12% de umidade por volta das 16 h, registrou o INMET. **Algo parecido com a aridez do deserto africano do Saara** [grifo meu]...” (LIMA, 1999, p. 01).

Deparando-se com a altitude do DF, o vento forma nuvens sobre a cidade (...), mas não há previsão de chuvas. A umidade cresce sem que uma única gota de chuva caia no Planalto Central’ (MONTENEGRO, 2003, P. 24)

“O **clima árido** [grifo meu] favorece os focos de incêndio e três regiões do DF sofrem com as queimadas...” (TOURINHO, 2004, p. 26).

Tabela 5.4. Relação das reportagens analisadas de 1997 a 2004.

	Data	Manchete
1	08/07/97	De cabeça quente
2	16/07/98	Brasília, 12%
3	26/08/98	Ao pó voltamos
4	08/06/99	Como suportar a estiagem
5	19/06/99	De rachar os lábios
6	01/07/99	É época de criança beber muita água
7	01/09/99	Pior que isso só no Saara
8	02/09/99	Vidas secas
9	02/09/99	Uns sofrem, outros nem tanto
10	02/09/99	Nem sabe se sente. Pra que?
11	02/09/99	A cidade não é o fim do mundo
12	02/09/99	Ares vermelhos do cotidiano
13	23/11/99	Deu a louca no tempo

14. 06/05/00 A umidade é mais baixa em Brasília a cada seca
15. 06/05/00 Tempo seco
16. 09/05/00 Esta seca promete ser colorida
17. 11/07/00 Brasília abaixo de dez graus
18. 01/08/00 Fique em forma com a seca
19. 29/07/00 Ar de Brasília, seco como Saara
20. 30/08/00 Chuva fora de época alegre e transtorna
21. 21/10/00 O dia mais quente do brasiliense
22. 09/08/02 Prontidão contra a seca
23. 18/08/02 Vidas secas
24. 28/08/02 Granizo na tarde seca
25. 03/05/03 Seca chega mais cedo a Brasília
26. 27/05/03 Brasília com ares londrinos
27. 15/06/03 O fogo da seca
28. 26/06/03 Aqui faz mais frio
29. 27/06/03 Sem sombra nem água fresca
30. 04/07/03 Quase um deserto
31. 09/07/03 A roupa certa para cada estação
32. 15/07/03 Ventos fazem frio aumentar
33. 14/08/03 Tempo seco dá trégua
34. 27/08/03 Chuva piora trânsito
35. 25/09/03 Calor e secura recordes
36. 26/09/03 Calor e apagão na asa sul
37. 27/09/03 Umidade do ar chega a 11%
38. 28/09/03 Chuva alivia a secura e o calor
39. 29/09/03 INMET diz que vem mais calor
40. 22/11/03 Ondas de calor em outubro
41. 04/07/04 Umidade é a mais baixa do ano
42. 28/09/04 Vidas secas

Organização: Ercilia Torres Steinke

As afirmações citadas e as expressões grifadas constituem um tipo de informação que é assimilado pela maioria dos leitores como verdade, sendo muito comum ouvir as pessoas comentarem sobre o clima **desagradável** que ocorre no Distrito Federal, referindo-se à época seca (maio a setembro).

O problema se inicia na dificuldade que a população possui de diferenciar os termos clima e tempo. O próprio jornal, que poderia ser o veículo através do qual o público pudesse adquirir o conhecimento necessário para poder fazer essa diferenciação, utiliza, muitas vezes, os dois termos como sinônimos.

O tempo meteorológico, segundo VIANELLO e ALVES (1991) é algo que varia muito sobre a face da Terra e constitui-se da soma total das condições

atmosféricas de um dado local, num determinado tempo cronológico. O clima é uma integração das condições do tempo para um certo período, em uma determinada área. Para se descrever o clima de uma região é necessário analisar informações do tempo durante um longo período, no mínimo 30 anos. Assim, tempo e clima estão relacionados, mas não são, de forma nenhuma, sinônimos.

O clima do Distrito Federal, na classificação de Strahler, denomina-se Alternadamente úmido e Seco (como exposto no capítulo 3), isto é, apresenta um período em que predomina um tempo seco e outro em que predomina um tempo chuvoso. O total de precipitação anual, neste tipo de clima varia entre 1.500 mm, embora concentrados nos meses de outubro a abril.

Sendo assim, torna-se incorreto afirmar que o clima do Distrito Federal é seco ou mesmo árido e, mais incorreto ainda, é comparar as condições meteorológicas da região com as de um deserto.

Em matéria publicada no dia 18 de agosto de 2002 (anexo 01), FARIA (2002, p. 7) apresenta um quadro intitulado - Dicionário do tempo – no qual, entre outros, foram conceituados corretamente os termos **tempo** e **clima**, contudo, na mesma página, mas em outro texto, a diferença existente entre os dois termos não foi considerada, quando se afirma: “(...) Depois de apelar para tratamento médico com um alergista, ela já consegue vencer alguns *rounds* na briga contra o **clima seco** [grifo meu] da cidade (...)”. Percebe-se, assim, que o jornalista que redigiu a matéria desconsiderou a diferença existente entre tempo e clima.

Felizmente, dentre as reportagens analisadas algumas poucas podem ser consideradas como capazes de informar corretamente a população sobre o comportamento climático do Distrito Federal. Pode-se citar como exemplo, a reportagem publicada no dia 02 de setembro de 1999 (anexo 02), na qual MENDES e BRAGA (1999) explicam ao leitor que a comparação da cidade com desertos é inadequada. O texto é bastante explicativo como pode ser observado nos seguintes trechos:

“Todo ano, quando chega a seca no Distrito Federal, sobram comparações entre o clima da capital brasileira e os desertos do mundo. Na verdade, trata-se de exagero. Diante das condições climáticas do Saara, na África e do Atacama, no Chile, o tempo que racha os lábios dos brasileiros é refresco. (...) Em Brasília, registra-se 1552,1 mm de chuva por ano. (...) No deserto chileno, com 1,3 mil km² de área, a média é de 0,6 mm de chuva a cada 20 anos. Os desertos não são definidos pela umidade relativa do ar, e sim pela quantidade de chuva ...” (MENDES e BRAGA, 1999, p. 3)

Embora tenham sido identificadas algumas reportagens com esse cunho explicativo, observou-se que a maioria delas apresentou informações incorretas. Curioso que no ano seguinte da publicação da reportagem citada no parágrafo anterior, os erros conceituais foram retomados. A matéria publicada no dia 06 de maio de 2000 (anexo 03), constitui-se num bom exemplo quando ROCHA (2000, p. 6) afirma:

“A comparação com o clima de deserto, tão comum nessa época do ano, tem lá suas razões, a umidade relativa do ar nas regiões áridas da Terra costuma beirar 5%, o que, aparentemente, está próxima do recorde brasileiro de 11%. A história não é bem essa. É preciso levar em conta a quantidade de vapor no ar. Em um Saara, por exemplo, ela é bem menor. Por isso, o índice chama-se umidade relativa do ar. Em suma, 11% em Brasília é muito mais úmido do que o mesmo índice de 11% no deserto do Saara”.

Observa-se que, primeiramente, o autor afirma que comparar o Distrito Federal com um deserto é correto e, logo depois, procura explicar que os índices de umidade relativa são diferentes para as duas regiões. Entretanto, em nenhum momento menciona o fato de uma região ser classificada como desértica em função da quantidade de precipitação que recebe e não da umidade relativa do ar, e, que a quantidade de vapor d'água existente no ar depende de muitos outros elementos além da chuva.

Os desertos são caracterizados por terras áridas e desabitadas, onde o fenômeno da vida é muito complexo. Constituem-se em ecossistemas com flora e fauna que cobrem pouco mais da quinta parte da superfície terrestre do planeta (McKNIGHT e HESS, 2002). Os desertos são terras de extremos. Um deles é a brusca mudança de temperatura entre dias muito quentes e noites muito frias. Outro se refere à precipitação, praticamente ausente.

A seca é a característica principal de um deserto. São lugares áridos, independentemente de serem quentes ou frios, de apresentarem relevo plano ou acidentado, ou de serem recobertos por estruturas rochosas ou areia. A areia, por certo, está intimamente associada à idéia do deserto, mas cobre apenas 20% dos territórios classificados como tal. As plantas e os animais que vivem nos desertos são muito numerosos e têm uma característica comum: a habilidade de sobreviver com pouca água. Isso significa que possuem capacidade especial para encontrar e armazenar líquidos e contam com mecanismos biológicos para evitar sua perda ou evaporação.

Por essa descrição percebe-se que o Distrito Federal não se enquadra em nenhuma das características apontadas como sendo desérticas. Mesmo o fato de os valores de umidade relativa do ar alcançarem valores muito baixos na época da estiagem (figura 5.21) não permite que a região seja, sequer, comparada com os desertos.

O que se verifica, na verdade, são picos de baixa umidade relativa do ar de, no máximo, duas horas por dia, entre 15:00 e 17:00 horas, um valor extremo mínimo num determinado dia e hora, o que não significa que todos os dias esse índice será alcançado, nem mesmo todos os anos. Analisando-se a figura 5.21, observa-se que existe variação nos valores extremos e que nem todos os anos, estes valores extremos são alcançados. Em 2000, por exemplo, o valor mínimo absoluto registrado no ano foi de 19%, em agosto, porém, nos dois anos anteriores foram registrados valores de 12% e no ano seguinte 10%. Outro aspecto a ser considerado é o fato de que esses valores foram registrados pela estação do INMET, isto é, um registro pontual que não pode ser extrapolado para as outras regiões do Distrito Federal.

seguintes a tendência seria de períodos de seca mais rigorosos em função da ocupação do solo. No entanto, o autor não ofereceu ao leitor nenhuma explicação para o termo – rigoroso -, ou seja, a matéria não especifica se o período de seca seria maior em duração ou se mais intenso, em termos de valores, ou ambos.

Como mencionado, os resultados da análise dos dados de umidade relativa do ar do INMET não identificaram uma tendência significativa de seca. As médias das máximas e das mínimas se comportaram diferentemente, não sendo possível afirmar que a região está caminhando para se tornar cada vez mais seca devido à urbanização. Meteorologistas do INMET afirmam ser difícil fazer previsões sobre o comportamento da umidade relativa do ar e observam que “o que se poderia supor como uma prova de que a região está ficando mais seca não ocorre, por exemplo, em setembro, quando os níveis de umidade relativa aumentam progressivamente”.

Em Informe Publicitário do Correio Braziliense sobre a seca no Distrito Federal, de junho de 2003, várias entrevistas foram publicadas com especialistas das áreas de meio ambiente, saúde, meteorologia, etc. Entre elas, uma chamou atenção (anexo 04) – um assessor militar da Defesa Civil afirmou que a região do Distrito Federal estaria entrando em processo de desertificação. Um trecho da entrevista está transcrito a seguir:

“Pelos nossos levantamentos, considerando o histórico da seca no DF nos últimos trinta anos, esse fenômeno se intensifica, piora a cada ano. **Estamos caminhando para um processo de desertificação que não deve ser minimizado** [grifo meu]. Se compararmos apenas a umidade relativa do ar, o Distrito Federal é mais seco do que os desertos de Atacama e do Saara. E a tendência é piorar”.

Da mesma forma que não se deve comparar o clima do Distrito Federal com o clima dos desertos, é incorreto afirmar que a região está entrando em processo de desertificação. Conforme a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNESCO, 2003), o termo **desertificação** foi definido como sendo a degradação da terra nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas

secas resultantes de fatores diversos, tais como as variações climáticas e as atividades humanas.

Esse conceito foi discutido durante a Conferência do Rio (ECO 92) e é, hoje, internacionalmente aceito. Seu conteúdo pode ser entendido em dois níveis:

1) No que diz respeito às variações climáticas, a seca é um fenômeno típico das regiões semi-áridas;

2) No que diz respeito às ações de degradação da terra induzidas pelo homem, deve-se entendê-la como tendo, pelo menos, cinco componentes, conforme propõe a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação - FAO:

- Degradação das populações animais e vegetais (degradação biótica ou perda da biodiversidade) de vastas áreas do semi-árido devido à caça e extração de madeira;
- b) Degradação do solo, que pode ocorrer por efeito físico (erosão hídrica ou eólica e compactação causada pelo uso da mecanização pesada) ou por efeito químico (salinização);
- c) Degradação das condições hidrológicas de superfície devido à perda da cobertura vegetal;
- d) Degradação das condições hidrogeológicas (águas subterrâneas) devido a modificações nas condições de recarga dos aquíferos;
- e) Degradação da infra-estrutura econômica e da qualidade de vida dos assentamentos humanos.

Esta definição foi adotada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA e, com base nela, foram definidas as áreas susceptíveis à Desertificação. Dessa forma, percebe-se, claramente, que as áreas susceptíveis são aquelas submetidas aos climas áridos (árido, semi-árido e sub-úmido seco), nos quais o Distrito Federal não se enquadra.

As ações da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação restringe-se às regiões semi-áridas e sub-úmidas secas do mundo que compreendem cerca de 51.720.000 km², quase 33% de toda a superfície

terrestre. Deste total excluem-se as áreas hiper-áridas, os desertos, que somam 9.780.000 km², 16% da superfície do globo. Estas regiões somam mais de cinco bilhões de ha em cerca de 100 países que podem ser afetados direta e indiretamente pela desertificação.

Associada à degradação das zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, está a pobreza, que tem sido reconhecida em todo o mundo como um dos principais fatores associados ao processo de degradação da terra, provocando perdas econômicas irreparáveis.

O Distrito Federal, mesmo apresentando problemas ambientais e sociais sérios ainda, não apresenta as características anteriormente descritas para que possa ser reconhecido como uma das regiões afetadas pela desertificação, constituindo, dessa forma, um erro afirmar que seu território está perto de virar um deserto.

Além disso, há uma diferença entre os conceitos de desertificação e de desertização, ou seja, formação de um deserto. Se o intuito do entrevistado era alertar para uma possível transformação do Distrito Federal em um deserto, o mesmo não fez uso do termo correto, que seria, neste caso, desertização, embora a afirmação continuasse sem fundamentação científica.

Os trechos das reportagens citadas apresentam o mesmo caráter especulativo e pouco explicativo das demais analisadas. Percebeu-se, que a maioria das matérias veiculadas pelo jornal Correio Braziliense apresentaram pouco esclarecimento para a população com relação ao clima do Distrito Federal e sua variação. MEYER (1987) apud SMITH (1998) acredita que, nestes casos, o que ocorre é que para maximizar a produtividade, os jornalistas tendem a entrevistar os especialistas mais disponíveis, ao invés daqueles com maior conhecimento do tema abordado. Se as fontes discordam, a tradição do jornalismo é apresentar todos os pontos de vista sem, contudo, auxiliar os leitores a determinar qual deles possui maior mérito. Assim, se alguns especialistas afirmam que o Distrito Federal está ficando mais seco e outros afirmam que não,

o jornalista não se sente na obrigação de explicar como esses especialistas chegaram à suas conclusões e nem porque são conflitantes.

Outro aspecto observado nas reportagens diz respeito à falta de informações sobre as possíveis conseqüências de um futuro agravamento da seca para os recursos hídricos no Distrito Federal. Na maioria das vezes, as matérias relacionadas com a problemática da água apontam para as questões de escassez, qualidade e desperdício, apresentando esses problemas como se não tivessem associação com a questão climática.

Poucos são os jornalistas que se sensibilizam para a crescente necessidade de superar o que OTTOBONI (2004) chama de analfabetismo científico. Cada vez mais os assuntos relacionados ao clima estão presentes nas pautas das redações, nas grandes discussões mundiais e na orientação dos sistemas sócio-econômicos.

A análise das reportagens do Correio Braziliense mostrou que o jornalismo praticado está mais preocupado em atribuir coloridos fantásticos às reportagens-espetáculo, tais como, "Ao pó voltamos" ou "Pior que isso só no Saara" do que realmente apurar o grau de confiabilidade das fontes pesquisadas. O que é uma lástima, pois a imprensa exerce um papel importantíssimo na formação do público, principalmente, dos estudantes, na medida em que possibilita levantamentos de fatos históricos relevantes para a atualidade.

O tema desta pesquisa, em especial, é abordado pela imprensa local como algo do cotidiano pela maneira de se reportar o fato climático – que por natureza é de grande complexidade. Com isso, ao contrário de se democratizar o conhecimento produzido e retido dentro dos centros de pesquisas e universidades, criam-se grandes distorções na divulgação e difusão da informação científica. O jornalismo local perde, assim, uma grande oportunidade de auxiliar na construção de segmentos sociais mais preparados para avaliar temas do mundo atual tais como as possíveis mudanças climáticas e suas repercussões.

Deve-se, no entanto, salientar que existe uma associação que reúne jornalistas e cientistas envolvidos com a divulgação da ciência e da tecnologia, em busca de uma maior valorização do setor no Brasil. A Associação Brasileira de Jornalismo Científico (ABJC), que existe há mais de 25 anos, se preocupa em promover a união do esforço de seus associados que acreditam no Jornalismo Científico como uma das maneiras de democratizar o conhecimento e a tecnologia.

Entre as atividades promovidas pela associação estão o Congresso Brasileiro de Jornalismo Científico; as atividades promovidas anualmente nos encontros da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC); o seminário sobre "Divulgação da Produção Científica Brasileira", em 1991, em parceria com a Escola de Comunicação e Arte da Universidade de São Paulo (ECA/USP); e os debates promovidos em conjunto com o Sindicato de Jornalistas de São Paulo entre 1983 e 84 que reuniu cerca de 100 profissionais e resultou no surgimento dos Cadernos de Jornalismo Científico.

A ABJC trabalha no sentido de contribuir para instaurar uma cultura científica no Brasil, uma vez que a preocupação atual da comunidade internacional de jornalistas científicos, incluindo os associados a ABJC, é o papel da ciência para o bem-estar social. Contudo, espera-se que o jornalista científico não assuma a simples posição de porta-voz pura e simples, acrítico, da fonte de informação escolhida e que esteja consciente da convergência de interesses extra-científicos na produção e divulgação da ciência e tecnologia, e saiba enxergar sempre além da notícia e da fonte. Desta forma, ele pode buscar fugir da armadilha de tornar-se, além de refém de um único especialista, refém também dos compromissos e interesses desse especialista com relação ao assunto tratado, conforme alerta BUENO (1988). Embora possa não ser fácil identificar os vínculos das fontes, há que se imaginar que eles existem e que é relevante manter a vigília.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A importância do estudo da variação do clima seja ela natural ou não, reside no fato de que as condições climáticas encontram-se diretamente ligadas, entre outros, aos processos hidrológicos que envolvem a dinâmica de uma bacia hidrográfica, assim como ao gerenciamento e utilização das águas, o que, por sua vez, afeta assentamentos humanos, disponibilidade de água tanto em ambientes urbanos quanto em atividades rurais, desenho dos sistemas de irrigação, geração de energia hidrelétrica e diversas outras atividades.

Nesse contexto, esta pesquisa procurou averiguar se há fundamentação científica suficiente para se afirmar que o Distrito Federal está passando por uma mudança climática, visto que dados registrados pelo INMET e analisados por meteorologistas do próprio Instituto apontam para o aquecimento progressivo, aliado à diminuição da umidade relativa do ar, que se acredita terem sido causados pela urbanização.

É necessário que se esclareça que Brasília (Plano Piloto e Setor Militar Urbano), onde está localizada a estação do INMET, compõe uma das 19 Regiões Administrativas (RA's) do Distrito Federal. Por isso, os dados meteorológicos registrados na estação Brasília (INMET) não podem ser considerados como sendo representativos para todo o território do Distrito Federal. A pesquisa demonstrou que existe diferença entre os dados registrados nas principais estações meteorológicas em operação no Distrito Federal.

Provavelmente, em função do costume em se considerar Brasília como Distrito Federal, sendo essa confusão muito comum entre pessoas de outros estados e entre a própria população, há também dificuldade de separar fenômenos locais daqueles mais abrangentes.

É o caso do clima. Embora tenha sido verificada, no Distrito Federal, uma desaceleração na expansão urbana durante a última década, indicando que, possivelmente, o adensamento urbano aumentou, é inegável que a substituição das áreas verdes por asfalto, cimento, entre outros, provocou modificações no balanço de energia. Contudo, essas modificações estão relacionadas às áreas que foram modificadas – as cidades, configurando o que se conhece como clima urbano.

Esta pesquisa preocupou-se com o clima do Distrito Federal, e não com o comportamento dos dados climáticos de Brasília, Planaltina, Samambaia, etc., isto é, das cidades separadamente, os climas urbanos. Por isso, faz-se necessário que se estabeleça essa diferenciação para que sejam esclarecidas as dúvidas com relação ao que se observa em determinadas áreas do Distrito Federal com relação à temperatura do ar e à umidade relativa.

Mesmo tendo sido observadas anomalias positivas na temperatura média do ar e negativas na umidade relativa média, para os últimos anos, os resultados da análise da série histórica do INMET mostraram que não é possível, ainda, afirmar que existe uma tendência de aquecimento ou de diminuição da umidade relativa do ar. Nem mesmo tendo sido identificada uma diminuição na quantidade de precipitação nos últimos 11 anos, pode-se afirmar que este comportamento se repetirá nos próximos anos.

Portanto, mesmo em Brasília (localização da estação do INMET), ainda não foram identificadas mudanças significativas para que se afirme que está havendo alteração climática. Qualquer avaliação dependerá da continuidade da série histórica.

Além disso, existe necessidade do desenvolvimento de mais pesquisas envolvendo a participação dos fenômenos globais como, por exemplo, o aquecimento global, na dinâmica do clima do Distrito Federal, para que afirmações como a que foi publicada no Jornal Correio Braziliense nas vésperas da conclusão desta pesquisa, estejam amparadas por fundamentação científica séria: "Quem sofre em Brasília durante este período de seca e calor pode até não

saber o que é efeito estufa, mas sente na pele suas conseqüências". (Aquecimento castiga o planeta, 2004, p. 23).

É necessário lembrar que as mudanças relacionadas ao aquecimento global e à elevação do nível do mar resultariam em alterações na circulação das massas de ar. Considerando que haja manutenção da posição da Terra, mantendo-se a estabilidade dos atuais pólos e zona equatorial, ocorreriam mudanças na distribuição das temperaturas do ar e na umidade atmosférica absoluta repercutindo nas características e na movimentação das massas de ar.

A grande dúvida refere-se a qual seria o grau de alteração, tanto no posicionamento, como na trajetória das massas de ar. As implicações refletem-se nos tipos de tempo incidindo na variabilidade das temperaturas do ar e das precipitações, assim como na magnitude e freqüência dos eventos.

A esse respeito, CHRISTOFOLETTI, (1999, p. 139), faz os seguintes questionamentos, os quais cabem, também, para esta pesquisa:

Do ponto de vista local, poderiam ser verificadas modificações nos valores de temperatura do ar, chuva, do regime pluviométrico, do balanço hídrico e etc. Tais mudanças seriam suficientes para que o local sofresse mudança no tipo de clima, verificando-se a manutenção da mesma zonalidade, mas com variação na escala temporal?

Ou a dinâmica e a interrelação das forças zonais permaneceriam relativamente estabilizadas, verificando-se, então, deslocamento das faixas zonais e novo posicionamento na distribuição espacial?

Há, portanto, necessidade de se estar ciente não só das implicações espaciais relacionadas com possíveis mudanças nas variáveis climáticas no Distrito Federal (e não só em Brasília), como, também, no potencial de resiliência da estabilidade do sistema ambiental, e cujas ultrapassagens levam a um novo estado de equilíbrio, a um novo **tipo de clima**, ocorrendo, então, uma verdadeira mudança na categoria climática.

Assim, é preciso que a mudança externa (nas condições climáticas) seja grande o suficiente para determinar esse novo estado de equilíbrio, a fim de incidir nos processos e na dinâmica nos demais componentes do sistema ambiental, ultrapassando os limiares da resiliência.

Apesar de todas as incertezas, reconhece-se que modificações nos parâmetros climáticos podem criar problemas sociais e econômicos sérios, principalmente em regiões vulneráveis, como as do Distrito Federal. Nesse caso, a ciência desempenha o papel de informar aos responsáveis pelas tomadas de decisão e ao público em geral, as condições em que se encontram as investigações a respeito do tema e as incertezas que as acompanham, e desenvolver metodologias de avaliação do impacto das alterações climáticas e propor medidas adaptáveis necessárias. A imprensa, por sua vez, deve contribuir com a divulgação das descobertas e das incertezas da ciência de forma responsável e crítica.

Recomenda-se a criação de um setor editorial específico de meio ambiente, cuja coordenação esteja a cargo tanto de especialistas da área ambiental, quanto de jornalistas, o qual possibilitará a divulgação das informações pertinentes à temática climática, entre outras, de modo que a população possa ser informada corretamente do ponto de vista conceitual em uma linguagem compreensível ao público leigo.

Por outro lado, sugere-se a criação de cursos de especialização em meio ambiente especificamente para jornalistas tais como aqueles que existem para a área de economia como, por exemplo, os cursos regulares oferecidos pela Fundação Getúlio Vargas, Bolsa de Valores e Associação Brasileira dos Analistas de Mercado de Capitais (ABAMEC). Dessa forma, os jornalistas teriam a possibilidade de se familiarizem com a linguagem, descobrir novas e importantes fontes que alimentarão as redações e cumprir, com boa margem de acerto, a missão de bem informar o público a respeito de fatos relacionados ao meio ambiente.

Com relação aos recursos hídricos, foi consenso entre os cientistas na Segunda Conferência Mundial para o Clima, em 1990, que, entre os impactos mais importantes de uma possível alteração no clima, estão os efeitos no ciclo hidrológico e nos sistemas de gerenciamento de água e, com estes, os sistemas sócio-econômicos.

Isso ocorre, pois a quantidade de água recebida pela bacia hidrográfica depende das condições climáticas, das características do solo, da cobertura vegetal, da ocupação urbana, agrícola e industrial e da evapotranspiração na região de captação. O balanço entre precipitação, vazão, e evapotranspiração (dependente da temperatura) em uma bacia de drenagem define a quantidade de água disponível no sistema e quaisquer modificações na temperatura do ar e na precipitação podem acarretar alterações na vazão dos rios.

Diante do exposto, recomenda-se, para estudos futuros, que se faça a avaliação do comportamento da vazão dos rios do Distrito Federal mediante alterações nos parâmetros meteorológicos, estabelecendo-se cenários climáticos de acordo com acréscimos ou decréscimos da temperatura do ar e da precipitação, tal como fez ALCÂNTARA (2004) para o estuário do rio Anil em São Luiz (MA). Através de um estudo como esse será possível verificar se e como os recursos hídricos da região são afetados por alterações nos parâmetros climáticos.

Aliado a isso deve ser iniciado com urgência um estudo detalhado de adensamento urbano no Distrito Federal, com a avaliação da densidade de edificações, infra-estrutura urbana, saneamento básico, entre outros. Esse mapeamento deve ser realizado tanto para o momento atual, como também para anos anteriores, para que se possa contabilizar e avaliar o impacto do adensamento dos núcleos urbanos.

A partir dessa avaliação preliminar, observa-se que existe uma gama de aspectos relacionados ao clima do Distrito Federal e de suas Regiões

Administrativas tais como, clima urbano, conforto térmico e doenças¹⁶, que ainda não foram estudados e que merecem avaliação. Por isso, também foi intuito da pesquisa indicar novos caminhos para que futuros trabalhos possam ser desenvolvidos nesses temas.

O desenvolvimento deste trabalho procurou colaborar com as poucas pesquisas específicas de clima para a região do Distrito Federal tentando suprir uma carência que já tinha sido identificada, em 1967, pelo Prof^o Carlos Augusto de F. Monteiro e ainda hoje confirmada por BARROS (2003) e por ZAVATTINI (2003).

Por fim, acredita-se que a uma das formas de se prevenir contra os efeitos de curto, médio e longo prazos da variação associada ao clima sobre os sistemas hídricos e contribuir verdadeiramente com a sociedade, é através de um planejamento que considere as reais possibilidades de mudanças e não meras especulações.

¹⁶ Ressalta-se que está em andamento o trabalho de Doutorado de Juliana Ramalho Barros, pelo Depto de Geografia da UNESP/Rio Claro, Programa de Pós-Graduação em Geografia, no qual a autora analisa os efeitos do clima na saúde da população do Distrito Federal.

GLOSSÁRIO

A

Absorção: processo de interação entre o fluxo de energia radiante e os componentes da atmosfera e da superfície terrestre pelo qual a energia radiante é transformada em outro tipo de energia (geralmente calor).

Aerossóis: minúsculas partículas em suspensão na atmosfera que, conjuntamente com os gases atmosféricos, atuam como atenuadores da energia radiante.

Albedo: porcentagem de energia solar refletida em relação à incidente.

Anos-padrão: técnica empregada no estudo do clima que consiste na identificação de anos característicos selecionados de uma série temporal. Entende-se por um ano-padrão “normal” ou “habitual” aquele em que a distribuição da chuva anual de um local é semelhante à distribuição da média para vários anos. Já os anos-padrão “secos” ou “chuvosos” não se referem aos totais anuais de chuva, mas sim, à distribuição delas no decorrer do ano.

C

Calor específico: Quantidade de calor necessária para elevar a temperatura em 1°C a temperatura de 1 unidade de massa da substância em consideração.

Condução: processo segundo o qual se transfere calor de um corpo mais quente para outro mais frio.

Convecção térmica: O processo através do qual os fluidos — gases e líquidos — transportam calor nos seus movimentos ascendentes tem o nome de convecção.

Conurbação: processo de junção das áreas efetivamente urbanizadas de áreas vizinhas. Tal junção faz surgir um grande número de novos problemas urbanos, que as administrações locais envolvidas quase sempre não conseguem resolver; daí a formação das áreas metropolitanas.

D

Descontinuidade climática: é a inconstância que consiste em mudança abrupta e permanente de um valor médio para outro, durante o período de registro.

E

Efeitos hidrológicos: referem-se àquelas mudanças nos sistema hidrológico natural (ex: precipitação, evapotranspiração, infiltração, escoamento) que são causadas, por exemplo, pelo aquecimento global.

Escala: é uma referência de valor arbitrada segundo critérios que interessam à compreensão de um determinado fenômeno.

Escala local: em climatologia designa a escala de fenômenos influenciados pela ação de determinadas feições fisiográficas ou antrópicas que interferem no fluxo de energia ou no transporte de massa da circulação regional.

Escala sinótica: para a meteorologia este termo é utilizado para designar fenômenos de grande escala tais como, os fenômenos relacionados à circulação geral da atmosfera.

Espalhamento: é o resultado do processo de interação em que o fluxo de energia radiante é desviado de sua trajetória, sem perda de energia.

evapotranspiração: processo simultâneo de transferência de água para a atmosfera por evaporação da água do solo e por transpiração das plantas.

evapotranspiração potencial: é a quantidade de água que seria utilizada por uma extensa superfície vegetada com grama, com altura entre 8 e 15 cm, em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo, e sem restrição hídrica.

Evapotranspiração real: é a quantidade de água realmente utilizada por uma extensa superfície vegetada com grama, com altura entre 8 e 15 cm, em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo, porém, com ou sem restrição hídrica.

F

Flutuação climática: correspondente a qualquer forma de mudança sistemática, regular ou irregular, caracterizada pelo menos por duas máximas (ou mínimas) e uma mínima (ou máxima) observada no período de registro.

I

Ilha de calor: fenômeno no qual as temperaturas numa região urbanizada são consistentemente mais elevadas do que as das áreas circunvizinhas, pelo efeito da ação antrópica.

Impactos nos recursos hídricos: alterações na disponibilidade de água para as necessidades da sociedade e suas conseqüências como, por exemplo, a redução da capacidade de abastecimento de água de uma represa devido a diminuição da precipitação.

Janela atmosférica: faixas do espectro eletromagnético onde a atmosfera é transparente para um determinado comprimento de onda.

M

Mudança climática: termo mais geral que abrange toda e qualquer manifestação de inconstância climática, independente de sua natureza estatística, escala temporal ou causas físicas.

O

Oscilação climática: é uma flutuação na qual a variável tende a se mover gradual e suavemente entre máximas e mínimas sucessivas.

P

Periodicidade climática: oscilação em que as máximas e as mínimas ocorrem a intervalos de tempo iguais, por exemplo, 26 anos.

R

Radiação de ondas longas: tipo de radiação eletromagnética que apresenta grande comprimento de onda, geralmente identificada a partir do infravermelho.

S

Sensoriamento remoto: utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles.

T

Tendência climática: aumento ou diminuição lenta dos valores médios ao longo de séries de dados de, se possível três décadas. Essa tendência não é restrita a uma mudança linear ao longo do tempo, mas caracteriza-se apenas por um mínimo e um máximo nos pontos terminais do registro.

V

Vacilação climática: flutuação na qual a variável tende a permanecer, alternadamente, em torno de dois (ou mais) valores e a movimentação de um valor médio para outro ocorre a intervalos regulares ou irregulares.

Variabilidade climática: maneira pela qual os parâmetros climáticos variam no interior de um determinado período de registro expressos através de desvio padrão ou coeficiente de variação.

Variação climática: é uma flutuação cujas características, em escala temporal, são suficientemente longas para resultar em diferença apreciável entre médias (ou normais) sucessivas, geralmente observada na escala de décadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. L. de. Uso de modelos de circulação geral da atmosfera para simular o clima e a variabilidade climática. In: SANT'ANNA NETO, J. L. e ZAVATINI, J. A. (org.). **Variabilidade e mudanças climáticas**. Maringá: Eduem, 2000. p. 82-93.
- ALCÂNTARA, E. H de. Mudanças climáticas, incertezas hidrológicas e vazão fluvial: o caso do estuário do rio Anil. **Caminhos da Geografia**, v. 8, n. 12, p. 158-173, 2004. Disponível em www.ig.ufu.br/caminhos_de_geografia.html.
- ALMEIDA, C. A. S. de. **Estimativa de temperatura de superfície cultivada com trigo (*Triticum aestivum* L.), usando NOAA -14/AVHRR**. Campinas, 1996. 101 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.
- ALVES, A. R. Efeito estufa e mudanças climáticas. **Ação Ambiental**, v. IV, nº 18, p. 7-15, 2001.
- ANDRADE, F. S. de. **Uso de sistemas de informação geográfica na identificação de áreas potenciais para a instalação de aterros sanitários no Distrito Federal**. Brasília, 1999. 131 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, Universidade de Brasília.
- ANJOS, R. S. A. dos. Monitoração da dinâmica urbana no Distrito Federal do Brasil: um processo de trabalho utilizando a cartografia temática convencional e recursos do geoprocessamento. In: SANTOS, M. (org.). **O novo mapa do mundo: problemas geográficos de um mundo novo**. São Paulo: HUCITEC/ANPUR, 1995. p. 123-134.
- ANJOS, R. S. A. dos. Estruturas básicas da dinâmica territorial do DF. In: PAVIANI, A. e GOUVÊA, L. A. de C. (org.) **Brasília: Controvérsias ambientais**. Brasília: EdUnB, 2003. p. 198 - 215.
- ANUNCIAÇÃO, V. S. da. **O clima urbano de Campo Grande, MS**. Presidente Prudente, 2001. 121 f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geografia, FCT –Universidade Estadual Paulista.
- Aquecimento castiga o Planeta. **Correio Braziliense**, Brasília, 01 de out. de 2004. Mundo, p. 23.
- ARNELL, N. W. Hydrological impacts of climate change. In: CALLOW, P. e PETTS, G. E. (Eds.). **The rivers handbook**. Oxford: Blackwell, vol. 2, 1994. p. 173 – 185.
- ASSIS, E. S. de **Mecanismos de desenho urbano apropriados a atenuação da ilha de calor urbana: análise de desempenho de áreas verdes em clima tropical**. Rio de Janeiro, 1990. 104 f. Dissertação (mestrado). Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

BAKST L. e YAMAZAKI, Y. **Princípios físicos e técnicos da meteorologia por satélite: volume 2: fundamentos físicos**. Pelotas: Universitária, 2000.

BALLING, R. C. e BRAZEL, S. W. High-resolution surface temperature patterns in a complex terrain. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 54, n. 9, p. 1289 – 1293, 1988.

BAPTISTA, G. M. de M. Estudo multitemporal do fenômeno ilhas de calor no Distrito Federal. **Meio Ambiente**, n. 2, p. 03-17, 2002.

BARIOU, R.; LECAMUS, D. e LE HENAFF, F. **L'étalonnage des données**. Rennes: Centre Regional de télédétection/UHB/Rennes 2, 1993.

BARNETT, T.; MALONE, R.; PENNELL, W.; STAMMER, D.; SEMTNER, B. e WASHINGTON, W. The effects of climate change on water resources in the west: introduction and overview. **Climatic Change**, n. 62, p. 1 – 11, 2004.

BARROS, J. R. **A chuva no Distrito Federal: o regime e as excepcionalidades do ritmo**. Rio Claro, 2003. 221 f. Dissertação (mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Departamento de Geografia, Universidade Estadual Paulista.

BAUMGRATZ, D. Brasília, 12%. **Correio Braziliense**, Brasília, 16 de set. de 1998. Cidades, p. 1.

BELCHER, D. J. & ASSOCIATES (1954) **O relatório técnico sobre a nova capital da República - Relatório Belcher**. Brasília: CODEPLAN, 1984.

BERLATO, M. A e FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.

BERTALLANFY, L. Von. **Teoria Geral de Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973.

BERTRAN, P. **História da terra e do homem no Planalto Central: eco-história do Distrito Federal: do indígena ao colonizador**. Brasília: Solo, 1994.

BERTRAND, G. **Paysages et Géographie Physique Globale. Esquisse méthodologique. Revue Géographique des Pyrénées et du Sud Ouest**, v. 39, n. 3, p. 249 – 272. 1968.

BESSAT, F. A mudança climática entre ciência, desafios e decisões: olhar geográfico. **Terra Livre**, v. 1, n. 20, p. 11-26. 2003.

BIAS, E. de S.; BAPTISTA, G. M. de M. e LOMBARDO, M. A. Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados Landsat e IKONOS. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. 1744 – 1748.

BONVAKIADES, N. De cabeça quente. **Correio Braziliense**, Brasília, 8 de set. de 1997. Cidades, p. 1.

BRANDÃO, A. M. de P. M. **O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro**. São Paulo, 1996. 362 f. Tese (Doutorado). Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo.

BRANDÃO, A. M. de P. M. Clima urbano e enchentes no Rio de Janeiro. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

BUENO, W. da C. **Jornalismo Científico no Brasil: aspectos teóricos e práticos**. São Paulo: CJE/ECA/USP, 1988.

CAMPBELL, J. B. Thermal radiation. IN: CAMPBELL, J. B. **Introduction to remote sensing**. New York: Guilford Press. 2002, p. 245 – 271.

CANTAT, O. **Teledetection spatiale et microclimats – Le cas de la region d’Île de France**. Paris: Institut d’Aménagement et d’Urbanisme de la Region d’Île de France, 1987.

CARNAHAN, W. H. e LARSON, R. C. An analysis of an urban heat sink. **Remote Sensing of Environment**. n. 33, p. 65-71. 1990.

CHANDLER, T. J. London’s urban climate. **The Geographical Journal**, v. 128, p. 279 – 302. 1962.

CHANDLER, T. J. **The climate of London**. London Hutchison. University Library Publishers, 1965.

CHRISTENSEN, N. S; WOOD, A. W.; VOISIN, N; LETTENMAIER, D. P. e PALMER, R. N. The effects of climate change on the hidrology and water resources of the Colorado river basin. **Climatic Change**, n. 62, p. 337-363. 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. Implicações geográficas relacionadas com as mudanças climáticas globais. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 23, n. 45-46, p. 18-31, 1993.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CIDADE, L. C. F. Qualidade ambiental, imagem de cidade e práticas socioespaciais. In: PAVIANI, A. e GOUVÊA, L. A. de C. (org.) **Brasília: Controvérsias ambientais**. Brasília: EdUnB, 2003. p. 157 – 180.

CODEPLAN. **Atlas do Distrito Federal**. 1ª ed. Brasília: GDF, 1984.

COLLISCHONN, E. **O campo térmico da região metropolitana de Porto Alegre: uma análise a partir da interação das variáveis ambientais na definição do clima local**. Florianópolis, 1998, 152 f. Dissertação (Mestrado) Departamento de Geociências – Universidade Federal de Santa Catarina.

CONTI, J. B. Considerações sobre mudanças climáticas globais. IN: SANT’ANA NETO, J. L. e ZAVATINI, J. A. (org). **Variabilidade e mudanças climáticas**. Maringá: Eduem, 2000, p. 17 – 28.

COUTO, R. C. **Brasília Kubitschek de Oliveira**. Rio de Janeiro: Record, 2001.

CRULS, L. (1894). **Relatório da Comissão Exploradora do Planalto Central do Brasil**. Brasília: CODEPLAN, 5ª ed., 1995.

D'ANGIOLELLA, G. L. B. e VASCONCELLOS, V. L. de. Planilha eletrônica para cálculo do balanço hídrico climatológico normal utilizando diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 375-378. 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas (1961 – 1990)**. Brasília: DNMET, 1992.

DETUR-DF - DEPARTAMENTO DE TURISMO DO DISTRITO FEDERAL. **Brasília, coração brasileiro**. Brasília: Corgraf, 1991.

DINIZ, F. de A. **O clima de Brasília**. Brasília, 24 de março de 2004. Arquivo; disquete. Power Point. Palestra apresentada na Semana Meteorológica – INMET.

DOUSSET, B. e GOURMELON, F. Satellite multisensor data analysis of urban surface temperatures and landcover. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, n. 58, p. 43-54. 2003.

EHRlich, D.; ESTES, J. E. e SINGH, A. Applications of NOAA – AVHRR 1km data for environmental monitoring. **International Journal of Remote Sensing**, v. 15, n. 1, p. 145 – 161. 1994.

ESPINDOLA, G. M. de; VERGARA, O. R. e GABOARDI, C. **Avaliação das características temáticas e geométricas das imagens CCD do CBERS para fins cartográficos**. Rio de Janeiro: IME, 2002.

FARIA, T. A saúde da população paga um preço alto. **Correio Braziliense**, Brasília, 18 de ago. de 2002. Cidades, Tema do Dia, p. 7.

FERREIRA, A. G. **Interpretação de imagens de satélites meteorológicos: uma visão prática e operacional do hemisfério sul**. Brasília: Stilo, 2002.

FISCHER, G.; NARENGO, J. A. e NOBRE, C. A. Clima da Amazônia. **Climanálise – Boletim de Análise Climática**, 1996. Disponível em: <<http://tucupi.cptec.inpe.br/products/climanalise>> Acesso em 15 jan. 2004.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

FONSECA, M. R. de S. e STEINKE, E. T. Diagnóstico dos recursos hídricos superficiais no Distrito Federal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 10, 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UERJ, 2003. 1 CD-ROM.

FONZAR, B. C. A circulação atmosférica na América do Sul: os grandes sistemas planetários e subsistemas regionais que atingem o continente: localização e trajetórias. **Caderno de Geociências**, Rio de Janeiro, n. 11, p. 11-33, jul./set. 1994.

GAN, M. A., MOSCATI, M. C. L. Estação chuvosa de 2001/02 na região Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.18, n.2, p.181 - 194, 2003.

GEORGAKAKOS, A.; YAO, H.; MULLUSKY, M e GEORGAKAKOS, K. Impact of climate variability on the operational forecast and management of the Upper Des Moines River Basin. **Water Resources Research**, v. 34, n. 4, p. 799-821. 1998.

HOLLING, C. S. Resiliense and stability of ecological systems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 4, n. 19, p. 1-23. 1973.

HOLLING, C. S. Resiliense and stability of ecosystems In: JANTSCH E.; WADDINGTON, C. H. Ed. **Evolution and consciousness: human systems in transition**. Reading: Addison Wesley, p. 73-92. 1976.

IBGE. **Censo demográfico de 1960**. Rio de Janeiro: IBGE, 1960.

IBGE. **Censo demográfico de 1970**. Rio de Janeiro: IBGE, 1970.

IBGE. **Censo demográfico de 1980**. Rio de Janeiro: IBGE, 1980.

IBGE. **Censo demográfico de 1991**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

IBGE. **Contagem da população de 1996**. Rio de Janeiro: IBGE, 1996.

IBGE. **Censo demográfico de 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

IBGE. **Estatísticas do século XX**. Rio de Janeiro: IBGE, 2003.

IEMA/SEMATEC/UnB. **Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Brasília: IEMA/SEMATEC/UnB. Vol.1, parte II, 1998.

INMET. A umidade relativa do ar está baixando em Brasília. **INMET Notícias – Boletim Informativo do Instituto Nacional de Meteorologia**, Brasília, n. 10, p. 4, 2000.

Intergovernmental Panel on Climatic Change. **IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptation**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

Intergovernmental Panel on Climatic Change. **IPCC Climate Change 2001: The scientific bias**, in Houghton, J. t. and Ding, Y (eds.), Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

KERRR, Y. H.; LAGOUARDE, J. P. e IMBERNON, J. Accurate land surface temperature retrieval from AVHRR data with use an improved split window algorithm. **Remote Sensing of Environment**. V. 41. P. 197 – 209. 1992.

KERRR, Y. H.; LAGOUARDE, J. P.; NERRY, F. e OTTLÉ, C. Land surface temperature retrieval techniques and applications. In: QUATTROCHI, D. A e LUVALL, J. C. **Thermal remote sensing in land surface processes**. New York: CRC Press, 33 – 109, 2003.

KIM, H. H. Urban heat island. **International Journal of Remote Sensing**, v. 13, n. 12, p. 2319 – 2336, 1992.

LACOSTE, Y. Os objetos geográficos. **Seleção de textos** n. 18 – Cartografia Temática. São Paulo: AGB Nacional/ AGB São Paulo, p. 1-23, 1988.

LANDSAT MSS 4. Escala 1: 100.000. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1973. Imagem de satélite. Canais, 3, 4, 5.

LANDSAT -5 TM. Escala 1: 100.000. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1984. Imagem de satélite. Canais, 3, 4, 5 e 6.

- LANDSAT -5 TM. Escala 1: 100.000. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1994. Imagem de satélite. Canais, 3, 4, 5.
- LANDSAT -5 TM. Escala 1: 100.000. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. Imagem de satélite. Canais, 3, 4, 5.
- LANDSBERG, H. E. **The urban climate**. New York: Academic Press, 1981.
- LAYMON, C. A. e QUATTROCHI, D. A. Estimating spatially distributed surface fluxes in a semi-arid Great Basin desert using Landsat TM thermal data. In: QUATTROCHI, D. A e LUVALL, J. C. **Thermal remote sensing in land surface processes**. New York: CRC Press. p. 134 – 159, 2003.
- LIMA, C. Pior que isso só no Saara. **Correio Braziliense**, Brasília, 1 de set. de 1999. Cidades, p. 3.
- LINDZEN R. S e GIANNITSIS, C. Reconciling observations of global temperature change. **Geophysical Research Letters**, v. 29, n. 0, p. 1-3. 2002.
- LOMBARDO, M. A. **Ilhas de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: HUCITEC, 1985.
- MACHADO, H. M.; LAMPARELLI, R, A. C.; ROCHA, J. V. e ZULLO JUNIOR, J. **Estudo da variação de parâmetros atmosféricos necessários para a correção atmosférica de imagens de satélite**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 2537 – 2539. 1 CD-ROM.
- MARALET, E.; BARTOLUCCI, L. A., LOZANO, D. F.; ANUTA, P. E. e MCGILLEN, C. D. LANDSAT 4 and LANDSAT 5 thematic mapper data quality analysis, **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 51, n. 9., p. 1407-1416. 1985.
- MARENGO, J. A. e OLIVEIRA, G. S. Os impactos do fenômeno La Niña no tempo e no clima do Brasil: desenvolvimento e intensificação do La Niña 1998/99. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, Brasília. **Anais...** Brasília: SBMET, 1998. 1 CD-ROM.
- McKNIGHT, T. L. e HESS, D. **Physical geography: a landscape appreciation**. New Jersey: Prentice Hall, 2002.
- MENDES, R.; BRAGA, T. A cidade não é o fim do mundo. **Correio Braziliense**, Brasília, 2 de set. de 1999. Cidades, p. 2.
- MENDONÇA, F. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR**. São Paulo, 1995. 322 f. Tese (Doutorado) Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo.
- MENDONÇA, F. O estudo do clima urbano no Brasil: evolução, tendências e alguns desafios. In: MONTEIRO, C. A. de F. e MENDONÇA, F. (org.) **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. p. 175 a 192.
- MENESES, P. R. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. Texto universitário do curso de especialização em geoprocessamento aplicado ao zoneamento ambiental. Brasília: UnB/IG/LSR. 2001.

MIRALLES, J. M. Fundamentos físicos de la teledetección: leyes e principios básicos. In: GANDIA, S. e MELIÁ, J. **La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales**. València: Universitat de València, 1991. p. 50-83.

MOLION, L. C. B. Um século e meio de aquecimento global? **Cadernos de Geociências**, n. 15, p. 45-56. 1995.

MOLION, L. C. B. Aquecimento global: fato ou ficção. **Ação Ambiental**, v. IV, nº 18, p. 19-21, 2001.

MONTEIRO, C. A. de F. **A análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho**. São Paulo: USP, 1971 (Série Climatologia, 1).

MONTEIRO, C. A. de F. A Climatologia do Brasil ante a renovação atual da Geografia: Um depoimento. **Métodos em Questão**, São Paulo, n. 6, 1973.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: IGEO/USP, 1976.

MONTEIRO, C. A. de F. Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas agrárias e urbanas ao problema de elaboração de modelos de avaliação. In: SIMPÓSIO SOBRE A COMUNIDADE VEGETAL COMO UNIDADE BIOLÓGICA, TURÍSTICA E ECONÔMICA, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ACIESP, 1978. p. 43 – 74.

MONTEIRO, C. A. de F. **El estudio de los climas urbanos en las regiones tropicales de America del Sur: la contribucion brasileña**. Conferência Técnica sobre Climatologia Urbana y sus Aplicaciones com Especial Referencia a las Regiones Tropicales. Doc. 11. Cidade do México, 1984.

MONTEIRO, C. A. de F. O estudo geográfico do Clima. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis, v. 1 n.1. 1999.

MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000 (a).

MONTEIRO, C. A. de F. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo**. 2. Ed. Rio claro: AGETEO, 2000 (b). 1 CD ROM.

MONTENEGRO, E. Sem sombra nem água fresca. **Correio Braziliense**, Brasília, 27 de jun. de 2003. Cidades, p. 25.

NICHOL, J. E. A GIS-based approach to microclimate monitoring in Singapore's high-rise housing estates. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 60, n. 10, p. 1225 – 1232. 1994.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989 (série recursos Naturais e Meio Ambiente).

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

OKE, T. R. Canyon Geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. **Journal of Climatology**, v. 1, p. 233-254, 1981.

OKE, T. R.; JOHNSON, G. T.; STEYN, D. G. e WATSON, I. D. Simulation of nocturnal surface urban heat islands under "ideal" conditions: part 2. Diagnosis of causation **Boundary-Layer Meteorology**, v. 56, p. 339-358. 1991.

OLIVEIRA, G. S. de e SATYAMURTY, P. O. O El Niño de 1997/1998: evolução e impactos no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, Brasília. **Anais...** Brasília: SBMET, 1998. 1 CD-ROM.

Ondas de calor em outubro. **Correio Braziliense**, Brasília, 22 de out. de 2003. Cidades, p. 24.

OTTOBONI, J. **Jornalista categoria Fujita 5**. Notícias maio 2004. Disponível em <<http://www.cptec.inpe.br>> Acesso em: 08 set. 2004.

PAIXÃO, A. H. Que nem deserto. **Correio Braziliense**, Brasília, 15 de jun. de 2003. Informe Publicitário, p. 8.

PAVIANI, A. **Brasília: moradia e exclusão**. Brasília: EdUnB, 1996.

PENTEADO-ORELLANA, M. M. Tipos de concreções ferruginosas nos compartimentos geomorfológicos do Planalto de Brasília, **Notícia Geomorfológica**, N. 16, P. 39-53. 1976.

PEREIRA, A. R., ANGELOCCI, L. R. e SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002.

PEREIRA, A. R., VILLA NOVA. N. A., SEDIYAMA.G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997.

PETKOV, L.; PIERI, M.; MASELLI, F.; MARACCHI, G. Study and modelling of temperature spatial variability by NOAA – AVHRR thermal imagery. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 51, p.127-136. 1996.

PITTON, S. E. C. **As cidades como indicadoras de alterações térmicas**. São Paulo, 1997. 272 f. Tese (Doutorado), Departamento de Geografia, FFLCH, Universidade de São Paulo.

PLANO DIRETOR DE ORDENAMENTO TERRITORIAL E URBANO DO DISTRITO FEDERAL – PDOT. **Documento de referência: Perfil do Distrito Federal – estudos setoriais; Proposta do PDOT**. Brasília: IPDF, 1997.

PRICE, J. C. Estimating surfaces temperatures from satellite thermal infrared data – a simple formulation for the atmospheric effect. **Remote Sensing of Environment**, n. 13, p. 353 – 361. 1983.

QUATTROCHI, D. A. e GOEL, N. S. Spatial and temporal scaling of thermal remote sensing data. **Remote Sensing Reviews**, v. 12, p. 255-286. 1995.

QUINTO JÚNIOR, L. P. e IWAKAMI, L. N. O canteiro de obras da cidade planejada e o fator de aglomeração. IN: PAVIANI, A. (org.). **A conquista da cidade: movimentos populares em Brasília**. Brasília: UnB, 1991.

RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 23, n. 45-46, 288 – 294, 1993.

RIBEIRO, A. G. e SILVA, E. M. da. As tendências das variações climáticas na cidade de Uberlândia – MG (1981-2000). **Caminhos da Geografia**, v. 9, n. 12, p. 174-190, 2004. Disponível em www.ig.ufu.br/caminhos_de_geografia.html.

RIBEIRO, M. do S. B. **Varição Climática no Distrito Federal: componentes e perspectivas para o planejamento urbano**. Brasília, 2000, 133 f. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Arquitetura e urbanismo – Universidade de Brasília.

ROCHA, M. Tempo seco. **Correio Braziliense**, Brasília, 6 de maio de 2000. Cidades, p. 1.

ROTH, M.; OKE, T. R. e EMERY, W. J. Satellite derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology. **International Journal of Remote Sensing**, v.10, n. 11, p. 1699-1720. 1989.

RUEFENACHT, B. *et al.* (2002). **New Technique for Segmenting Images**. Washington, DC: United States Department of Agriculture. Disponível em <<http://www.usda.gov>> Acesso em: 15 mai. 2003.

SAITO, C. H. O Estruturalismo na Ecologia da Paisagem. **Brazilian Journal of Ecology**, Rio Claro, n. 2, p. 47 – 56, 1998.

SAKAMOTO, M. S. Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS. **Texto Universitário do III Curso de Interpretação de Imagens e Análise Meteorológica. São José dos Campos: UNIVAP, p.1 – 24. 1993.**

SAMPAIO, A. H. Correlações entre uso do solo e ilhas de calor no ambiente urbano – caso de Salvador. **São Paulo, 1981, 88 f. Dissertação (mestrado) Departamento de Geografia, FFCH, Universidade de São Paulo.**

SANT'ANNA NETO, J. L. Por uma geografia do clima: antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Terra Livre**, São Paulo, n. 17, 49-62, 2003.

SANTOS, M. **Espaço e Método**. São Paulo: Nobel, 1985.

SANTOS, M. J. Z. **Bioclimatologia e Geografia**. Rio Claro: DG/IGCE/UNESP, 1995.

SEMARH. **Mapa Ambiental do Distrito Federal**. Brasília: SEMARH, 2000. Escala: 1:100.000. CD-ROM.

SILVA, D. A. da; MENDES, M. A. e PINTO, J. E. S. de S. Clima, agricultura e políticas públicas na sub-bacia do rio Jacarecica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 9., 2001, Recife. **Anais ... Recife: UFPE, 2001. 1 CD ROM.**

SILVA, F. A. M. **Zoneamento Agroclimático**. Brasília, 24 de março de 1998. Arquivo; disquete. Power Point. Palestra na Comissão Especial de Recursos do Ministério da Agricultura.

SILVA, J. de F. da e D'ANGIOLELLA, G. L. B. A Climatologia aplicada na gestão de sistemas hidrológicos. **Meio Ambiente**, n. 01, p. 40-45, jan/fev, 2002.

SILVA, R. D. da. **O processo de urbanização e a qualidade socioambiental na cidade satélite de Samambaia**. Brasília, 2003, 138 f. Dissertação (Mestrado). Instituto de Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de Brasília.

- SITURB. **Sistema territorial e urbano do Distrito Federal**. Brasília: Codeplan, 1994.
- SMITH, C. Responsible journalism, environmental advocacy, and the great apple scare of 1989. **Journal of environmental education**, v. 29, n. 04, p. 31 – 38. 1998.
- SOBRINO, J. A.; COLL, C. e CASELLES, V. La medida de la temperatura desde satélites. In: **La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Climatología y desertificación**. València: Facultat de Física, Universitat de València, 1993. P. 153 – 181.
- SOON, W. e BALIUNAS, S. **Lessons & limits of climate history: was the 20th century climate unusual?** Washington, D. C.:The Marshal Institute, 2003. 23 p. Technical Report.
- SOTCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. **Métodos em Questão**, n. 16, p. 1 – 52. 1977.
- STAKHIV, E. Z. Policy implications of climate change impacts on water resources management. **Water Policy**, n.1, p. 159 -175. 1998.
- STEINKE, E. T. e STEINKE, V. A. Aspectos determinantes do período de seca no Distrito Federal. **Boletim Gaúcho de Geografia**. Porto Alegre. V. 26, p. 244-254. 2000.
- STEINKE, V. A. **Uso integrado de dados digitais morfométricos (altimetria e sistema de drenagem) na definição de unidades geomorfológicas no Distrito Federal**. Brasília, 2003. 101 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.
- STEINKE, V. A. e STEINKE, E. T. (2001). Variação espaço-temporal da pluviosidade no Distrito Federal e seus condicionantes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 4, 2001, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ. 1 CD ROM.
- SUGAHARA, S. **Normais Climatológicas das estações de superfície do Brasil, para o período de 1961-1990**. Bauru: Instituto de Pesquisas Meteorológicas da UNESP/Bauru, 1999.
- SWART, S. e SANTOS, M. J. Z. dos. Mudanças climáticas e planejamento regional nos setores da depressão periférica e planície litorânea do estado de São Paulo: comportamento dos parâmetros térmicos e hídricos no período de 1955 – 1997. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 4, 2001, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ. 1 CD ROM.
- TARIFA, J. R. e ARMANI, G. **Unidades climáticas urbanas na cidade de São Paulo, 1ª aproximação**. São Paulo: PMSP/SUMA, 2000. 74 p. Relatório preliminar do projeto Atlas Ambiental do Município de São Paulo.
- TAVARES, R. O clima de Sorocaba – SP: aspectos regionais, locais e urbanos. In: SANT'ANNA NETO, J. L. (Org.). **Os climas das cidades brasileiras: São Luís (MA), Aracaju (SE), Campo Grande (MS), Petrópolis (RJ), Sorocaba (SP), Penápolis (SP) e Presidente Prudente (SP)**. Presidente Prudente: UNESP/FCT, 2002. p. 115-143.
- THOMAS, A.; BYRNE, D e WEATHERBEE, R. Coastal sea surface temperature variability from LANDSAT infrared data. **Remote Sensing of Environment**, n. 81, p. 262 – 272. 2002.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographic Review**, n. 38, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W., MATTER, J. R. **The water balance**. Publications in climatology. Laboratory of Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Tecnology, 1955.

TOLL, D. L. Landsat – 4 thematic mapper scene characteristics of a suburban and rural area. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 51, p. 1471 - 1482. 1985.

TORRES, E. P. **Análise da expansão urbana na bacia do Lago Descoberto através de geoprocessamento**. Brasília, 1997. 149 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) Deptº de Eng. Civil, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília.

TOURINHO, G. Vidas secas. **Correio Braziliense**, Brasília, 28 de set. de 2004. Capa.

TRIGUEIRO, A. **O meio ambiente no século 21**. Rio de Janeiro: Sextante, 2003.

TUBELIS, A. e NASCIMENTO, F. J. L. do. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1980.

TUCCI, C. E. M. **Impactos da variabilidade climática e dos usos do solo nos recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2002. 150 p. Relatório técnico.

TUCCI, C. E. M.; DIAS, P. S. CLARKE, R. T.; COLLISCHONN, W. **Previsão de médio prazo de vazões afluentes a reservatórios no rio Uruguai**. Porto Alegre: IPH/IAG/ANEEL, 2001.

UNESCO. **Desertificação**. Brasília: UNESCO, 2003.

VALLADARES, L. P. **Habitação em questão**. Rio de Janeiro: Zahar, 1980.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília:INMET, Stilo, 2000.

VASCONCELOS, J. A. **A mudança da capital**. Brasília: edição do autor, 1978.

VIANELLO, R.L. e ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Imprensa Universitária. 1991.

WENG, Q.; DENGSHENG, L. e SCHBRING, J. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island. **Remote Sensing of Environment**, v. 89, p. 467-483. 2004.

ZAVATTINI, J. A. A produção brasileira em climatologia: o tempo e o espaço nos estudos do ritmo climático. **Terra Livre**, v. 1, n. 20, p. 65-100. 2003.

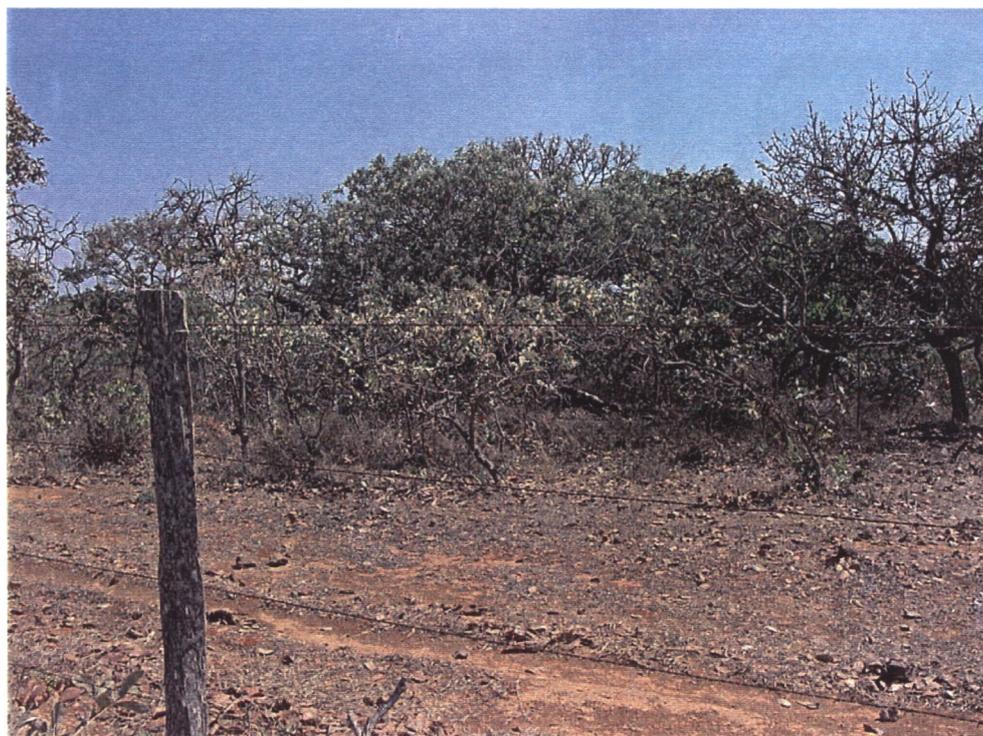
ZULLO JUNIOR, J. **Correção atmosférica de imagens de satélite e aplicações**. Campinas, 1994. 189 f. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas.

APÊNDICES

Apêndice 1: Fotos representativas da classe cerrado tomadas no dia 17 de setembro de 2004 nas instalações da EMBRAPA Cerrados.



Edson Eyji Sano



Apêndice 2: Fotos representativas da classe mata galeria tomadas no dia 17 de setembro de 2004 nas instalações da EMBRAPA Cerrados.



Edson Eyji Sano



Apêndice 3: Fotos representativas da classe rural tomadas no dia 17 de setembro de 2004 nas instalações da EMBRAPA Cerrados.



Edson Eyji Sano



Apêndice 4: Fotos representativas da classe campo limpo. tomadas no dia 17 de setembro de 2004 nas instalações da Estação Ecológica de Águas Emendadas..



Apêndice 5: parâmetros de ajuste de regressão não linear (senoidal), coeficiente de correlação (r), coeficiente de determinação (r^2) e desvio padrão (dp) para temperatura do ar média.

Ano	a	b	c	d	R	R2	dp
Normal	23,58485	1,38824	0,184799	0,006682	0,96	0,93	9,29
2003	25,11313	1,60363	0,175902	0,004267	0,76	0,57	8,49
2002	24,14444	1,32804	0,175780	0,005737	0,95	0,92	11,28
2001	23,70909	0,574559	0,000549	0,003380	0,97	0,95	6,34
2000	23,709	0,574559	0,000549	0,003380	0,97	0,93	6,35
1999	24,90808	1,44399	0,169736	0,005620	0,97	0,94	8,65
1998	25,22929	1,36886	0,164524	0,005543	0,94	0,88	15,76
1997	24,93131	2,55888	0,387665	0,015223	0,94	0,88	15,81
1996	25,17879	2,12946	0,273843	0,009984	0,96	0,93	10,71
1995	23,61313	1,50139	0,264214	0,012950	0,99	0,98	3,29
1994	23,19293	0,470792	0,012349	0,004131	0,78	0,61	55,63
1993	23,66869	1,69560	0,247425	0,009894	0,95	0,91	13,13
1992	20,91111	0,197499	0,004557	0,001567	0,98	0,96	6,32
1991	22,50000	1,02792	0,101099	0,001748	0,97	0,95	7,19
1990	23,12626	0,857777	0,034971	0,002771	0,97	0,95	9,20
1989	23,57576	1,64846	0,216067	0,008197	0,95	0,90	14,39
1988	24,93232	1,93371	0,218753	0,006747	0,93	0,86	20,20
1987	24,34040	2,07895	0,337940	0,015514	0,60	0,36	8,06
1986	22,17778	0,407117	0,006172	0,003276	0,55	0,31	10,28
1985	26,10192	2,59737	0,295689	0,008226	0,61	0,37	43,62
1984	23,71111	1,54089	0,211028	0,007990	0,59	0,35	9,16
1983	24,53737	1,50198	0,228816	0,009997	0,43	0,18	12,14
1982	24,19293	2,03904	0,287701	0,010088	0,82	0,67	8,89
1981	24,70606	1,38714	0,077814	0,002720	0,70	0,50	23,41
1980	23,14646	1,17816	0,177692	0,006617	0,64	0,40	10,29
1979	27,27323	3,84632	0,524847	0,019160	0,74	0,55	30,35
1978	23,81313	1,89193	0,237890	0,008171	0,77	0,57	6,75
1977	22,60202	0,975138	0,122816	0,003911	0,45	0,22	13,30
1976	22,80606	1,09991	0,124143	0,003924	0,64	0,41	5,59
1975	23,67273	1,61092	0,180569	0,005012	0,61	0,37	15,77
1974	23,87374	2,03093	0,289954	0,011513	0,59	0,35	13,89
1973	23,91616	1,21710	0,142519	0,004947	0,61	0,37	7,41
1972	23,42323	1,71934	0,254218	0,010127	0,76	0,58	4,72
1971	22,58889	0,504416	0,016472	0,003794	0,86	0,74	2,90
1970	21,77475	0,507988	0,010129	0,002966	0,71	0,50	6,86
1969	24,97071	2,50425	0,386375	0,017301	0,56	0,33	15,23
1968	24,03636	2,50395	0,328571	0,011538	0,68	0,47	18,14
1967	24,29670	2,60690	0,426809	0,019748	0,60	0,36	11,51
1966	23,24141	1,67355	0,206416	0,006514	0,72	0,52	8,50
1965	21,76162	0,895974	0,11155	0,003199	0,52	0,27	11,61

Apêndice 6: parâmetros de ajuste de regressão não linear (senoidal), coeficiente de correlação (r), coeficiente de determinação (r^2), desvio padrão (dp) e probabilidade (p) para Umidade Relativa do ar Máxima.

Ano	a	b	c	d	r	r ²	dp	P
normal	98,02998	0,641489	-0,47741	0,036598	0,49	0,24	5,65	
1965	98,10101	1,010841	-0,4586	0,031728	0,63	0,4	3,52	p>0,05
1966	96,46465	1,696822	-0,61644	0,041052	0,68	0,47	3,75	p>0,05
1967	98,40404	-0,46779	-0,36186	0,03367	0,75	0,56	4,64	p>0,05
1968	96,79798	-0,17719	-0,26862	0,025123	0,6	0,37	4,24	p>0,05
1969	93,20202	5,081123	-1,46614	0,091427	0,63	0,39	7,72	p>0,05
1970	104,6566	-5,26353	0,514375	-0,00997	0,7	0,49	5,06	P<0,05
1971	91,91919	1,588097	-0,22983	0,011914	0,45	0,2	3,01	p>0,05
1972	97,54545	0,052781	-0,41459	0,036131	0,56	0,31	6,06	p>0,05
1973	98,51515	0,627151	-0,6312	0,04934	0,71	0,51	5,72	p>0,05
1974	92	7,00333	-1,83816	0,109557	0,56	0,31	9,68	P<0,05
1975	96,65657	2,536501	-0,86974	0,057628	0,52	0,27	6,66	p>0,05
1976	101,3535	-1,78856	-0,02192	0,013727	0,5	0,25	5,46	p>0,05
1977	97,57576	1,632257	-0,68398	0,047397	0,52	0,27	6,05	p>0,05
1978	98,57576	0,849373	-0,43423	0,03108	0,66	0,44	3,4	p>0,05
1979	99,67677	-0,43549	-0,09413	0,01036	0,47	0,22	2,76	p>0,05
1980	95,81818	3,722777	-1,11638	0,06993	0,63	0,4	6,1	p>0,05
1981	92,25253	5,271192	-1,20369	0,068247	0,54	0,29	5,16	P<0,05
1982	103,2929	-2,79883	0,096792	0,009842	0,61	0,38	5,21	P<0,05
1983	99,0303	0,716839	-0,4642	0,035742	0,77	0,59	3,65	p>0,05
1984	104,5859	-6,01758	0,744533	-0,02344	0,52	0,28	6,3	p>0,05
1985	102,1515	-2,52453	0,041126	0,013209	0,68	0,46	4,88	p>0,05
1986	100,4141	-2,4363	0,422799	-0,01968	0,59	0,35	1,56	p>0,05
1987	97,79798	1,561735	-0,64275	0,044937	0,63	0,4	4,73	p>0,05
1988	96,09091	2,803363	-1,05445	0,072261	0,62	0,39	7,34	p>0,05
1989	102,9192	-3,84114	0,467976	-0,01489	0,66	0,44	3,01	P<0,05
1990	100,8889	-2,75611	0,488123	-0,02383	0,4	0,16	2,1	P<0,05
1991	103,3333	-1,92596	-0,24259	0,033023	0,68	0,47	6,69	P<0,05
1992	102,9596	-2,60946	0,038684	0,014116	0,71	0,57	4,88	P<0,05
1993	92,76768	2,337403	-0,47974	0,026677	0,63	0,4	1,56	P<0,05
1994	83,09091	13,48069	-3,02747	0,170163	0,64	0,41	10,66	P<0,05
1995	100,0909	0,956377	-0,99351	0,078089	0,6	0,36	10,72	p>0,05
1996	94,61616	2,132331	-0,66772	0,043771	0,45	0,21	5,46	P<0,05
1997	81,26200	5,83631	-2,35131	0,1696	0,87	0,76	13,7	P<0,05
1998	81,24444	5,983631	-2,53131	0,177596	0,87	0,76	13,7	P<0,05
1999	80,50202	2,640014	-1,68662	0,12884	0,92	0,84	10,91	P<0,05
2000	86,21414	2,349843	-1,81017	0,138125	0,87	0,75	12,68	P<0,05
2001	73,83939	5,4226	-1,79352	0,121639	0,83	0,69	9,02	P<0,05
2002	84,63434	2,669444	-1,81662	0,131883	0,89	0,8	11,91	P<0,05
2003	99,93939	-1,19475	-0,25691	0,028749	0,58	0,33	6,22	p>0,05

Apêndice 7: parâmetros de ajuste de regressão não linear (senoidal), coeficiente de correlação (r), coeficiente de determinação (r^2), desvio padrão (dp) e probabilidade (p) para Umidade Relativa Mínima.

Ano	a	b	c	d	r	r ²	dp	P	
normal	31,27859	9,125026	-2,40513	0,143657	0,7	0,5	9,71		
1965	35,06061	8,36741	-1,94339	0,10878	0,59	0,35	8,29	p>0,05	=
1966	43,17172	2,685796	-1,06738	0,074333	0,64	0,41	7,58	P<0,05	>
1967	40,38384	10,99554	-3,06105	0,183502	0,92	0,86	10,93	P<0,05	>
1968	20,55556	21,39845	-4,70036	0,255504	0,93	0,88	11,91	P<0,05	<
1969	14,15152	15,56921	-3,36047	0,1892	0,85	0,74	8,33	P<0,05	<
1970	44,33333	-4,49007	0,274892	0,00272	0,71	0,51	5,66	p>0,05	=
1971	30,77778	3,602324	-1,11666	0,073556	0,53	0,28	7,9	p>0,05	=
1972	33,35354	6,161154	-1,87757	0,117457	0,74	0,55	8,99	p>0,05	=
1973	11,58586	21,41766	-4,64308	0,258612	0,94	0,88	10,38	P<0,05	<
1974	24,35354	17,63202	-4,16078	0,237503	0,91	0,83	11,41	p>0,05	=
1975	30,49495	9,033707	-2,46526	0,149055	0,8	0,64	9,56	p>0,05	=
1976	27,17172	11,05892	-2,72572	0,161746	0,83	0,69	8,69	p>0,05	=
1977	37,27273	1,349484	-0,95704	0,071096	0,75	0,56	7,49	p>0,05	=
1978	7,080808	25,13901	-5,20973	0,282958	0,9	0,82	11,12	P<0,05	<
1979	52,72727	-1,26523	-0,73377	0,062937	0,89	0,79	8,84	P<0,05	>
1980	40,44444	7,560921	-2,48596	0,158249	0,91	0,84	10,53	P<0,05	>
1981	32,76768	4,368539	-1,33089	0,088449	0,54	0,3	9,57	p>0,05	=
1982	55,54545	-3,51865	-0,29371	0,036131	0,89	0,8	9,57	P<0,05	>
1983	48,78788	1,217394	-1,37546	0,106449	0,84	0,71	10,72	P<0,05	>
1984	21,25253	13,797	-3,11028	0,174307	0,89	0,8	7,98	P<0,05	<
1985	51,05051	-2,73634	-0,54973	0,056074	0,77	0,59	11	P<0,05	>
1986	28,74747	6,775928	-1,5091	0,080938	0,88	0,77	4,7	p>0,05	=
1987	12,45455	31,2714	-6,18082	0,331002	0,95	0,9	11,71	P<0,05	<
1988	32,65657	11,03067	-2,93967	0,171847	0,93	0,87	10,22	p>0,05	=
1989	32,54545	4,635198	-1,6014	0,113054	0,88	0,78	8,88	p>0,05	=
1990	19,35354	8,249399	-1,4455	0,069671	0,48	0,23	5,34	P<0,05	<
1991	33,07071	15,69677	-3,95643	0,225589	0,91	0,83	13,36	p>0,05	=
1992	58,30303	-7,92818	0,280053	0,026418	0,94	0,88	9,45	P<0,05	>
1993	16,27273	13,4652	-3,11638	0,180653	0,86	0,74	8,66	P<0,05	<
1994	22,88889	16,38258	-3,80908	0,211603	0,85	0,72	11,85	P<0,05	<
1995	25,92929	13,95258	-3,38722	0,193991	0,84	0,71	10,8	P<0,05	<
1996	22,55556	9,810042	-2,34471	0,136623	0,78	0,61	7,54	P>0,05	=
1997	56,42929	6,898355	-2,79437	0,194924	0,89	0,8	14,43	P<0,05	>
1998	56,39664	6,789542	-2,75845	0,190000	0,89	0,8	14,00	P<0,05	>
1999	52,94444	7,357108	-2,62672	0,178645	0,9	0,81	12,34	P<0,05	>
2000	63,75051	1,141151	-1,65382	0,13323	0,88	0,78	13,02	P<0,05	>
2001	50,84545	4,749384	-1,78057	0,125291	0,81	0,66	10,3	P<0,05	>
2002	62,36364	1,139377	-1,57507	0,122611	0,93	0,88	11,42	P<0,05	>
2003	40,0202	2,48372	-1,44467	0,101917	0,77	0,6	10,44	P<0,05	<

Apêndice 8: parâmetros de ajuste de regressão não linear (senoidal), coeficiente de correlação (r), coeficiente de determinação (r^2), desvio padrão (dp) e probabilidade (p) para Umidade Relativa do ar Média.

Ano	a	b	c	d	r	r ²	dp	p	
normal	71,68687	7,333759	-2,48429	0,1633	0,93	0,87	10,48		
1965	80,20404	5,082059	-1,97879	0,132621	0,76	0,58	11,48	p=0,05	=
1966	78,19192	4,603598	-1,79032	0,122637	0,85	0,73	9,31	p=0,05	=
1967	71,74949	11,92287	-3,49393	0,218635	0,93	0,86	12,75	p=0,05	=
1968	71,97576	9,860195	-2,90511	0,180148	0,94	0,87	10,63	p=0,05	=
1969	62,47071	12,42862	-3,52551	0,223258	0,89	0,79	13,23	p<0,05	<
1970	87,59192	-4,61097	-0,31374	0,05294	0,85	0,71	10,25	p=0,05	=
1971	65,31313	7,113427	-2,11666	0,141013	0,75	0,55	11,57	p<0,05	>
1972	85,6697	-12,1203	1,063203	-0,00602	0,59	0,35	18,38	p=0,05	=
1973	68,18586	8,948193	-2,81511	0,184719	0,77	0,59	13,82	p<0,05	<
1974	64,31717	15,36215	-4,05594	0,24438	0,85	0,73	14,02	p<0,05	<
1975	73,61717	6,187344	-2,35359	0,158599	0,82	0,67	12,47	p=0,05	=
1976	73,28081	5,385363	-2,02877	0,141349	0,8	0,63	11,6	p=0,05	=
1977	76,11717	2,918264	-1,67442	0,124333	0,81	0,65	11,55	p=0,05	=
1978	63,1899	14,80589	-3,71033	0,219671	0,91	0,83	11,05	p<0,05	<
1979	78,44949	-2,54113	-0,19802	0,029591	0,88	0,77	5,75	p=0,05	=
1980	67,11616	6,452011	-1,96168	0,122442	0,89	0,79	7,87	p<0,05	>
1981	62,61111	5,028342	-1,34177	0,083269	0,58	0,34	7,08	p<0,05	<
1982	79,88384	-3,3507	-0,06929	0,021497	0,86	0,73	6,42	p=0,05	=
1983	72,14141	2,094332	-1,01451	0,071808	0,76	0,57	6,83	p=0,05	=
1984	63,44444	3,638343	-1,14979	0,074333	0,75	0,56	5,66	p<0,05	<
1985	76,33333	-2,67347	-0,23135	0,033023	0,76	0,58	7,22	p=0,05	=
1986	73,05455	3,705728	-1,53996	0,106061	0,93	0,87	7,65	p=0,05	=
1987	60,67071	16,9248	-4,17816	0,24785	0,91	0,83	12,15	p<0,05	<
1988	61,8697	15,33536	-4,06577	0,246426	0,89	0,79	13,57	p<0,05	<
1989	79,56162	-0,45879	-1,15069	0,106475	0,93	0,86	11,67	p=0,05	=
1990	68,4303	4,539233	-1,39822	0,089122	0,84	0,71	5,94	p=0,05	=
1991	75,14141	12,20532	-3,8266	0,241039	0,91	0,84	11,44	p=0,05	=
1992	95,39091	-6,76705	-0,15644	0,05676	0,89	0,8	12,02	p<0,05	>
1993	64,05556	7,804581	-2,43432	0,158068	0,9	0,81	9,92	p<0,05	<
1994	60,85859	17,03854	-4,45227	0,262108	0,92	0,84	14,64	p<0,05	<
1995	58,0404	17,23517	-4,43978	0,26677	0,9	0,8	13,04	p<0,05	<
1996	73,42424	-1,76146	-0,15268	0,028361	0,49	0,24	9,73	p=0,05	=
1997	67,56061	11,41866	-3,35123	0,204934	0,91	0,83	12,91	p<0,05	<
1998	67,69697	7,789039	-3,01792	0,207731	0,87	0,77	15,39	p<0,05	<
1999	69,00606	2,65752	-1,73894	0,133605	0,93	0,86	11,33	p<0,05	<
2000	75,01616	1,689107	-1,72027	0,135146	0,88	0,77	12,82	p=0,05	=
2001	62,40303	5,094611	-1,78818	0,123504	0,83	0,68	9,61	p<0,05	<
2002	73,50303	1,937784	-1,70246	0,127584	0,92	0,85	11,61	p=0,05	=
2003	69,9798	0,644485	-0,85079	0,065333	0,78	0,61	7,43	p<0,05	<

ANEXOS

© 1998 por todos os direitos reservados. Todos os direitos reservados. Correio Postal 10000, Caixa Postal 10000, CEP 10000-000, Fone: (011) 3111-1111, Fax: (011) 3111-1111 e-mail: anexo3@pds.com.br

TRAFICO
POLICIA PREENDE MULHER DE
51 ANOS ACUSADA DE VENDER
CIGARINA NA L07 SUL

CIDADES

VITRINE
SUGESTÕES DE PRESENTES
PARA FESTEJAR O DIA DAS
MÃES NO PRÓXIMO DOMINGO

3

6

Correio Brasileiro

TEMPO SECO

SÉRIE HISTÓRICA DO INMET REVELA: A CADA ANO, A UMIDADE RELATIVA DO AR É MAIS BAIXA

Marcos Rocha
Do grupo de Curitiba

Natural de Monteiro, na Paraíba, Marcos Vinícius Pereira, 33 anos, não faz ideia de como era a umidade do ar em Brasília nas décadas anteriores. Ele mora na cidade há apenas três anos. O rapaz, no entanto, começou a criar mecanismos próprios para detectar a estagim. "A minha pele já apresenta os primeiros sinais", revela o professor de psicologia da Universidade Católica.

A derme do rapaz parece ser insulável. As nuvens já começaram a raras e a previsão semanal de chuva registrada, por duas vezes, indica de umidade em torno de 40% nas horas mais quentes do dia (entre meio-dia e 16h) — o que já é considerado baixo pela Organização Mundial de Meteorologia.

Segundo as previsões do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), daqui a três semanas, a umidade deverá baixar ainda mais e estará aberta a possibilidade de seca do ano 2000. Para desapego dos brasileiros, é tempo das modulações intermitentes, várias pedras em um mesmo caminho, altas irritações, fadiga física, folhas secas e gramas peladas, quitadas, inebriadas, garganta irritada, lábios rachados...

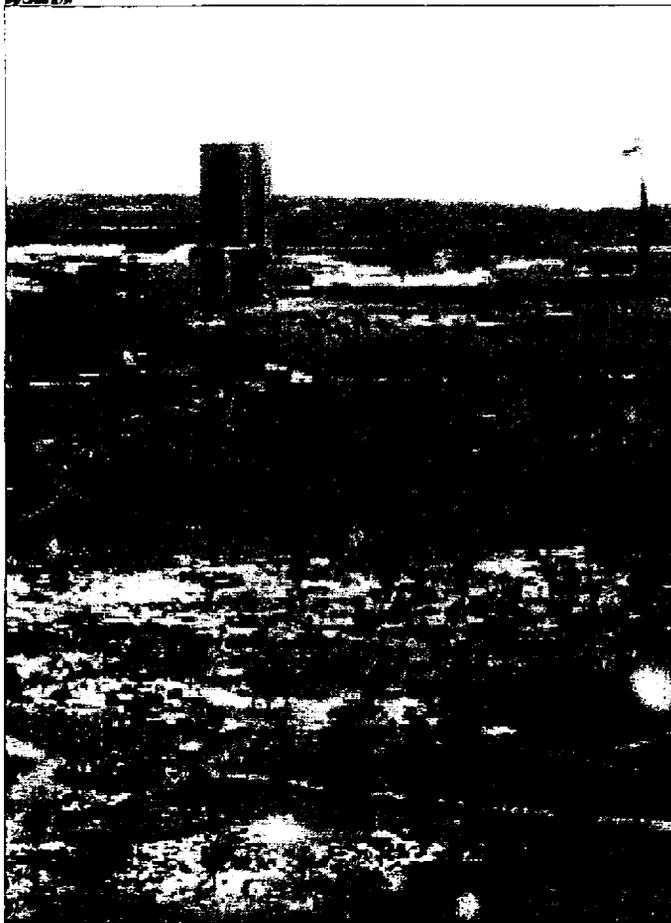
É que é pior: estado do Inmet "parou" este ano e para alguns, em cenário ainda mais desolador no Distrito Federal. A cada ano, o índice de umidade relativa do ar atinge cada vez mais patamares críticos, próximos a 10%. Com observações feitas desde 1963, a pesquisa também revela que o quadro agravou-se, de fato, na última década.

Um olhar cuidadoso sobre os índices do Inmet confirma o quadro crítico. De 1963 a 1989, a umidade relativa do ar ficou abaixo de 15% por apenas cinco vezes (em 60, 73, 74, 85 e 87). Nos anos 90, isso se repetiu por seis vezes (em 93, 94, 95, 97, 98 e 99). Em 1996, chegou perto do índice mais baixo ficou em 16%.

Outro dado reforça a constatação. Até 1990 a mínima registrada nunca tinha sido abaixo de 13%. A década de 90, por sua vez, detém o recorde de menor índice de umidade relativa do ar na história de Brasília. Em 1994, os medidores acusaram 11% no dia 14 de setembro, o que ainda se repetiu no dia 15 do mesmo mês e em 3 de outubro. Foi o ano mais seco da história.

SENSAÇÃO NO AR

Primeira ligada às questões ambientais assinalam o adensamento populacional do DF como fator causador da alteração do clima. "Percebe-se a alteração climática no ar. Não precisa marcar para não", opi-



Condições desfavoráveis em julho do ano passado: o seco distrito e o cenário desolado da paisagem. Evoluções como essas, para agravar problemas.

ne Maurício Galvão, presidente do Centro Brasileiro de Educação e Apoio Cultural e Meio Ambiente (Cobrac), que desenvolve estudos sobre o impacto ambiental. "Não precisa mesmo", enfatiza o professor Marcos Vinícius. A época de seca, principalmente para ele que é de fora, causa uma série de transtornos. "Imagina você trabalhar ou praticar atividades físicas em um deserto".

A comparação com o clima de deserto, não contém nessa época do ano, tem lá suas razões. A umidade relativa do ar nas regiões áridas da Terra costuma variar de 5%, o que, aproximadamente, está próximo do menor brasileiro de 11%. A história não é bem essa. É preciso lembrar-se com a quantidade de vapor d'água no ar. Em um Saara,



Ocupação desordenada altera o equilíbrio climático da região

por exemplo, ela é bem menor. Por isso, o índice chama-se umidade relativa do ar. Em suma, 11% em Brasília é muito mais úmido do que o mesmo índice

de 11% no deserto do Saara. A Organização Mundial de Meteorologia (OMM), depois ligou à Organização das Nações Unidas, com sede em Genebra

sones. "Para tentar evitar os problemas, apoio em reflexões leves como plas, frias e líquidos", revela a moça.

EXPANSÃO URBANA

A expansão urbanística desenfreada e sem qualquer planejamento do Distrito Federal, que provoca desmatamento e redução dos recursos hídricos, é a principal causa das mudanças climáticas e do aumento da seca. Expedito Rebelo, chefe da Divisão de Meteorologia Aplicada do Inmet não tem dúvidas. "O crescimento desenfreado afeta as condições geográficas. Elas, por sua vez, interferem diretamente no clima", analisa o meteorologista.

Dentre os estudiosos vêm com cautela a série histórica do Inmet. Metodologicamente falando, os 37 anos seriam insuficientes para detectar movimentos cíclicos do tempo. Ou seja, indicar se a seca, mais presente na última década, não é resultado de movimentos cíclicos do tempo. Há, no entanto, a certeza de que os últimos dez anos mereçam um olhar.

A expansão urbana, mesmo com o clima em qualquer lugar do mundo, O DF não é uma exceção, o problema é que isso tem acontecido de forma desenfreada. Aqui se agrava porque não possui os rios de grande porte. Vivemos em uma região rica em nascentes.

O adensamento populacional, com o consequente crescimento da malha urbana, dos calçamentos e das edificações, contribui para as alterações climáticas. Isso porque provoca a impermeabilização do solo (a água da chuva não volta para os lençóis freáticos) e as superfícies, que correm para os rios e córregos, provocando o assoreamento.

Em menor intensidade, a escassez de poças artesianas e a vegetação exótica (não originária do cerrado), que requer mais água para a sobrevivência, tem contribuído para agravar os problemas. "Não podemos apontar para uma causa, mas para uma série de causas que têm provocado e acentuado a modificação climática no Distrito Federal na última década", revela o engenheiro florestal César Victor, superintendente da Fundação Pro-Natureza (Fundazura).

Além de outros fatores, as transformações climáticas em qualquer região do planeta têm relação direta com alterações geográficas locais. O Distrito Federal, nos últimos dez anos, tem sido marcado pela expansão urbanística desenfreada, crescimento que interfere no meio ambiente, principalmente na vegetação e na hidrografia.

Até os anos 80, o clima do Centro-Oeste era mais influenciado pelos fenômenos climáticos mundiais, como El Niño e La Niña (respectivamente, o aquecimento e o resfriamento das águas do Oceano Pacífico Equatorial). O estudo do Inmet mostra que, hoje em dia, não é possível mais relacioná-los.

No contrário da umidade relativa do ar, a temperatura atmosférica média em Brasília tem se mantido regular, com poucas alterações. O Instituto de Meteorologia também tem catalogado as secas de 1963 para cá.

(São Paulo), estabelece, para o ser humano, 55% de umidade relativa do ar como índice mínimo suportável. Ou seja, o brasileiro vive, sem erro, pelo menos 100 dias por ano na faixa entre 11% e 40%. Os meses de agosto e setembro são os mais críticos. Quando os índices fluem em nossa faixa as pessoas começam a sofrer. As crianças são as que pagam mais. Muitas, desde os primeiros dias, começam a apresentar problemas respiratórios e de pele, devido à baixa umidade. Para tentar amenizar a baixa umidade e a alta incidência de poeira, uma bacia d'água debaixo da cama do filho e uma toalha molhada na cabeceira. A Sincosupermercado Cláudia Pereira, 42 anos, que chegou aqui em 1961, todo ano sofre com os problemas de estagim. O maior problema para ela são os nozes in-



A comparação é inevitável: de maio a setembro, com dias quentes, noites frias e baixas umidade relativa do ar, Brasília tem uma aridez mais seca do mundo

Que nem deserto

Se levada em conta apenas a umidade relativa do ar, o Distrito Federal é mais seco do que o Atacama e o Saara. E a tendência, segundo especialistas, é piorar



A estigme produz verdadeiras cortiças-porosa da cidade. Nem tudo é tão ruim assim

Ana Helena Paixão

Quem conhece Brasília na época de seca estranha a combinação calorífico, em determinadas horas do dia, e especialmente a baixa umidade do ar. No entanto, esse fenômeno não acontece só na capital federal. Ao contrário. Seja pela composição vegetal ou pela variação climática, há várias regiões do Brasil e do mundo com características semelhantes. A diferença, que pode amenizar ou intensificar os efeitos da seca sobre as vegetais, animais e os habitantes de determinada região, depende também do relevo, hidrografia e altitude do local.

"A seca ocorre em toda região de cerrado. Também há seca em Goiânia, por exemplo. Só que, enquanto, a região correspondente à Mata Atlântica. Portanto, a umidade em Goiânia é maior. Além disso, a cidade é mais baixa em relação ao nível do mar, do que Brasília", explica o botânico da Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) Tarso Figueiras, que é especialista em cerrado. "O que varia é que, quanto maior a altitude de uma cidade, ela se torna mais fria e menos úmida", completa.

Assim, a seca em ANO Paraisópolis e no povoado de São Jorge (ambos na Chapada dos Veadeiros, Goiás) é quase tão intensa quanto no Distrito Federal. "Essas cidades são mais altas do que Brasília e estão inseridas no meio do cerrado. A seu favor, apenas o fato de serem menos populosas e pavimentadas, amenizando a situação ecológica local. O excesso de asfalto interfere na seca porque retém calor e não permite a absorção da água pelo solo", ressalta o botânico.

O cerrado ocupa 1% do território brasileiro, estando distribuído, principalmente, pelo Distrito Central, nos estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, parte de Minas Gerais, Bahia e Distrito Federal. Trata-se de um ecossistema tropical de savana

Em defesa do cerrado

O clima adverso do Planalto Central foi uma das grandes preocupações dos construtores de Brasília, no final dos anos 50. Afinal, como dominar uma natureza estranha e um clima hostil? Além de providenciar a construção do Lago Paranoá, os pioneiros decidiram introduzir outros tipos de vegetação no cerrado. "Naquela época não se sabia sobre o cerrado. Em poucas pesquisas sobre flora regional. Considerava-se o cerrado uma vegetação pobre, feia e inútil", conta a diretora do Jardim Botânico de Brasília, Ana Júlia Heninger Salinas. "Hoje sabemos que muitos dos programas de retirada e substituição do cerrado por outro tipo de vegetação foram, sem dúvida, equivocados. Mas, a partir desses erros, as instituições tomaram consciência e pesquisaram o cerrado".

Ana Júlia fala com conhecimento de causa. Seu pai, o engenheiro agrônomo e botânico Ezequias Heninger, foi o responsável pela introdução de várias espécies exóticas na nova capital. Heninger foi o primeiro botânico, em todo o mundo, a estudar o cerrado. "Foi ele quem introduziu muitas das plantas e árvores que temos em Brasília hoje", relembra Ana Júlia. Ela recorda-se dos caminhos que saíram da cidade onde morava em 1958 (Paranoá, MG), carregadas de eucalipto e ceará de nova capital. "O eucalipto chegou ao Brasil em 1950 e era muito resistente. Logo, pensou-se que se usava para crescer e habitar o Distrito Federal", conta.

Também de Minas Gerais e de São Paulo vieram os carregamentos de grama batatas, que têm sua origem na Argentina e no Rio Grande do

Sul. Cultivada em todo o Brasil, essa graminha se adapta e sobrevive bem no cerrado. "Precisa água para ficar bonita e verde. Mas ela pode ser poluída, ficar feia, marron de poeira que não mora. É a grama mais grossa que temos. Como foi a Espalçada dos Henselinos", comenta o botânico Tarso Figueiras.

Misturada às primeiras invasoras de grama batatas, no entanto, chegaram ao Distrito Federal sementes invasoras, que logo se espalharam por todo o cerrado: carrapicho, picão e danie-de-leão. Ezequias Heninger trouxe moço, pau-brasil, pau-balsa, chicha, engico, aroeira, sibipiruna (cuja flor é amarela forte) e o chão dos estacionamento do Plano Piloto (e também a polêmica espelto-de-árvore de origem africana, mais conhecida como xaxi-de-nazco, que se adaptou incrivelmente bem ao cerrado. Bem ali demais, no cuspido dos botânicos.

"Foi um equívoco ecológico. A abelha aratur, que mata polinizas as plantas do cerrado, fica presa nas flores desse arbore quando tenta colher néctar e pólen. Há uma grande mortalidade desse tipo de abelha, o que, futuramente, pode provocar desequilíbrio ecológico e prejudicar a diversidade do cerrado", pondera Figueiras. Ana Júlia Heninger também não concorda com a introdução de espécies no cerrado, mas sua crítica é mais amena. "Foi uma loucura. Equívoco não porque eu (Ezequias) tentava dar condições agradáveis à cidade, e se hoje há pesquisas sobre o cerrado isso se deve, em grande parte, ao seu pioneirismo."

com similares na África e na Austrália — que também têm sérios problemas com a seca. "Os grandes parques nacionais da África estão no Quênia: erdes, anualmente, mandada milhares de animais morrem em decorrência da estiagem", comenta Tarso Figueiras.

"O fato de algumas regiões, como Brasília, não terem legos naturais de grandes extensões intrínsecas de efeitos de seca", acrescenta o meteorologista Luiz Cavalcanti, do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). A ausência também de grandes rios é o cerne de seca na Austrália, em Moçambique, Angola e no Quênia. De acordo com Cavalcanti, todos os locais de cerrado/savana só possuem duas estações bem definidas: "há estação primavera, verão, outono e inverno. Apenas chuva e seca."

Contravénsia

O Inmet e alguns especialistas negam que Brasília esteja, lentamente, transformando-se num mesmo deserto e desertizam e mensuram a capital com regiões desérticas. Mas há contravénsias. "Pelos nossos levantamentos, considerando o histórico de seca no DF nos últimos 30 anos, esse fenômeno se intensifica, piora e cada ano. Estamos caminhando para um processo de desertificação, que não deve ser minimizada", comenta o tenente Wladimir Costa, assessor militar de Defesa Civil. "Se compararmos apenas a umidade relativa do ar, o Distrito Federal é mais seco do que os desertos de Atacama e do Saara. E a tendência é piorar", ressalta.

Sob a coordenação de Subsecretaria de Defesa Civil do DF, vários órgãos locais estão preparando o Plano de Proteção Civil para o Período de Seca do DF. Trata-se de um planejamento que visa integrar várias áreas, como saúde, educação e segurança, para combater as causas da seca e diminuir seus consequências.

O assessor especialista e utilização do Plano de Proteção Civil. Uma vez identificados os possíveis focos de incidência durante a seca, unidades de proteção ambiental e órgãos de segurança, como o Corpo de Bombeiros, serão alertados para trabalhar na prevenção e no combate. À medida que a umidade relativa do ar for baixo, as diversas secretarias serão acionadas para providenciar medicamentos e atendimento médico à população mais vulnerável (crianças e idosos), bem como alertar os moradores de prédios de elevadas esportivas para o risco de queda e fumaça de latido. "Há outros pontos. Vamos discutir isso tudo com a comunidade e entidades governamentais num workshop no próximo dia 8 de junho. Mas a ideia é evitar agravos, já que não podemos impedir que a seca ocorra", encerra o representante da Defesa Civil.