



Universidade de Brasília – UnB  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – FAU  
Programa de Pós-graduação – PPg

---

# **Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana - Aspectos de Configuração Espacial, Socioeconômicos e Ambientais Urbanos**

**Rômulo José da Costa Ribeiro**

**Orientador: Prof. Dr. Frederico Rosa Borges de Holanda**

Brasília

Agosto de 2008

**RÔMULO JOSÉ DA COSTA RIBEIRO**

**Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana  
- Aspectos de Configuração Espacial,  
Socioeconômicos e Ambientais Urbanos**

Tese de doutoramento apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor pelo Programa de Pesquisa e Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília.

Orientador: Professor Frederico Rosa Borges de Holanda

Brasília

Agosto de 2008

## TERMO DE APROVAÇÃO

### RÔMULO JOSÉ DA COSTA RIBEIRO

Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana - Aspectos de Configuração Espacial, Socioeconômicos e Ambientais Urbanos

Tese aprovada como requisito parcial à obtenção do *grau de doutor* pelo Programa de Pesquisa e Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília.

Comissão Examinadora:

**Prof. Dr. Frederico Rosa Borges de Holanda** (*Orientador*)

Departamento de Teoria e História em Arquitetura e Urbanismo – FAU/UnB

**Profa. Dra. Marta Adriana Bustos Romero**

Departamento de Tecnologia em Arquitetura e Urbanismo – FAU/UnB

**Prof. Dr. Perseu Fernando dos Santos**

Departamento de Engenharia Mecânica – UnB; Departamento de Engenharia Ambiental – UCB; New Mexico State University - NMSU

**Profa. Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista**

Departamento de Engenharia Ambiental – UCB; Instituto de Geociências - UnB

**Prof. Dr. Luiz César de Queiroz Ribeiro**

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFRJ

Brasília, 28 de agosto de 2008

*À Deus*

*Guarda-me, ó Deus, porque em ti me refugio. Digo ao Senhor: Tu és o meu Senhor; outro bem não possuo, senão a ti somente. (Salmo 16: 1-2)*

## Agradecimentos

Agradeço a Deus, que está sempre comigo e me proporcionou todas as condições para a elaboração desta dissertação, e sem Ele nada seria realizado.

A minha esposa, Andréa, pessoa fundamental na execução deste trabalho, agradeço pela paciência, apoio incondicional e carinho. Seus cuidados, atenção e preocupação comigo, bem como suas palavras, tão reconfortantes e edificantes, fizeram com que eu pudesse chegar ao final. Agradeço a ela pelo maravilhoso presente, nossa filha Elisa, que veio num momento tão importante e foi um grande estímulo para o término desta tese.

Ao meu pai, Antônio Luiz Viana Ribeiro, arquiteto urbanista que fomentou e apoiou meu trabalho desde o início. Sua experiência é referência para o meu crescimento profissional.

Ao meu irmão Rafael Luiz Pimenta Ribeiro, pelo apoio de campo no levantamento de dados, etapa sem a qual eu não teria terminado a tese.

À minha mãe e irmãos, pelo apoio e compreensão nos momentos de ausência, que foram muitos.

A realização desta tese teve colaboração direta e indireta de muitas pessoas. Manifesto minha profunda gratidão a todas elas e de forma espacial:

Ao Prof. Dr. Frederico de Holanda, meu orientador, por estar sempre próximo, pelo apoio, amizade e pelos ensinamentos que levarei por toda vida. Pela referência de ética, conhecimento e trabalho, fundamentais para construção não só deste trabalho, mas do fazer profissional.

Ao Prof. Dr. Gustavo Baptista, grande amigo, que sempre esteve disponível para discutir e direcionar meu trabalho.

Aos amigos e colegas, que acompanharam todos os altos e baixos da elaboração da tese e que sempre estiveram ao meu lado.

À Universidade Católica de Brasília, em especial ao curso de Engenharia Ambiental, que me proporcionou o acesso a dados e *softwares* essenciais para execução da tese.

*A cidade não pára, a cidade só cresce, o de cima sobe e o de baixo desce. (Chico Science e Nação Zumbi, 1997)*

## Sumário

Agradecimentos .....	vi
Lista de Figuras.....	x
Lista de Quadros e Tabelas .....	xiii
Lista de Gráficos .....	xiv
Lista de Equações.....	xv
Lista de Abreviaturas.....	xvi
Resumo.....	xix
Abstract .....	xx
Introdução .....	1
Objeto de Estudo e Objetivos.....	3
Capítulo I - Definição do Problema.....	7
Introdução.....	8
Configuração Urbana.....	10
Índice de Dispersão .....	10
Índice de Integração.....	24
Qualidade de Vida Urbana .....	37
Índice de Exclusão/Inclusão Social .....	37
Qualidade Ambiental Urbana.....	56
Verde Urbano.....	56
Conforto Térmico Urbano.....	69
Capítulo II - Aspectos Teóricos, Metodológicos e Técnicos .....	88
Introdução.....	89
Aspectos Teóricos .....	90
Configuração Urbana .....	90
Qualidade de Vida Urbana.....	91

Qualidade Ambiental Urbana .....	91
Processos Matemáticos e Estatísticos.....	93
Aspectos Metodológicos.....	100
Configuração Urbana .....	100
Qualidade de Vida Urbana.....	105
Qualidade Ambiental Urbana .....	108
Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana .....	114
Aspectos Técnicos.....	115
Configuração Urbana .....	116
Qualidade de Vida Urbana.....	117
Qualidade Ambiental Urbana .....	118
Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana .....	119
Capítulo III – Resultados e Discussões.....	120
Configuração Urbana.....	121
Índice de Dispersão .....	121
Índice de Integração.....	139
Qualidade de Vida .....	155
Índice de Exclusão/Inclusão Social.....	155
Qualidade Ambiental Urbana.....	163
Índice de Verde Urbano .....	163
Conforto Térmico Urbano.....	173
Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana.....	185
Estatística Descritiva dos Índices Normalizados .....	188
Considerações Finais.....	196
Referências Bibliográficas.....	202

## Lista de Figuras

Figura 1 - Ilustração esquemática da ocupação do espaço urbano. a) e b) representam cidades monocêntricas, sendo a primeira mais compacta; c) é claramente mais fragmentado e, assim como b), poderia ser classificado como mais disperso do que o modelo a). Os modelos d), e) e f) parecem conter mais similaridades, entretanto, o modelo d) possui uma continuidade da ocupação mais pronunciada do que os modelos e) e f). (OJIMA, 2007).....	16
Figura 2 – Ilustração tridimensional da dispersão urbana de Paris e Moscou, respectivamente (BERTAUD & MALPEZZI, 2003).....	24
Figura 3 – Situação de preservação da área de estudo para os anos de 1989 e 2000. (Adaptado de RUFINO <i>et al.</i> , 2001) .....	28
Figura 4 – Assinatura da medida métrica para a parte central de Londres, para análise radial de 0,5, 1,5 e 3,5 km respectivamente. (Modificado de HILLIER, <i>et al.</i> , 2007).....	30
Figura 5 – Taxonomia proposta para as malhas urbanas. (Figueiredo & Amorim, 2005).....	33
Figura 6 – Região metropolitana de Porto Alegre e o seu núcleo de integração global. (Adaptado de Rigatti & Ugalde, 2007) .....	36
Figura 7 – Mapa da Pobreza Urbana do Paraná (IPARDES, 1997:21).....	42
Figura 8 – Mapa da Pobreza Rural do Paraná (IPARDES, 1997:22).....	43
Figura 9 – Mapa da Exclusão Social de Belo Horizonte (NAHAS, 2002b).....	46
Figura 10 – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal do Recife Metropolitano para o ano de 2000. (PNUD, 2008a).....	48
Figura 11 – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal de Manaus para o ano de 2000 (PNUD, 2008b).....	49
Figura 12 – Espacialização do IQVU-BH por UP para o ano de 1994 (PMBH, 2008). .....	51
Figura 13 – Índice de Exclusão/Inclusão Social de São Paulo para o ano de 1991 (CEDEST, 2008). .....	55
Figura 14 – Corte de uma folha com indicação de sua estrutura interna (Grupo Universitário, 2007). .....	67
Figura 15 – NDVI e a relação com a reflectância de alvos de superfície em função do comprimento de onda (Modificado de UTAH STATE UNIVERSITY EXTENSION, 2007) .....	67
Figura 16 – a) Imagem termal do sensor MODIS, com resolução espacial de 1km, mostrando variação térmica na área urbana de São Paulo, SP. b) Gráfico do perfil da ilha de calor urbana, mostrando um comportamento de distribuição normal de valores, exemplo de modelo clássico para ilhas de calor. (Baptista, 2003) .....	73
Figura 17 – Imagem termal do sensor ASTER, com resolução de 90 m, mostrando variação térmica na área urbana de Mossoró, RN. (Baptista, 2003).....	73

Figura 18 – Representação de valores de albedo para vários materiais presentes no meio urbano (Adaptado do EPA por BAPTISTA, 2003). .....	74
Figura 19 – Áreas selecionadas para estudos térmicos (Adaptado de BIAS, BAPTISTA e LOMBARDO, 2003). .....	76
Figura 20 – Temperatura de Superfície representada pelos sensor MODIS para São Paulo e as variações térmicas ao longo de transeptos direcionais. (SOUZA & BAPTISTA, 2005: 4528-4529).....	78
Figura 21 – Temperatura de Superfície representada pelo sensor ASTER para São Paulo e as variações térmicas ao longo de transeptos direcionais. (SOUZA & BAPTISTA, 2005: 4526-4527).....	79
Figura 22 – Temperatura normal do ar anual espacializadas de acordo com as equações de regressão ajustadas. (Modificado de MEDEIROS <i>et al.</i> , 2005). .....	83
Figura 23 – Estimativa de temperatura média anual do ar em °C, para as diferentes regiões do Brasil: a) Norte; b) Centro-oeste; c) Nordeste; d) Sudeste; e e) Sul (VALLADARES <i>et al.</i> , 2005:311).....	86
Figura 24 – Histogramas que representam: a) assimetria à direita (positiva); e b) assimetria à esquerda (negativa) (Adaptado de KVANLI, GUYNES e PAVUR, 1996). .....	99
Figura 25 – Grau de achatamento da distribuição de escores em relação à curva normal. (modificado de <a href="http://www.uwsp.edu/psych/stat/6/kurtosis.gif">http://www.uwsp.edu/psych/stat/6/kurtosis.gif</a> , 2008).....	100
Figura 26 – Escala de representação espacial da exclusão/inclusão social e o seu respectivo padrão de cores. (Adaptado de GENOVEZ <i>et al</i> , 2007) .....	107
Figura 27 – Mudança de estação climática devido à inclinação do eixo da Terra e sua translação em torno do Sol (SCHLUMBERGER, 2008). .....	111
Figura 28 – Pontos de coleta de dados de temperatura.....	113
Figura 29 – Identificação de região do mundo, segundo classificação da UNESCO. (Adaptado de MEDEIROS, 2006) .....	122
Figura 30 – Ilustração tridimensional da dispersão urbana para as 13 capitais brasileiras analisadas.....	137
Figura 31 – Eixos axiais com seu respectivo índice de integração. ....	140
Figura 32 – Integração máxima por setor censitário. ....	141
Figura 33 – Distância dos setores censitários ao CCS, em metros. ....	142
Figura 34 – Ilustração de Paulo Caruso sobre o crescimento ao redor do Plano Piloto. (CARUSO, 1980).....	144
Figura 35 – Integração Máxima Normalizada.....	145
Figura 36 – Distância ao CCS Normalizada.....	146
Figura 37 – Ilustração da medida de densidade viária.....	150
Figura 38 – Ilustração da medida de densidade viária normalizada. ....	151
Figura 39 - Distribuição espacial dos índices de exclusão/inclusão social. a) Índice de Exclusão/Inclusão de Autonomia de Renda dos Chefes de Família; b) Índice de Exclusão/Inclusão de Desenvolvimento Humano; c) Índice de Exclusão/Inclusão de	

Qualidade de Vida; d) Índice de Exclusão/Inclusão de Eqüidade; e e) Índice de Exclusão/Inclusão Social.....	158
Figura 40 – Imagens do Distrito Federal, região central e cidades periféricas (AREAL, 2008). .....	166
Figura 41 – Imagem ASTER de 10/04/2005, na qual se destacam áreas verdes e antropizadas nas áreas onde há setores censitários. ....	167
Figura 42 – Imagem NDVI do Distrito Federal. ....	168
Figura 43 – Percentual de áreas verdes urbanas por setor censitário. ....	169
Figura 44 – Distribuição NDVI médio por setor censitário.....	170
Figura 45 – Comportamento espectral para vegetação gramínea e arbórea. (Gerada a partir de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos – USGS, <a href="http://speclab.cr.usgs.gov/">http://speclab.cr.usgs.gov/</a> , 2008) .....	171
Figura 46 – Distribuição do NDVI normalizado. ....	172
Figura 47 – Temperatura de Superfície.....	174
Figura 48 – Modelo Digital de Elevação.....	175
Figura 49 – Altitude média por setor censitário. ....	176
Figura 50 – Climogramas de abril de 2005 e de abril de 2008 (INMET, 2008). ....	177
Figura 51 – Temperatura estimada do ar.....	183
Figura 52 – Sensação de conforto térmico.....	184
Figura 53 – Índice de Normalizado de Conforto Térmico.....	185
Figura 54 – Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana. ....	186
Figura 55 – Distribuição do desvio padrão para o Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana. ....	187

## Lista de Quadros e Tabelas

Quadro 1 – Tipologia das Experiências Intra-urbanas. ....	40
Quadro 2 – Valores anuais estimados para 1 árvore urbana. ....	57
Quadro 3 – Contribuição da vegetação para melhoria de qualidade no ambiente urbano. ....	58
Quadro 4 – Padrões de qualidade do ar no Brasil. ....	63
Quadro 5 – Massa de particulado atmosférico no centro de Brasília e de Taguatinga. ....	64
Quadro 6 – Características dos sistemas sensores do ASTER. ....	68
Quadro 7 – Técnicas empregadas em alguns estudos de clima urbano no Brasil (1972-2000). ....	71
Quadro 8 – Estudos climáticos brasileiros por grandes regiões, entre 1992 e 2000. ....	72
Quadro 9 – Parâmetros selecionados por nível para cálculo do Índice de Exclusão/Inclusão Social. ....	106
Quadro 10 – Resultado da normalização para as 60 cidades analisadas. ....	121
Quadro 11 – Percentual de cidades por região em função do Índice de Dispersão Normalizado (IDN). ....	123
Quadro 12 – Distâncias das Regiões Administrativas (RAs) à Brasília. ....	149
Quadro 13 – Medidas globais de densidade viária e de ociosidade de vias <i>per capita</i> . ....	153
Quadro 14 – Medidas globais de densidade viária e de ociosidade de vias <i>per capita</i> . ....	153
Quadro 15 - Correlações entre os de índices de exclusão/inclusão social e integração viária máxima e ajustada em relação à distância ao CCS. ....	163
Quadro 16 – Estatística descritiva dos índices normalizados. ....	193
Quadro 17 – Percentual de dados negativos, positivos e acima de 0,5 (indicação de alta qualidade) para os índices estudados. ....	195
Tabela 1 – Relação ente o valor de correlação de Pearson (r) e o seu significado genérico. ....	94
Tabela 2 – Temperatura e sensações térmicas do corpo humano. ....	114
Tabela 3 – Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis escolhidas. ....	180
Tabela 4 – Resultado do teste t-student para um nível de 0,05 de confiança. ....	181
Tabela 5 – Coeficientes de Determinação Parciais. ....	181

## Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Grau de Urbanização, População Urbana e População Rural entre 1940 e 2005. (Adaptado de OJIMA, 2006; IBGE, 2007) .....	17
Gráfico 2 – Distribuição percentual das cidades analisadas por classe normalizada. Em a) tem-se 8 classes, divididas com intervalo de 0,25. Em b) tem-se 4 classes, com intervalo de 0,50. ....	124
Gráfico 3 – Relação entre o Índice de Dispersão Normalizado e a População em Área Urbana. Verifica-se que não há um comportamento homogêneo para os dados, nem a formação de agrupamentos. ....	126
Gráfico 4 – Relação entre o Índice de Dispersão Normalizado e a área urbana construída. Verifica-se que não há um comportamento homogêneo para os dados, nem a formação de agrupamentos. ....	127
Gráfico 5 – Comparação da densidade populacional em urbanas construídas em relação ao afastamento do CCS, para as capitais brasileiras analisadas. ....	132
Gráfico 6 – Variação do IPK para as 13 capitais brasileiras. Para João Pessoa, dado de outubro de 2003; para o Distrito Federal, Natal, Belo Horizonte e Florianópolis, dado de outubro de 2002; para o Rio de Janeiro, dado de outubro de 2001; para as demais localidades, dados de outubro de 2000. ( <a href="http://ntu.org.br/banco/estatisticas">http://ntu.org.br/banco/estatisticas</a> , 2006). ....	138
Gráfico 7 – Relação entre o Índice de Integração Máxima por setor censitário e a distância ao CCS, por Região Administrativa (RA). ....	143
Gráfico 8 – Perfis da distribuição dos índices de exclusão/inclusão social por quilômetro a partir do CCS. a) Perfil da Distribuição do IEx Composto de Autonomia de Renda dos Chefes de Família; b) Perfil da Distribuição do IEx Composto de Desenvolvimento Humano; c) Perfil da Distribuição do IEx Composto de Qualidade de Vida; d) Perfil da Distribuição do IEx Composto de Equidade; e e) Perfil da Distribuição do Índice de Exclusão/Inclusão Social. ....	162
Gráfico 9 – Resíduo em relação às variáveis escolhidas. a) Altimetria e b) Temperatura de Superfície Medida. ....	179

Gráfico 10 – Histogramas de freqüência simples dos índices normalizados. a) Índice de Integração Máxima Normalizado; b) Distância ao CCS Normalizada; c) Índice de Exclusão/Inclusão Social; d) NDVI Médio; e) Índice Normalizado de Conforto Térmico; f) Densidade Viária Normalizada; e g) Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana. .... 192

## Lista de Equações

$NDVI = \frac{IVP-V}{IVP+V}$ ,	Equação 1 .....	65
$y = ax + b$ ,	Equação 2 .....	93
$yi = \beta_0 + \beta_1x1i + \beta_2x2i + \beta_3x3i + \dots + \beta_nxni + \epsilon_i$ ,	Equação 3 .....	95
$yi = b_0 + b_1x1i + b_2x2i + b_3x3i + \dots + b_nxni + \epsilon_i$ ,	Equação 4 .....	95
$y = \frac{a(x+1)}{2} + b \Rightarrow x = \left( \frac{2(y-b)}{a} \right) - 1$	Equação 5 .....	101
$\rho = \frac{\sum_i d_i p_i}{PC}$ ,	Equação 6 .....	101
$Ponto\ Médio = \frac{N+1}{2}$ ,	Equação 7 .....	103
$T^{\circ}C = B_{termal} \times 0,1 - 273,15$ ,	Equação 8 .....	110
$Tar = 49,9751 + (-0,0278 \times Altitude) + (0,2443 \times TSM)$ ,	Equação 9 .....	113
$ICQVU = \frac{(IDN + IIN + DN + DVN + OVN) + (5 \times IEX) + (2,5 \times NDVI + 2,5 \times INCT)}{15}$	Equação 10	186

## Lista de Abreviaturas

ABEP	Associação Brasileira de Estudos Populacionais
ARCF	Autonomia de Renda dos Chefes de Família
ASTER	<i>Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer</i>
CBD	<i>Central Business District</i>
CBERS	<i>China Brazil Earth Resource Satellite</i>
CCS	Centro de Comércio e Serviços
CEDEST	Centro de Estudos de Desigualdades Sócio-Territoriais
CNDU	Conselhos Nacionais de Desenvolvimento Urbano
CODEPLAN	Companhia de Planejamento do Distrito Federal
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
Detran	Departamento de Trânsito
DF	Distrito Federal
DH	Índice de Desenvolvimento Humano
DN	Distância Normalizada
DVN	Densidade Viária Normalizada
EPIA	Estrada Parque de Indústria e Abastecimento
EQ	Índice de Eqüidade
FUNDEPAR	Instituto de Desenvolvimento Educacional do Paraná
GPS	<i>Global Position System</i>
HSS	<i>Hyperspectral Scanner System</i>
IAB	Instituto de Arquitetos do Brasil
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICQVU	Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDH-M	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IDN	Índice de Dispersão Normalizado
IEX	Índice de Exclusão/Inclusão Social
IIMN	Índice de Integração Máxima Normalizado
INCT	Índice Normalizado de Conforto Térmico
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
InSAR	Radares de abertura sintética por interferometria
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Social
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPK	Índice de Passageiro por Quilômetro
IQVU-BH	Índice de Qualidade de Vida de Belo Horizonte

IRMSS	<i>Infrared Multispectral Scanner</i>
IVS	Índice de Vulnerabilidade Social
MAA	Média Aritmética Anual
MDE	Modelo Digital de Elevação
MGA	Média Geométrica Anual
MODIS	<i>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
OMM	Organização Mundial de Meteorologia
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
OVN	Ociosidade Viária Normalizada
PDI	Processamento Digital de Imagens
PIB	Produto Interno Bruto
PMBH	Prefeitura Municipal de Belo Horizonte
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PND	Planos Nacionais de Desenvolvimento
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PRI	Padrão de Referência de Inclusão
PUC-MG	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
PUC-SP	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
QV	Índice de Qualidade de Vida
r	Coeficiente de correlação de Pearson
r <sup>2</sup>	Coeficiente de determinação
RA	Região Administrativa
REM	Radiação Eletromagnética
RVU	Rede Verde Urbana
SAAN	Setor de Abastecimento e Armazenagem Norte
SESA	Secretaria de Estado da Saúde
SICAD	Sistema Cartográfico do DF
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIVAM	Sistema de Vigilância da Amazônia
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
SWIR	<i>Short Wave Infrared</i>
T <sub>ar</sub>	Temperatura do Ar
TE	Índice de Temperatura Efetiva

TIR	<i>Thermal Infrared</i>
TSM	Temperatura de Superfície Medida
UDH	Unidade de Desenvolvimento Humano
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UnB	Universidade de Brasília
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UP	Unidade de Planejamento
VNIR	<i>Visible / Near Infrared</i>

### **Unidade de Medida**

%	Porcentagem
$r_{y.n}^2$	Coeficiente de Determinação Múltipla
ha	Hectares
hab	Habitantes
h ou hs	Hora ou horas
Km	Quilômetro
Km <sup>2</sup>	Quilômetro quadrado
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
μm	Micrômetro
μg/m <sup>3</sup>	Micrograma por metro cúbico
nm	Nanômetro
°C	Graus Centígrados
ppm	Partes Por Milhão
U\$	Dólar Norte Americano

## Resumo

Na busca da compreensão e análise urbana muito se tem avançado, mas ainda de forma segmentada, com o desenvolvimento de índices e indicadores que expressam características e comportamentos de fragmentos da cidade, de forma que ainda não se desenvolveu uma maneira de ver o todo urbano. Este estudo procura preencher essa lacuna, com uma proposta de “costurar” importantes índices urbanos, levantados a partir de três grandes dimensões: configuracional, socioeconômica e ambiental, como maneira de se compor uma nova visão da cidade. O objeto de estudo é o Distrito Federal que, devido a sua configuração segmentada, torna-se um excelente experimento, pois como cada segmento urbano têm características intrínsecas, a validação dos cálculos torna-se facilitada. As três dimensões selecionadas revelam de forma genérica que o centro urbano do Distrito Federal, composto pelo Plano Piloto e suas imediações, apresentam melhores qualidades para todos os índices levantados, enquanto quanto mais afastados desse centro piores se tornam as condições de qualidade de vida. Contudo, apesar dessa tendência geral, muitas cidades periféricas, que têm estigma de baixa qualidade, ao contrário do que se imagina, apresentam boa qualidade em determinados aspectos, que findam contribuindo para a resultante global. O índice final, Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana, conseguiu expressar essas nuances. Por meio de ponderação dos índices estudados, desenvolveu-se um método que possibilita a contínua atualização e agregação de informação, o que permite que ele possa ser refinado continuamente. Outro fator importante desta Tese é que a análise estatística empregada serviu como ferramenta para clarear e nortear diversas análises, e pode ser considerada como fundamental para esse tipo de estudo. Assim, a qualidade de vida urbana é muito mais do que apenas acessibilidade, renda ou qualidade ambiental, é uma composição complexa dessas variáveis que compõem a realidade da cidade.

## **Abstract**

Indicators and indexes have greatly contributed to our analysis and understanding of urban areas, however they yield fragmented information on characteristics and behaviors in cities, which does not allow a view of the whole. The purpose of this study was to fill in this gap by developing a Composite Index, “tailored” from three important urban indexes: configuration, socio-economics, and environment. This was then tested on an urban area. The site selected to apply the index was the Distrito Federal due to its segmented configuration, each urban segment having intrinsic characteristics, which facilitated validation of the calculation. The three indexes selected present the urban center of the Distrito Federal, consisting of Plano Piloto and its immediate surrounding area, as having better quality of life in all three indexes; and, the farther away from this center, the lower the quality of life. However, although various cities in the surrounding area have this lower quality of life stigma, they have a good quality of life in some aspects. Application of the Urban Life Quality Composite Index developed in this study expressed these nuances. Further analysis of the indexes led to development of a method that enable continuous updating and aggregation of information. The statistical analysis employed was a tool that yielded insights for further analysis, and is therefore fundamental in this type of study. Quality of life in urban areas is not only accessibility, or income, or quality of the environmental – it is a complex combination of these variables that presents the reality of a city.

## Introdução

Nos últimos cinquenta anos as cidades no Brasil têm crescido e se desenvolvido numa velocidade muito grande. Praticamente em todo o mundo houve uma inversão entre o número de habitantes rurais e urbanos, de forma que esses últimos ultrapassaram muito em número a população rural. Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) de 2005, 84% da população brasileira localiza-se em centros urbanos (IBGE, 2007).

O rápido crescimento urbano tem levado a geração de tensões de diversos tipos, bem como a um aumento dos custos de manutenção desta realidade. O poder público cada vez tem que gastar mais para tentar suprir as demandas que surgem com esse crescimento.

Essas concentrações podem levar a uma reformulação da circulação e do próprio desenho urbano, o que faz com que ocorram prejuízos para a qualidade de vida e qualidade ambiental urbana. Isso ocorre em função da demanda por habitação ser bem maior que a oferta, o que leva à população, principalmente a de menor renda, a ocupar regiões cada vez mais distantes do centro da cidade. Por se tratar, muitas vezes, de ocupações irregulares, pode-se verificar que vários fatores relacionados à qualidade de vida e qualidade ambiental não são observados.

Essa qualidade de vida tem sido medida de maneira incompleta, uma vez que é realizada de forma segmentada, e esse é o ponto central desta Tese: falta uma “costura” de índices espaciais além dos tradicionais *a-espaciais* de forma a permitir uma visão diferenciada e mais próxima da realidade. Comumente são encontradas na literatura diversas formas de se mensurar as dimensões urbanas, quase sempre cada uma dessas dimensões é estudada e avaliada de maneira isolada. Essa visão segmentada não permite que a cidade seja compreendida de forma mais realista e abrangente.

Para efeito deste estudo a construção de um índice composto é fundamentada em procedimentos estatísticos, para tal adota-se de três grandes dimensões urbanas: configuração espacial – dispersão urbana, sintaxe espacial, distância ao centro de comércio e serviços, densidade viária e ociosidade *per capita*;

aspectos socioeconômicos – exclusão e inclusão social; e aspectos ambientais – seqüestro de carbono e conforto térmico. Assim, desenvolve-se a relação entre eles com a utilização, como unidade espacial, dos setores censitários urbanos, do Censo de 2000, com o intuito de se compreender a interação entre esses diferentes aspectos, que compõem o cenário urbano global. Gera-se, desse modo, uma nova forma de visualizar e analisar as questões urbanas, e que podem subsidiar tomadas de decisões sobre a manutenção e melhoria das cidades.

A escolha por utilizar a base espacial definida pelo Censo Demográfico de 2000 foi em função da possibilidade de atualização periódica das variáveis. Como o censo é realizado a cada 10 anos, pode-se traçar a evolução urbana, a partir de dados coletados de forma padronizada. Além disso, como os métodos desenvolvidos usam uma base de dados oficial, eles podem ser aplicados a outras cidades do país, o que torna a proposta aqui desenvolvida acessível a outras instâncias governamentais do Brasil.

Para que se possa compreender melhor a situação do Distrito Federal, fez-se análise da configuração da cidade a partir do Índice de Dispersão Urbana, desenvolvido por Bertaud & Malpezzi (1999), que relaciona a forma da cidade às distâncias ao Centro de Comércio e Serviços (CCS)<sup>1</sup>. Esse é um índice comparativo e deve ser analisado em conjunto com outras cidades. Os referidos autores calcularam para 50 cidades no mundo, mas a leitura desse índice não é fácil, uma vez que não segue uma escala padronizada de mensuração. Assim, fez-se a sua normalização, de forma a ter-se os resultados dentro de uma escala padronizada, o que facilita a comparação entre diferentes centros urbanos.

A Teoria de Sintaxe Espacial tem se mostrado eficiente na análise de diversas situações urbanas, principalmente no que se refere à acessibilidade da configuração urbana, conforme trabalhos apresentados nos simpósios internacionais de sintaxe espacial. Associado a essa teoria analisa-se a distância ao CCS, a fim de avaliar-se a situação da população à medida que se distancia do centro da cidade. De forma a complementar a análise desenvolve-se nesta Tese

---

<sup>1</sup> Centro de Comércio e Serviços deve ser compreendido como local ou região dentro da cidade que concentra a parte mais importante de comércio e serviços, circulação de pessoas ou administração pública. Este é o equivalente ao que se conhece em língua inglesa por CBD (*Central Business District*). Doravante será utilizada a sigla correspondente à expressão em português (CCS).

outros dois índices que refletem o acesso e o uso da infra-estrutura da cidade, que é inferida a partir da malha viária, pois, comumente no Distrito Federal e na maioria das cidades brasileiras, a infra-estrutura tende a acompanhá-la. Esses dois índices buscam completar o índice de dispersão que só aborda a demografia urbana.

As questões socioeconômicas são mensuradas pelo índice de exclusão e inclusão social, a partir de dados censitários, proposto por Sposati (1996). Esse índice é uma composição de diversas variáveis socioeconômicas que refletem, espacialmente, as condições da população relacionadas a essa dimensão.

A dimensão ambiental é composta pela análise de verde urbano, a partir de mensuração da eficiência fotossintética da vegetação e de proposta para predição de temperatura do ar, e assim do conforto térmico urbano, a partir de imagens de satélite e de dados de campo, uma vez que as estações meteorológicas existentes não permitem essa análise.

Por fim, pondera-se os índices escolhidos de forma a compor um índice final que retrata, de forma mais fiel, a realidade urbana. Um dos aspectos interessantes é que esse índice final é “aberto”, isto é, permite que sejam agregados outros índices em sua composição, a fim de se refinar o resultado obtido.

## **Objeto de Estudo e Objetivos**

Como objeto de estudo tem-se:

1. O Distrito Federal, analisado como um todo a partir dos setores censitários do Censo Demográfico de 2000, de forma a se verificar as relações entre as diferentes áreas urbanas que o compõe.

Como objetivo geral busca-se:

- Explorar as relações entre os índices urbanos: configuração urbana, qualidade de vida e qualidade ambiental, com o intuito de se permitir a proposição de um índice global que contemple as dimensões citadas, e que possa ser aplicável à gestão urbana.

Como objetivos específicos busca-se:

- Gerar os índices urbanos (configuração urbana, qualidade de vida e qualidade ambiental), de forma espacial, para o DF;
- Analisar a correlação entre os índices urbanos.
- Gerar um índice global de qualidade de vida urbana-ambiental, a partir da média ponderada dos índices urbanos, ampliando a percepção dos índices existentes.

O desenvolvimento desta Tese dá-se da seguinte forma:

O primeiro capítulo trata da definição do problema, a partir do que já foi produzido por outros pesquisadores busca-se identificar as limitações e avanços desenvolvidos e como seria possível suplantá-las e utilizar os avanços, de forma a contribuir efetivamente para a área de planejamento urbano.

O segundo capítulo trata das contribuições teóricas da Tese, propostas a partir da definição dos problemas encontrados no capítulo primeiro. Define-se os procedimentos metodológicos, técnicas, *softwares*, equipamentos e dados utilizados, a fim de se detalhar e avaliar a produção de informação.

De forma sucinta, os métodos utilizados são:

### **Configuração urbana:**

#### ***Índice de Dispersão***

Esse índice é obtido a partir dos setores censitários e de dados censitários do Censo Demográfico 2000 (IBGE, 2001), com a utilização de um Sistema de Informação Geográfica. A partir dele foi obtido o modelo tridimensional de representação desse índice, com o intuito de analisar-se, principalmente, a influência da dispersão para o desenvolvimento urbano.

## ***Sintaxe Urbana***

Para a análise da sintaxe urbana, é utilizada a proposta de Ribeiro (2003), na qual os dados de sintaxe, gerados no Laboratório de Sintaxe Espacial – UnB, são modelados espacialmente e correlacionados a setores urbanos, a partir de *software* de Sistema de Informações Geográficas.

## ***Densidade Viária e Ociosidade per capita***

A partir da relação de habitantes por metro de via, procurou inferir a relação do acesso à infra-estrutura. O levantamento da ociosidade *per capita*, calculada de maneira inversa (metros de via por habitante), reflete áreas nas quais a infra-estrutura está presente mais não há população para usufruí-la.

## **Qualidade de Vida**

### ***Índice de Exclusão/Inclusão Social***

Este índice é obtido a partir de 32 indicadores socioeconômicos, levantados pelo IBGE para o Censo Demográfico de 2000, por meio da proposta de Ribeiro (2003) adaptada de Genovez (2002) e Sposati (1996). A intenção é compreender a situação de exclusão socioespacial do Distrito Federal.

## **Qualidade Ambiental**

### ***Verde Urbano***

Identificado por meio de índice de vegetação, busca-se identificar as áreas com maior eficiência fotossintética da vegetação urbana, pois essa vai influenciar na disponibilidade de sombra, umidade, entre outros aspectos.

### ***Conforto Térmico Urbano***

Obtido a partir de regressão múltipla por meio de imagens de satélite de temperatura de superfície do sensor ASTER, dados de campo de temperatura do ar e altimetria, utilizados para a predição de temperatura do ar, o que possibilita a categorização do conforto térmico urbano.

## **Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana**

Esse índice é gerado por meio da média ponderada dos índices citados, a fim de se “costurar” as grandes dimensões urbanas, com o intuito de propor um olhar mais refinado da realidade urbana.

O terceiro capítulo trata dos resultados e discussões gerados na Tese. Esses foram embasados em métodos matemáticos e estatístico a fim de possibilitar compreensão e análise mais claras e eficientes dos processos utilizados, bem como avaliar a eficiência da proposta desta Tese.

Por fim, traz-se as considerações a respeito do trabalho desenvolvido, suas limitações e avanços, bem como propostas para análises futuras.

Desta forma, busca-se responder à inquietação motivadora desta Tese: é possível a geração de uma visão mais completa da cidade? Ou a análise segmentada ainda seria a melhor forma de analisar o espaço urbano?

## **Capítulo I - Definição do Problema**

## Introdução

A cidade como estrutura moldada pela população que nela habita, pois são os processos sociais que a definem, incluídos ou não procedimentos formais de planejamento, necessita de monitoramento constante, para que se possa compreender sua dinâmica e, a partir daí, elaborar planos e definir ações que também sejam dinâmicos, capazes de se adaptarem às novas situações, bem como direcionar situações a fim de que a cidade melhore seu desempenho.

A ênfase desta Tese está na análise integrada de índices morfológicos, de qualidade de vida e de qualidade ambiental urbana por meio de setores censitários, uma vez que estas unidades são levantadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a cada 10 anos e são as que apresentam informações mais desagregadas. Visa-se a construção de um índice de *qualidade de vida* mais abrangente do que os encontrados na literatura. As categorias analíticas utilizadas foram as seguintes:

- Configuração Urbana – concentração e dispersão urbana, baseadas nas distâncias de deslocamentos da população em aglomerado intraurbanos ao CCS. Normalizado para uma escala fixa, de forma a facilitar a comparação entre diferentes cidades, o que facilita a interpretação e análise dos resultados. Integração e segregação espacial a partir da estruturação da malha viária.
- Qualidade de Vida Urbana – identificação de situação de exclusão ou inclusão social baseada em parâmetros socioeconômicos obtidos por levantamentos censitários.
- Qualidade Ambiental Urbana – baseado na questão de verde urbano e conforto térmico.

Na atualidade, a sociedade e o governo, em seus diferentes níveis, têm discutido a questão urbana com maior frequência, mas esta discussão dá-se de forma segmentada, com pouca atenção a diversos aspectos que estão inter-relacionados.

Na área de planejamento e desenho urbano as temáticas de estruturação viária, exclusão social, clima urbano, qualidade do ar urbano etc., têm sido tratadas separadamente, ou com pouca relevância para as interações.

Empiricamente verifica-se que as temáticas citadas têm ligação intrínseca, e esta relação acaba por moldar o espaço urbano, seja para locais agradáveis com boa condição de vivência (espaços bem delineados, com áreas verdes adequadas), seja para locais com baixa qualidade de vivência (espaços mal delineados, com áreas verdes insuficientes ou inexistentes).

As diferentes situações urbanas suscitam questões importantes para o desenvolvimento de estruturas urbanas mais adequadas.

- 1) Como analisar de forma mais sistêmica as diversas situações urbanas?
- 2) Como varia a configuração urbana à medida que se afasta do CCS?
- 3) Como varia a qualidade ambiental à medida que se afasta do CCS?
- 4) Como varia a qualidade de vida à medida que se afasta do CCS?
- 5) Existe alguma correlação definida entre a configuração urbana, qualidade de vida e qualidade ambiental?

Em resumo, há alguma relação da qualidade de vida urbana-ambiental com a estruturação socioeconômica-espacial da cidade?

Questões como estas permeiam a vida das pessoas que vivem em áreas urbanas, mas a maioria dos estudos acadêmicos e planos governamentais tratam-nas de forma separada. Esse capítulo procurou ilustrar esta situação, com a apresentação e breve discussão de trabalhos realizados na linha de estudo desta Tese, de forma a configurar a análise segmentada e mostrar a necessidade de um estudo sistêmico da situação urbana.

## Configuração Urbana

### Índice de Dispersão

Um dos principais elementos da área urbana é a malha viária, seu desenho, hierarquia e materiais, por caracterizar vias arteriais de circulação, que compõem as áreas principais de concentração, tanto veicular quanto de pedestres. A relação de veículos e pedestres com o espaço urbano, principalmente em relação à circulação, é importante, pois influencia diretamente em custos e tempo de percurso, além de poderem afetar a concentração ou difusão de circulação em determinadas áreas.

Estudos da distribuição espacial da população urbana são numerosos e têm o intuito de melhorar a compreensão da relação ser humano-espaço urbano. São exemplos de trabalhos de análise socioespacial: Hillier & Hanson (1984); Clark (1985); Hillier *et al.* (1993); Jenks & Burgess (2000); Sposati (2000a; 2000b); Genovez, Caetano & Estrada (2000); Holanda *et al.* (2001); Holanda (2002; 2003); Genovez (2002); Ribeiro (2003); Ribeiro & Holanda (2005); Ribeiro *et al.* (2005), além dos trabalhos de análise da distribuição espacial da população realizados por Bertaud & Malpezzi (1999; 2003) e Koga (2003) e Ojima (2007). Esses autores, de uma forma ou de outra trataram a realidade urbana de forma segmentada, pois normalmente estudaram uma única dimensão dessa realidade. Mesmo os autores que trataram mais de uma dimensão fizeram-no de forma separada. A análise urbana deve ser feita de forma sistêmica, a fim de se ter uma visão mais próxima dessa realidade.

Costa & Silva (2007) afirmam que a desigualdade de acesso ao espaço urbano é causadora de segregação. A noção de segregação está ligada a novas formas de ocupação espacial, excludentes da classe superior. Para Lago (2000 apud COSTA & SILVA, 2007) forma de ocupação como condomínios fechados, horizontais e verticais, afastados do centro, e direcionados para a classe média, tem se expandido cada vez mais. Isso se dá em função do baixo valor da terra, o que viabiliza a aquisição desse espaço pelas classes menos abastadas. O autor lembra que não apenas o preço da terra é um fator de segregação, mas, especialmente, muros e controle de segurança, que intentam manter afastados todos que não pertencem àquele lugar.

O modelo brasileiro de cidades caracterizava-se tradicionalmente por ter as classes superiores no centro e quanto menor o poder aquisitivo, mais afastada desse centro a população se localizaria. Após a década de 1970, em algumas cidades brasileiras, surgiram ocupações semelhantes ao modelo norte-americano de subúrbios, condomínios para população de alta renda, fechados e afastados do centro. Esse tipo de ocupação é caracterizado como disperso (REIS, 2006), e acarreta diversos custos ao poder público para sua viabilização (rede elétrica, abastecimento de água, coleta de esgoto, asfaltamento, etc.).

Esse tipo de ocupação difusa gera redes descontínuas, desorganizadas, ineficientes e altamente dependentes de veículos (públicos e privados) (HASSE & LATHROP, 2003). Isso tem causado um aumento no consumo energético e na quantidade de particulados e gases poluentes oriundos da excessiva circulação veicular.

Segundo Ojima (2006) um dos fatores que condicionam as modificações do espaço urbano são as mudanças no modo de produção capitalista. Com a globalização houve mudanças sociais profundas, que afetaram não só as formas de consumir, mas também de produzir o espaço. De acordo com o autor, não basta apenas analisar as mudanças estruturais que ocorreram nas cidades, é necessária a análise do contexto social e como esse afetou a forma de consumir o espaço urbano. A questão socioeconômica é um forte elemento estruturante da cidade, mas não pode ser considerada como único, pois há outros elementos que influenciam e são influenciados pela socioeconomia, de forma que pode-se caracterizar uma relação de dependência entre esses elementos. Nesta Tese concorda-se que as formas de consumir modificam o espaço urbano, mas considera-se também elementos de configuração e de meio ambiente como fatores de grande relevância para a composição e dinâmica da cidade.

Costa & Silva (2007) colocam que a dispersão urbana é fruto da estrutura socioeconômica da localidade analisada. Eles afirmam que a disparidade de renda gerada pela rápida industrialização brasileira, que gerou o enriquecimento de poucos e a manutenção da pobreza de muitos, também contribuiu para a estruturação de ocupação do espaço. Essa estruturação pode ser configurada como uma segregação socioeconômica-espacial, onde nas regiões centrais o custo do

terreno seria mais elevado, em função do acesso facilitado à infra-estrutura e equipamentos urbanos, enquanto quanto mais afastado desse centro, menor o custo do terreno, em contrapartida, menor o acesso à infra-estrutura e equipamentos urbanos.

Lago (2000 apud COSTA & SILVA, 2007) diz que essa espacialidade é caracterizada por espaços residenciais excludentes, onde a própria estrutura organizacional de ocupação urbana, seja privada ou pública, define espaços para serem ocupados por classes de renda específicas, mantendo-as isoladas umas das outras.

Ojima (2006) coloca que a expansão urbana, atualmente, se deve à busca de melhor qualidade de vida, desde populações de alta renda em busca de refúgios do estresse urbano, até a população de baixa renda em busca de proximidade de equipamento e serviços oferecidos pela cidade. Em função dessa expansão, o autor coloca que muitos são os impactos sociais e ambientais causados,

(...) desde os aspectos estéticos até impactos nos gastos públicos (consumo de água, energia elétrica e combustíveis fósseis, afastamento das áreas agrícolas, alocação de bens e serviços públicos), nos aspectos sociais (heterogeneização socioespacial, segregação social, aumento das distâncias diárias de locomoção) e nos aspectos ambientais (poluição da água e do ar, ilhas de calor, mudança nos regimes de precipitação, aumento de áreas alagáveis e alterações na incidência de doenças e problemas de saúde associados). (OJIMA, 2006:3)

Apesar de a discussão do tema expansão urbana ser antiga, o que se observa atualmente é uma redução do aporte de pessoas às cidades (migrantes e imigrantes), que é substituído por uma acomodação da própria população urbana em sua malha, o que pode ser caracterizado como uma migração intraurbana, que tem modificado a estrutura espacial das cidades de forma significativa (OJIMA, 2006).

Desde a década de 1990 muito se discute sobre o espaço urbano e o meio ambiente, considerados por muitos como forças antagônicas e incompatíveis. Mas colocar o espaço urbano como “inimigo” do meio ambiente reduz a capacidade de se encontrar possíveis soluções para uma co-existência pacífica. A chamada “crise ambiental” agravou as posições entre urbanistas e ambientalistas, mas considerar o

meio ambiente como espaço intocável, seria desconsiderar a própria existência do ser humano, como, também, um elemento do meio ambiente (OJIMA, 2006).

O espaço urbano é uma combinação de elementos ambientais e estruturais (rede viária, infra-estrutura, equipamentos, serviço etc.), que afetam o seu desempenho sociológico. Esse *espaço urbano*, ou, melhor ainda, *a cidade como arquitetura*, é composta por *formas* (cheios: os prédios, os volumes etc.) e *espaços* (os vazios: as ruas, as praças, as áreas verdes, as discontinuidades etc.), que não podem ser vistos ou analisados individualmente, pois são interdependentes e se afetam mutuamente. Alguns conflitos ambientais urbanos estão ligados a uma parcela da população que passa a considerar o meio natural como essencial para qualidade de vida, ou quando as ocupações, mesmo que irregulares, oferecem riscos ao meio ambiente (OJIMA, 2006).

A primeira situação está, normalmente, ligada à população de mais alta renda, que tendo capacidade de suprir suas necessidades materiais, passa a buscar qualidade de vida, que eles associam à presença de áreas naturais ou áreas construídas para dar acesso ao verde. A segunda situação, normalmente, está ligada à população de baixa renda, que por não conseguir pagar os custos do espaço legal urbano, acaba por ocupar espaços disponíveis ou vazios próximos a ele, comumente caracterizadas como encostas, margens de rios, áreas de proteção ambiental, entre outras.

Uma vez que as áreas irregulares são desprovidas ou mal atendidas por serviços de saneamento básico, coleta de lixo e abastecimento de água, a população passa a usar o espaço natural como lixeira. Isso gera fragilização do solo, o que pode ocasionar desmoronamento de encosta, barragem e poluição de rios, que podem provocar enchentes e poluição de áreas de abastecimento, etc.

Assim, a questão ambiental revela um conjunto de tensões sociais que, nos dias atuais, se tornam mais difusas e anestesiam a capacidade de percepção do risco social. Neste contexto, o urbano e o meio ambiente fazem parte de um único processo e não pode ser tratado separadamente quando se procura discutir questões como a segregação socioespacial, pobreza ou qualidade de vida. Portanto, conforme o processo de urbanização se torna mais cristalizado, cresce o entrelaçamento dos dilemas ambientais. (OJIMA, 2006:4)

O processo de globalização afeta muito mais do que apenas a economia, mas a forma de consumo de populações distantes, despertando necessidades, antes desconhecidas, que fazem com que as pessoas busquem as cidades para suprir essas necessidades, ou modifiquem o espaço urbano para tentar adequá-lo às tais necessidades (OJIMA 2006). No meio urbano isso afeta desde a sua estruturação até modificações de usos desse espaço.

A dispersão urbana brasileira passa por uma segunda etapa. A primeira foi caracterizada pela periferização e favelização, isto é, populações de baixa renda em busca de acesso ao espaço urbano. Neste segundo momento, há ocupações de áreas cada vez maiores, mas por uma população menor. A expansão da malha urbana tem-se dado por população de média e alta renda em busca de qualidade de vida, que se traduz em grandes terrenos em ocupações horizontais (eventualmente verticalizadas) cercadas e que suprem, em alguma medida as necessidades básicas dessas populações.

Essas ocupações, conhecidas como condomínios fechados, têm se difundido pelo Brasil. Como se localizam distantes do centro aumenta-se a dependência de veículos automotores, sejam privados ou públicos, para o deslocamento casa-trabalho-casa. Isso acarreta a cada ano um número maior de veículos automotores nas vias urbanas, o que aumenta a dificuldade de deslocamento, formação de engarrafamentos e aumento da poluição atmosférica.

Esses condomínios também favorecem o processo de segregação socioespacial, pois intencionam isolar-se do “caos” urbano, mantendo os problemas, e dentre eles a população pobre afastada.

Para Costa & Silva (2007), a ocupação urbana dispersa, típica da urbanização brasileira, pode ser bem caracterizada por meio de geoprocessamento, principalmente pela utilização de imagens de satélite, com as quais se poderia acompanhar tal crescimento.

De acordo com Ojima (2006) analisar a dispersão urbana apenas como causa ou condições seria equivocado, pois essa dispersão é mais um processo de fundo social do que a simples ocupação do espaço. O autor separa esses processos, e considera que eles atuam individualmente para a composição do

espaço urbano, quando o melhor seria analisar as conseqüências da dependência entre eles. Assim, a dispersão não faz sentido sem uma análise comparativa de suas conseqüências.

Entre as principais conseqüências apontadas pelo autor, encontram-se:

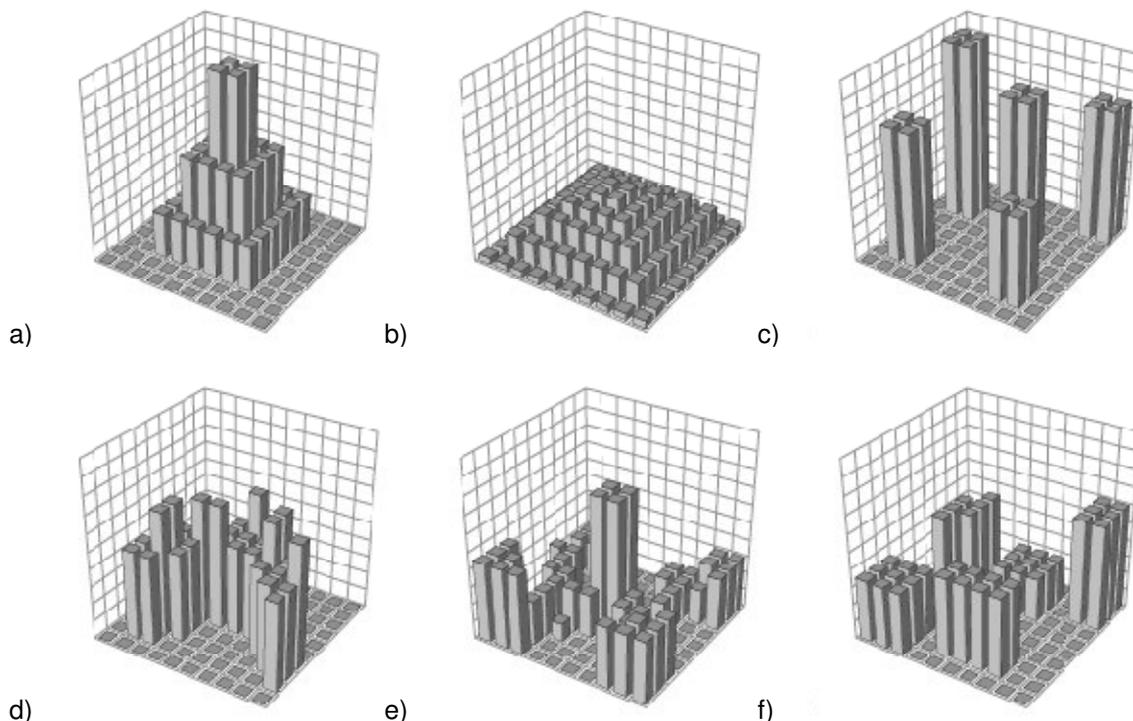
- Maiores distâncias para a cobertura dos serviços públicos (segurança, educação, saúde etc.);
- Agravamento dos conflitos sociais devido ao aumento da segregação socioespacial;
- Maior consumo de recursos naturais (água, energia elétrica e combustíveis fósseis);
- Aumento da poluição atmosférica;
- Crescimento da demanda por transporte automotivo individual;
- Congestionamentos e maior consumo do tempo médio das viagens diárias;
- Maior incidência de alguns problemas de saúde e causas de óbito (obesidade, acidentes de trânsito, problemas respiratórios, enfermidades tipicamente rurais, etc.).

Segundo Ojima (2006) existem vários indicadores sobre dispersão urbana, o principal é a densidade, mas deve-se separar a densidade populacional (habitantes/km<sup>2</sup> ou /hectares) e a densidade residencial (domicílios/km<sup>2</sup> ou /hectares), pois o primeiro trata da quantidade de pessoas por área e o segundo trata da densidade construtiva por área. Com o surgimento dos SIGs<sup>2</sup>, a variável espacial passa a integrar as análises de dispersão. Esse ferramental permite o uso de imagens de satélite para análise de ocupação, bem como modelagem de banco de dados socioeconômicos a fim de se conhecer melhor o comportamento populacional e assim realizar diagnósticos e intervenções mais adequados.

---

<sup>2</sup> Sistema de Informações Geográficas.

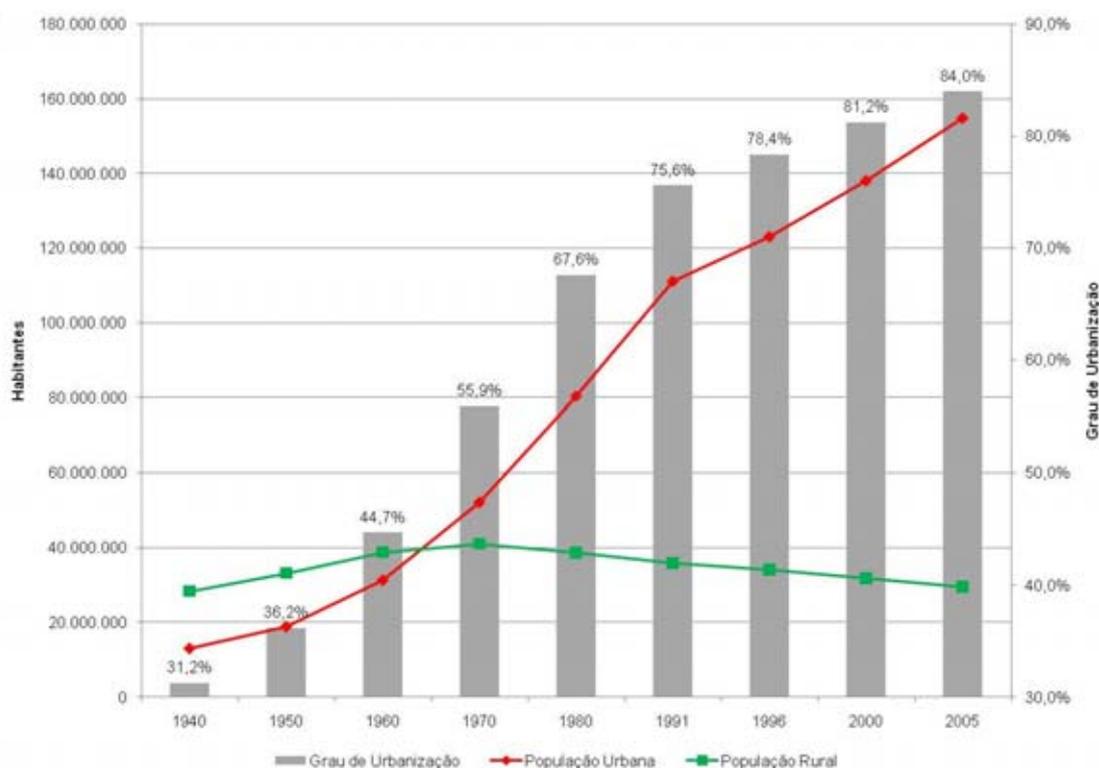
A Figura 1 ilustra esquematicamente o processo de consumo do espaço urbano. Em termos espaciais, de acordo com Ojima (2006), a maioria dos estudos considera o espaço urbano como uma cidade industrial monocêntrica (figuras 1a) e 1b). Onde as ocupações se dão em volta de um centro polarizador. Atualmente, a situação urbana é bem mais complexa, deve-se considerar a cidade como policêntrica, “sobretudo, pela ramificação das redes urbanas, a integração dos fluxos econômicos, a intensificação dos fluxos de mobilidade populacional e a mudança nos padrões de consumo.” (OJIMA, 2006:9). Essa fragmentação do espaço urbano acarreta diversos impactos ao meio ambiente, pois a dispersão faz com que espaços intermediários sejam ocupados e recortados por redes urbanas. Assim, estes impactos também se dispersam pelo espaço ocupado.



**Figura 1** - Ilustração esquemática da ocupação do espaço urbano. a) e b) representam cidades monocêntricas, sendo a primeira mais compacta; c) é claramente mais fragmentado e, assim como b), poderia ser classificado como mais disperso do que o modelo a). Os modelos d), e) e f) parecem conter mais similaridades, entretanto, o modelo d) possui uma continuidade da ocupação mais pronunciada do que os modelos e) e f). (OJIMA, 2007)

O grau de urbanização, entendido como o percentual de população urbana em relação ao total da população, tem aumentado a cada ano. Deve-se ressaltar que o conceito de área urbana, no Brasil, é definido legalmente, o que, por vezes, pode não representar a realidade.

Apesar dessa limitação, os levantamentos oficiais são baseados nesse preceito, assim, os dados apresentados aqui seguem a mesma linha. O Gráfico 1 ilustra a relação entre a população urbana, população rural e grau de urbanização. Como comentado, pode-se notar que a cada levantamento censitário, o número de pessoas que vivem em área urbana aumenta, bem como o grau de urbanização. Nota-se também que há um declínio no número de população rural. Nesta pesquisa não será feita discussão a respeito desse acréscimo ou declínio, mas será analisada características da ocupação do espaço.



**Gráfico 1** – Grau de Urbanização, População Urbana e População Rural entre 1940 e 2005. (Adaptado de OJIMA, 2006; IBGE, 2007)

O Gráfico 1 ilustra três momentos distintos no processo de ocupação do território brasileiro. O primeiro entre 1940 e meados de 1960, onde predominava a população rural; o segundo entre 1960 e 1970, onde ocorreu a inversão em números entre a população rural e urbana. Houve um crescimento de população urbana entre 1940 e 1970 de 304,4%; e o terceiro momento, após 1970, onde ocorre um crescimento vertiginoso da população urbana e um decréscimo da população rural. Entre 1970 e 2005 há um crescimento de população urbana de 197,0%, e entre 1940 e 2005 esse crescimento é de 1.101,2% (IBGE, 2007).

Para Ojima (2006), uma das formas de analisar a dispersão urbana é por meio do movimento pendular, entendido por ele como o deslocamento da população em função de estudo ou trabalho para outro município. Apesar de ser um indicador interessante, ele apenas mostra a mobilidade entre municípios, e não pode ser considerado para análise da dispersão intraurbana. O autor mostra que a densidade urbana pode retratar a ocupação do espaço, mas essa informação é estática, e não considera o deslocamento da população dentro da área urbana, nem mesmo entre municípios como apresentado por ele.

O trabalho de Ojima (2006) é muito interessante, mas, para o cálculo de dispersão ele tratou o espaço urbano como *a-social*, considerações demográficas não entram, trata-se apenas de relações entre polígonos abstratos. Nesta Tese, a dispersão foi tratada como uma relação entre áreas ocupadas mediante determinados padrões demográficos, o que está diretamente relacionado com o deslocamento da população no espaço urbano e seus respectivos custos.

Costa & Silva (2007) propõem uma forma para cálculo da dispersão urbana, adaptado de um trabalho de Hasse & Lathrop (2003 apud COSTA & SILVA, 2007), onde consideram quatro indicadores:

- a) **Densidade:** mapeada para os bairros considerados dispersos através da informação de área média ocupada por cada lote do empreendimento imobiliário em questão. A área variou de 250 a 3000 m<sup>2</sup>;
- b) **Uso da terra:** definida pela quantidade de usos da terra verificados em cada bairro, que podem ser alcançados dentro de um raio de 450 metros de uma residência. A classificação de uso da terra foi estabelecida utilizando-se a proposta de Anderson (1997). Foram considerados dois tipos de uso: residencial e comercial/serviços;
- c) **LeapFrog (salto da rã):** este indicador foi estabelecido medindo-se a distância das novas áreas urbanas, consideradas “dispersas”, em relação à área urbana anteriormente existente;
- d) **Distância do Centro:** esta variável foi obtida medindo-se a distância (em metros) das áreas de dispersão urbana em relação às áreas de comércio e serviços da cidade de São José dos Campos. (Costa & Silva, 2007:7)

Esses quatro índices, propostos por Costa & Silva (2007), foram normalizados em uma escala de 0 a 1, e posteriormente somados. Assim, o maior valor indica a configuração mais dispersa. O problema encontrado nesse método é a definição das áreas segregadas, e, em função disso, o cálculo de dispersão, que só considera os municípios segregados como um todo, e não sua configuração e demografia internas. Nesta Tese é utilizada uma escala comparativa de dispersão, na qual o conjunto analisado determina os limites dessa escala, o que permite revelar a dispersão relativa entre cidades.

Dessa forma, pode-se fazer algumas perguntas: quais parâmetros deveriam ser utilizados para definir as áreas segregadas a serem estudadas? Se de início define-se as áreas segregadas, qual o real objetivo dos cálculos sobre dispersão? A distância do centro, como colocado pelos autores, seria a distância entre as áreas segregadas e todas as áreas de comércio e serviços? Ou dever-se-ia definir uma área principal? Apesar do esforço interessante, a proposta de estudo da dispersão urbana feita por Costa & Silva (2007) mostra algumas questões que precisam ser mais bem trabalhadas.

Um trabalho interessante foi realizado por Pereira *et al.* (2005), no qual os autores mapearam multitemporalmente as manchas urbanas dispersas e contínuas no Estado de São Paulo. Eles partiram do princípio de que as mudanças espaciais ocorreram “com o que tem sido chamado de urbanização dispersa e a conseqüente regionalização do cotidiano; e nos modos de vida da população, que adquire maior mobilidade, organizando seu cotidiano em escala metropolitana e inter-metropolitana, envolvendo diversos municípios.” (PEREIRA *et al.*, 2007:6).

No que se refere à dispersão, esses autores consideram a formação de periferias descontínuas, pólos independentes e eixos de polarização periféricos entre as cidades. Em relação à mobilidade, foi considerado o deslocamento entre municípios, e não o deslocamento intraurbano. Os autores colocam que quanto maior a mobilidade da população, maior o acesso às áreas mais dispersas, não importando o quão distante estejam, e que esse deslocamento depende da classe social da população.

Pereira *et al.* (2005) utilizaram imagens de satélite para identificação do crescimento das manchas urbanas ao longo dos anos, a malha viária e hidrográfica, por constituírem eixos de ligação. Além disso, selecionaram municípios do Estado de São Paulo com mais de 90% de grau de urbanização e alta industrialização.

Apesar do grande volume de dados e informações geradas, não houve, uma ligação entre as distâncias dos centros contínuos e dos dispersos. Houve o levantamento das áreas urbanizadas, mas nada que pudesse representar a dispersão ou não destas áreas. O cálculo utilizado nesta Tese supre essa lacuna, pois considera a distância ao centro como variável na determinação da dispersão.

A análise urbana deve considerar a cidade como um sistema, não apenas como partes únicas (formadas unicamente pela mancha urbana) ou partes separadas (diversos núcleos urbanos separados). Deve-se considerar, sempre que possível, as diferenças existentes entre as partes da cidade, falar de dispersão urbana e analisar relações entre municípios torna o trabalho superficial e que não aborda o conceito de dispersão, principalmente quando se trata de sistemas complexos com o Distrito Federal.

Villaça (2001:20) explica que “ou se estuda o arranjo *interno* dos espaços urbanos, ou se estuda o arranjo *interno* dos espaços regionais, nacionais ou planetários.” Nos estudos brasileiros mais recentes há forte tendência para estudos regionais, que consideram a unidade metropolitana como ponto de análise. O estudo sobre o espaço urbano, no que diz respeito à dispersão tem sido pouco desenvolvido.

Para Villaça (2001) a produção do espaço urbano só pode ser entendida a partir da localização dos elementos nesse espaço, e que essa localização está associada ao espaço intraurbano como um todo, uma vez que “refere-se à relações entre um determinado ponto o território urbano e todos os demais.” (Villaça, 2001:24)

A compreensão do comportamento espacial da população, como ela distribui-se no espaço urbano e como o configura são importantes para se compreender custos de deslocamento ou de instalação e manutenção dos vários tipos de infraestrutura. Bertaud & Malpezzi (1999; 2003) propuseram uma forma de mensurar a

distribuição espacial da população mediante o Índice de Dispersão. Esse índice indica o quanto a área urbana é dispersa. Baseia-se nas distâncias dos setores urbanos e de sua respectiva população ao CCS. Com isso, revela-se como a população ocupa o espaço e quão distante ela está do CCS, onde, normalmente, concentram-se empregos, serviços e circulação de pessoas e mercadorias.

Bertaud & Malpezzi (2003) calcularam a dispersão para 50 áreas urbanas, entre cidades e regiões metropolitanas. Apesar do cálculo comparativo, os resultados não permitem uma análise fácil da dispersão entre as cidades analisadas.

No estudo desses autores as 50 cidades foram escolhidas em todo o mundo, em países ricos e pobres, com economias de mercado e com economias em transição para economias de mercado. Os autores procuraram mensurar a forma das cidades a partir de modelos simples e mostrar que esses podem ser um caminho útil para caracterizar as cidades.

Eles mostraram que as várias chaves de predição, chamadas por eles de modelos urbanos padrão, são confirmadas: cidades descentralizadas são moldadas de acordo com o crescimento de sua população (este está relacionado com o crescimento vegetativo e com as migrações inter e intra-urbanas); a renda melhora (considerando a formação de novos centros e da maior oferta de empregos); e o custo com transportes diminui (uma vez que a população encontra-se mais próxima aos novos centros, o deslocamento é reduzido).

Não se deve confundir cidades descentralizadas com cidades dispersas. No primeiro caso as cidades são policêntricas, o que permite a geração de emprego e atração populacional em diferentes pontos da área urbana. Nas cidades dispersas a população está localizada distante do CCS, principalmente em função dos altos custos de moradia próxima a ele. Com isso há aumento do custo com transporte, e comumente a renda diminui com o aumento da distância ao CCS. Os autores também mostram que esse é o caminho para o mercado imobiliário legal e ilegal, de forma que a organização e a legislação têm profundos efeitos na forma urbana, com implicações diretas quanto ao valor do solo urbano e no sistema de transportes.

A forma da cidade é determinada por fatores ambientais, econômicos, ideológicos, políticos (mercado imobiliário, relevo, pedologia, geologia, clima,

distribuição de renda, legislação, impostos). Analisar a cidade como simples resultado de políticas urbanas, que definem áreas permissíveis e impeditivas de crescimento e ocupação, é realizar leitura pobre. Esse tipo de análise gera a falsa impressão de que as políticas urbanas controlam a forma da cidade, e durante muito tempo se acreditou nisso, haja vista os Planos Nacionais de Desenvolvimento (PND) e, dentro desses, os documentos desenvolvidos pelos Conselhos Nacionais de Desenvolvimento Urbano (CNDU), das décadas de 1970 e 1980. As políticas urbanas induzem o crescimento e a forma da cidade, mas respondem por sua vez a diferentes determinações ambientais e antrópicas.

Os aspectos formal-espaciais<sup>3</sup> do desenvolvimento urbano podem ter importantes impactos na eficiência econômica e na qualidade do meio ambiente urbano. A progressiva melhora e bom funcionamento dos departamentos municipais de planejamento urbano permitem usar os indicadores espaciais para monitorar regularmente o desenvolvimento urbano e para propor ações regulatórias ou de investimentos públicos, quando necessários.<sup>4</sup>

Em países em desenvolvimento, com processo de industrialização e urbanização recentes, como é comum na América Latina, verifica-se que a legislação urbana tem pouca influência no real controle da forma da cidade. Quase sempre esse controle se dá por razões políticas. No Brasil, principalmente após meados da década de 1960, quando ocorreu a inversão da forma de distribuição da população no território, o país passou a ter mais pessoas em áreas urbanas (Gráfico 1), e com isso teve início processo intenso de favelização, a forma da cidade passou a ser moldada pelas ocupações irregulares periféricas, comumente em áreas de risco ou de restrição ambiental.

À medida que a cidade se expande a população pobre, quando expulsa do local onde previamente estava instalada, geralmente na forma de invasão, pela força do mercado imobiliário ou por pressões políticas, desloca-se e passa a ocupar áreas mais distantes, mais periféricas. Com isso, as cidades passam a desenvolver uma forma espalhada, dispersa, ocupando grandes áreas e encarecendo o custo de manutenção e gerência urbana.

---

<sup>3</sup> Por *formal-espacial* entende-se os elementos construídos (“forma”) e os vazios urbanos (“espaço”).

<sup>4</sup> Bertaud & Malpezzi (2003), tradução livre.

Outro aspecto comum nas cidades brasileiras, até o momento, é que a legislação urbana e ambiental, muitas vezes teórica e tecnicamente eficiente e moderna, têm pouca aplicabilidade, pois comumente não refletem ou não estão aptas a tratar da realidade urbana localizada.

A forte demanda por habitação, principalmente para classes de baixa e média renda, faz com que as primeiras ocupem áreas restritivas de forma ilegal, e que a segunda busque, muitas vezes de forma ilegal, constituir ocupações periféricas conhecidas como condomínios fechados. O poder público, apesar da legislação vigente, pouco faz, devido à ineficiência em suprir a demanda por habitações legais, à precariedade da fiscalização e por simples conviência: ao não atender a demanda e ao verificar que o mercado formal tampouco o faz, prefere deixar o campo livre para as ações ilegais no espaço urbano<sup>5</sup>.

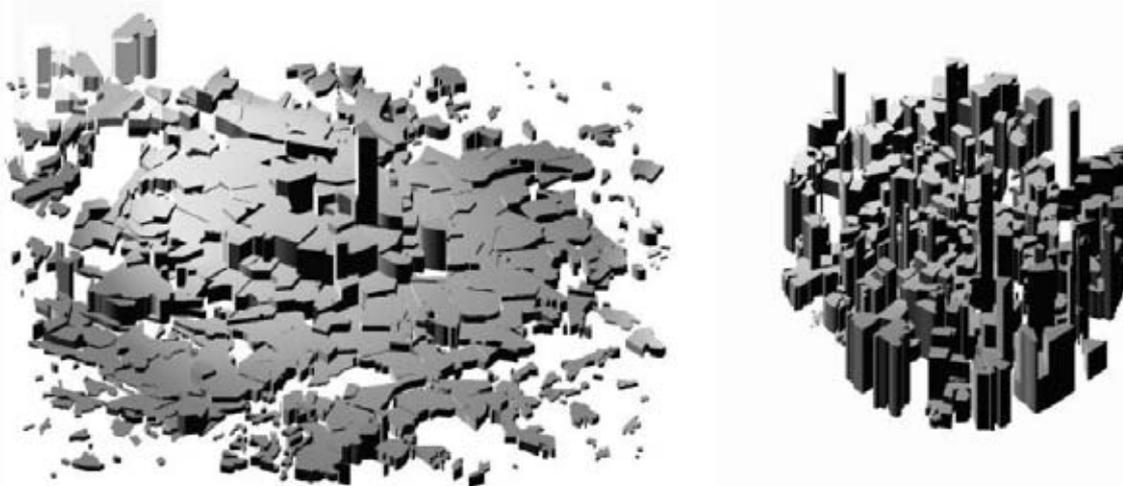
Assim, a cidade vai crescendo e as demandas por espaços urbanizados também. O desenvolvimento de Planos Diretores tem ajudado a melhorar, organizar e direcionar o crescimento urbano em algumas situações, mas ainda está longe de ter grande eficiência.

O Índice de Dispersão Urbana, proposto por Bertaud & Malpezzi (1999), é um índice de base demográfica para a análise urbana, tem por intuito relacionar, em função da população total, o número de habitantes por setor urbano à distância daqueles setores ao CCS. A partir desse índice é possível analisar o custo urbano, relacionando, entre outras coisas, custo de viagem casa-trabalho-casa.

A Figura 2 ilustra a dispersão urbana de forma tridimensional, na qual Bertaud & Malpezzi utilizam setores urbanos como bairros ou aglomerações como unidade territorial de espacialização. Pode-se notar claramente as relações espaciais entre as áreas mais densamente ocupadas (representadas por prismas mais altos) e as menos ocupadas (representadas por prismas menores). Dessa forma é possível perceber a concentração e a dispersão da área urbana.

---

<sup>5</sup> Magalhães oferece dados impressionantes: no Município do Rio de Janeiro, entre 1982 e 1998, a porcentagem da produção de domicílios irregulares passou de 60% para 80%, e isto parece ser uma característica da cidade brasileira em geral (MAGALHÃES, 2007).



**Figura 2** – Ilustração tridimensional da dispersão urbana de Paris e Moscou, respectivamente (BERTAUD & MALPEZZI, 2003).

### Índice de Integração

A Teoria da Sintaxe Espacial é proposta por Bill Hillier e colegas da Bartlett School of Graduate Studies, em Londres, no início da década de 1970. Em 1984 Hillier publica com Julienne Hanson o livro que reúne inicialmente os principais aspectos da teoria, do método e das técnicas que vêm, desde então, sendo desenvolvidos por eles e por pesquisadores de inúmeros países – *The social logic of space* (Hillier & Hanson, 1984). Desde 1997, simpósios internacionais bienais têm reunido esses pesquisadores. No Brasil, eles concentram-se nas universidades UFRN, UFPE, UnB, UFSC e UFRGS.

A Teoria de Sintaxe Espacial parte do fato de

toda sociedade ter grupos espaciais de pessoas, que vivem e se movem em maior proximidade do que outros grupos, e grupos transpaciais baseados na designação de diferentes rótulos a diferentes grupos de indivíduos<sup>6</sup>. Isso levava à afirmação do “principal axioma de toda a teoria sintática do espaço: *a organização do espaço é função da forma de solidariedade social*; e diferentes formas de solidariedade social são elas próprias baseadas na sociedade como um sistema, tanto espacial com transpacial<sup>7</sup>. (HOLANDA, 2002: 86)

No centro da caracterização da organização do espaço, assim entendida, está a *medida de integração*. Para calcular a medida para uma cidade, o sistema viário é representado como um grupo de segmentos de reta, que correspondem,

<sup>6</sup> Bill Hillier e Julienne Hanson (1984: 141 apud HOLANDA, 2002: 86).

<sup>7</sup> Bill Hillier e Julienne Hanson (1984: 141 apud HOLANDA, 2002: 86), *itálicos originais*.

aproximadamente, aos eixos das vias. Obtém-se assim o *mapa de axialidade*, que representa o conjunto de eixos que se cruzam dentro da área estudada. Tal mapa é processado em aplicativos específicos (p.ex. *Depthmap*, *Mindwalk*) que revelam quais os eixos mais integrados ao sistema como um todo e quais os mais segregados (em sintaxe, as expressões *integrado*, *raso*, *acessível*, são sinônimas, assim como seus opostos: *segregado*, *profundo*, *inacessível*). Há duas saídas daqueles aplicativos: uma *gráfica* e uma *numérica*. A primeira confere cores aos eixos, das mais “quentes” (tendentes a vermelho) às mais “frias” (tendentes ao azul escuro). A segunda confere números. As cores mais quentes e os maiores valores numéricos correspondem aos eixos mais integrados, e vice-versa.

Pelo mapa processado, pode-se identificar as áreas do sistema que estão mais isoladas (mais segregadas) ou mais integradas, em relação ao sistema todo. Em geral, é nas vias mais integradas que se encontra maior circulação de pessoas e concentração de veículos, comércio e serviços. Isso facilita a avaliação de direções de expansão da cidade, de forma que novas áreas urbanas sejam mais integradas ao sistema, assim como permite inferir medidas para melhorar a integração das áreas segregadas.

Diversos estudos têm sido desenvolvidos no Brasil e no mundo com a utilização desse índice, desde análises urbanas a análises de espaços de edificações. O Índice de Integração tem se mostrado bastante versátil ao trazer informações ligadas, principalmente a acessibilidade.

Em um artigo de 1989, Hillier volta a discutir os fundamentos, propósitos e descobertas gerais referentes à Teoria de Sintaxe Espacial, sendo sua tese principal que

(...) se formas sociais são próprias à cidade material, então se requer logicamente que em algum sentido elas sejam um produto da vida material. É o senso comum que o afirma. Cidades de diferentes culturas e de diferentes escalas incorporam diferentes identidades espaciais. Nossa experiência delas parece *intrínseca* àquilo que as cidades são. (HILLIER, 1989:5 apud HOLANDA, 2002:89)

A análise de Hillier baseou-se em estudos de cidades de diferentes culturas e escalas. A análise é também útil para a situação intraurbana, uma vez que a área urbana pode ser caracterizada como formada por populações com diferentes

culturas, etnias, estratos de renda etc., e essas populações têm expectativas diversas ante o espaço, e tendem a modificá-lo de acordo com seu perfil, assim como agregam-se, em muitos casos na forma de guetos<sup>8</sup>.

Para Peponis (1989), tratar da arquitetura da cidade implica considerá-la mais globalmente que localmente, pois a arquitetura pode exercer efeitos mais abrangentes do que locais:

a experiência de ambientes genuinamente urbanos refere-se ao encontro, embora não necessariamente à interação, entre pessoas, na maioria das vezes desconhecidas, que podem ser identificadas como pertencentes a diferentes classes sociais, status, raça ou origem étnica: refere-se também à exploração do que não é costumeiro, e ao conhecimento de outros modos de vida, ainda que deles não participemos. (PEPONIS, 1989:1)

Por isso o espaço urbano pode ser visto como meio de circulação de pessoas e idéias, mais dos que interação entre elas. A interação é uma possibilidade colocada à disposição dos habitantes por uma configuração urbana que a favorece – mesmo quando a possibilidade não é usada, ela é um *recurso cultural* importante.

O processo de produção e a estrutura resultante do espaço urbano refletem a cultura que o produz e organiza. Entretanto, este é apenas um *olhar possível*: uma vez pronto, o espaço urbano transforma-se, mais ou menos, em algo inteligível e apropriável, segundo os interesses e as possibilidades de cada indivíduo ou grupo de indivíduos. Essa *inteligibilidade* acontece de forma mais global (as grandes superfícies urbanas) que local (a rua, a praça). A escala global tem importância social crucial, normalmente negligenciada pela literatura arquitetônica, mais preocupada com a edificação isolada, quando muito a rua ou a praça. Talvez essa seja a inovação mais importante da sintaxe espacial. (PEPONIS, 1989)

É essa organização global a responsável pelo uso intenso de determinados trechos urbanos que atraem o interesse das pessoas, seja para fins residenciais ou comerciais, ao mesmo tempo em que, não intencionalmente, elas são vigiadas. A existência de grande circulação traz um sentimento de segurança sem esforços especiais. (PEPONIS, 1989)

---

<sup>8</sup> Entende-se aqui o termo gueto não no aspecto pejorativo, mas apenas como locais de aglomeração de pessoas com características socioculturais comuns.

Assim, o espaço urbano também define-se pelo modo como as pessoas se apropriam e circulam nele, o que o revela como mais ou menos acessível, de acordo com o contexto sócio-histórico analisado. Esse tipo de análise permite identificar padrões artificiais mais sistemáticos “que as pessoas parecem manter e tornar significativo quando elas circulam na cidade” (PEPONIS, 1989:17). Nesta Tese, a acessibilidade global do espaço, indicada pela medida de integração, é considerada um recurso cultural precioso e tratada como elemento constituinte da qualidade de vida urbana.

Rufino *et al.* (2001) realizaram um estudo sobre a utilização de técnicas de geoprocessamento e sintaxe espacial para análise do centro histórico da cidade de Natal, RN, e os impactos sobre ele devido à expansão urbana.

Eles analisam as relações existentes entre a configuração da malha viária urbana, o uso dos edifícios e o número de edificações preservadas, e verificam que a expansão urbana, além de mudar a percepção de centro urbano, correlaciona-se bem com a descaracterização do casario, junto com a valorização comercial. O estudo busca “contribuir para identificar oportunidades potenciais para a criação de espaços bem sucedidos e menos suscetíveis aos efeitos da dinâmica de crescimento urbano e das oscilações temporais e sazonais.” (RUFINO *et al.*, 2001:2)

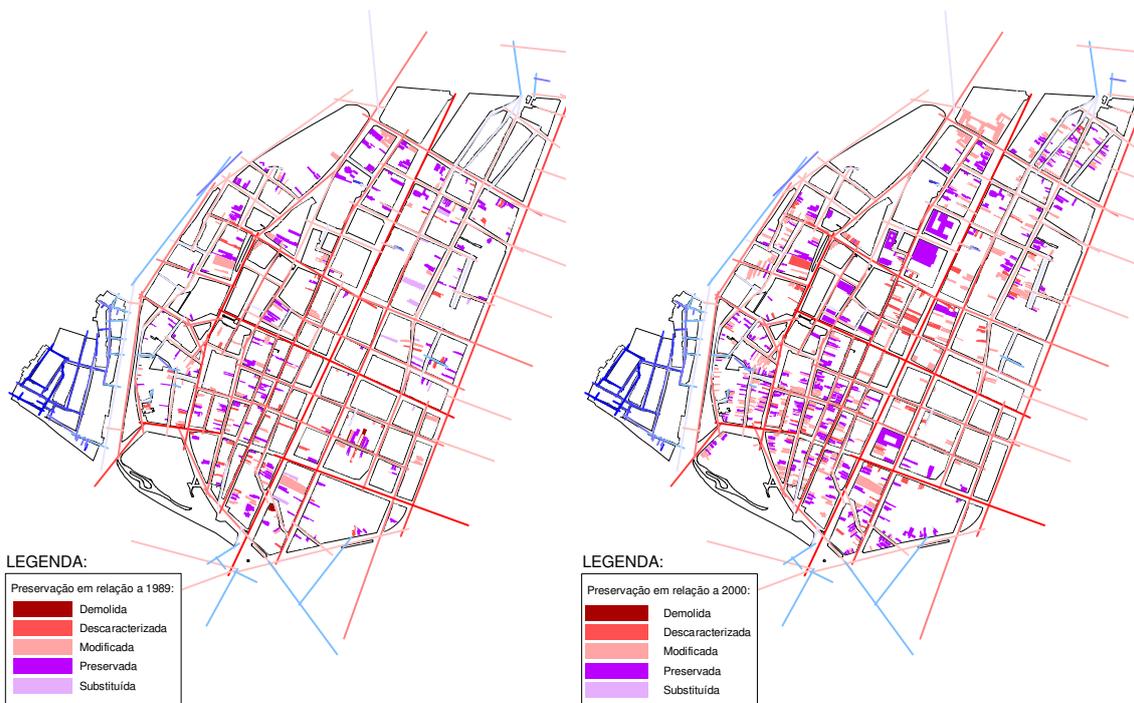
Rufino *et al.* (2001) observam que a região estudada, chamada de Cidade Alta, mesmo que historicamente reconhecida como região de fundação da cidade, que contém edifícios históricos e possui grande beleza cênica, está perdendo seu *status* de área residencial e comercial privilegiada, dando lugar a construções descaracterizadas, mal-adaptadas para comércio e serviços, e mesmo edifícios abandonados e decrepitos.

Para os autores, em diversas cidades brasileiras o centro histórico possui diversidade de atividades, é um centro ativo:

Estudos têm demonstrado que tais níveis de atividade são, em grande parte, determinados por implicações espaciais ou configuracionais, que pouco têm a ver com a noção geométrica de ponto equidistante dos limites de uma figura, e sim com as relações entre a malha viária da área referida como “centro” e a malha

viária maior, que a contém, e que estas relações são constantemente reajustadas em consequência da dinâmica de ocupação e expansão urbana. (RUFINO *et al.*, 2001:3)

Eles perceberam que entre 1989 e 1999 ocorreu grande descaracterização da área, onde áreas típicas residenciais foram substituídas por comércio e serviços. O uso de técnicas de geoprocessamento permitiu inferir que as áreas que permaneceram residenciais encontravam-se em locais onde as vias urbanas são mais segregadas, enquanto as áreas de comércio e serviços encontravam-se nas vias mais integradas. Essa integração foi um grande motivador de mudanças no uso do solo, pois as vias mais integradas tendem a concentrar maior circulação de pessoas e veículos, o que favorece ao setor de comércio e serviços (Figura 3).



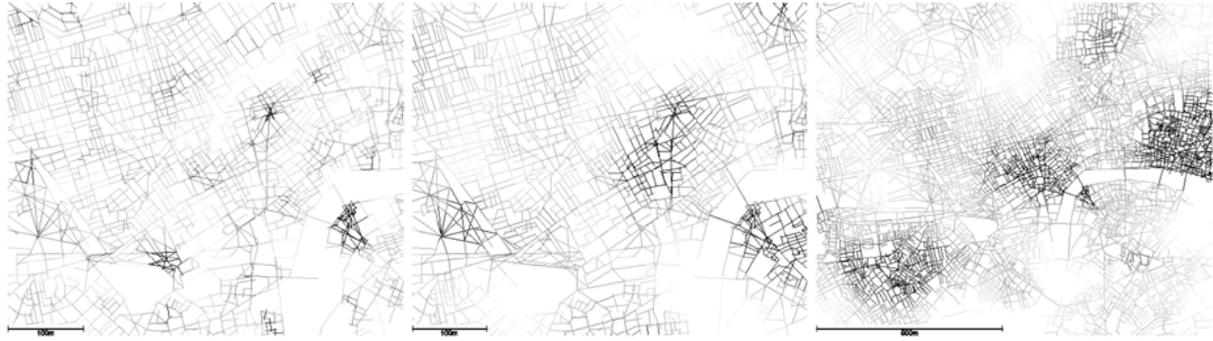
**Figura 3** – Situação de preservação da área de estudo para os anos de 1989 e 2000. (Adaptado de RUFINO *et al.*, 2001)

O trabalho de Rufino *et al.* (2001) é muito interessante pois indica mudanças no uso do solo em um centro histórico. Apesar do importante resultado, o uso de técnicas de geoprocessamento é muito superficial, e não passa de sobreposição de camadas temáticas. Dessa forma, algumas das considerações do estudo são baseadas em simples análise visual, assim, carece de uma análise quantitativa ou mesmo qualitativa mais aprofundada.

Hillier *et al.* (2007) mostram como a aplicação da teoria da sintaxe espacial tem crescido nos estudos urbanos, e isso tem revelado uma curiosa dualidade morfológica pela qual o espaço urbano é localmente métrico, mas globalmente topo-geométrico: a organização do todo urbano é captada basicamente por relações topológicas inter-partes (p.ex. quantidade mínima de inflexões de percursos entre elas), ao passo que, para revelar a configuração local de bairros, é preciso lançar-se mão de variáveis métricas (distâncias, forma e tamanho de quarteirões etc.). Isso significaria que, globalmente, todas as cidades são similares, pois sempre se trata de otimizar o tempo médio de deslocamento através do tecido urbano; localmente, elas se diferenciariam em função de aspectos socioculturais (relações mais ou menos diretas entre interior e exterior, existência ou não de ruas sem-saída etc.).

Por um lado, a topo-geometria global tem permitido estabelecer fortes correlações entre as medidas sintáticas, p.ex., o fluxo veicular. Por outro, é controverso que todas as cidades do mundo sejam globalmente semelhantes, como mostrou Medeiros (2006). Além disso, pesquisa mais recente tem revelado que há vantagens em incluir, também no nível global da cidade, atributos métricos (p.ex. Peponis, 2007). O próprio Hillier e colaboradores (Hillier *et al.*, 2007) tendem recentemente a utilizar dimensões métricas para revelar uma nova faceta urbana: a divisão da cidade inteira em frações semi-discretas, pela aplicação da “medida métrica universal” em diferentes raios, a partir do que identificam-se como “áreas naturais”, ou centralidades, na cidade, em todas as escalas.

Baseados nisso, Hillier *et al.* (2007) sugerem que a medida métrica universal, captura com exatidão a configuração e a funcionalidade das propriedades locais dos fragmentos da rede, notavelmente a diferenciação espacial das áreas, enquanto as medidas topo-geométricas identificam a estrutura que supera a instância local e conecta os fragmentos urbanos em diferentes escalas (Figura 4).



**Figura 4** – Assinatura da medida métrica para a parte central de Londres, para análise radial de 0,5, 1,5 e 3,5 km respectivamente. (Modificado de HILLIER, *et al.*, 2007)

Pela evidência tratada nesta Tese, ver-se-á que as cidades diferem tanto globalmente quanto localmente. Cada cidade deve ser estudada em particular, pois como Hillier *et al.* (2007) explicam, os aspectos sócio-culturais-históricos influenciam sobremaneira tanto na configuração, como na utilização do espaço urbano. Assim, o estudo intra-urbano da configuração associado a outras variáveis pode revelar aspectos muito importantes para compreensão do espaço urbano.

Peponis *et al.* (2007) analisam 118 áreas urbanas amostradas das 12 maiores regiões metropolitanas nos Estados Unidos. Eles utilizam medidas comuns como tamanho de bloco, densidade de vias, densidade de intersecções e distância entre intersecções. Além disso, os autores introduzem duas novas variáveis, Alcance e Distância Direcional.

A medida de Alcance é o comprimento de rua agregado que pode ser acessado do ponto central de cada segmento de via sujeito a uma limitação de distância. A medida de Distância Direcional é o número médio de mudanças de direção necessário para acessar todos os espaços dentro do alcance.

Peponis *et al.* (2007) estabelecem definições paramétricas dessas variáveis e implementam, para seu cômputo, um novo programa que utiliza representações-padrão de SIG para os eixos das vias.

Do ponto de vista metodológico, a medida de Alcance Métrico captura propriedades significantes da trama urbana e permite a discriminação entre segmentos de rua individuais e entre áreas locais diferentes. Decerto parece uma contribuição importante para a caracterização e o estudo comparativo de configurações urbanas.

A medida de Distância Direcional provê nova informação sobre os eixos das vias, pois a medida é sensível à forma da via e ao seu alinhamento. Além disto, segundo os autores, de acordo com pesquisas anteriores, a medida de Distância Direcional pode estar intimamente associada com inteligibilidade de vias, do ponto do agente que por elas se move.

Contudo, os avanços recentes ainda não estão disponíveis em aplicativos públicos. Por isto, nesta Tese, trabalha-se com a medida de integração global do sistema, de forma a analisar a acessibilidade de cada via em relação ao todo, com a utilização do *Depthmap®* que mensura, a partir dos eixos viários, diversas medidas relacionadas à Teoria de Sintaxe Espacial.

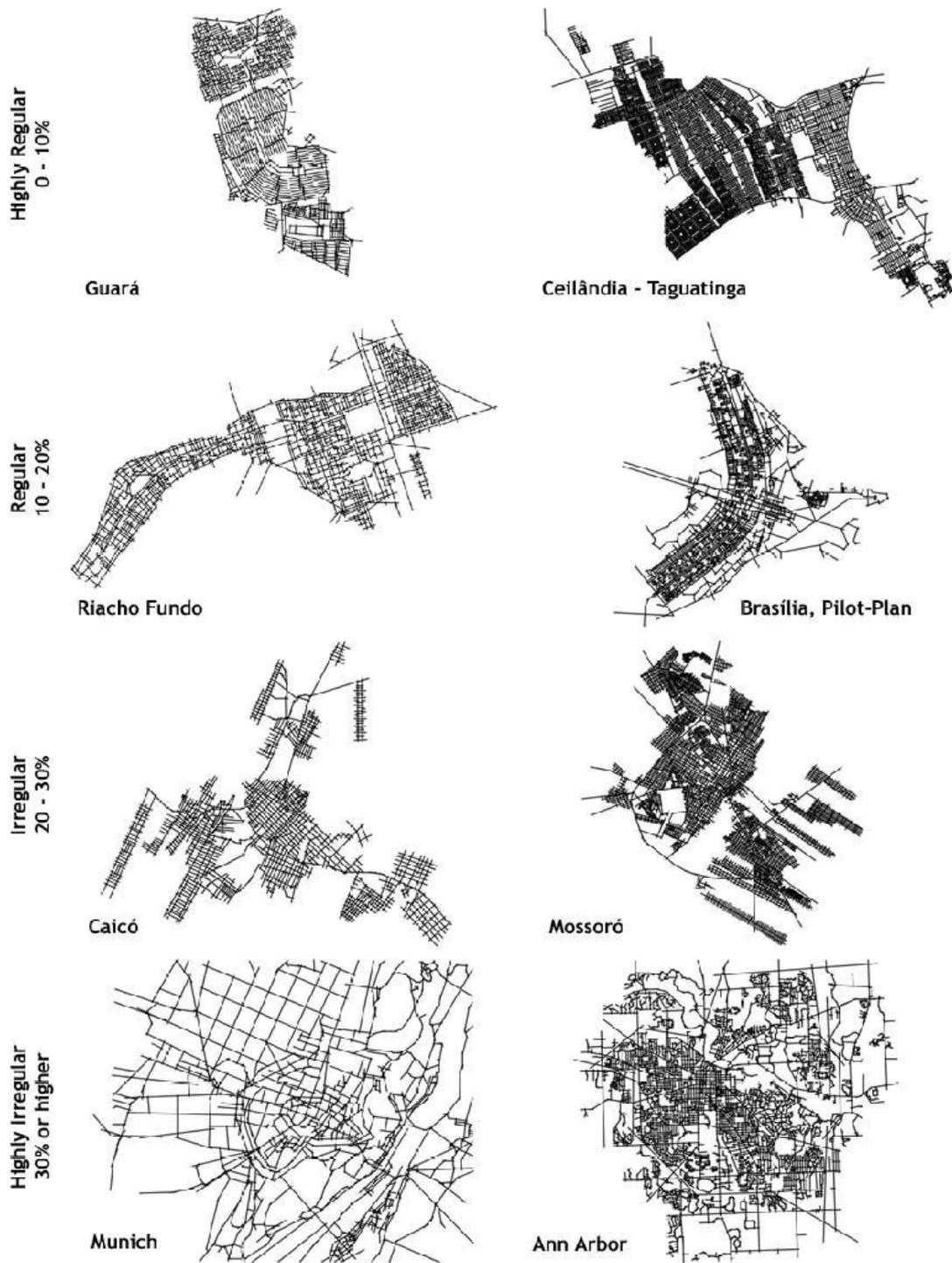
Figueiredo & Amorim (2005; 2007) desenvolvem um trabalho onde apresentam uma representação linear do ambiente construído chamada “linha de continuidade.” Uma linha de continuidade é a agregação de várias linhas axiais para representar um caminho urbano em sua extensão mais longa, desprezando-se sinuosidades até um certo limite que pode ser definido no processamento, mediante informação fornecida dentro do aplicativo (no caso, o *Mindwalk®*, outro aplicativo que calcula diversas medidas relacionadas à Teoria de Sintaxe Espacial). Esse conceito está baseado em dois argumentos principais: primeiro, que a noção de continuidade já está embutida no sistema axial; segundo que as linhas de continuidade reforçam a relação entre as propriedades configuracionais e a geometria escondida dos mapas axiais. A variável é similar àquela de Peponis *et al.* (2007) (Distância Direcional), e pode tê-la antecedido.

O objetivo do trabalho de Figueiredo & Amorim foi discutir a representação axial da configuração de espaço. Eles examinam as limitações do modelo axial para propor uma representação linear nova do ambiente construído, chamada “linha de continuidade”. Os autores buscam minimizar o impacto da representação de longas linhas de movimento como linhas axiais únicas e caminhos curvados e sinuosos como séries de linhas fragmentadas. Isto é possível pela agregação de linhas axiais que representam um caminho urbano em sua máxima extensão. O interesse dos autores é melhorar o sistema axial, sem desafiar suas bases conceituais. Finalmente, Figueiredo & Amorim (2005; 2007) propõem uma nova classificação

taxonômica para malhas urbanas, fundamentalmente baseada na natureza geométrica da própria malha, que emerge do processo de agregação axial.

Figueiredo & Amorim (2005; 2007) concluem que os mapas de continuidade realmente são bem diferentes dos mapas axiais e permitem melhores correlações, p.ex., entre configuração e fluxos veiculares. Eles apresentam um núcleo de integração mais disperso, que é excessivamente concentrado nos mapas axiais, o que representa mais claramente o caráter distributivo de acessibilidade dentro da malha, particularmente naquelas muito deformadas. Revela-se a importância de caminhos curvos e sinuosos como rotas alternativas para longas viagens dentro da cidade. Tais resultados têm implicação significativa no estudo dos padrões de movimento veicular que são associados a viagens que utilizam caminhos longos (Figura 5).

O sistema de circulação do Distrito Federal ilustra esta situação, pois as vias mais integradas estão distantes do CCS. O cálculo de integração realizado nesta Tese mostra que a Estrada Parque de Indústria e Abastecimento – EPIA, o eixo viário mais longo, que dá acesso à região Nordeste, de um lado, e Sudeste, de outro, é o mais integrado, e ela encontra-se afastado do CCS, que é definido como o encontro dos eixos Rodoviário e Monumental. Isso mostra, como Figueiredo & Amorim (2005; 2007) afirmam, que há um impacto significativo tanto na via mais integrada, quanto na busca por caminhos alternativos, normalmente mais longos e menos inteligíveis, como forma de “fugir” de congestionamentos.



**Figura 5** – Taxonomia proposta para as malhas urbanas. (Figueiredo & Amorim, 2005).

Em 2007, Figueiredo & Amorim, aplicam o conceito de linhas de continuidade a uma base de dados de 22 países. Eles exploram como a representação da rede pode revelar características globais comuns a estes centros, ao mesmo tempo em que identifica as diferenças que refletem classes diferenciadas de cidades em função de aspectos locais. Dessa forma, os autores propõem uma nova taxonomia para malhas urbanas.

Nesse trabalho, Figueiredo & Amorim (2007) mostram que as linhas de continuidade são uma ferramenta poderosa para a representação e análise da malha urbana. Essa técnica descritiva aparece nos recentes desenvolvimentos nas ciências de rede, e traz contribuições a partir de campos como as estatísticas mecânicas e biologia.

São exploradas pelos autores só algumas dessas ferramentas inovadoras em um grande banco de dados de mapas de continuidade. Os resultados revelam propriedades interessantes sobre as áreas estudadas. Eles encontram que a organização do espaço subjacente da grade urbana é muito mais complexo do que simples arranjos geométricos e topológicos, como uma árvore ou uma malha perfeita.

A malha urbana é um tipo de estrutura diferente. Ela retém uma hierarquia clara como uma árvore enquanto permite curtas descrições como uma malha. Além disso, Figueiredo & Amorim (2007) mostram que embora composta de um conjunto de partes que seguem leis universais, essas partes são organizadas de modos incontáveis, o que reflete a história particular de cada cidade.

A estrutura peculiar do Distrito Federal, devido ao seu planejamento, torna-o um tipo singular para estudo, não encontrado em nenhuma outra cidade brasileira. A fragmentação da malha viária funciona também como um aspecto segregador. Essa característica local foi considerada como relevante para o estudo realizado nesta Tese. Contudo, a dispersão extrema da cidade (segunda mais dispersa do mundo, segundo Ribeiro & Holanda, 2006), com grandes distâncias entre zonas urbanas isoladas entre si, exigiu, nesta Tese, a incorporação mais explícita de dimensões métricas na escala global da metrópole, que não estão contempladas nas pesquisas recentes de Hillier, Peponis ou Figueiredo. Daí ter-se incluído também a distância métrica de setores censitários ao CCS, como se verá.

Rigatti & Ugalde (2007) analisam que durante os últimos cinquenta anos, cidades localizadas perto de Porto Alegre (RS), tiveram um crescimento urbano significativo por causa de uma intensa atividade industrial ocorrida no território. Lentamente, as áreas urbanas começam a se conectar umas às outras, o que forma um espaço novo em outra escala, e que desconsidera os limites político-

administrativos. A região metropolitana de Porto Alegre inclui 31 municipalidades das quais 13 concentram a principal conurbação e são estudadas pelos autores.

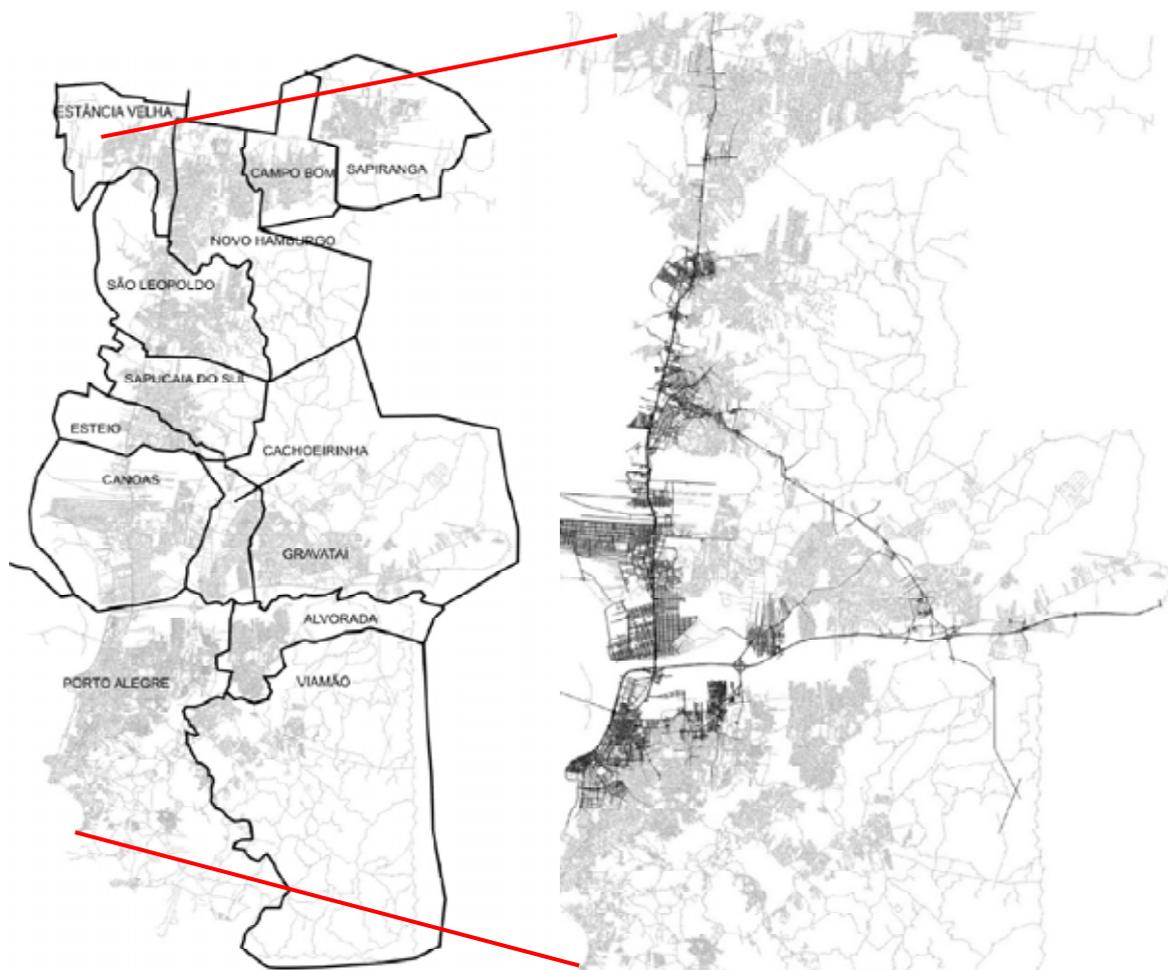
Aproximadamente quatro milhões de pessoas vivem nessa área (37% da população do Estado), ocupam 3,5% do território estadual, e são responsáveis por aproximadamente 40% do PIB<sup>9</sup> da unidade da federação. O objetivo principal do trabalho dos autores é investigar e avaliar como essa conurbação é estruturada, isto é, como são unidas as áreas urbanas que pertencem às municipalidades diferentes, como produz-se uma nova estrutura global. Além da análise da estrutura metropolitana, o trabalho desenvolvido por Rigatti & Ugalde (2007) também permitiu verificar o aparecimento de estruturas locais que ajudaram a construir esta conurbação.

O estudo dos autores inicia-se com o exame da estrutura da região metropolitana, que é apoiado pela comparação com os resultados das análises das cidades separadamente. Conseqüentemente, é possível identificar as regularidades e as diferenças entre essas cidades, o que permite a compreensão sobre como características específicas delas estão relacionadas aos seus papéis na região. É possível identificar uma tipologia espacial entre as cidades, baseada no modo como elas estão ligadas para construir a conurbação ao invés de se basear nas características internas delas. Além disso, é possível identificar novas conurbações dentro da conurbação, que só são percebidas quando as cidades são analisadas em conjunto. Finalmente, as estruturas locais pareceram surgir na conurbação como resultado do modo como as partes estão conectadas ao todo e de acordo com a construção do processo de integração (Figura 6).

Assim como os autores explicam, a análise sistêmica é fundamental para que se revele a configuração da área de estudo. Este tipo de análise é a forma mais efetiva de se aproximar da realidade, mas a análise da variável de configuração por si só não revela aspectos importantes da qualidade de vida urbana. Nesta Tese trabalha-se de modo a não apenas a analisar o sistema configuracional, mas inclui-se variáveis importantes, como socioeconomia e meio ambiente, a fim de se modelar a realidade urbana de forma mais fidedigna possível.

---

<sup>9</sup> Produto Interno Bruto.



**Figura 6** – Região metropolitana de Porto Alegre e o seu núcleo de integração global. (Adaptado de Rigatti & Ugalde, 2007)

Medeiros (2006) desenvolve uma investigação comparativa das cidades brasileiras no cenário mundial. O estudo explora características configuracionais em desenhos urbanos para identificar se há ou não uma cidade brasileira típica. A amostra do estudo consistiu em 164 mapas axiais: 44 de cidades no Brasil e 120 de cidades no mundo. O autor utiliza ferramentas de sintaxe espacial e técnicas de geoprocessamento.

O trabalho de Medeiros (2006) é direcionado por perguntas como: as cidades brasileiras são similares a outros assentamentos urbanos no mundo considerado o aspecto configuracional? e, baseado na configuração, é possível identificar um tipo ou uma típica cidade brasileira?

Quando todas as variáveis e resultados são colocados em uma única tabela, alguns aspectos surgem: a maioria de coincidências é achada entre cidades brasileiras e europeias, em relação a valores médios das variáveis sintáticas. Há

também uma forte associação entre as cidades brasileiras e as cidades da região do Pacífico asiático.

Os resultados encontrados por Medeiros (2006) indicam que as cidades brasileiras são semelhantes às européias em relação à estrutura, essas semelhanças são relacionadas aos valores médios, o que mostra um paralelo entre a conexão da grade urbana. Os mapas axiais do Rio de Janeiro e Lisboa ou Ouro Preto e Óbidos mostram claramente que as vias nas cidades portuguesas encontram-se em acordo com as feições geográficas do local. Simultaneamente, há uma associação positiva entre as cidades brasileiras e as cidades do Pacífico asiático, mas em relação ao tamanho, por causa da correspondência observada pelo autor dos valores máximos e mínimos.

As cidades brasileiras contemporâneas são tão grandes quanto às metrópoles Pacífico asiático, e tendem a crescer em padrões labirínticos: São Paulo e Tóquio encontram-se na lista das 10 maiores cidades do mundo. Desenvolvimentos futuros podem conduzir a um quadro refinado, o que pode incluir outras variáveis, além da inclusão de novas cidades em um banco de dados urbano robusto (MEDEIROS, 2006).

Assim como os trabalhos anteriores, o trabalho realizado por Medeiros (2006) busca analisar e compreender apenas o aspecto configuracional das cidades. Nesta Tese, são utilizadas as descobertas de Medeiros para bem situar Brasília no panorama mundial, mas também avançar-se pela inclusão de outras variáveis urbanas, de forma a se construir uma proposta metodológica que melhor represente a cidade, como base para políticas públicas de inclusão social.

## **Qualidade de Vida Urbana**

### **Índice de Exclusão/Inclusão Social**

No Brasil existem diversos índices socioeconômicos que procuram expressar as diferenças existentes na população. Esses índices são, normalmente, baseados em levantamentos censitários e cobrem aspectos ligados a renda, escolaridade, longevidade, diversas características domiciliares, acesso a saneamento básico, abastecimento de água, coleta de lixo, entre outros.

Desde a década de 1960, quando se abordava o tema de socioeconomia, praticamente tratava-se de aspectos ligados a renda, na qual o principal exemplo de indicador utilizado para quantificar o nível de desenvolvimento socioeconômico de um país era o seu PIB *per capita*. Esse indicador, como foi mostrado posteriormente, mascarava as desigualdades sociais, principalmente aspectos ligados à pobreza (JANUZZI, 2004).

Até o final da década de 1970, diversos governos buscaram o desenvolvimento de indicadores que melhor representassem as mudanças e desigualdades sociais. O governo norte-americano investiu muito para o desenvolvimento de tais indicadores. A partir desse momento, inaugurou-se o “Movimento dos Indicadores Sociais” (JANUZZI, 2004). Os dados gerados trouxeram grandes expectativas a respeito de melhoria de qualidade social e da distribuição de renda, mas o grande otimismo depositado sobre as potencialidades desses indicadores não se realizou, o que trouxe descrédito e ceticismo a esse tipo de metodologia.

Mas esse descrédito durou pouco, em meados da década de 1980 com o melhoramento das novas experiências de formulação e implementação de políticas públicas, o instrumental de indicadores sociais voltou com grande força (JANUZZI, 2004).

A partir da década de 1990, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), sob a influência de Amartya Sen, agregou variáveis além de renda, como oportunidades, liberdade, auto-estima, dignidade e respeito ao conceito de desenvolvimento humano, conhecido como Índice de Desenvolvimento Humano – IDH (MAXWELL, 1999 *apud* GENOVEZ, 2002).

Somente no final da década de 1990 esses índices passaram a ter um caráter espacial, não mais se têm números frios, mas a partir desse momento passa-se a verificar aonde esses números ocorrem. Com isso, abriu-se um grande leque de possibilidades de análise a partir das variações espaciais. Para Koga (2003:20) “A vida da população se dá em condições concretas, espacializadas, peculiares, nas quais o território e suas condições são determinantes. Como diz Amartya Sen, “o lugar faz diferença””.

Mesmo com esses avanços metodológicos, no Brasil, ainda se usou por um bom tempo o conceito de renda para caracterizar pobreza e desigualdade social. Como exemplo pode-se tomar o Mapa do Fim da Fome, que em 2001 revelou que 29% da população brasileira é constituída por indigentes, totalizando à época 50 milhões de pessoas. Mas para classificar o aspecto de indigência foram utilizados critérios da Organização Mundial de Saúde (OMS), que definia que uma pessoa precisaria ter renda *per capita* mensal mínima de R\$80,00 ou meio salário mínimo para atender suas necessidades básicas. O cálculo foi contestado pelo Governo Federal na época, pois esse considerava como indigente uma pessoa que recebia 1/3 do salário mínimo (KOGA, 2003). Por esse exemplo fica claro que o conceito de renda ainda estava arraigado nas análises socioeconômicas.

A partir de 2000 introduz-se o conceito de exclusão social às diversas pesquisas socioeconômicas. Esse conceito, por ser de caráter mais abrangente e multidimensional, passa a agregar a dimensão territorial às análises, pois

a exclusão social é também territorial. O fato é que à medida que se vão sendo considerados os territórios locais, as desigualdades internas se tornam mais visíveis e gritantes. Este movimento da lente passando de um território mais amplo até chegar no município significa um exercício metodológico importante no debate sobre as políticas públicas, justamente no que se refere ao estatuto dos padrões de inclusão social que a sociedade brasileira almeja, sem desconsiderar as realidades locais e suas desigualdades internas. (KOGA, 2003:72)

Far-se-á aqui um breve levantamento dos principais índices socioeconômicos, com caráter espacial, desenvolvidos no Brasil. Pretende-se mostrar os diferentes aspectos de cada índice de forma sucinta, de modo a justificar a escolha metodológica feita nesta Tese.

Foram escolhidos seis índices para exemplificação, baseado nos critérios de representação espacial, representação intraurbana, disponibilidade da metodologia utilizada, disponibilidade de dados e resultados ao público e que representassem experiências nas grandes regiões brasileiras. Não foram encontrados exemplos para a região centro-oeste. Assim, os índices escolhidos foram:

- Mapa da Pobreza do Paraná;
- Mapa da Exclusão Social de Belo Horizonte;
- Índice de Qualidade de Vida Urbana de Belo Horizonte;

- Desenvolvimento Humano Sustentável no Recife Metropolitano;
- IDH de Manaus; e
- Mapa da Exclusão/Inclusão Social da Cidade de São Paulo.

O Quadro 1 agrega as experiências segundo tipologia definida por Koga (2003), de acordo com suas características mais significativas.

**Quadro 1** – Tipologia das Experiências Intra-urbanas.

Tipologia	Experiência	Órgão Responsável	Região	Ano
Temática	Mapa da Pobreza do Paraná	IPARDES	Sul	1997
	Mapa da Exclusão Social de Belo Horizonte	PMBH/PUC-MG	Sudeste	1999
Hierárquica	IDH de Manaus	PNUD	Norte	2001
	IDH do Recife Metropolitano	PNUD	Nordeste	2000
Normativa	IQVU de Belo Horizonte	PMBH/PUC-MG	Sudeste	1996
	Mapa da Exclusão/Inclusão Social de São Paulo	PUC-SP	Sudeste	1996

Fonte: Adaptado de Koga, 2003: 87.

A tipologia temática refere-se às metodologias definidas por tema em sua construção; a hierárquica refere-se às metodologias terem caráter comparativo, o que permite o estabelecimento de uma ordem; e a normativa refere-se às metodologias que incorporaram um processo de normalização em seus cálculos (KOGA, 2003).

O problema da análise comparativa entre as várias experiências é a diferença entre as unidades territoriais de estudo, alguns casos distrito, outros bairros, outros setores censitários, cada qual com uma metodologia e definições próprias. Por esta razão, são apresentadas apenas as características gerais de cada uma delas. Como nesta Tese busca-se fazer uma análise intra-urbana, o método que melhor se aplicou é o que utiliza setores censitários, pois é a menor unidade de levantamento de dados, atualmente existente no Brasil. Os demais métodos tratam de uma visão regional, mas que vários autores utilizam para delinear aspectos e análise intra-urbanas, o que não poderia ter sido feito, uma vez que não há grau de detalhamento para tal.

### ***Mapa da Pobreza do Paraná***

As informações a respeito do Mapa da Pobreza do Paraná foram extraídas do documento de mesmo nome desenvolvido pelo Instituto Paranaense de Desenvolvimento Social (IPARDES) no ano de 1997. O intuito desse estudo foi

fornecer informações aos municípios do Estado do Paraná sobre as condições sociais ligadas à pobreza, de forma a permitir a definição de critérios de intervenção por prioridade e por localidade.

As fontes de dados que atendem ao trabalho são IBGE e Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Os valores utilizados no estudo são referentes ao ano de 1991, e a unidade espacial utilizada é a malha municipal do Paraná, sendo que o resultado é disponibilizado como Mapa da Pobreza Urbana e Mapa da Pobreza Rural, considerando sempre a mesma unidade territorial, o município.

Este índice é formado pelas variáveis obtidas a partir do levantamento censitário de 1991 do IBGE:

### **Condição do Domicílio**

- Densidade de moradores: proporção de domicílios com mais de seis moradores;
- Canalização Interna: proporção de domicílios sem canalização interna;
- Domicílios Precários: proporção de domicílios localizados em aglomerações subnormais (favela e assemelhados) e improvisados (para uso temporário).

### **Condição de Saneamento**

- Abastecimento de Água: proporção de domicílios sem ligação geral à rede de abastecimento de água;
- Instalação Sanitária: proporção de domicílios se ligação à rede geral de coleta de esgotos;
- Coleta de Lixo: proporção de domicílios sem serviço de coleta de lixo.

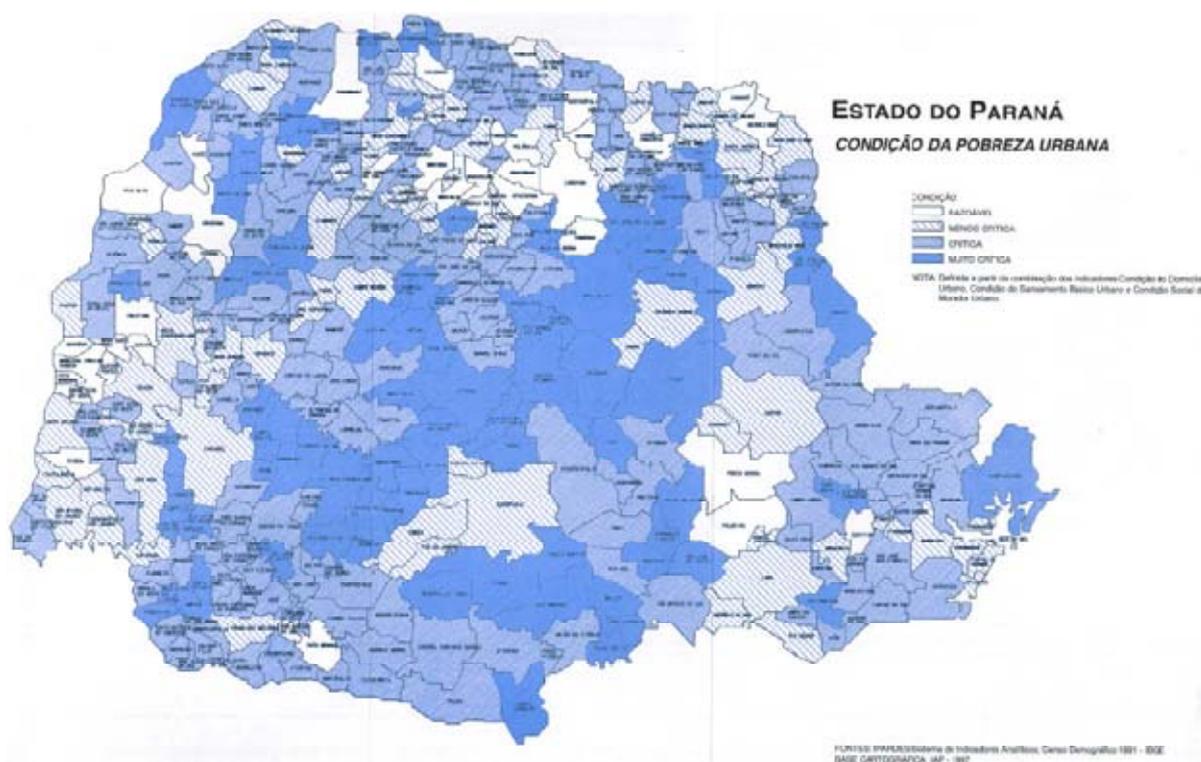
### **Condição Social do Chefe do Domicílio**

- Renda: proporção e chefes de domicílios com rendimento de até 2 salários mínimos (a informação de renda do chefe de família foi utilizada em função da indisponibilidade da renda família, e foi selecionada como uma

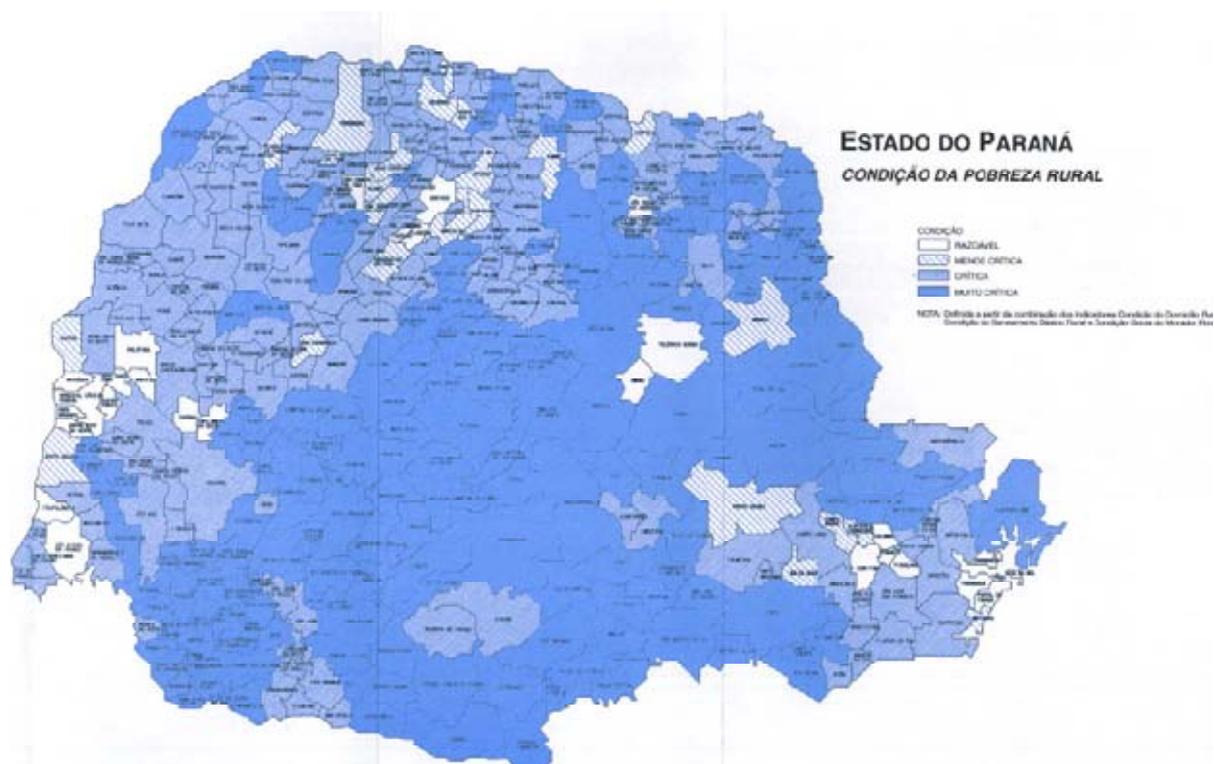
aproximação ao corte de renda utilizada na definição de pobreza, de acordo com o governo);

- Instrução: proporção de chefes de domicílios com ensino fundamental (antigo 1º grau) incompleto (foi selecionado devido à legislação pertinente à época considerar o ensino fundamental como mínimo obrigatório).

As variáveis citadas são agrupadas e os municípios são classificados segundo valores 4-Razoável, 3-Menos crítica, 2-Crítica e 1-Muito Crítica, onde 4 indica o melhor desempenho e 1 o pior. As figuras 7 e 8 apresentam respectivamente o Mapa da Pobreza Urbana e o Mapa da Pobreza Rural. Segundo Koga (2003), o Mapa de Pobreza do Paraná apresenta mais um aspecto descritivo, embora seja declarado por seus organizadores sua utilidade para gestão pública.



**Figura 7** – Mapa da Pobreza Urbana do Paraná (IPARDES, 1997:21).



**Figura 8** – Mapa da Pobreza Rural do Paraná (IPARDES, 1997:22).

Ainda de acordo com Koga (2003:129),

O próprio conceito de pobreza termina por delimitar o alcance da metodologia, engessando-a na perspectiva de uma proposta de caracterização estática da realidade, sem contudo indicar um movimento interno, processual que o conceito de exclusão termina por permitir.

Dessa forma, o resultado apresentado por essa metodologia, assim como comentado por Koga, mostra-se ainda preso no conceito de qualificação de renda para expressar a desigualdade social. Este conceito de pobreza se encontra ultrapassado, pois não consegue representar as condições de desigualdade existentes na população, apenas ilustra as condições de renda das regiões. Nesta Tese, busca-se trabalhar não com o conceito de pobreza, mas com o conceito de exclusão social proposto por Sposati (1996), que abarca diversas dimensões socioeconômicas urbanas para caracterizar as situações de risco na cidade.

### ***Mapa da Exclusão Social de Belo Horizonte***

Para elaboração desse índice considera-se que o conceito de exclusão não é apenas a falta de acesso a bens e serviços que atendam as necessidades básicas, mas também a ausência de acesso à segurança, justiça, cidadania e representação

política (NAHAS, 2002a). A unidade espacial utilizada é a Unidade de Planejamento (UP) adotadas pelo Planejamento Municipal de Belo Horizonte, e os dados são referentes ao ano de 1996.

O núcleo central dessa metodologia está baseada no Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) que procura dimensionar o acesso da população à cinco dimensões, consideradas por Nahas (2002a) como essenciais para se alcançar cidadania:

- **Dimensão Ambiental:** acesso a uma moradia com qualidade, do ponto de vista da densidade do domicílio, da qualidade da edificação e da infraestrutura urbana disponível. As variáveis que compõem essa dimensão são:
  - Acesso a moradia;
  - Acesso aos serviços de infraestrutura urbana.
- **Dimensão Cultural:** acesso à educação formal que permita inserção em processos políticos, sociais e econômicos de caráter mais globais. A variável que compõe essa dimensão é:
  - Acesso à educação.
- **Dimensão Econômica:** acesso à ocupação, preferencialmente formal, e a um nível de renda. As variáveis que compõem essa dimensão são:
  - Acesso ao trabalho;
  - Acesso à renda.
- **Dimensão Jurídica:** acesso à assistência jurídica de qualidade, aqui considerada como sendo a assistência privada. A variável que compõe essa dimensão é:
  - Acesso à assistência jurídica.
- **Dimensão Segurança de Sobrevivência:** acesso a serviços de saúde, garantia de segurança alimentar e acesso aos benefícios da previdência social. As variáveis que compõem essa dimensão são:
  - Acesso aos serviços de saúde;
  - Garantia de segurança alimentar;
  - Acesso à previdência social.

O cálculo do IVS se dá por sucessivas agregações por meio de médias aritméticas ponderadas. O resultado final varia em uma escala entre 0 e 1, como o

IVS expressa uma situação negativa, a vulnerabilidade social da população, quanto maior o seu valor pior a situação da população naquela área (NAHAS *et al.*, 2000) (Figura 9). Segundo Koga (2003), o Mapa da Exclusão Social de Belo Horizonte coloca-se útil em diversos níveis:

- **Comunidade Acadêmica:** permite análises e diagnósticos sociais dos diferentes espaços da cidade;
- **Poder Público:** pode fundamentar e subsidiar ações de políticas sociais. Pode ser utilizado como critério de distribuição de recursos no Orçamento Participativo;
- **Parte da Sociedade Civil:** ligada ao desenvolvimento de ações voltadas para a redução dos problemas sociais;
- **Pela População em geral:** em sua função de controle e monitoramento governamental.

O fator limitante nessa metodologia encontra-se na própria elaboração do índice, pois ele busca expressar níveis diferentes de exclusão social, além de avaliar as discrepâncias intra-urbanas e quantificar a distância entre o mais incluído e o mais excluído, mas não chega a determinar a partir de que ponto se pode considerar um local da cidade como excluído ou incluído (KOGA, 2003), pois analisa de forma isolada como cada município se comporta a partir de suas variáveis, sem considerar a relação com seus vizinhos.

Esta limitação pode fazer com que o resultado obtido possa variar dentro do conjunto analisado, o que pode levar a uma distorção, que faria os valores aproximarem-se dos extremos da escala adotada. Como é calculado, este índice indica muito mais questões de vulnerabilidade social do que propriamente de exclusão social (KOGA, 2003). Assim, nesta Tese, realiza-se análise intra-urbana, a partir de setores censitários, de forma que é possível identificar a posição relativa de cada setor ante os demais do sistema. Além disso, estabelece-se uma *escala de variação* que permite identificar, a partir dos pólos teóricos extremos de *exclusão* e *inclusão*, em que ponto da escala situa-se cada setor e sua respectiva população.

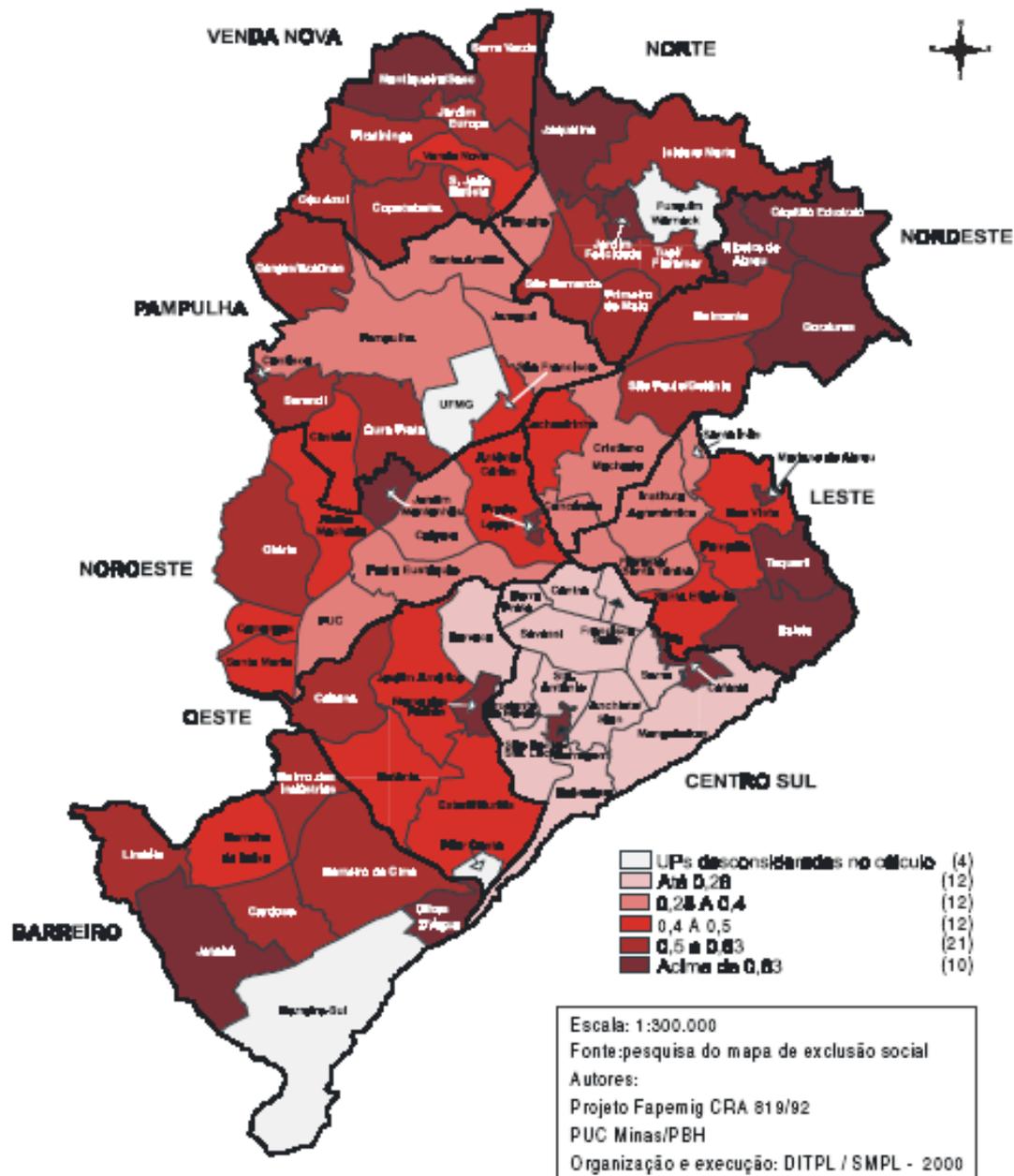


Figura 9 – Mapa da Exclusão Social de Belo Horizonte (NAHAS, 2002b).

### ***Índice de Desenvolvimento Humano Municipal do Recife Metropolitano e de Manaus***

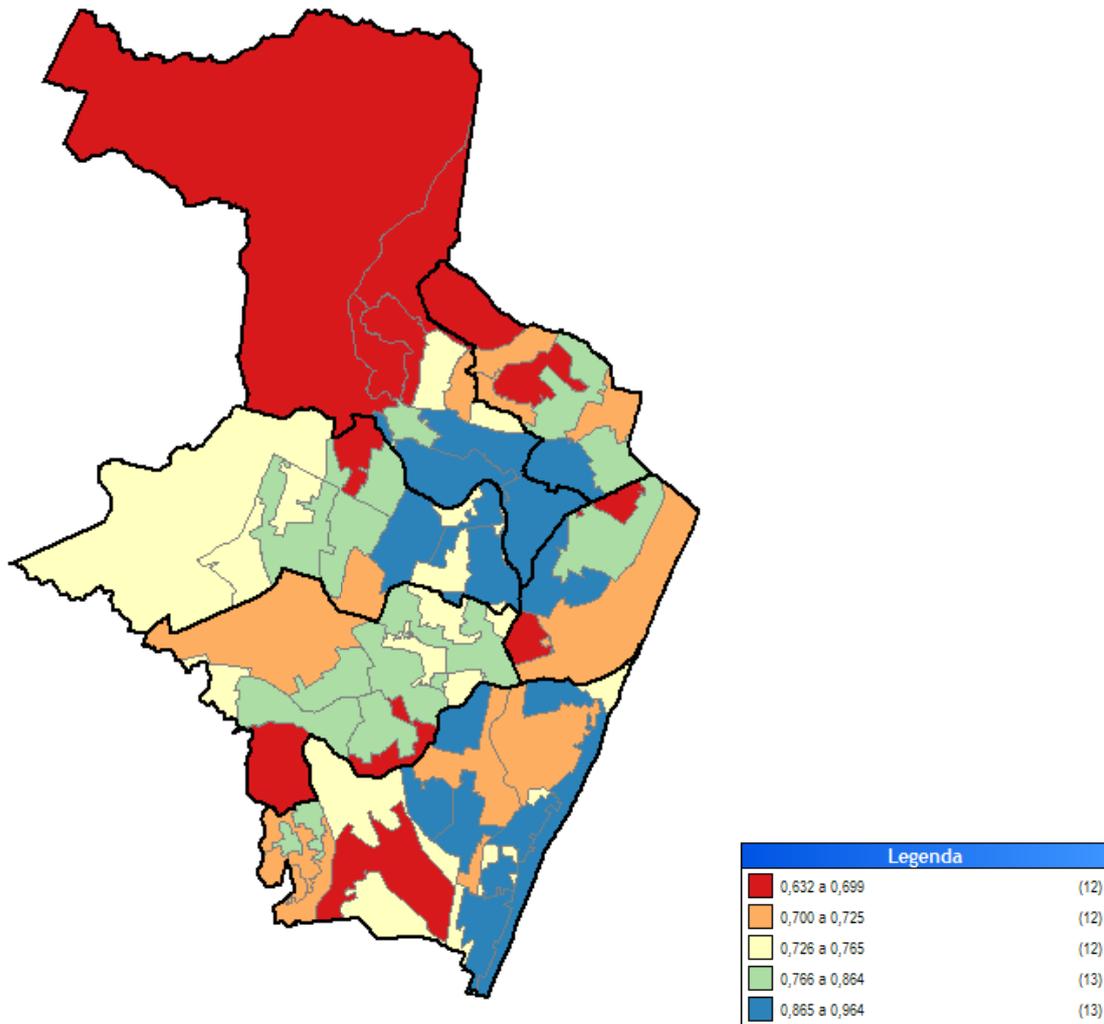
Esse índice é baseado no conceito desenvolvido pelas Nações Unidas/Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (ONU/PNUD), com adaptação à realidade municipal, sendo conhecido como Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M). O IDH-M está baseado nos preceitos de educação, renda e longevidade, para o Recife Metropolitano é claro o uso do conceito de pobreza humana para sua avaliação. Para Manaus, apesar desse conceito não estar explícito, como sua construção é baseada nos conceitos do relatório da

ONU/PNUD, pode-se pressupor que ele também utilize o conceito de pobreza humana (KOGA, 2003).

A diferença entre o IDH e o IDH-M é que este último trata a educação a partir do número médio de anos de estudo, ao invés da quantidade de matrícula combinada nos três níveis de ensino. Outro diferencial é que, em relação à renda, o IDH-M utiliza a renda *per capita* familiar, enquanto o IDH utiliza o PIB *per capita*, medido em dólares, corrigido por um índice de ajuste do poder de compra. “É possível que a metodologia do IDH-M, mais elaborada e, ao mesmo tempo, mais desagregada espacialmente, apresente indicativos mais condizentes com as realidades vividas pelos diferentes municípios brasileiros.” (KOGA, 2003:99)

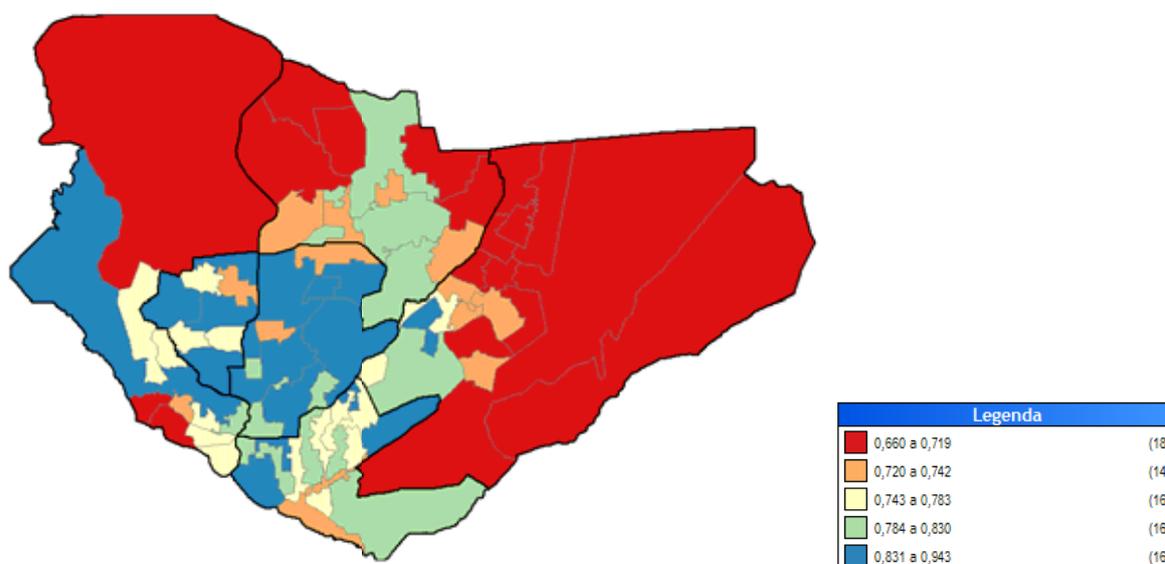
A unidade espacial utilizada para análise é a Unidade de Desenvolvimento Humano (UDH), baseada nas bases espaciais de setores censitários, bairros e zonas dos municípios analisados (PNUD, 2008b)

O objetivo do IDH-M do Recife Metropolitano (Figura 10) é o de colocar o tema de desenvolvimento humano sustentável na agenda de planejamento, de forma a se buscar uma construção democrática de políticas públicas, com a participação do governo, iniciativa privada e sociedade civil.



**Figura 10** – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal do Recife Metropolitano para o ano de 2000. (PNUD, 2008a)

Para o IDH-M de Manaus (Figura 11), além da motivação presente do IDH-M do Recife Metropolitano, fica explícito o desejo de democratização de informações a fim de consolidar a identidade da região, e assim permitir o aumento de seu autoconhecimento a respeito de seu passado recente, presente e as potencialidades para o futuro (PNUD, 2008b).



**Figura 11** – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal de Manaus para o ano de 2000 (PNUD, 2008b)

O IDH-M é construído por indicadores mais simples, como renda, saúde e educação. Apesar da vantagem desse índice permitir a comparação entre regiões, ele aborda somente a dimensão social. Sabe-se que a composição das características de uma população é mais complexa do que apenas esse nível, uma vez que deve considerar a distribuição da população, meio ambiente, qualidade de vida, etc., como é feito nesta Tese. Assim, o IDH-M representa somente uma parcela das características da região estudada.

### ***Índice de Qualidade de Vida Urbana de Belo Horizonte***

O Índice de Qualidade de Vida Urbana de Belo Horizonte (IQVU-BH) surge como um importante instrumento para monitorar as ações públicas. Assim, se ele tiver atualizações periódicas, permitirá o acompanhamento e avaliação da evolução da expansão urbana. Conforme seus idealizadores, esse índice pode fornecer informações para orientar uma distribuição mais justa e eficiente dos recursos públicos (KOGA, 2003).

O IQVU-BH procura retratar a questão de qualidade de vida, com enfoque nas áreas marginalizadas. Esse índice “faz uma relação direta entre a situação de exclusão social e os recursos existentes ou inexistentes de enfrentamento à mesma.” (KOGA, 2003:128)

O IQVU-BH é calculado com dados de 1994 e utiliza 75 indicadores espaciais, que procuram representar a distribuição intraurbana da oferta de serviços

e recursos urbanos relacionados a abastecimento, assistência social, cultura, educação, esportes, habitação, infra-estrutura, meio ambiente, saúde, segurança e serviços urbanos (NAHAS, 2000). É utilizada a mesma unidade territorial do Mapa de Exclusão Social de Belo Horizonte para a espacialização do IQVU-BH.

Esse índice além de ser uma medida de acessibilidade aos serviços públicos, definido como tempo de deslocamento entre as unidades espaciais, considera informações que procuram retratar o local analisado, no qual o foco é a oferta de equipamentos urbanos ou vinculados a eles. As variáveis de maior peso são habitação e infra-estrutura, que estão ligadas ao ambiente construído (NAHAS, 2000).

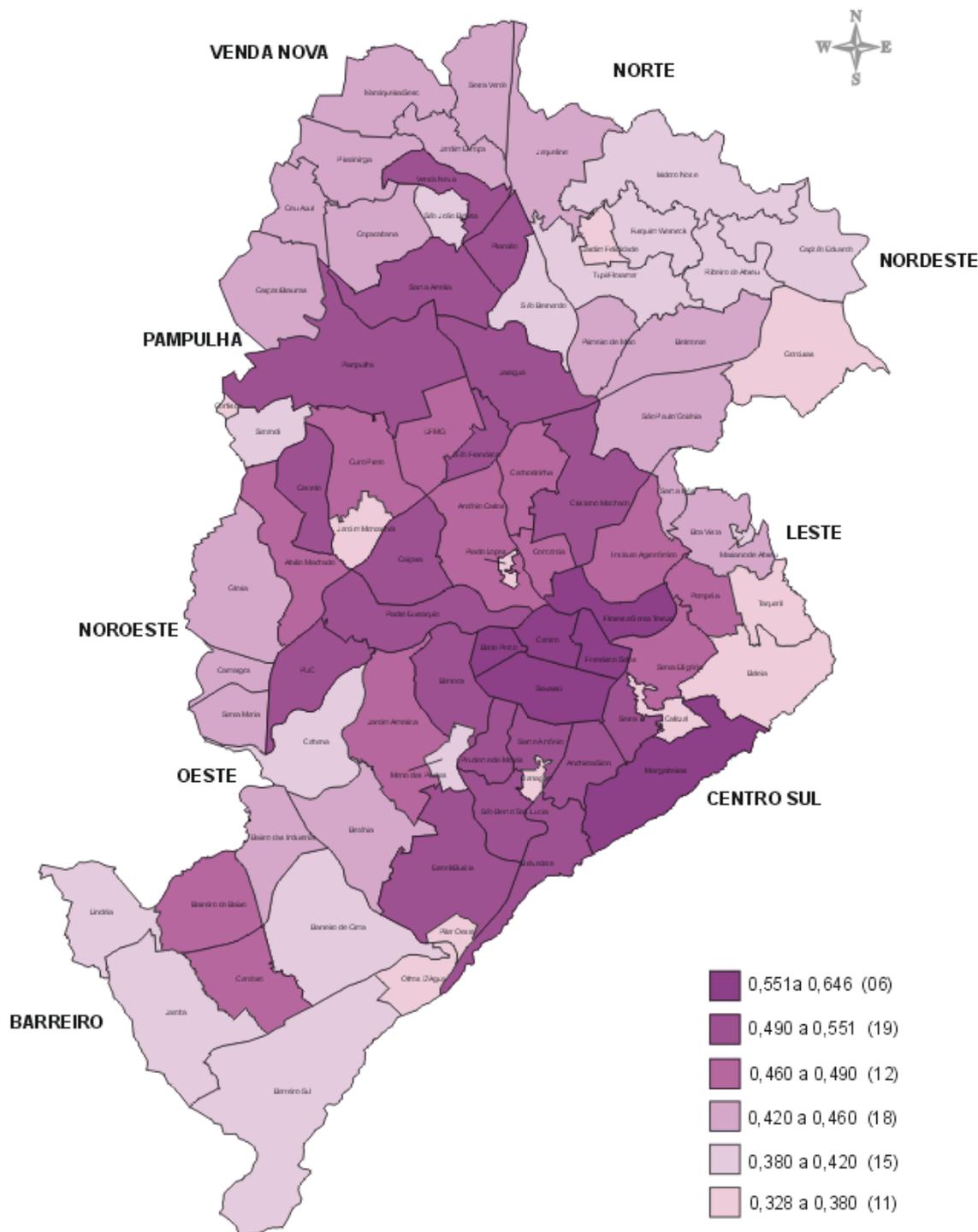
Segundo Nahas (2000) o cálculo do IQVU-BH é complexo, e necessita do desenvolvimento de um programa computacional específico para tal finalidade. De forma simplificada, ela propõe o cálculo em três etapas:

- I- Os indicadores são agregados em componentes e estes em variáveis, através de médias aritméticas simples, produzindo um *Índice de Oferta Local* por variável, para cada UP<sup>10</sup>, ou seja, onze Índices de oferta local por UP;
- II- Estes Índices de Oferta Local são corrigidos por uma medida de acessibilidade cujo o valor depende da variável. A medida de acessibilidade visa tornar o cálculo mais preciso, considerando o fato de que a população de uma UP acessa serviços também em outra UP [...]. Tal correção pela medida de acessibilidade produz os *Índices Setoriais*.
- III- Os Índices Setoriais são agregados através de média aritmética ponderada num índice único, o IQVU de cada UP. Conforme mencionado, os pesos foram estabelecidos pelo grupo de colaboradores, mas posteriormente, foram ajustados de acordo com a qualidade das informações realmente obtidas para elaborar os indicadores. (NAHAS, 2000:10-11)

O resultado obtido proporciona a hierarquização das UPs em uma escala que varia entre 0 e 1, de forma que quanto maior o valor, melhor a qualidade de vida naquela UP, como pode ser visto na Figura 12.

---

<sup>10</sup> UP – Unidade de Planejamento.



**Figura 12** – Espacialização do IQVU-BH por UP para o ano de 1994 (PMBH, 2008).

O IQVU-BH é uma excelente experiência de espacialização de indicadores de qualidade de vida, acessibilidade e exclusão, mas em alguns aspectos torna-se difícil sua aplicação em outros municípios. Inicia-se a dificuldade pela definição das UP, um conceito aplicável a Belo Horizonte, mas que pode não corresponder à realidade de outras localidades; o valor do IQVU-BH é calculado por UP, assim o resultado obtido não reflete a interação com as UP adjacentes, uma vez que o valor

do índice é calculado individualmente para cada uma; os dados utilizados têm alto grau de detalhamento, são dados de levantamento de órgão locais, o que na maioria dos municípios brasileiros não ocorre. Por fim, é necessário o uso de um programa computacional específico, o que limita a aplicação em outros municípios, uma vez que há necessidade de adaptação do programa para tal finalidade.

Em relação aos índices anteriores, este índice é o que melhor retrata a realidade urbana, em função da quantidade de variáveis utilizadas e forma de tratamento espacial. Ele avança na questão de desenvolvimento de índices espaciais de qualidade urbana, mas representa a situação apenas dentro de cada UP. A cidade não deve ser vista como unidades fragmentadas, mas como um organismo sistêmico, onde as partes interagem continuamente para constituir o todo.

### **Índice de Exclusão/Inclusão Social de São Paulo**

Este índice foi desenvolvido pelo Núcleo de Seguridade e Assistência Social da PUC-SP, Instituto Pólis e Instituto de Governo e Cidadania. Sua metodologia serviu de base para a construção dos mapas de exclusão social de Curitiba e de Belo Horizonte (KOGA, 2003). As unidades espaciais utilizadas foram os distritos da cidade de São Paulo.

O Índice de Exclusão/Inclusão Social de São Paulo busca avançar em relação ao conceito de pobreza (que permeia fortemente os demais exemplos), ao incorporar um conjunto de utopias<sup>11</sup> relacionadas à inclusão social: autonomia, qualidade de vida, desenvolvimento humano e equidade. Das cinco experiências apresentadas, essa é a única que trabalha com o conceito de exclusão/inclusão social.

O significado da exclusão social no Mapa de Exclusão/Inclusão Social de São Paulo é entendido na perspectiva da privação coletiva e não somente pessoal, um processo múltiplo que se explica por várias situações de privação de autonomia, do desenvolvimento humano, da qualidade de vida e da equidade. A afirmação da inclusão social através dessas quatro utopias traz um diferencial na concepção do Mapa de Exclusão/Inclusão Social de São Paulo, preocupado em discutir não

---

<sup>11</sup> Termo utilizado pela idealizadora do índice para identificar as expectativas dos grandes grupos de análise.

somente o processo de exclusão social que se dá na cidade, mas também qual o desejo de cidade que se processa em sua população. (KOGA, 2003:127)

A metodologia do Índice de Exclusão/Inclusão Social classifica os distritos em função das distâncias do padrão de inclusão. Esse padrão é definido a partir das diferentes situações encontradas nos distritos de São Paulo para cada indicador (KOGA, 2003). Esse índice, estritamente socioeconômico, utiliza dados censitários para exprimir a situação das áreas analisadas. Primeiro são gerados os índices chamados de simples, a partir dos dados censitários, depois são gerados os índices compostos, a partir dos índices simples.

Os índices compostos representam quatro utopias para a construção da relação de exclusão/inclusão social (Sposati, 1996; Sposati, 2000b):

1. Autonomia: o conceito de autonomia é compreendido, no âmbito do Mapa da Exclusão/Inclusão Social, como a capacidade e a possibilidade do cidadão em suprir suas necessidades vitais, especiais, culturais, políticas e sociais, sob as condições de respeito às idéias individuais e coletivas, supondo uma relação na qual o Estado responsável por assegurar necessidades de satisfação coletivas, mas também, em que cidadão tem condições de complementá-las com acesso à oferta privada; supõe possibilidade de exercício de liberdades, tendo reconhecida a sua dignidade, e possibilidade de representar pública e partidariamente os seus interesses sem ser obstaculizado por ações de violação dos direitos humanos e políticos ou pelo cerceamento à sua expressão. Sob esta concepção, o campo da autonomia inclui não só a capacidade do cidadão se autosuprir, desde o mínimo da sobrevivência até necessidades mais específicas, como a de usufruir de segurança social pessoal mesmo quando na situação de recluso ou apenado. É este o campo dos direitos humanos fundamentais.

2. Qualidade de Vida: a noção de qualidade de vida envolve duas grandes questões: a qualidade e a democratização dos acessos às condições de preservação do homem, da natureza e do meio ambiente. Sob esta dupla consideração entendeu-se que a qualidade de vida é a possibilidade de melhor redistribuição – e usufruto – da riqueza social e tecnológica aos cidadãos de uma comunidade; a garantia de um ambiente de desenvolvimento ecológico e participativo de respeito ao homem e à natureza, com o menor grau de degradação e precariedade.

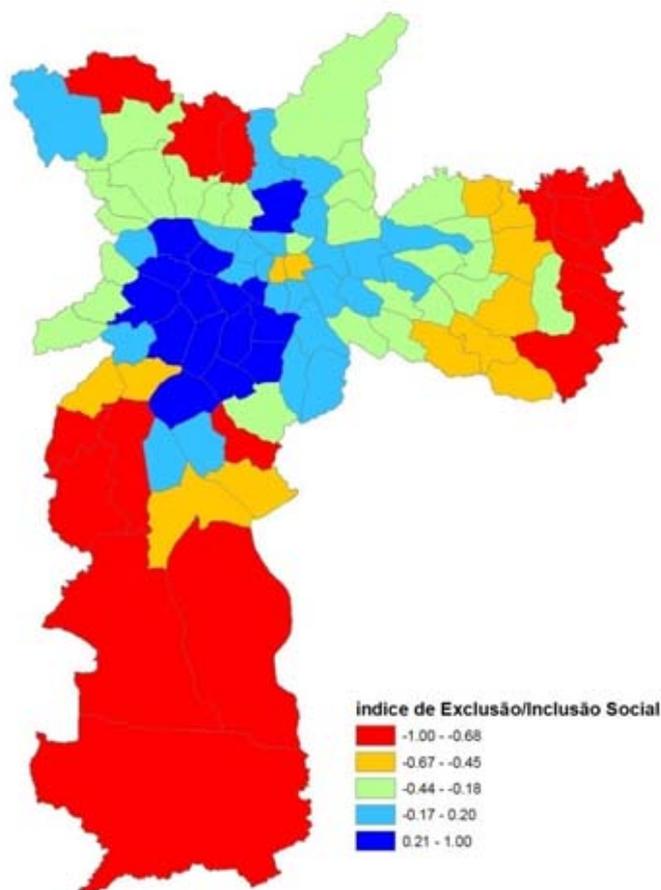
3. Desenvolvimento Humano: o estudo do desenvolvimento humano tem sido realizado pela ONU/PNUD, por meio do Indicador de Desenvolvimento Humano

(IDH). Com base em suas reflexões, entende-se que o desenvolvimento humano é a possibilidade de todos os cidadãos criarem uma sociedade melhor e desenvolverem seu potencial com menor grau possível de privação e de sofrimento; a possibilidade da sociedade poder usufruir coletivamente do mais alto grau de capacidade humana.

4. Eqüidade: o conceito de eqüidade é concebido como o reconhecimento e a efetivação, com igualdade, dos direitos da população, sem restringir o acesso a eles nem estigmatizar as diferenças que conformam os diversos segmentos que a compõem. Assim, eqüidade é entendida como possibilidade das diferenças serem manifestadas e respeitadas, sem discriminação; condição que favoreça o combate das práticas de subordinação ou de preconceito em relação às diferenças de gênero, políticas, étnicas, religiosas, culturais, de minorias etc. (Genovez, 2002:34-35)

Apesar dos conceitos de cada utopia, verifica-se que muitos deles não puderam ser mensurados, sendo representados os aspectos mais ligados à socioeconomia.

Por último é gerado o Índice de Exclusão/Inclusão Social, a partir dos índices compostos, esses são somados e normalizados. O resultado obtido mostra que os valores negativos indicam exclusão e os valores positivos indicam inclusão (Figura 13).



**Figura 13** – Índice de Exclusão/Inclusão Social de São Paulo para o ano de 1991 (CEDEST, 2008).

Sposati (2000) observa que a exclusão social em países em desenvolvimento é caracterizada por uma população que originalmente está à margem de condições de vida aceitáveis<sup>12</sup>, de forma que quanto maiores forem as desigualdades sociais maior será sua exclusão. Essa exclusão implica reconhecimento sobre a abrangência e a delimitação relativa do conceito, e gera questão como: o que significa exclusão? Quem é excluído? Excluído em relação a quê? (BESSIS, 1995; DUPAS, 1999) Esse limiar do conceito é flexível, e torna-se suscetível a variações no espaço e no tempo (KILMURRAY, 1995) e depende da percepção dos grupos considerados como excluídos e incluídos e do posicionamento do governo em relação a eles. Assim,

o debate conceitual apresenta significativa importância na produção do universo das medidas, pois a concepção de diferentes modelos implica diferentes indicadores estruturados para mensurar um determinado fenômeno (Maxwell, 1999). Neste contexto, capturar as múltiplas dimensões da exclusão/inclusão social, coloca como necessidades: (1) a obtenção de dados diversos

<sup>12</sup> De acordo com definição da ONU para limites de sobrevivência humana digna.

provenientes, quando possível, de diferentes fontes; (2) a concepção de diferentes indicadores que expressem, territorialmente, a exclusão/inclusão social no contexto estudado; (3) a produção de dados quantitativos vinculados a dados qualitativos, para capturar as dimensões objetivas e subjetivas da exclusão/inclusão social, e; (4) buscar o entendimento do fenômeno a partir da integração das medidas ao território (Genovez, 2002:32).

A opção pelo uso desse índice como um dos componentes desta Tese está relacionada à concepção teórico-metodológica dele, pois ao permitir a mensuração da exclusão/inclusão social das partes da cidade, de forma sistêmica, isto é, tratado por meio das diversas variáveis que o compõe, e forma análise relacional do conjunto, possibilita a obtenção de informações sobre as relações entre essas partes, e não uma visão fragmentada dela. Isso permitiu não apenas a identificação das áreas socialmente excluídas, mas a identificação da exclusão socioespacial da cidade.

## **Qualidade Ambiental Urbana**

### **Verde Urbano**

Um parâmetro relacionado à qualidade ambiental urbana é a quantidade de verde urbano disponível para a população. Esse elemento atua como um sistema de filtro para elementos poluidores atmosféricos, principalmente os produzidos por veículos automotores, bem como atua como um sistema para amenizar a temperatura, por meio do processo de evapotranspiração. (ROMERO, 2001)

O verde urbano atua de diferentes formas para melhorar a qualidade ambiental das cidades. Além dos sistemas citados, ele atua como sistema de interceptação, minimizando o impacto da precipitação atmosférica sobre as cidades (LOBODA & DE ANGELIS, 2005).

Os ingleses são os primeiros a desenvolver esse conceito, estruturando os parques e praças como locais urbanos para visitação. Loboda & De Angelis (2005) explicam que “ao longo da história o papel desempenhado pelos espaços verdes nas nossas cidades tem sido uma consequência das necessidades experimentadas de cada momento, ao mesmo tempo em que é um reflexo dos gostos e costumes da sociedade.” (LOBODA & DE ANGELIS, 2005:129)

Para Romero (2001:94), a “capacidade de filtragem da vegetação aumenta quanto maior for o número de folhas de cobertura por unidade de terra.” Isso significa que quanto maior a estrutura vegetal, melhor é sua atuação no processo de filtragem, p. ex., a contaminação do ar pode ser minimizada com a estruturação de um cinturão verde, que pode ser plantado ao longo de avenidas.

Essa estrutura pode criar um microclima diferenciado entre áreas plantadas e não plantadas, principalmente em relação à temperatura, velocidade e direção dos ventos e umidade do ar. Segundo Romero (2001), com a redução da temperatura, a radiação de ondas longas das folhas torna-se mais lenta, por essa razão as áreas vegetadas estão sujeitas a menor pressão do calor radiante.

O verde urbano pode ser caracterizado como um indicador de qualidade de vida, uma vez que permite o acesso da população a sistemas de fauna e flora. Mesmo com o crescente avanço da ocupação do espaço pela cidade, as áreas verdes são fundamentais para que as cidades continuem a serem ocupadas, pois, além do bem-estar sensorial que a população tem ao usufruir nessas áreas, o sistema de verde urbano funciona como filtro para diversas formas de poluição (DE ANGELIS, 2000).

Infelizmente, o crescimento acelerado das cidades brasileiras e seu intenso processo de urbanização fez com que, em muitos casos, se desconsiderassem os elementos naturais em seu planejamento, fato que têm refletido negativamente na qualidade de vida de seus moradores (LOBODA & DE ANGELIS, 2005).

De Angelis (2000) apresenta o benefício de uma árvore urbana por ano, de acordo com a Associação Americana de Engenheiros Florestais, estimado em U\$ 273,00. Um aspecto interessante no Quadro 2 não é apenas os valores mensurados, mas os benefícios (mesmo que de forma simplificada) oriundos da existência de vegetação urbana.

**Quadro 2** – Valores anuais estimados para 1 árvore urbana.

<b>Benefícios</b>	<b>Valores (U\$)</b>
Economia de arrefecimento ou aquecimento	73,00
Controle de erosão e escoamento superficial	75,00
Proteção à vida silvestre	75,00
Controle da poluição atmosférica	50,00
<b>Total</b>	<b>273,00</b>

Fonte: De Angelis, 2000.

Para o autor, as características estruturais e construtivas das cidades, tais como impermeabilização do solo, construções com concreto, vidro, ferro, asfalto, etc., reduzem a qualidade de vida urbana. A vegetação por suas características ecológicas, econômicas, estéticas e sociais, pode desempenhar um papel importante para minimizar o impacto da alteração do espaço natural, mas para isso se faz necessário planejamento baseado em técnicas científicas (DE ANGELIS, 2000). Não basta simplesmente plantar uma árvore, mas deve-se conhecer as características dela, sua relação com o meio onde será inserida, e principalmente se atende às necessidades e expectativas desejadas.

Pode-se dividir os benefícios ocasionados pela vegetação em quatro grupos (Quadro 3), de acordo com sua função. Nota-se a importância da presença da vegetação urbana como elemento de melhoria de qualidade de vida.

**Quadro 3** – Contribuição da vegetação para melhoria de qualidade no ambiente urbano.

Composição atmosférica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ação purificadora por fixação de poeira e materiais residuais;</li> <li>• Ação purificadora por depuração bacteriana e de outros microorganismos;</li> <li>• Ação purificadora por reciclagem de gases por meio de mecanismos fotossintéticos;</li> <li>• Ação purificadora por fixação de gases tóxicos.</li> </ul>
Equilíbrio solo-clima-vegetação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luminosidade e temperatura: a vegetação ao filtrar a radiação solar, suaviza as temperaturas extremas;</li> <li>• Umidade e temperatura: a vegetação contribui para a conservação da umidade dos solos, atenuando sua temperatura;</li> <li>• Redução da velocidade dos ventos;</li> <li>• Mantém as propriedades do solo: permeabilidade e fertilidade;</li> <li>• Abrigo à fauna existente;</li> <li>• Influencia no balanço hídrico.</li> </ul>
Níveis de ruído	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amortecimento de ruído de fundo sonoro contínuo e descontínuo de caráter estridente, ocorrente nas grandes cidades</li> </ul>
Estético	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quebra da monotonia da paisagem das grandes cidades, causada pelo grande complexo de edificações;</li> <li>• Valorização visual e ornamental do espaço urbano;</li> <li>• Caracterização e sinalização de espaços, constituindo-se um elemento de interação entre as atividades humanas e o meio ambiente.</li> </ul>

Fonte: Lombardo, 1990 apud De Angelis, 2000.

A arborização de uma cidade deve levar em consideração as características sócio-culturais-históricas da população local, necessidades e anseios, além do espaço físico disponível. A vegetação urbana deve procurar satisfazer as aspirações

da comunidade local, bem como atender aos objetivos propostos com seu plantio e manutenção (DE ANGELIS, 2000).

Para Gomes & Amorim (2003), a intensa atividade antrópica no meio urbano acarreta diversos tipos de problemas ambientais, que resultam em um ambiente urbano de baixa qualidade. O principal elemento que indica esse tipo de problema encontra-se na análise térmica da cidade, principalmente em áreas estudadas com pouca vegetação. Esse processo gera as chamadas ilhas de calor, na qual o centro urbano, por ter maior densidade construtiva, apresenta-se mais quente que a periferia, quando há áreas mais vegetadas, apresenta temperaturas mais amenas.

Esses autores explicam que a vegetação é um elemento importante de regulação térmica urbana, pois absorve parte da radiação solar, que utilizam em seus processos vitais. Estudos da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) comprovam que alguns tipos de espécies arbóreas reduzem, em grande parte, os efeitos da radiação solar, o que favorece melhor controle térmico.

O estudo de caso do artigo de Gomes & Amorim (2003) se dá em praças públicas da cidade de Presidente Prudente, SP, por se colocarem mais próximas à população. Eles estudam uma praça bem arborizada e outra desprovida de vegetação, a fim de analisar o conforto térmico nessas áreas.

Segundo os autores o “conceito de conforto térmico implica necessariamente na definição de índices em que o ser humano sinta confortabilidade em decorrência de condições térmicas agradáveis ao corpo” (GOMES & AMORIM, 2003:96). A temperatura do ar, a umidade e a ação do vento são variáveis físicas importantes que atuam no conforto humano.

Para a definição dos pontos de coleta, os autores consideram aspectos referentes ao tipo de uso e ocupação do solo, tanto nas praças quanto no seu entorno, bem como o tipo e porte da vegetação nas áreas analisadas. Eles utilizam o Índice de Temperatura Efetiva (TE) de Thom (1959) para definirem as zonas de conforto térmico, pois esse mostra-se bem eficiente para regiões tropicais.

O conceito de temperatura efetiva (TE) tem sido amplamente utilizado em Biometeorologia como um índice de stress térmico sobre o corpo humano. Embora o conceito de TE leve em consideração o efeito combinado da

temperatura e da umidade sobre a fisiologia humana, ele abandona os importantes efeitos da radiação e do movimento do ar (JAUREGUI, 1991, apud GOMES & AMORIM, 2003:99).

Esse índice, apesar das limitações, tem apresentado bons resultados em várias cidades brasileiras.

Thom definiu como zona de conforto os valores de TE entre 18,9°C e 25,6°C, sendo o que o corpo humano (pessoas adultas vestidas em repouso e com um leve movimento de ar) apresenta condição de stress ao frio sob TE abaixo de 18,9°C e condições de stress ao calor sob TE acima de 25,6°C (GOMES & AMORIM, 2003:100).

No parque com maior arborização há maior controle térmico e mantém-se uma temperatura mais amena, com isto maior conforto. No parque desprovido de vegetação tanto o ganho de temperatura durante o dia, quanto a perda de temperatura à noite ocorrem de forma muito rápida, o que causa maior desconforto. Segundo os autores a arborização de médio e grande porte desempenha papel essencial como regulador térmico.

Os limites de conforto e desconforto térmico propostos por Gomes & Amorim (2003) são utilizados nesta Tese para a identificação das áreas relacionadas a estes parâmetros, de forma a mapear o conforto térmico nas áreas urbanas do Distrito Federal.

Barbosa, Barbirato e Vechia (2003) estudam o ambiente urbano da cidade Maceió, AL, de forma a analisar como a vegetação urbana atua para redução do consumo energético, bem como para modificação do microclima local, a partir da criação de espaços adequados ao conforto térmico.

Os autores fazem medições de variáveis climáticas nas áreas verdes urbanizadas e em áreas desprovidas de vegetação. É analisado o comportamento térmico em ambientes externos por meio de medidas de temperatura, umidade relativa, velocidade e direção do fluxo de ventos.

A partir de pesquisa experimental, é constatado que ocorre aquecimento acentuado nas áreas urbanas entre 6hs e 9hs, com tendência a resfriar entre 15hs e 18hs, e à noite, as temperaturas nos locais analisados rapidamente se estabilizam.

Com isto, Barbosa, Barbirato e Vechia (2003) caracterizam o efeito de ilha de calor urbano.

A partir dos resultados obtidos, os autores verificam que a vegetação influencia nos valores medidos, em função disso, ela define microclimas favoráveis ao conforto térmico, o que confirma o resultado positivo da atuação da vegetação para a melhoria das condições microclimáticas, principalmente como elemento amenizador do rigor térmico, comum em cidades que se localizam em baixas latitudes, com climas quentes e úmidos.

Como Barbosa, Barbirato e Vechia (2003) explicam, a vegetação pode exercer influência nas condições de temperatura, mas não é o elemento mais crucial. Nesta Tese analisa-se tanto a vegetação como outros fatores que influenciam na temperatura urbana (altitude e temperatura de superfície), a fim de se mensurar a real influência dessas variáveis para a composição da temperatura do ar urbana e assim, estimar o conforto térmico na cidade.

Pilotto (2003) procura incorporar as questões ambientais à arquitetura da paisagem, uma vez que esse conceito tem sofrido grandes modificações de forma a atender às necessidades do ser humano. Ela explica que os atuais processos de expansão urbana têm sobrepujado os ecossistemas naturais, o que gera grandes perdas para o meio ambiente e para o ser humano. Obviamente perdas sempre ocorrem, a entropia é um processo irreversível. A questão é a medida em que o impacto é perverso em função de um modelo socioeconômico predatório, ou acontece como fruto de outras possibilidades que não tenham por objetivo principal a reprodução imediatista do capital.

O objetivo do trabalho da autora é apresentar um método de projeto paisagístico para centros urbanos, chamado de Rede Verde Urbana (RVU). A função da RVU é contribuir para a melhoria do ambiente urbano pela interação de espécies de fauna e flora, de forma que elas tenham chances de ser preservadas.

Para atingir a seu objetivo, Pilotto (2003) desenvolve dois projetos, os quais chama de células. Neles, são adotados conceitos de paisagismo ecológico, de corredores ecológicos e de contaminantes biológicos. Os resultados obtidos pelas duas células servem para elaboração de um circuito da RVU, em forma de malha,

para que as áreas verdes funcionem como ligação entre as cidades e o meio natural. Para avaliar o desempenho do projeto, a autora utiliza indicadores ambientais, sociais e econômicos, ligados à funcionalidade da RVU.

Ao final de seu trabalho, a autora conclui que o método proposto é extenso, trabalhoso e de aplicação dispendiosa. Assim, para a utilização da RVU se faz necessária a parceria entre órgãos municipais, estaduais e federais, bem como a participação do setor privado e da sociedade civil (PILOTTO, 2003). Desta forma, este índice, apesar de interessante, não é aplicável a qualquer localidade, pois demanda além de conhecimento técnico, apoio político para o seu desenvolvimento. Nesta Tese ele não é utilizado pois sua metodologia não se mostra compatível com a realidade do Distrito Federal.

Silva Filho *et al.* (2005) desenvolvem uma avaliação do uso de imagens multiespectrais de alta resolução, por meio de videografia, na obtenção de dados sobre o desenho urbano e sua vegetação, pois esse método permite levantamento em um curto espaço de tempo e a baixo custo. Eles realizam classificações supervisionadas, pelo método da máxima verossimilhança, com o intuito de obter as proporções de elementos de solo exposto, copa de árvores, gramados, asfalto e telhados, a fim de mensurar a vegetação urbana.

Esses elementos são relacionados entre si e com variáveis independentes de densidade populacional, pessoas com mais de quinze anos de estudo e chefes de família com renda acima de vinte salários mínimos.

Por meio da utilização do método de regressão linear, Silva Filho *et al.* (2005) identificam correlações negativas entre densidade populacional, cobertura arbórea e os índices avaliados, para essa área de estudo, isso indica que quanto maior a densidade populacional menor a quantidade de verde urbano, o que pode não ocorrer para outras áreas urbanas em função de sua configuração e características sócio-culturais.

Os autores propõem indicadores compostos como proporção entre espaço arborizado e espaço impermeabilizado e a proporção entre o espaço arborizado e o construído. Dessa forma, podem concluir que a utilização desses indicadores para identificação de vegetação pode auxiliar na elaboração de políticas voltadas para

melhoria da vegetação urbana, com prioridade para bairros mais carentes (SILVA FILHO *et al.*, 2005).

A poluição atmosférica afeta o clima urbano de diversas formas. Ayoade (1998) afirma que o próprio balanço energético urbano pode sofrer influência, pois o particulado, oriundo do excesso de poluentes no ar, refletem, dispersam e absorvem energia. Muitos desses particulados atuam como núcleos de condensação, o que aumentam a taxa de precipitação sobre as áreas urbanas. Pode-se citar diversos tipos de interferentes, mas o mais alarmante é como esses poluentes afetam a saúde humana. As altas concentrações de poluentes gerados por processos industriais e descargas da combustão de veículos, expõem grande parte da população a particulado sólido em suspensão, gotículas de óleo, concentrações elevadas de CO, CO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>, compostos de flúor e cloro, etc., o que causa a baixa qualidade do ar urbano (DÂMASO, 2004).

O Quadro 4 apresenta os padrões de qualidade do ar no Brasil, segundo a Resolução nº 3 do CONAMA de 28/06/1990, que de acordo com ela, o padrão primário é a concentração máxima do poluente e se ultrapassada pode afetar a saúde humana. O padrão secundário refere-se às concentrações de poluentes abaixo das quais pode ocorrer o mínimo efeito nocivo sobre a saúde da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

**Quadro 4 – Padrões de qualidade do ar no Brasil.**

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Padrão Secundário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Particulados Totais em Suspensão	MGA	80	60
	24h*	240	150
Fumaça	MAA	60	40
	24h*	150	100
Partículas Inaláveis	MAA	50	50
	24h*	150	150
SO <sub>2</sub>	MAA	80	40
	24h*	365	100
CO	8h*	10.000 (9 ppm)	10.000 (9 ppm)
	1h*	40.000 (35 ppm)	40.000 (35 ppm)
O <sub>3</sub>	1h*	160	160
NO <sub>2</sub>	MAA	100	100
	1h*	320	190

Fonte: Resolução CONAMA nº 3 de 28/06/1990 (Modificado de DÂMASO, 2004).

\* Não deve ser excedido mais de uma vez ao ano.

MGA – Média Geométrica Anual.

MAA – Média Aritmética Anual.

Uma das principais formas de poluição atmosférica que ocorre no Distrito Federal é a emissão de gases e particulados oriundos da queima de combustíveis veiculares. Dâmaso (2004) coletou amostras de ar no centro de Brasília e Bitencourt (2004) amostras de ar no centro de Taguatinga, em um período de 2h, nos meses de setembro e outubro. Elas verificaram que os níveis de particulados totais suspensos (o que inclui diversos tipos de metais: Zn, Hg, B, Ca, Al, Ag, Fe, Cr, Mg, K, Pb, Cu, Co, Ba, Mn) estavam muito acima dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 3 de 1990.

Como pode ser visto no Quadro 5, se num período de 2h os níveis já ultrapassam os limites estabelecidos, a medição em 24h (conforme a Resolução nº 3 do CONAMA de 28/06/1990) apresentaria valores muito acima do permitido. Pode-se verificar que o excesso de particulado ocorre nos três dias de medição, o que, aparentemente, indica que o centro de Brasília apresenta cotidianamente valores de particulados totais suspensos acima dos limites permitidos, o que torna o ar atmosférico dessa região muito prejudicial à população.

A mesma situação ocorre no centro de Taguatinga (também ilustrado no Quadro 5), onde as medidas realizadas por Bitencourt (2004) apresentam-se muito acima dos limites permitidos pela legislação brasileira. A variação encontrada pelas autoras entre os meses de setembro e outubro dá-se em função do aumento da precipitação, que gera uma decantação do particulado nas regiões mensuradas.

**Quadro 5** – Massa de particulado atmosférico no centro de Brasília e de Taguatinga.

Data de Coleta	Centro de Brasília	Centro de Taguatinga
	Particulados Suspensos Totais ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Particulados Suspensos Totais ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
10/09/2004	10.300	16.100
28/10/2004	1.100	2.200
29/10/2004	900	1.500

Fonte: Dâmaso, 2004; Bitencourt, 2004.

Segundo Bocchini (2008) a venda de carros nacionais aumenta em 35,5%, nos dois primeiros meses de 2008, em relação ao mesmo período no ano de 2007. Isso significa que nesse primeiro bimestre são vendidos 344.257 automóveis. Ao considerar também a venda de ônibus e caminhões nacionais, há um crescimento de 35,3% nesse período em 2008, em relação a 2007, isto significa 363.049 veículos comercializados.

Em abril de 2008, a frota de veículos no Distrito Federal era de 996.228 veículos (Detran/DF, 2008c). Ao se considerar os veículos de outros Estados e principalmente do entorno, este número aumenta significativamente. Segundo o Instituto Akatu (2008) um carro popular produz cerca de 150 gramas de CO<sub>2</sub> por quilômetro. Ao se levar em conta que a distância média das Regiões Administrativas ao Plano Piloto (onde se concentra a maioria dos empregos) é de 20 km, um trecho de ida ao trabalho e retorno para casa seria de 40 km, o que produziria, por veículo popular, cerca de 6.000 gramas de CO<sub>2</sub>, uma quantidade relativamente grande e que impactaria a qualidade do ar urbano significativamente.

O sensoriamento remoto muito tem contribuído para o conhecimento das relações entre os objetos e fenômenos de superfície. Uma das utilizações mais comuns é a análise do uso e ocupação do solo, e dentro dessa, o mapeamento de áreas verde.

O desenvolvimento das técnicas e sensores facilita a identificação das propriedades espectrais dos diferentes tipos vegetais, e, com isto, o desenvolvimento de vários índices de vegetação. O mais usado é o Índice de Vegetação pela Diferença Normalizada (NDVI<sup>13</sup>), desenvolvido por Rouse *et al.* (1973 apud MENESES & NETTO, 2001), que calcula a atividade fotossintética, ao medir a intensidade de absorção da luz na região espectral do vermelho em relação à reflectância no infravermelho próximo.

Como é um índice normalizado sua variação ocorre em uma escala de -1 a +1, na qual os valores negativos indicam áreas sem atividade fotossintética e os valores positivos indicam áreas com atividade fotossintética, isto é, esse índice indica áreas sem ou com vegetação fotossinteticamente ativa, além de permitir a diferenciação dos agrupamentos vegetais a partir de sua variação fotossintética.

O NDVI é obtido a partir da normalização entre as bandas espectrais do vermelho ( $V = 660 \text{ nm}$ ) e do infravermelho próximo ( $IVP = 800 \text{ nm}$ ), como pode ser vista na Equação 1.

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V}$$

Equação 1

---

<sup>13</sup> NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*.

## Segundo Ponzoni (2001:168), na região do visível

Os pigmentos existentes nas folhas dominam a reflectância espectral. (...) A energia radiante interage com a estrutura foliar por absorção e por espalhamento. A energia é absorvida seletivamente pela clorofila e é convertida em calor ou fluorescência e também convertida fotoquimicamente em energia estocada na forma de componentes orgânicos através da fotossíntese. (...) Os pigmentos predominantes absorvem (...) próximos a 445 nm que é a região do azul, mas somente a clorofila absorve na região do vermelho (645 nm). A maioria das plantas é moderadamente transparente na região do verde (540 nm). Shul'gin & Kleshnin (1959) estudaram 80 espécies e verificaram que a absorção da energia radiante na região de 550 a 670 nm cresce proporcionalmente com o aumento do conteúdo de clorofila.

## Para Ponzoni (2001), na região do infravermelho próximo

(...) existe absorção pequena da REM e considerável espalhamento interno na folha. A absorção da água é geralmente baixa nessa região e a reflectância espectral é quase constante. Gates *et al.* (1965) determinaram que a reflectância espectral das folhas, nessa região do espectro eletromagnético, é resultado da interação da energia incidente com a estrutura do mesófilo<sup>14</sup>. Fatores externos à folha, como disponibilidade de água, por exemplo, podem causar alterações na relação água-ar no mesófilo, podendo alterar a reflectância de uma folha nessa região. De maneira geral, quanto mais lacunosa for a estrutura interna foliar, maior será o espalhamento interno da radiação incidente e, conseqüentemente, maior será também a reflectância (PONZONI, 2001:170). (Figura 14)

O NDVI relaciona o ponto de mínimo do vale mais baixo (região do vermelho) com o pico mais alto (região do infravermelho próximo) de reflectância da vegetação, a fim de ressaltar as características fotossintéticas da vegetação sadia (Figura 15).

---

<sup>14</sup> O mesófilo encontra abaixo da epiderme da folha, e é subdividido em uma ou mais camada de células alongada, perpendiculares à superfície da folha. "Esparsos através do mesófilo estão os espaços intercelulares cheios de ar os quais se abrem para fora através dos estômatos. Essa rede de passagem de ar constitui a via de acesso pela qual o CO<sub>2</sub> alcança as células fotossintéticas e pela qual o O<sub>2</sub> liberado na fotossíntese retorna à atmosfera externa." (MENESES & NETTO, 2001)

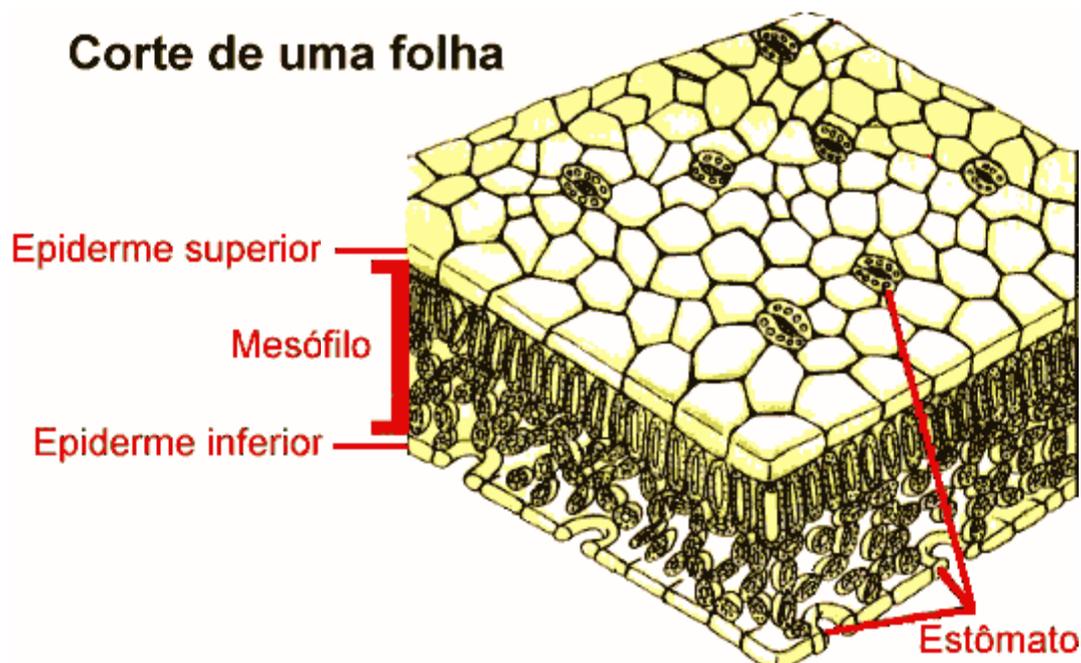


Figura 14 – Corte de uma folha com indicação de sua estrutura interna (Grupo Universitário, 2007).

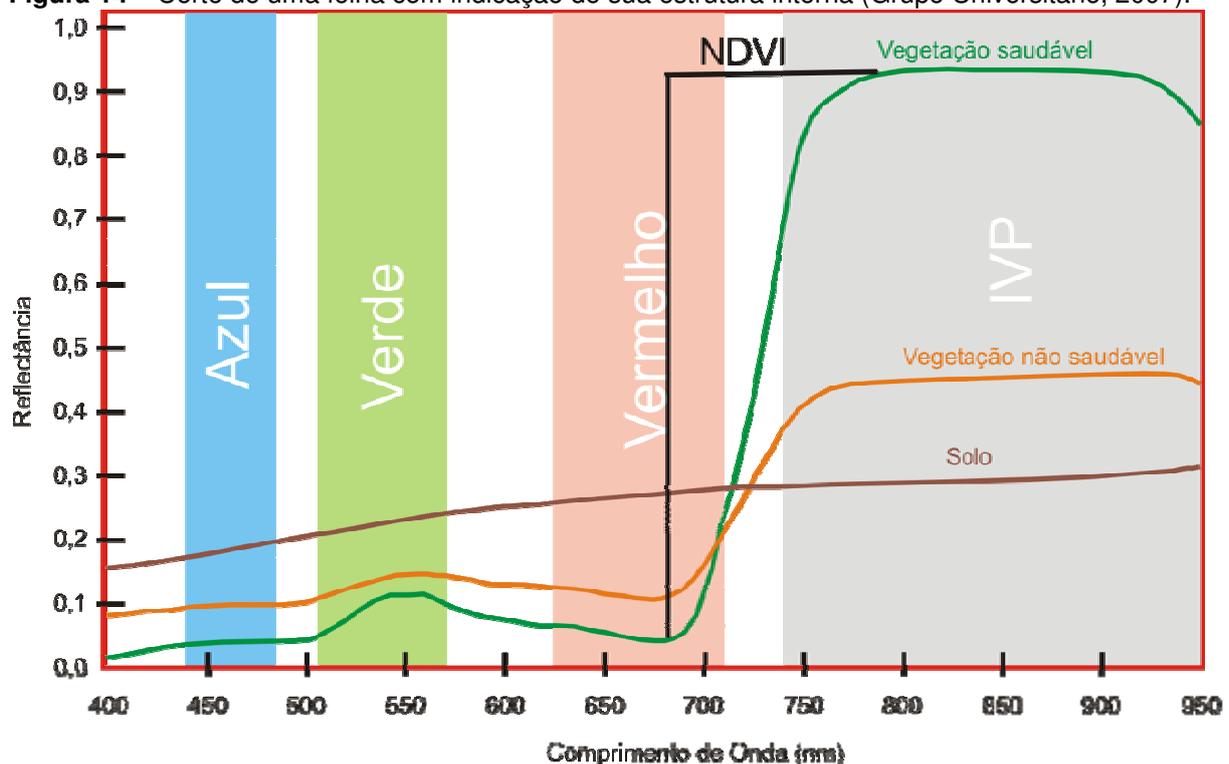


Figura 15 – NDVI e a relação com a reflectância de alvos de superfície em função do comprimento de onda (Modificado de UTAH STATE UNIVERSITY EXTENSION, 2007)

O trabalho desenvolvido nesta Tese utiliza o sensor ASTER para o cálculo de NDVI, de forma a mensurar a vegetação fotossinteticamente ativa, e assim avaliar o potencial de seqüestro de carbono nas diferentes áreas do Distrito Federal.

De acordo com Abrams & Hook (2002), o sensor ASTER é um avançado imageador multiespectral lançado pela NASA em dezembro de 1999. Ele é

composto por 14 bandas que captam informação entre a faixa espectral do visível ao infravermelho termal. Possui ainda uma banda na faixa do visível que permite a composição com outras bandas para obtenção de imagens estereoscópicas (3B). Esse sensor possui resolução espacial de 15m para a faixa espectral do visível e infravermelho próximo (VNIR), 30m para a faixa espectral do infravermelho de ondas curtas (SWIR) e 90m para a faixa do infravermelho termal (TIR) (Quadro 6) (ABRAMS & HOOK, 2002).

**Quadro 6** – Características dos sistemas sensores do ASTER.

Subsistema	Número da Banda	Faixa Espectral (nm)	Resolução Espacial (m)	Resolução Radiométrica (bits)
VNIR	1	520 - 600	15	8
	2	630 - 690		
	3N	780 - 860		
	3b	780 - 860		
SWIR	4	1.600 - 1.700	30	8
	5	2.145 - 2.185		
	6	2.185 - 2.225		
	7	2.235 - 2.285		
	8	2.295 - 2.365		
	9	2.360 - 2.430		
TIR	10	8.125 - 8.475	90	12
	11	8.475 - 8.825		
	12	8.925 - 9.275		
	13	10.250 - 10.950		
	14	10.950 - 11.650		

Fonte: Adaptado de Abrams & Hook (2002).

O NDVI por mensurar a atividade fotossintética, pode ser associado a capacidade da absorção de CO<sub>2</sub> pela vegetação, o que indica áreas com maior ou menor seqüestro de carbono. O CO<sub>2</sub> está presente no planeta em três principais reservatórios: na atmosfera, nos oceanos e nos ecossistemas terrestres. A atividade humana tem aumentado a quantidade desse gás, principalmente no meio urbano, devido à queima de combustíveis fósseis por veículos e indústrias (GRANADOS, BAPTISTA E RIBEIRO, 2004). Assim, o NDVI pode ser associado a capacidade da vegetação urbana em absorver esse gás poluente, e de certa forma mensurar a qualidade do ar urbano.

O resultado positivo no uso do NDVI para mensurar a eficiência da vegetação em retirar CO<sub>2</sub> da atmosfera é o motivador para a sua aplicação nesta Tese. A abordagem realizada aqui é no sentido de que se trabalha com o valor médio do NDVI por setor censitário, a fim de homogeneizar este dados para a unidade espacial padrão que foi utilizada.

## Conforto Térmico Urbano

O conceito de clima urbano, proposto por Sorre (1934, 1951 apud MONTEIRO & MENDONÇA, 2003), é definido como o “ritmo da sucessão habitual dos estados atmosféricos sobre os lugares”, tratando-o de forma dinâmica. Esse conceito permite a análise de três grandes variáveis para o conhecimento climático:

- ritmo da sucessão habitual – refere-se à análise temporal dos dados climáticos, com o intuito de se conhecer seu comportamento a partir de repetições temporais de coleta de dados;
- estados atmosféricos – refere-se à análise dos elementos climáticos, tais como massas de ar, ventos, temperatura, pressão, entre outros, que ocorrem na primeira camada atmosférica;
- sobre os lugares – refere-se à análise geográfica dos fenômenos, compreendendo, assim, sua variabilidade em relação à área de ocorrência.

Ao se considerar sistemas naturais, isto é, meios não antropizados, os resultados obtidos a partir desse conceito podem mostrar-se constantes ao longo do tempo. Mas pode-se questionar o que ocorreria com o clima em áreas antropizadas, ao longo do tempo, uma vez que a alteração humana tende a modificar a paisagem natural de forma muito rápida, como é o caso do Distrito Federal, que em 52 anos (1956, anos de início das obras da nova capital, a 2008) teve a paisagem do cerrado substituída por cidades e elementos de infra-estrutura.

A situação extrema de antropização acontece nas áreas urbanas, nas quais as mudanças nas paisagens naturais suplantam alterações superficiais, o que chega facilmente a alterações estruturais (mudança no relevo, elementos hídricos, impermeabilização, etc.). Nessa situação extrema, como o clima é afetado e como ele afeta essa localidade?

Volta-se novamente às grandes variáveis climáticas, citadas no conceito de Sorre (1934; 1951 apud MONTEIRO & MENDONÇA, 2003), de forma a adaptá-las à situação urbana:

- ritmo da sucessão habitual – considerando que as áreas urbanas estão em constante modificação e crescimento, quais as alterações sofreriam os elementos climáticos devido a dinamismo urbano?
- estados atmosféricos – a análise dos elementos climáticos deve ser feita considerando as alteração que o ser humano fez no meio onde se insere, e como estas alterações influenciam e influenciaram o clima das cidades;
- sobre os lugares – deve-se procurar compreender o comportamento climático tanto sobre a área urbana como dentro dela. Aqui se pode modificar o conceito a fim de questionar o comportamento climático nas diferentes situações de ocupação que ocorrem dentro da área urbana.

O conceito de Sorre (1934, 1951 apud MONTEIRO & MENDONÇA, 2003) não considera o principal fator de mudança ambiental, o ser humano. Uma vez que ele está envolvido no sistema, pode-se questionar como o ser humano altera o clima e, em contrapartida, como essa alteração pode afetá-lo. Como citado por Landsberg (1956 apud MONTEIRO & MENDONÇA, 2003), toda forma, toda casa, toda via urbana, causam um novo microclima, e isso se deve às interações entre radiação, principalmente solar, e matéria, nesse caso elementos construídos pelo ser humano.

Pode-se, de maneira genérica, caracterizar as variáveis de interferência no clima urbano como: (MONTEIRO & MENDONÇA, 2003)

- ilhas de calor, ventilação e condensação;
- poluição atmosférica;
- precipitações e efeitos extremos (furacões, precipitação de granizo, nevascas etc.).

A análise dessas variáveis torna-se fundamental para a compreensão da interferência humana no sistema climático.

Até o ano 2000, segundo Monteiro & Mendonça (2003) os estudos sobre clima urbano são executados com a utilização de dados de estações

meteorológicas, pelo uso de imagens térmicas, ou pela combinação dos dois métodos, como pode ser verificado no Quadro 7.

**Quadro 7** – Técnicas empregadas em alguns estudos de clima urbano no Brasil (1972-2000).

Autores	Técnicas	Cartografia					Dados						Periodicidade			
		H	D	OV	V	US	E/P	1,5	ST	P	M	T	DI	AS	DE	SE
Gallego, 1972																
Tarifa, 1977									2							
Sartori, 1979									3							
Fonzar, 1981									9							
Sampaio, 1981									11							
Lombardo, 1985									45							
Dani, 1987									32							
Brandão, 1987									16							
Monteiro, 1991									10							
Sezerino, 1991									20							
Gonçalves, 1992																
Mendonça, 1995									16							
Sette, 1996									21							
Brandão, 1996									34							
Collishon, 1998									5							
Danni-Oliveira, 2000																
Assis, 2000									2							

**Cartografia:** **H** – Hipsometria; **D** – Declividade; **OV** – Orientação de vertentes; **V** – Ventos; **US** – Uso do Solo.

**Dados:** **E/P** – Estações e Posto Meteorológicos; **1,5** – levantamento em estações móveis a 1,5m do solo; **ST** – Imagens de satélite; **P** – Número de pontos de levantamento em estações móveis; **M** – Pontos distribuídos em malha; **T** – transecto ou perfil sobre a cidade.

**Periodicidade dos Dados Utilizados:** **DI** – Diária; **AS** – Sazonal; **DE** – Decenal; **SE** – Secular.

Fonte: Monteiro, 1984, Mendonça, 1995 e levantamento aproximado do autor (Modificado de MONTEIRO & MENDONÇA, 2003)

Grande parte dos estudos realizados sobre clima urbano trata de dados coletados por estações meteorológicas, distribuídas de acordo com o respectivo estudo. Os dados coletados são interpolados, e, posteriormente, são geradas isolinhas das diversas variáveis, para cada período de coleta, visando traçar o comportamento climático para a região estudada.

O que se verifica, na maioria dos casos, é a dependência das estações meteorológicas, que infelizmente são poucas e com manutenção precária, principalmente no que se refere à calibração dos instrumentos. Nesta Tese propõe-se uma nova forma de mensurar a temperatura do ar em áreas urbanas, a partir composição de imagens de satélite e dados de campo, o que, na escala deste trabalho, elimina a necessidade de utilização de estações para mensurar temperatura.

Os estudos sobre clima urbano podem ser divididos em três campos:

- Termodinâmico – no qual ocorre a maioria dos estudos, onde o enfoque são com as condições térmicas e higrométricas da cidade;
- Físico-químico – ou de dispersão, relacionado a estudos sobre a poluição industrial urbana e seus efeitos no clima urbano;
- Hidrometeorológico – ou de inundação, também é utilizado para estudos de cidades de pequeno e médio porte, mas seu enfoque principal tem sido em cidades litorâneas, pois estas cidades sofrem com a sazonalidade pelos excessos pluviométricos da estação de verão.

O Quadro 8 apresenta, de forma genérica, estudos realizados no Brasil, por grandes regiões, baseados nos três campos climáticos. Como citado, a maioria dos estudos baseia-se em termodinâmica, seguido do hidrometeorológico e por fim do físico-químico. Isso é reflexo em primeiro momento do custo de equipamento de medição e em segundo momento das características das cidades brasileiras.

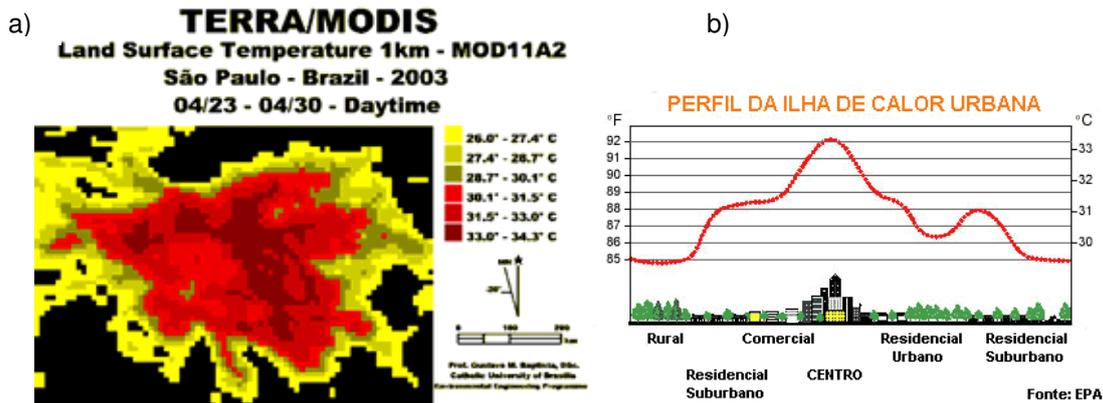
**Quadro 8** – Estudos climáticos brasileiros por grandes regiões, entre 1992 e 2000.

Regiões	Campos do Clima Urbano		
	Termodinâmico	Físico-químico	Hidrometeorológico
Norte	4	0	4
Nordeste	16	1	3
Centro-oeste	7	0	3
Sudeste	40	14	23
Sul	12	5	7
<b>Total</b>	<b>79</b>	<b>20</b>	<b>40</b>

Fonte: Modificado de Monteiro & Mendonça (2003).

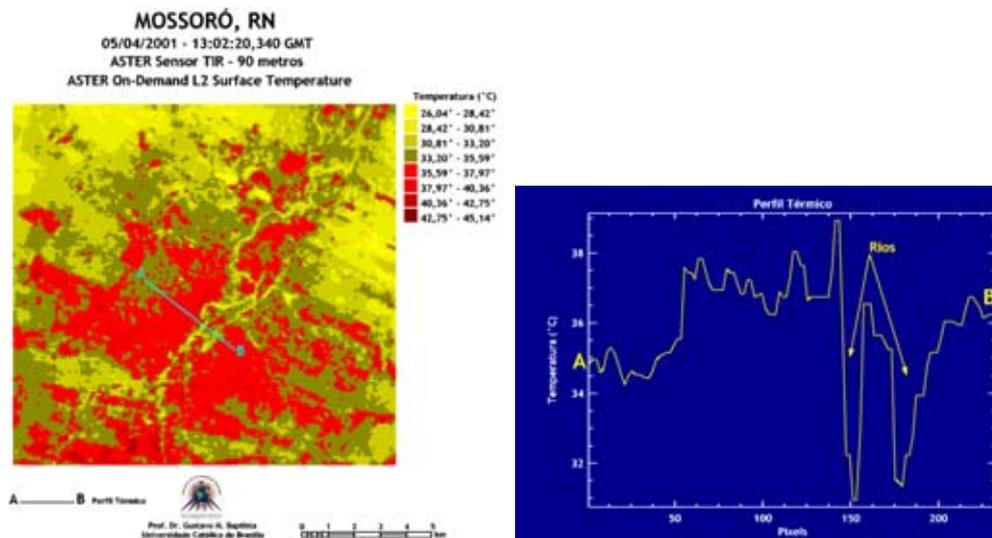
Atualmente, uma das principais técnicas para o mapeamento de anomalias térmicas urbanas é o uso de imagens de sensores remotos, principalmente as que captam energia na faixa espectral do infravermelho termal, o que permite, assim, a análise e identificação de variações térmicas na área urbana. (MOREIRA, 2003)

O que alguns autores têm mostrado é que imagens térmicas de baixa resolução espacial tendem a definir, na maioria dos casos, ilhas de calor clássicas, muito semelhantes a uma distribuição normal de valores, na qual as bordas apresentam baixos valores e o centro apresenta valores mais altos de temperatura, como pode-se ver na Figura 16.



**Figura 16** – a) Imagem termal do sensor MODIS, com resolução espacial de 1km, mostrando variação térmica na área urbana de São Paulo, SP. b) Gráfico do perfil da ilha de calor urbana, mostrando um comportamento de distribuição normal de valores, exemplo de modelo clássico para ilhas de calor. (Baptista, 2003)

As imagens com maior resolução espacial, por apresentarem melhor definição de elementos na superfície, tendem a gerar uma dispersão dos valores térmicos. Isso se deve ao fato de que a rugosidade urbana, a forma de ocupação e a urbanização são variáveis espaciais que interferem nos resultados, como pode ser visualizado na Figura 17.



**Figura 17** – Imagem termal do sensor ASTER, com resolução de 90 m, mostrando variação térmica na área urbana de Mossoró, RN. (Baptista, 2003)

Apesar disso, pode-se verificar que, mesmo com a dispersão dos valores térmicos, há uma tendência de ocorrência de maiores valores em áreas com maior circulação e adensamento urbano. Isso pode ser visualizado na Figura 17, onde as áreas em tons mais quentes coincidem com os maiores eixos de circulação de Mossoró.

Bias, Baptista e Lombardo (2003) estudam o fenômeno de ilha de calor urbano no Distrito Federal, por meio da combinação de imagens dos satélites Landsat e Ikonos. Uma das justificativas do estudo é o rápido crescimento da cidade, que extrapolou o planejamento inicial e que utiliza configurações urbanas de mau desempenho, com isso aumenta-se o grau de impermeabilização e ocasionam diversos outros problemas nas novas áreas.

Para Bias, Baptista e Lombardo (2003), um dos principais elementos ligados à formação de ilhas de calor urbano são os materiais utilizados na construção civil e no processo de urbanização. Esses materiais, ao interagirem com a energia radiante proveniente do Sol, ocasionam sua reflexão, conhecida como albedo (Figura 18). Cada material possui um albedo diferente, mas quanto mais reflexiva for à superfície maior será o aumento de temperatura na região, o que gera as ilhas de calor.



**Figura 18** – Representação de valores de albedo para vários materiais presentes no meio urbano (Adaptado do EPA por BAPTISTA, 2003).

Para Lombardo (1985), os principais fatores que contribuem para a formação de ilhas de calor são:

- Transformação de energia a partir de formas específicas, cores e materiais de construção;

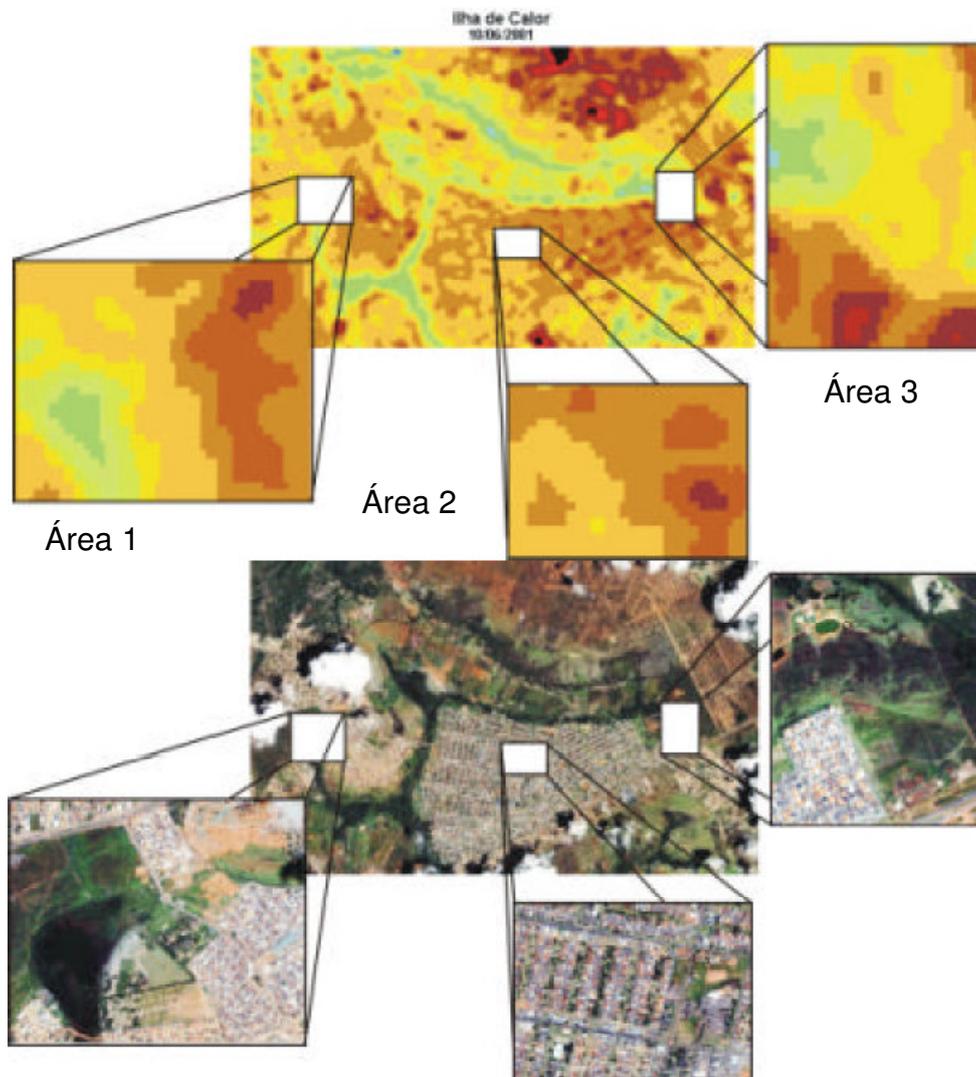
- Redução do resfriamento por causa da redução da evaporação, devido às poucas áreas verdes e transporte de águas pluviais, e em vários casos fluviais por canalização;
- Energia antropogênica, por emissão de calor por indústrias, particulado atmosférico, trânsito e habitações.

Bias, Baptista e Lombardo (2003) utilizam como estudo de caso a cidade de Sobradinho, que se localiza na região nordeste do Distrito Federal. Eles obtêm dados de temperatura de superfície a partir da banda 6 no satélite Landsat-5, e as áreas que apresentaram maiores anomalias térmicas foram analisadas por meio de imagem Ikonos II, de alta resolução.

São selecionadas três áreas baseadas no critério citado, como pode ser visto na Figura 19. A área 1 apresenta duas situações distintas, uma mais fria e outra mais quente. Ao analisar a imagem Ikonos verifica-se que a situação mais fria é ocasionada pela existência de um corpo d'água cercado por vegetação, a situação mais quente é uma área com solo exposto.

A área 2 apresenta uma variação térmica de 4°C, onde se tem temperaturas mais frias na área residencial com vegetação presente, e temperaturas mais quentes em uma área caracterizada por uma construção metálica e por presença de solo exposto.

A área 3 apresenta a maior variação térmica, 9°C. Assim como a área 1, na região mais fria há uma lagoa cercada por área verde, na região mais quente há presença de área fortemente urbanizada. A imagem Ikonos revela a influência do asfalto nesse resultado.



**Figura 19** – Áreas selecionadas para estudos térmicos (Adaptado de BIAS, BAPTISTA e LOMBARDO, 2003).

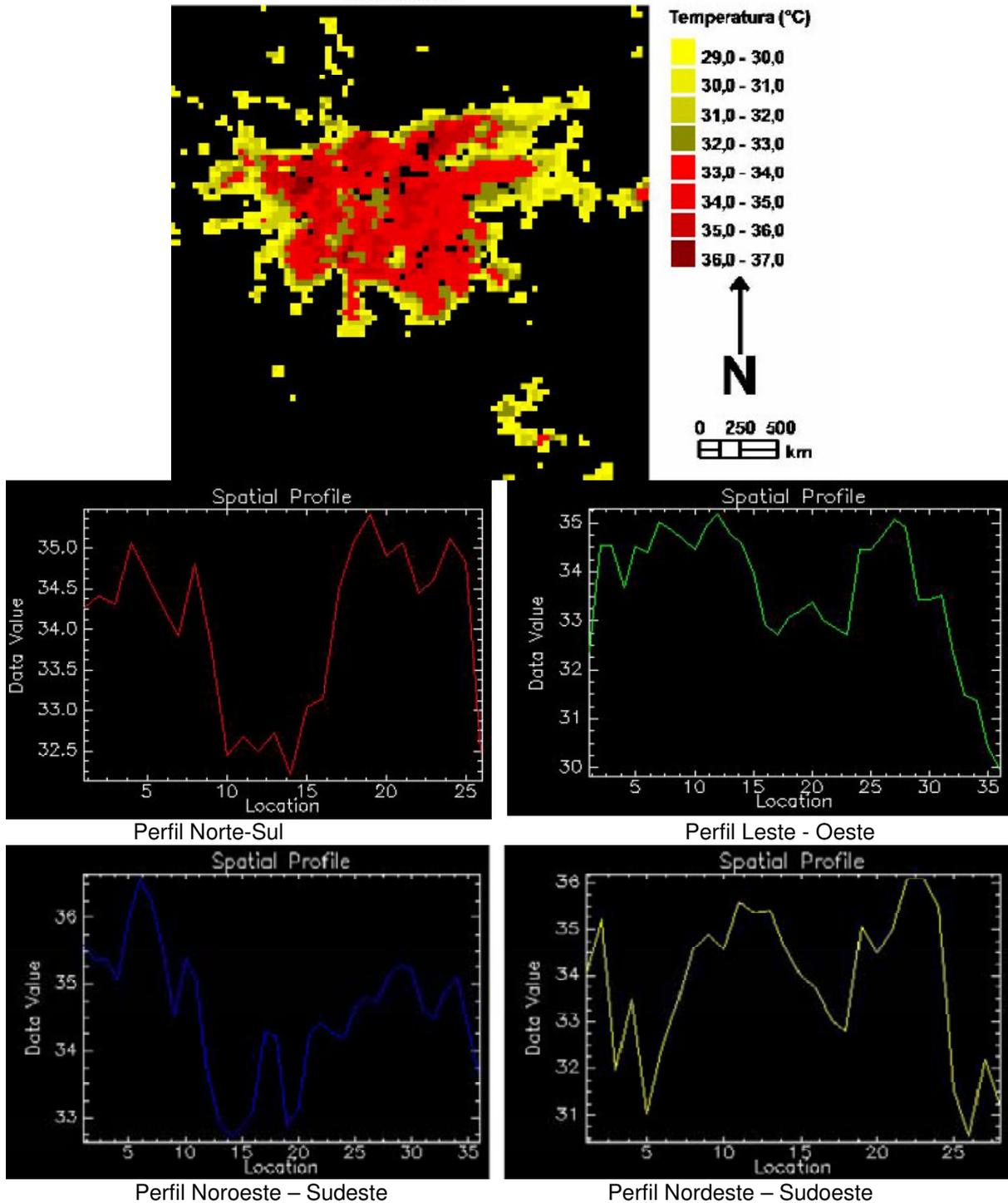
De acordo com o estudo de Bias, Baptista e Lombardo (2003), mostra-se a importância da integração de diferentes instrumentos de análise, de forma a complementar a interpretação dos resultados obtidos. A partir desse estudo, os planejadores poderão aprender com os erros do passado, e assim buscar melhores desenhos e projetos com vistas ao conforto térmico e melhoria de qualidade de vida urbana.

O trabalho desenvolvido por esses autores trata especificamente de temperatura de superfície para determinação de ilhas de calor urbana. Nesta Tese procura-se avançar e trabalhar mais do que a temperatura de superfície, mas a partir dela estimar a temperatura do ar, e assim tratar a questão de conforto térmico.

Souza e Baptista (2005) estudam a influência da resolução espacial de imagens de sensoriamento remoto para a determinação de ilhas de calor. Para isto eles analisam imagens dos sensores MODIS (com resolução espacial de 1km) e o sensor ASTER (com resolução de 90 m), para a mesma data.

Para Souza e Baptista (2005) a resolução espacial das imagens influencia o resultado a respeito de ilhas de calor urbano. A imagem do MODIS, com menor resolução espacial, representa melhor o fenômeno, com menos oscilações (Figura 20).

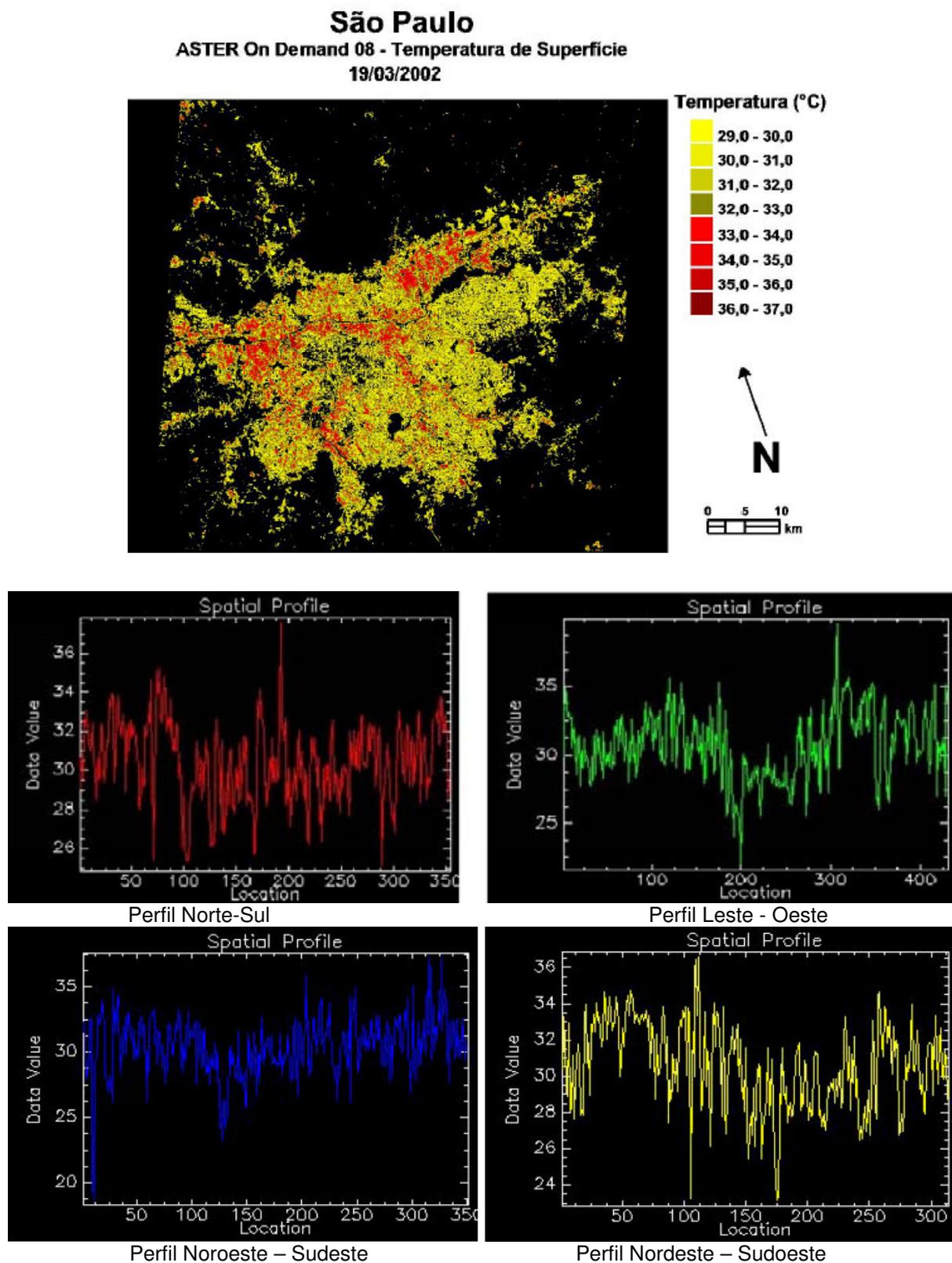
**São Paulo**  
**MOD11A1 - Temperatura de Superfície (1km)**  
**19/03/2002**



**Figura 20** – Temperatura de Superfície representada pelos sensor MODIS para São Paulo e as variações térmicas ao longo de transeptos direcionais. (SOUZA & BAPTISTA, 2005: 4528-4529)

A imagem do sensor ASTER apresenta maiores oscilações nos valores de temperatura, apesar da amplitude térmica tanto para o MODIS quanto para o ASTER não ter variado significativamente. Para Souza & Baptista (2005), a maior

resolução espacial do sensor ASTER capta a variação da rugosidade urbana e esse aspecto influencia nos resultados de temperatura de superfície (Figura 21).



**Figura 21** – Temperatura de Superfície representada pelo sensor ASTER para São Paulo e as variações térmicas ao longo de transeptos direcionais. (SOUZA & BAPTISTA, 2005: 4526-4527)

O fato de o sensor ASTER conseguir captar a influência da rugosidade urbana na temperatura de superfície é preponderante na escolha desse sensor para uso nesta Tese. Uma vez que é trabalhada a temperatura de superfície média por setor censitário, quanto maior o detalhamento melhor a representatividade da média dessa variável.

Andrade *et al.* (2007) estudam a formação de ilhas de calor na cidade de São José dos Campos, SP, a partir de imagem do satélite Landsat-5 e imagem hiperespectral HSS. O sensor HSS é utilizado pelo Sistema de Vigilância da Amazônia (SIVAM), e é considerado interessante por permitir uma análise minuciosa, pois utiliza 50 bandas que vão da região espectral do visível até o infravermelho termal (MOREIRA *et al.*, 2005).

A imagem Landsat-5 é utilizada para identificação de áreas quentes urbanas de forma geral, e apresenta alta correlação com o canal termal, o que indica o efeito de ilha de calor. A imagem do sensor HSS, para análise intraurbana, apresenta melhor correlação principalmente no canal 48. Em seguida, os autores investigam os detalhes de variação diurna e noturna de alvos em alta resolução.

A imagem Landsat-5 apresenta uma variação térmica de 6°C a 8°C entre a área urbana e o entorno, às 10h local, o que caracteriza o fenômeno de ilha de calor. Andrade *et al.* (2007) afirmam que essa diferença pode aumentar, principalmente no horário de maior emissão pela superfície, entre 14h e 15h local.

A imagem Landsat-5 mostra-se homogênea em relação à espacialização da temperatura, devido à sua baixa resolução (160m). Já a imagem HSS apresenta heterogeneidade na espacialização da temperatura, para os mesmos espaços, devido à sua alta resolução (2,7 e 8,3m).

Andrade *et al.* (2007) identificam que, na área estudada, o adensamento horizontal influencia mais significativamente do que o adensamento vertical na temperatura local. As áreas mais quentes são relacionadas a telhados, fornalhas e fornos industriais. Outro aspecto identificado é que no período diurno as matas e lagos atuam como ilhas de frescor e ocorre inversão desta característica no período noturno, pois a inércia térmica dos materiais naturais faz com que as trocas de energia ocorram lentamente.

Para os autores, para melhorar a quantificação térmica é necessária a realização de sobrevôos nos horários de maior emissão (14h e 15h local) e de menor emissão (6h local), para obter-se o ciclo médio diário de temperatura. Ainda afirmam que o tipo de estudo que eles realizam pode auxiliar no planejamento urbano relacionado ao conforto térmico, e com isso propiciar melhoria de qualidade de vida para a população.

O trabalho de Andrade *et al.* (2007) trata da questão de conforto térmico a partir de imagem do satélite Landsat, mas os autores só analisam a temperatura de superfície, que não pode ser associada a conforto, pois este conceito está relacionado a temperatura do ar. Nesta Tese utilizam-se imagens do sensor ASTER, para, a partir de dados de temperatura de superfície, estimar a temperatura do ar, e assim tratar a questão de conforto térmico.

Andrade & Santos (2007) analisam as características térmicas de superfície da cidade de Feira de Santana, BA, por meio de imagens IRMSS<sup>15</sup> do satélite CBERS-2. Eles explicam que há disponíveis diversas imagens, de diferentes satélites, que captam informações termais da superfície terrestre, e que um grande motivador do uso de imagens CBERS é o fato de ele ser gratuito.

É utilizado o método desenvolvido por Malaret *et al.* (1985 apud ANDRADE & SANTOS, 2007) que utiliza regressão quadrática para obtenção de temperatura de superfície a partir da conversão do número digital de cada pixel da banda termal. Pela utilização desse método, Andrade & Santos (2007) verificam que as maiores temperaturas encontram-se na parte mais central da cidade, em função da alta concentração de materiais que favorecem a absorção de energia. Apesar dos resultados preliminares do estudo, os autores consideram satisfatório o uso de imagens CBERS para análise de comportamento térmico urbano.

Como pode-se notar, os trabalhos que utilizam imagens de sensoriamento remoto tratam da temperatura de superfície, alguns extrapolam e tecem comentários sobre conforto térmico, mas nenhum deles associa o efeito de temperatura urbana para a sensação de conforto do ser humano. Nesta Tese procura-se desenvolver

---

<sup>15</sup> *Infrared Multispectral Scanner.*

um modelo para estimar tal relação, e assim fornecer subsídios para estudos de conforto térmico em outras cidades.

Um dos grandes problemas na mensuração de temperatura urbana é a escassez de estações de medição e a pouca confiabilidade delas, devido à falta de calibração e manutenção periódicas. Comumente os dados de temperatura disponíveis são temperatura média decendial<sup>16</sup>, mensal ou anual para toda uma área urbana. Sabe-se que em função das diferentes configurações naturais (altimetria, topografia, vegetação, hidrografia etc.) e construtivas (densidade construtiva, rugosidade, materiais etc.), cada região de uma cidade pode apresentar aspectos termais diferentes, e considerar a média como valor de referência pode mascarar características muito importantes para a questão de conforto térmico.

Assim, Medeiros *et al.* (2005) buscam gerar equações a partir de regressão múltiplas com ajuste de superfície quadrática, de forma a estimar as normais de temperatura do ar mínima, média e máxima, mensais e anuais, para a Região Nordeste do Brasil. Esse estudo tem por intuito fornecer subsídios para o planejamento agroclimático em regiões onde não há disponibilidade de dados meteorológicos.

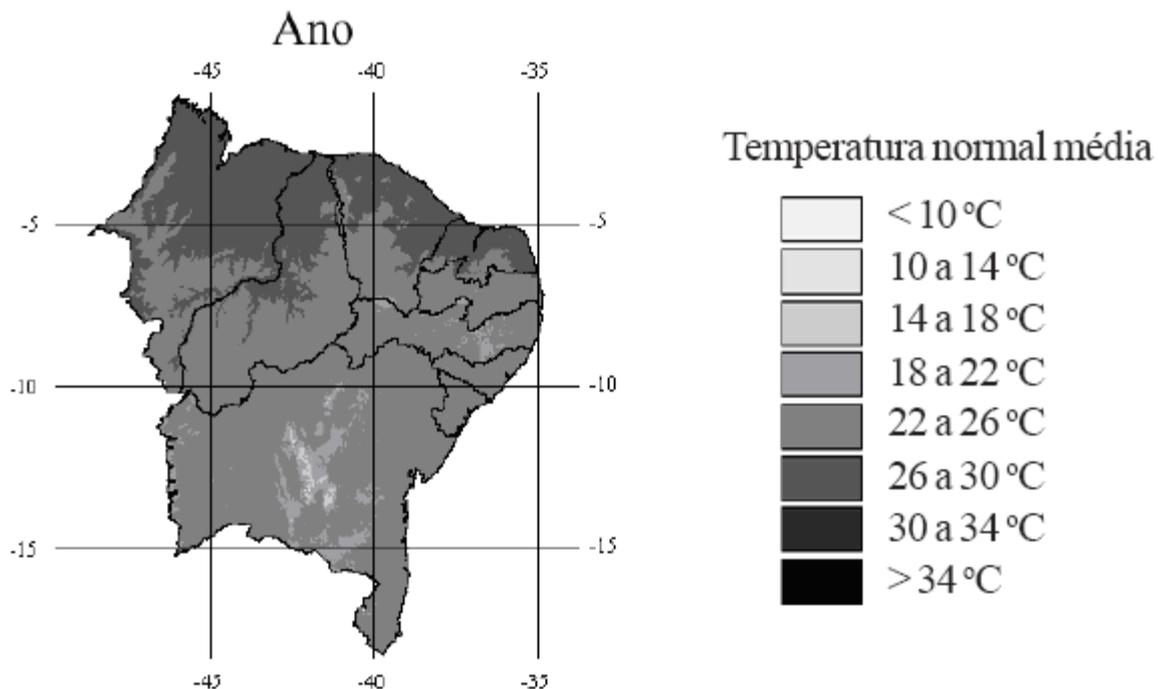
Os dados de temperatura do ar são obtidos de 74 estações meteorológicas listadas nas normais climatológicas dos Estados da Região Nordeste, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Após o desenvolvimento das equações, Medeiros *et al.* (2005) utilizam o teste t-student para avaliar o grau de significância dos coeficientes das equações. Os termos da equação que não são significativos a 5% de probabilidade, são retirados das equações. Os autores também utilizam o teste F com um nível de significância de 5% para avaliar as equações de regressão.

Após a elaboração das equações ajustadas (as quais os autores não apresentam em seu trabalho), Medeiros *et al.* (2005) geram mapas temáticos para as normais de temperatura do ar mínima, média e máxima, mensais e anuais (Figura 22). Para eles, as equações obtidas apresentam bons resultados para o coeficiente de determinação, mas quando são utilizadas para altitudes muito

---

<sup>16</sup> Período de 10 dias.

elevadas os resultados apresentam valores menores para esse coeficiente. Mesmo assim, os resultados alcançados mostram que a metodologia utilizada é uma alternativa viável para a ampliação base de dados climáticos da Região Nordeste, bem como para auxílio ao planejamento agropecuário da região (MEDEIROS *et al.*, 2005).



**Figura 22** – Temperatura normal do ar anual espacializadas de acordo com as equações de regressão ajustadas. (Modificado de MEDEIROS *et al.*, 2005).

O trabalho desenvolvido por Medeiros *et al.* (2005) é de grande importância para início do estudo, nesta Tese, da aplicação de equações estatísticas para previsão da temperatura do ar. Os autores usam dados de estações meteorológicas esparsas para determinação da variável de temperatura de forma regional. No caso desta Tese, a determinação da temperatura do ar se dá por meio de imagem termal de sensoriamento remoto e de dados coletados em campo, uma vez que o Distrito Federal possui apenas duas estações meteorológicas no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) que coletam este dado, e elas não têm a mesma calibração, o que impossibilita seu uso para os objetivos que se propõem.

Valladares *et al.* (2005) utilizam imagens do radar *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) para estimar a temperatura do ar. Apesar do grande número de trabalhos desenvolvidos sobre estimativa de temperaturas médias mensais e anuais, muitos Estados brasileiros ainda carecem de informações sobre essa

variável, e ela poderia ser gerada a partir de equações associadas a Modelos Digitais de Elevação (MDE).

#### Para os autores

Uma opção eficiente na geração de MDE's são os radares de abertura sintética por interferometria (InSAR), capazes de imagear uma mesma cena a partir de duas posições diferentes, o que produz o efeito estereoscópico e o mapeamento topográfico. (VALLADARES *et al.*, 2005:309)

Inicialmente são realizadas análises de regressão linear múltipla para cada região do Brasil, na qual a variável dependente era a temperatura média do ar e as variáveis independentes a latitude, a longitude e a altitude. Valladares *et al.* (2005) utilizam 212 pontos amostrais com dados de normais climatológicas distribuídos pelo Brasil, e o MDE para obtenção dos valores médios de altitude e das respectivas coordenadas geográficas. As equações obtidas por eles foram:

$$T_{medS}=22,9311^{**}+(0,5305^{**}Lat)+(-0,2317Long)+(-0,0044^{**}Alt) \quad r^2=0,80^{**}$$

$$T_{medSE}=22,5956^{**}+(0,5053^{**}Lat)+(-0,2778Long)+(-0,0054^{**}Alt) \quad r^2=0,92^{**}$$

$$T_{medCO}=29,8038^{**}+(0,2470^{**}Lat)+(0,0036Long)+(-0,0038^{**}Alt) \quad r^2=0,74^{**}$$

$$T_{medNE}=23,8153^{**}+(0,1590^{**}Lat)+(0,0994*Long)+(-0,0051^{**}Alt) \quad r^2=0,71^{**}$$

$$T_{medN}=28,0030^{**}+(0,0095Lat)+(0,0299*Long)+(-0,0039^{**}Alt) \quad r^2=0,52^{**}$$

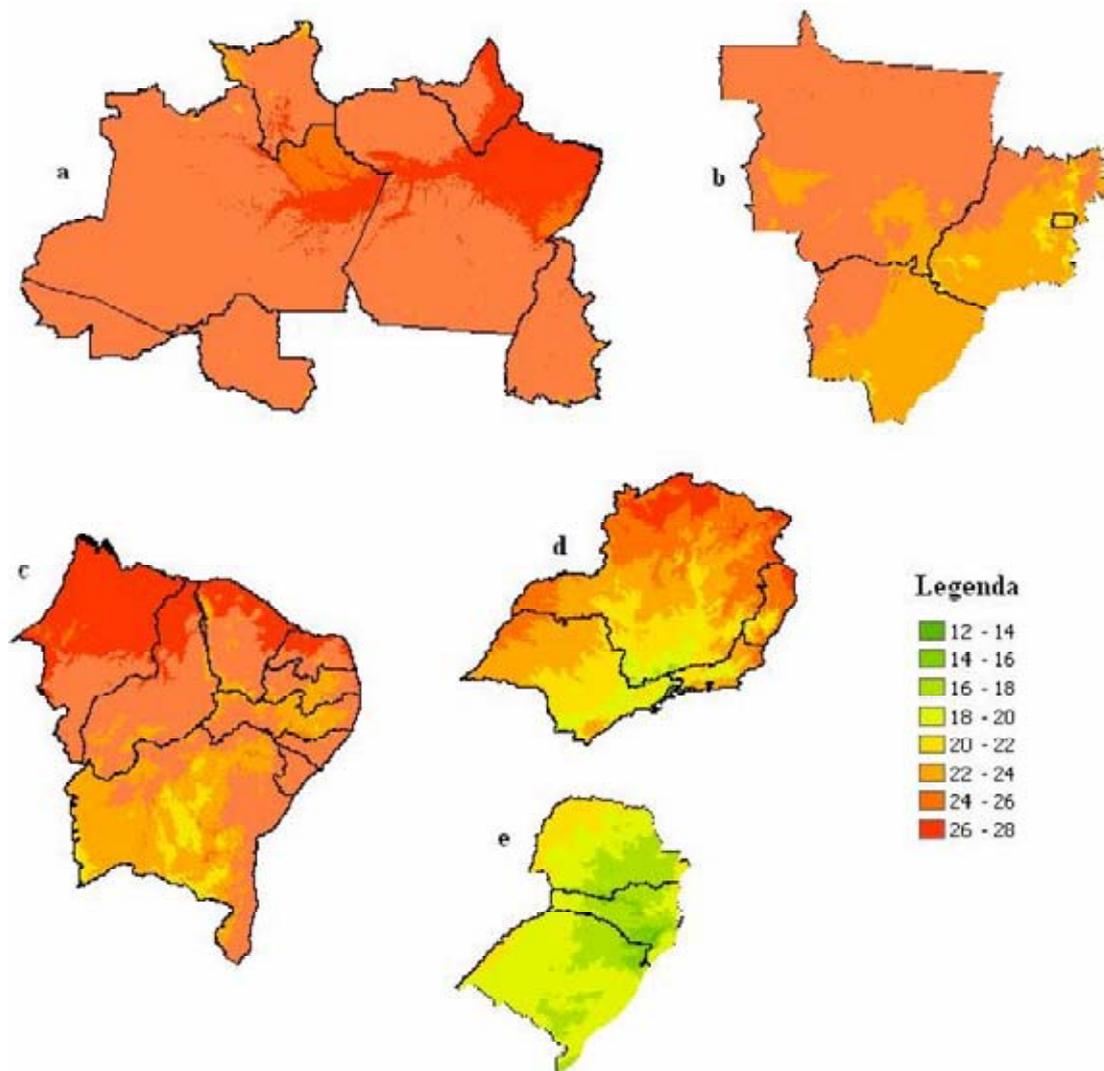
Onde: Tmed é a Temperatura média anual do ar em graus Celsius; Lat = latitude em graus decimais; Long = longitude em graus decimais; Alt = altitude em metros; \* indica que o coeficiente significativo a 5%; \*\* representa o coeficiente significativo a 1%. (VALLADARES *et al.*, 2005: 310)

Neste ponto cabe considerar que a longitude não é um fator climático, isto é, não existe uma relação entre temperatura e longitude. Ou seja, não se pode afirmar que quanto mais próximo ou afastado de Greenwich a temperatura sofrerá alguma alteração

As melhores correlações encontradas são entre os dados de altitude e temperatura do ar, pois as equações de regressão apresentam alta significância segundo teste t-student para um grau de significância de 5%. Esse teste analisa a

diferença entre o valor de temperatura coletado e o valor estimado. O estudo apresenta bons resultados e pode ser utilizado para classificações climáticas e estudos agroclimatológicos (Figura 23).

É de grande valia o uso de dados SRTM para geração de MDE, e os dados obtidos para o MDE têm resolução espacial de 90 metros, compatível com os dados da imagem termal, de mesma resolução. Nesta Tese, opta-se pela utilização de dados de curvas de nível, provenientes do Sistema Cartográfico do Distrito Federal (SICAD) de 1991, que possuem espaçamento de 5 metros. Este detalhamento é importante pois como esta Tese foca-se em estudo intra-urbano e o dados de altimetria transpostos para setores censitários foram as médias, parte-se do princípio que quanto maior o detalhamento desta variável, melhor a média representa o conjunto dentro dos setores censitários.



**Figura 23** – Estimativa de temperatura média anual do ar em °C, para as diferentes regiões do Brasil: a) Norte; b) Centro-oeste; c) Nordeste; d) Sudeste; e) Sul (VALLADARES *et al.*, 2005:311).

Cargnelutti Filho *et al.* (2006) procuram estimar as temperaturas médias de 41 municípios do Estado do Rio Grande do Sul (RS), a partir de dados de temperatura mínima decendial em função da altitude, latitude e longitude. Esse estudo é realizado devido à necessidade de melhor conhecimento de condições climáticas para efeito de melhoria de práticas agrícolas.

Os autores baseiam seu estudo em trabalhos anteriores que utilizam as variáveis de altitude e latitude para estimar a temperatura em determinadas regiões. Eles agregam a variável de longitude a seus cálculos de forma a melhorar o resultado em função de uma localização mais precisa. Para tal analisam 36 decênios, entre 1945 e 1974, realizam correlações e análise de trilha das variáveis causais, altitude, latitude e longitude, para verificar seus efeitos sobre a temperatura média, e estimam um modelo de equações a partir de análise de regressão múltipla.

Para a avaliação dos modelos de estimativa, os autores utilizam o coeficiente de correlação linear de Pearson entre a temperatura média estimada e a temperatura observada em 10 municípios do RS, com dados meteorológicos da série histórica de 1975 a 2004.

Cargnelutti Filho *et al.* (2006) concluem que a temperatura média pode ser estimada a partir das coordenadas geográficas em qualquer lugar do Estado e para qualquer decêncio, e que a altitude e a latitude explicam melhor a variação da temperatura média.

Nesta Tese avaliam-se as variáveis propostas por Cargnelutti Filho *et al.* (2006), altimetria e temperatura de superfície, a fim de refinar a equação gerada para o Distrito Federal. Este resultado é muito importante para a definição dos coeficientes das variáveis que compõem a equação de estimação final. A variável de latitude foi testada, mas como o Distrito Federal é pequeno, em termos de variação latitudinal, ela gerou um padrão incorreto de variação térmica na escala de trabalho desta tese, sendo que o fator preponderante para a variação de temperatura é a altimetria.

Este capítulo ilustra as principais questões que são abordadas nesta Tese, mostrando, a partir de trabalhos recentes, onde se pode contribuir e avançar nos estudos intra-urbanos de determinação de qualidade de vida. No capítulo subsequente é abordada proposta metodológica para a resolução ou minimização dos problemas apresentados.

## **Capítulo II - Aspectos Teóricos, Metodológicos e Técnicos**

## Introdução

Este capítulo apresenta a proposta teórica, metodológica e técnica em que se baseará esta Tese, a partir da crítica e das limitações identificadas no estado da arte, como discutido no capítulo anterior.

Procura-se desenvolver uma forma diferenciada de analisar o contexto urbano, “costurando” índices e conceitos que comumente são trabalhados de forma isolada. A cidade é uma realidade única, e como tal deve ser analisada desta forma quando possível. A visão sistêmica é a melhor maneira de identificar como os elementos urbanos (forma-espço, socioeconomia e meio ambiente) se permeiam e se interferem.

Os métodos aqui desenvolvidos têm aplicação prática para dar subsídio a políticas urbanas mais efetivas que busquem minimizar as desigualdades e possibilitar o acesso mais democrático a equipamentos e serviços urbanos.

Cabe lembrar que os dados gerados são referentes ao Distrito Federal, de forma que não é possível o uso das mesmas equações para outras cidades. Genericamente, o método pode ser aplicado, mas equações que representam realidades distintas devem ser desenvolvidas. O intuito da Tese é propor uma nova forma de descrever e analisar a realidade urbana, e não fornecer “receitas” para desenvolvimento futuro: concentra-se mais no “como é” do que no “deve ser”. Entretanto, o diagnóstico apresentado – os problemas identificados – poderiam embasar políticas públicas visando a melhoria da qualidade de vida da metrópole, naturalmente pressupondo condições políticas e de gestão adequadas para tanto

Assim, apresenta-se como cada conjunto foi trabalhado e a sua contribuição para o estudo da qualidade de vida urbana:

## **Aspectos Teóricos**

### **Configuração Urbana**

#### ***Índice de Dispersão***

Para o Índice de Dispersão faz-se uma normalização dos dados obtidos por Bertaud & Malpezzi (2003) para 50 cidades no mundo, são acrescentadas mais 13 cidades brasileiras e atualizados os cálculos para 3 cidades já analisadas por aqueles autores. A normalização visa transformar os dados iniciais em dados de mais fácil compreensão e análise, uma vez que sua distribuição fica dentro de um intervalo de -1 a 1, como será apresentado mais adiante.

Para as cidades brasileiras esse índice é obtido a partir dos setores censitários e de dados censitários do Censo Demográfico 2000 (IBGE, 2001; 2002), com a utilização de um SIG. A partir, também, desse SIG, é obtido o modelo tridimensional de representação desse índice, de forma a se ilustrar espacialmente a concentração e dispersão populacional.

#### ***Índice de Integração***

Como pode ser visto pelos estudos recentes apresentados sobre Integração Urbana, por mais diferentes que sejam os objetivos e as localidades, os autores têm algo em comum, todos utilizam análise de segmentos de linha para estudar aspectos de configuração urbana. Apesar das ferramentas desenvolvidas pela Teoria de Sintaxe Espacial trazerem diversas informações sobre a rede urbana, nenhum dos trabalhos encontrados fez correlação de forma clara e efetiva com outros dados censitários, que comumente são levantados como polígonos.

Nesta Tese os valores de integração obtidos por segmento de reta são transpostos para polígonos, que representam setores censitários. Dessa forma, torna-se possível o desenvolvimento de diversos tipos de cruzamentos e análises estatísticas, uma vez que os dados de integração tornam-se compatíveis espacialmente com outras bases de dados.

Além disso, procura-se desenvolver medidas que sejam além da estruturação viária, sendo utilizada a medida de habitante por metro linear por setor censitário, a

fim de avaliar a acessibilidade à infra-estrutura urbana, uma vez que esse elemento, no Distrito Federal, tende a acompanhar o sistema viário, e assim mensurar locais com alta acessibilidade (com isso alta oferta) e locais onde o sistema de infraestrutura encontra-se ocioso (por causa da baixa ocupação ou por se localizar ao longo de vias de ligação que passam por vazios urbanos).

### **Qualidade de Vida Urbana**

Os índices de qualidade de vida, por serem constituídos por parâmetros socioeconômicos, mensuram apenas a desigualdade social urbana. Apesar de alguns autores já trabalharem de forma espacial, nenhum deles relaciona os índices de qualidade de vida com a configuração urbana, e poucas vezes com qualidade ambiental. Esta Tese vem a contribuir nessa área por procurar construir essa relação, de forma a buscar novos caminhos para melhorar a compreensão e análise das situações presentes nas cidades.

### **Qualidade Ambiental Urbana**

#### ***Verde Urbano***

Para alguns autores, a estruturação do verde urbano também é um caracterizador de qualidade de vida. Mas nenhum trabalho é realizado para constatar isso. Assim como os índices de configuração urbana e qualidade de vida, os de qualidade ambiental são tratados de forma isolada. A contribuição desta Tese, nessa área, está relacionada à construção de uma análise integrada, por meio de diferentes índices de qualidade de vida, ambiental e de configuração, com o intuito de se gerar um modelo de análise da realidade mais preciso e mais amplo, e, dessa forma, construir um ferramental de apoio à tomada de decisão por meio de gestores e estudiosos do fenômeno urbano.

Ainda está arraigado no Brasil o conceito difundido pela OMS que o valor ideal para uma cidade seria de 12 m<sup>2</sup> de áreas verdes públicas por habitante (LOMBARDO, 1985; CAVALHEIRO & DELL PICCHIA, 1992). A Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) propôs um valor mínimo para área verde pública de 15m<sup>2</sup>/habitante como aceitável para recreação (HADER, RIBEIRO e TAVARES, 2006). Para vários autores, esses valores estão longe da realidade da

maioria das cidades brasileiras, pois não há como definir um parâmetro único como ideal para diferentes tipos de realidade urbana. Dessa forma, parte-se do pressuposto que a quantidade de verde urbano deve ser calculada baseada nas condições de qualidade e disponibilidade local de cada cidade, assim passa-se a ter um valor que se aplica a essa realidade específica.

O desenvolvimento do NDVI para todo o Distrito Federal visa avaliar quais as áreas com maior e com menor eficiência fotossintética. Esse tipo de estudo possibilita a identificação das áreas com ou sem vegetação urbana. O cruzamento desse índice com os demais permite agregar a variável relacionada à análise de qualidade de vida urbana.

### ***Conforto Térmico Urbano***

Em relação à temperatura de superfície, a cidade é muito mais do que dados interpolados ou manchas térmicas. Para poder-se conhecer como o clima urbano afeta a população, deve-se considerar a interação dos elementos construídos com os elementos climáticos, isto é, relacionar as modificações na paisagem, efetuadas pelo ser humano e como estas afetam os elementos climáticos na área urbana.

Como os dados de estação meteorológica são escassos, e como os dados de temperatura de superfície não refletem diretamente a questão de conforto térmico, nesta Tese é desenvolvido um modelo estatístico, por meio de regressão linear múltipla, que procura prever a temperatura do ar (que pode ser associada ao conforto térmico) a partir de dados de temperatura de superfície, altimetria e localização (latitude e longitude), obtidos por sensoriamento remoto. Assim, há a possibilidade de obter-se a informação associada a conforto térmico, bem como o desenvolvimento de uma proposta metodológica que permita ampliar a base de dados climatológicos e o uso de imagens termais para análise de conforto térmico urbano.

Por fim, os índices de configuração, qualidade de vida e qualidade ambiental urbana são agregados, de forma a gerar um índice final de qualidade urbana composto pelos principais parâmetros mensuráveis disponíveis, e assim, procura-se representar a realidade da cidade de forma mais fiel possível.

## Processos Matemáticos e Estatísticos

Como os índices que são abordados nesta Tese têm unidades de medida diferentes, faz-se necessária a normalização deles, de forma que eles sejam transformados em valores adimensionais, e assim possam ser cruzados e comparados.

O processo de normalização é uma transformação matemática baseada na equação da reta, de forma que os valores passam a variar numa escala entre -1 e 0 e 0 e +1 (Equação 2).

$$y = ax + b,$$

Equação 2

Onde  $y$  é o valor predito em porcentagem;  $a$  é a amplitude entre o valor máximo e o valor mínimo (em porcentagem) (ponto em que a reta intercepta o eixo  $y$ );  $x$  é o valor normalizado; e  $b$  é o valor mínimo, em porcentagem, do conjunto analisado (inclinação da reta) (GENOVEZ, 2002).

Para o cálculo do Índice de Exclusão/Inclusão Social, proposto por Genovez (2002), deve-se determinar o Padrão de Referência de Inclusão (PRI) como o conjunto de valores que separam a exclusão da inclusão, e ele não participa da normalização, sendo considerado como valor zero. Os valores normalizados são os que estão abaixo e acima do PRI. Para Genovez (2002), o PRI deve ser escolhido a partir de uma construção e discussão coletiva com os diversos setores da sociedade, nesta Tese são considerados todos os valores para o processo de normalização, não sendo determinado o PRI, uma vez que não foi possível, no âmbito deste trabalho acadêmico, realizar ampla discussão com a sociedade de forma a construir o PRI.

Essa decisão torna o cálculo mais sensível à presença de valores *outliers*, isto é, valores que estão fora do padrão de variação do conjunto. Metodologicamente esses valores são analisados em separado, não participando do cálculo, pois deslocariam o resultado ou para exclusão ou para inclusão, e, como são valores extremos, após a sua análise é atribuído ou valor máximo de exclusão ou de inclusão, conforme cada caso específico.

Um meio estatístico usado para verificar o grau de dependência entre variáveis é o cálculo de correlação. A correlação varia segundo sua intensidade, isto é, o valor obtido entre as duas variáveis, e a sua direção, que pode ser negativa ou positiva, onde para a correlação positiva as variáveis alteram-se na mesma direção, se uma aumenta, a outra também aumenta, e para a correlação negativa as variáveis alteram-se em direções opostas, se uma aumenta, a outra diminui, e vice-versa.

A correlação mais utilizada é a de Pearson que fornece o Coeficiente de Correlação de Pearson ( $r$ ), que permite determinar a intensidade e a direção da correlação entre duas variáveis, de forma que o valor da correlação situe-se numa escala entre -1 e 1 (Tabela 1). Usa-se também para análise o Coeficiente de Determinação ( $r^2$ ) que procura medir a proporção da variação na variável dependente que é explicada por meio da variável independente (LEVINE *et al*, 2003).

**Tabela 1** – Relação ente o valor de correlação de Pearson ( $r$ ) e o seu significado genérico.

<b>Intervalo</b>	<b>Significado</b>
-1,00	Perfeita correlação negativa
...	
-0,60	Forte correlação negativa
...	
-0,30	Moderada correlação negativa
...	
-0,10	Fraca correlação negativa
...	
0,00	Não há correlação
...	
+0,10	Fraca correlação positiva
...	
+0,30	Moderada correlação positiva
...	
+0,60	Forte correlação positiva
...	
+1,00	Perfeita correlação positiva

Fonte: Levin & Fox (2004:332)

A análise por regressão linear é utilizada para fins de predição de valores, de forma a desenvolver um modelo estatístico que possa simular valores de uma variável dependente, a partir de pelo menos uma variável independente. Nesta Tese é utilizado o processo de análise por regressão linear múltipla, que utiliza diversas variáveis independentes para estimar a variável dependente (LEVINE *et al*, 2005).

Quando utiliza-se diversas variáveis independentes para predição, pode-se assumir uma relação linear entre cada variável independente e a variável dependente. De forma que a Equação 3 ilustra um modelo de regressão múltipla para  $n$  variáveis independentes (LEVINE *et al*, 2005:538).

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \dots + \beta_n x_{ni} + \varepsilon_i, \quad \text{Equação 3}$$

Onde,  $\beta_0$  = interseção de  $y$ .

$\beta_1$  = inclinação de  $y$  em relação à variável  $x_1$ , com as demais variáveis independentes mantidas constantes.

$\beta_2$  = inclinação de  $y$  em relação à variável  $x_2$ , com as demais variáveis independentes mantidas constantes.

$\beta_3$  = inclinação de  $y$  em relação à variável  $x_3$ , com as demais variáveis independentes mantidas constantes.

$\beta_n$  = inclinação de  $y$  em relação à variável  $x_n$ , com as demais variáveis independentes mantidas constantes.

$\varepsilon_i$  = erro aleatório em  $y$ , para a observação  $i$

Dentro do processo de análise estatística dificilmente se conhece o valor total das populações ( $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_n$ ), assim é necessária a utilização de estimadores dessas populações ( $b_0, b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ ), de forma que a Equação 4 ilustra a regressão múltipla com diversas variáveis independentes e os coeficientes estimadores de inclinação de  $y$ .

$$\hat{y}_i = b_0 + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + b_3 x_{3i} + \dots + b_n x_{ni} + \varepsilon_i, \quad \text{Equação 4}$$

Onde  $\hat{y}_i$  é a variável dependente estimada.

Para a análise por regressão linear múltipla, utiliza-se o Coeficiente de Determinação Múltipla ( $r_{y,n}^2$ ), que representa a proporção da variação da variável dependente ( $y$ ) que pode ser explicada pelo conjunto de variáveis independentes ( $n$ ) (LEVINE *et al*, 2005).

Para verificar se o modelo de regressão múltipla é apropriado para o conjunto de dados que está sendo estudado, é necessária a análise de resíduos dele. Esse resíduo, ou valor de erro estimado é definido como a diferença entre os valores observados e os valores previstos. Para isto é necessária a análise dos gráficos de resíduos para cada um dos valores correspondentes aos das variáveis independentes. Se o modelo de regressão múltipla for apropriado para os dados, não aparecerá nenhum padrão nos gráficos, isto é, a distribuição dos resíduos em relação à variável independente aparece dispersa e uniformemente distribuída acima e abaixo do valor zero. Dessa forma, se isso ocorrer, pode-se concluir que o modelo de regressão múltipla é apropriado para o conjunto de dados estudados (LEVINE *et al*, 2005).

Após verificar se o modelo de regressão múltipla é apropriado aos dados, deve-se realizar um teste de significância entre a variável dependente e o conjunto de variáveis independentes. Esse teste é conhecido como teste F, que é um procedimento utilizado para verificar se há uma significância entre a variável dependente e o conjunto de variáveis independentes (KVANLI, GUYNESS e PAVUR, 1996).

Os valores críticos desse teste dependem do número de graus de liberdade da variável dependente, do conjunto de variáveis independentes e do grau de significância escolhido. Assim a hipótese nula e a alternativa pode ser construídas da seguinte maneira (LEVINE *et al*, 2005):

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n = 0$  (nenhuma relação linear entre a variável dependente e as variáveis independentes).

$H_1$ : pelo menos um  $\beta_1 \neq 0$  (relação linear entre a variável dependente e pelo menos uma das variáveis independentes).

A regra para decisão é rejeitar  $H_0$ , para o nível de significância  $\alpha$  escolhido, quando  $F_{calculado} > F_{tabelado}$ , caso contrário, deve-se manter  $H_0$ . Dessa forma, para que o modelo de regressão múltipla tenha significância, a opção de decisão deve ser pela rejeição de  $H_0$ , pois para que o modelo seja válido deve haver uma relação linear entre a variável dependente e pelo menos uma das variáveis independentes.

Ao rejeitar  $H_0$  do teste F, deve-se verificar a existência de uma relação significativa entre a variável dependente e cada uma das variáveis independentes. Essa verificação pode ser feita por meio do teste t-student. Assim, a construção da hipótese nula e da alternativa pode ser da seguinte maneira (LEVINE *et al*, 2005):

$H_0: \beta_1 = 0$  (nenhuma relação linear)

$H_1: \beta_1 \neq 0$  (relação linear)

$H_0: \beta_2 = 0$  (nenhuma relação linear)

$H_1: \beta_2 \neq 0$  (relação linear)

...

$H_0: \beta_n = 0$  (nenhuma relação linear)

$H_1: \beta_n \neq 0$  (relação linear)

A regra para decisão é rejeitar  $H_0$ , para o nível de significância  $\alpha$  escolhido, quando  $t_{calculado} > t_{tabelado}$ , ou ainda se o valor-p for menor que o nível de significância  $\alpha$  escolhido. Ao rejeitar  $H_0$ , conclui-se que há uma relação linear significativa entre a variável dependente e a variável independente testada. O valor-p indica a probabilidade de relação entre a variável dependente e a variável independente testada, para um determinado nível de significância. Se o valor-p for maior que o nível de significância, significa que a probabilidade de não haver relação linear é alta, mas se o valor-p for menor que o nível de significância, então a probabilidade de não haver relação linear é baixa, o que permite que se rejeite  $H_0$ , e se confirme a relação linear entre a variável dependente e a variável independente testada, e conseqüentemente, a significância dessa variável independente para o modelo de regressão linear (LEVINE *et al*, 2005).

Alem disso, deve-se avaliar o quanto cada variável contribui para o modelo de regressão linear múltipla, de forma a escolher aquelas variáveis que mais contribuem e eliminar as de baixa significância. Para isso, deve-se analisar os coeficientes de determinação parciais, que medem em que proporção a variável dependente pode ser explicada por meio de cada variável independente, sendo

mantidas constantes as outras variáveis independentes (LEVINE *et al*, 2005). Assim, obtém-se a significância de cada variável independente dentro do conjunto de variáveis escolhidas para a determinação da variável dependente.

Após esses testes, pode-se determinar se o modelo de regressão múltipla se aplica às variáveis, e qual o melhor conjunto de variáveis independentes a serem usadas para a determinação da variável dependente.

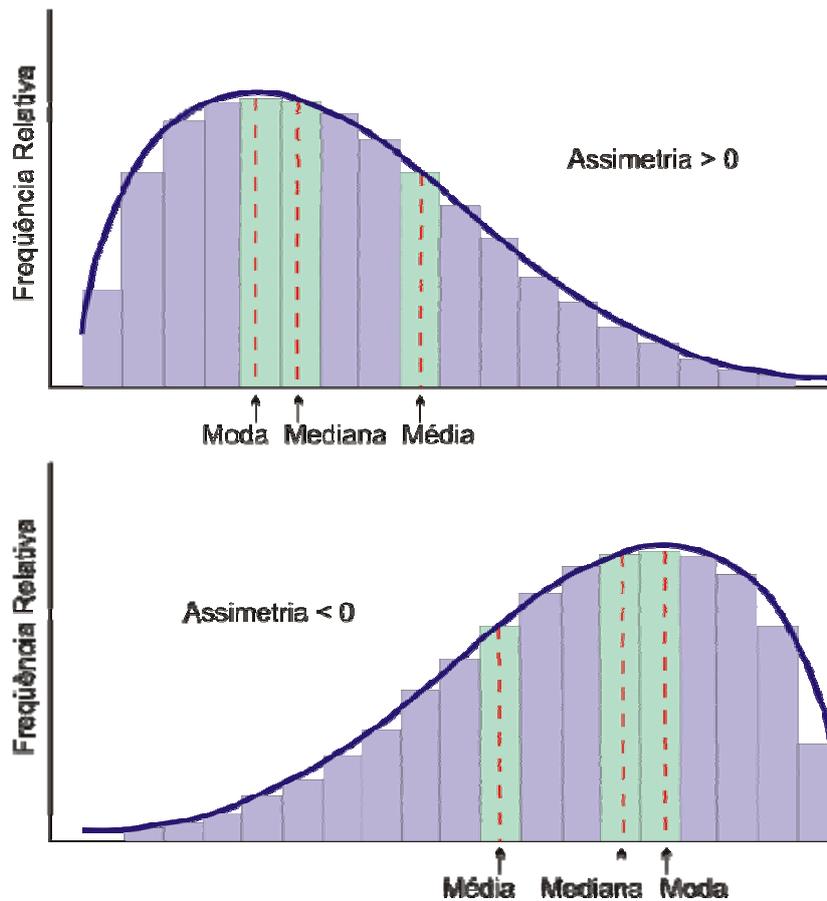
A análise exploratória estatística utiliza os seguintes parâmetros para ajudar a compreender o comportamento dos dados (KVANLI, GUYNES e PAVUR, 1996; ANDRIOTTI, 2003):

**Média** – é uma medida de tendência central a qual indica um valor central em volta do qual os dados da amostra tendem a se concentrar.

**Mediana** – é uma separação física dos dados, na qual procura-se identificar o valor central por meio da ordenação e separação dos dados amostrais em dois conjuntos iguais.

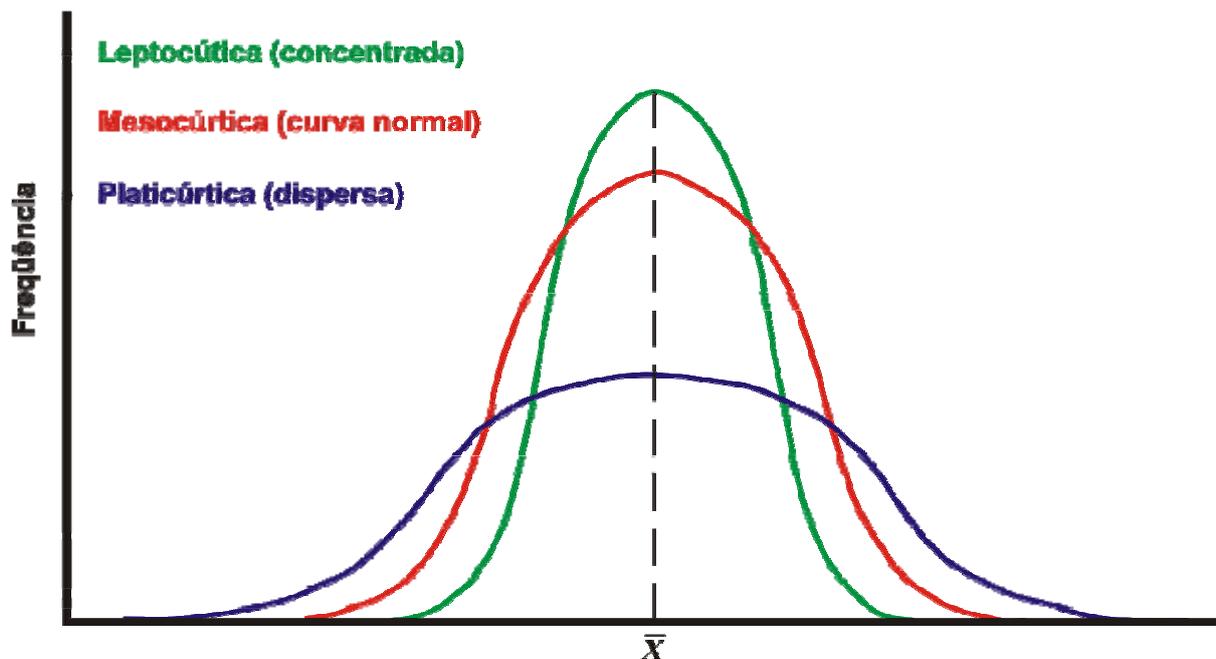
**Desvio-padrão** – indica a variação dos valores de um conjunto amostral em relação à média da amostra. “Um pequeno desvio padrão indica baixos desvios em relação à média, altos desvios padrões indicam que os dados tendem a se concentrar distantes da média e desvios medianos indicam que os dados estão distribuídos mais equilibradamente.” (GENOVEZ, 2002:55)

**Assimetria** (*Skewness*) – indica “o grau de desvio de uma curva no sentido horizontal” (ANDRIOTTI, 2003), que pode ser positivo se há maior concentração dos valores à esquerda da média, ou negativo se há maior concentração de valores à direita da média. Indica qual a tendência de deslocamento dos dados em relação à média, mediana e moda, isto é, de qual lado os dados tendem a se concentrar, varia em uma escala de -3 a +3 (Figura 24).



**Figura 24** – Histogramas que representam: a) assimetria à direita (positiva); e b) assimetria à esquerda (negativa) (Adaptado de KVANLI, GUYNES e PAVUR, 1996).

**Curtose** – é o grau de achatamento da curva em relação a uma curva normal. Indica como os dados da amostra se distribuem, isto é, se há concentração próxima a média, ou se os dados da amostra estão dispersos. Se o valor da curtose for igual a zero, então se pode dizer que a distribuição é caracterizada por uma curva normal, essas funções são chamadas de mesocúrticas; se o valor é maior que zero então a distribuição em questão é mais alta e concentrada que a distribuição normal, essas funções são chamadas de leptocúrtica; e, se o valor é menor que zero então a função de distribuição é mais achatada que a distribuição normal, sendo chamada de platicúrtica (Figura 25).



**Figura 25** – Grau de achatamento da distribuição de escores em relação à curva normal. (modificado de <http://www.uwsp.edu/psych/stat/6/kurtosis.gif>, 2008)

**Quartil** – é uma medida de posição que divide os dados da amostra, ordenados em ordem crescente, em quatro partes iguais. Assim, no primeiro quartil tem-se 25% da amostra. No terceiro quartil tem-se um valor da amostra para o qual há concentração de 75% dos valores do conjunto.

Assim, a partir da normalização, correlação e análise exploratória dos dados pode-se compreender com maior clareza o comportamento deles e desta forma realizar uma análise com maior precisão.

## **Aspectos Metodológicos**

### **Configuração Urbana**

#### ***Índice de Dispersão***

O conhecimento sobre o espaço urbano é fundamental para o seu planejamento e gestão, e dentro desse processo entender como esse espaço se comporta em relação à população, e vice-versa, é de suma importância na elaboração e aplicação de políticas e instrumentos políticos mais condizentes com a realidade local. Dessa forma, a teoria de dispersão urbana permite um melhor entendimento sobre a forma urbana e as relações entre ela e as pessoas.

O cálculo de Bertaud & Malpezzi (2003) para o Índice de Dispersão é interessante, pois ilustra como a cidade ocupa o espaço, permite fazer considerações a respeito de custos de deslocamento, implementação de infraestrutura, urbanização. Todavia, sem saber de antemão qual o intervalo de variação possível, é difícil fazer análises comparativas e ter leitura mais fácil da posição de uma determinada cidade, quanto à dispersão, no âmbito da amostra.

Assim, utiliza-se uma transformação linear que transpõem os números absolutos em relativos, representada pela Equação 5.

$$y = \frac{a(x+1)}{2} + b \Rightarrow x = \left( \frac{2(y-b)}{a} \right) - 1 \quad \text{Equação 5}$$

Para atualizar os dados referentes ao Brasil, utiliza-se o censo de 2000 (IBGE, 2002) (os cálculos efetuados por Bertaud & Malpezzi (2003) são feitos com dados de 1991). Além de atualizar os dados para cidades brasileiras calculados por eles (Distrito Federal, Rio de Janeiro e Curitiba), são incluídos dados de mais 10 capitais: Belém, Belo Horizonte, Recife, Porto Alegre, Florianópolis, Salvador, Natal, Fortaleza, João Pessoa e São Paulo, totalizando 60 centros urbanos.

O cálculo do índice de dispersão efetuado para as 13 cidades brasileiras é feito a partir da Equação 6, adaptada por Holanda (2003), apenas para maior clareza (ela não muda os resultados), a partir da equação proposta por Bertaud & Malpezzi (1999; 2003):

$$\rho = \frac{\sum_i d_i p_i}{PC}, \quad \text{Equação 6}$$

onde  $\rho$  é o índice de dispersão,  $d$  é a distância do centróide de cada setor urbano ao CCS,  $p$  é a população de cada setor urbano,  $P$  é a população urbana total, e  $C$  é a média dos pontos de um círculo de área equivalente à da cidade analisada ao seu centro (que é igual a  $\frac{2}{3}$  do raio desse círculo, valor obtido por meio de cálculo integral). (Holanda, 2003:50)

O CCS, para o Distrito Federal, é definido como o encontro do Eixo Rodoviário com o Eixo Monumental, aonde se localiza a Rodoviária do Plano Piloto

de Brasília. Esse ponto é escolhido por ser grande concentrador de pessoas e por ser ponto de convergência da maioria das linhas de ônibus do Distrito Federal, dessa forma, pode ser considerado como um ponto central funcional para a capital. Em torno dele localizam-se cerca de 82% dos empregos formais do Distrito Federal, segundo o Ministério do Trabalho. O CCS para as demais 13 capitais é definido de acordo com critérios do IBGE para localização da sede municipal, para o qual se utiliza o centro histórico como referência.

Após a atualização e cálculo do Índice de Dispersão para as 13 cidades brasileiras, normaliza-se os dados das 60 cidades, a partir da Equação 5. Assim, obtém-se o Índice de Dispersão Normalizado.

Este índice é utilizado no cômputo final como um valor único para todo o Distrito Federal, de forma que a dispersão urbana entra como um dos pesos para a composição da configuração urbana.

### ***Índice de Integração***

Por meio de procedimentos computacionais, com o *software* Depthmap 6.824r, é calculado o Índice de Integração para cada eixo viário, o que, numericamente, indica sua relativa acessibilidade em relação a todo sistema. Essa acessibilidade, entretanto, é mais de ordem topológica do que geométrica, na medida em que se refere ao mínimo de linhas intervenientes entre cada linha e todas em relação a todo o sistema. Em outras palavras, o índice de integração revela como é fácil se deslocar a partir de cada linha para qualquer outra do sistema.

Para calcular o Índice de Integração Normalizado por setor censitário são consideradas todas as linhas que passam pelo setor, e a integração do setor é identificada como sendo a mesma da linha mais integrada dentro dele.

O processo de cálculo do Índice de Integração Normalizado inicia-se pela normalização do Índice de Integração Máxima, baseada em uma escala de -1 a +1. É calculado o ponto médio da distribuição das duas variáveis (Equação 7), essa medida de tendência central separa o conjunto de valores em duas partes iguais, de

forma que o valor encontrado é considerado como ponto de corte entre alta e baixa integração.

$$\mathbf{Ponto\ Médio} = \frac{N+1}{2}, \quad \mathbf{Equação\ 7}$$

onde  $N$  é o número total de elementos no conjunto.

Este processo de normalização é utilizado para que, além de se obter os valores de integração dentro de uma escala definida, se possa associar aos demais índices na composição do índice final de qualidade de vida.

Assim, para o Índice de Integração Normalizado, é utilizada a Equação 2 para normalizar os valores menos integrados (definidos como abaixo do ponto médio) numa escala de -1 a 0, acrescido o sinal negativo à equação. Para os valores acima do ponto médio, é utilizada a Equação 2, que os normaliza numa escala de 0 a +1.

Por meio de técnicas de geoprocessamento, com o *software* ArcGIS® 9.2, é feita uma transposição da medida de integração normalizada para os setores censitários, de forma a facilitar o cruzamento com os outros dados.

Dentro do contexto de integração, calcula-se a Distância Normalizada dos setores censitários em relação ao CCS. Essa é uma importante medida que permite identificar a acessibilidade da população ao local de concentração de empregos e serviços.

A partir dos centróides dos setores censitários calcula-se a distância entre esses e o CCS, por meio do *software* ArcGIS®. Após essa etapa, normaliza-se os resultados por meio da Equação 5, em uma escala de -1 a +1, na qual quanto mais negativos os valores, mais distante do CCS encontra-se o setor, conseqüentemente, maior a dificuldade dessa população em ter acesso a empregos e serviços. O oposto, quanto mais positivo os valores, mais perto do CCS encontra-se o setor, e com isso, essa população tem maior acesso a empregos e serviços.

Outra medida utilizada nesta Tese é a medida de número de habitantes por setor censitário dividido pelo comprimento do metro linear das vias que encontram-se circunscritas ao setor censitário. Essa medida indica o grau de acesso da população à infra-estrutura urbana. Esse resultado é normalizado, por meio da Equação 5, em

uma escala de -1 a +1, a qual indica que quanto menores os valores da escala menos acesso a infra-estrutura e quanto maior os valores mais intensamente ela é utilizada pela população.

Calculam-se também duas medidas globais de acessibilidade à infra-estrutura. A primeira refere-se o índice médio de utilização da infra-estrutura pela população, tendo como referência os eixos viários. É a razão entre população total e comprimento total dos eixos viários. A segunda de certa maneira inverte a primeira: é um “índice de ociosidade”. Do comprimento total das vias urbanas subtrai-se o comprimento total das vias utilizadas; obtém-se o comprimento total de vias ociosas, aquelas que passam por áreas não ocupadas (partes da cidade onde não há setores censitários do Censo do IBGE); divide-se o comprimento total destas vias ociosas pela população total; o que indica quantos metros *per capita* de infra-estrutura viária encontra-se “ociosa” (o termo vai por conta da subutilização, porque sua única função é conectar áreas separadas por vazios urbanos, sem alimentar nenhuma atividade ao longo dessas áreas).

Essa medida é interessante quanto comparada com a de outras cidades, da mesma forma como é feito por Bertaud & Malpezzi para o Índice de Dispersão. Ademais, informa melhor sobre a dispersão territorial de cidades como Florianópolis, cuja compacidade medida pelo método de Bertaud & Malpezzi é alta porque há grande concentração demográfica próxima ao CCS. Contudo, isto mascara o fato de a cidade ser muito espraiada, com uma infra-estrutura muito ociosa, por cobrir áreas de muito baixa densidade ou desocupadas, o que impacta fortemente custos urbanos. Para esta Tese utiliza-se a comparação com três grandes metrópoles do país, Rio de Janeiro São Paulo e Florianópolis. A partir da diferença dessas medidas pode-se avaliar o nível de ociosidade existente, isto é, locais por onde passa infra-estrutura e não há ninguém para utilizá-la. Assim passa-se a ter uma medida que pode revelar questões relacionadas ao custo da infra-estrutura, nível de oferta e de demanda.

## **Qualidade de Vida Urbana**

### ***Índice de Exclusão/Inclusão Social***

Os dados dos setores censitários (IBGE, 2002) dividem-se em quatro níveis: domicílio, instrução, pessoas e responsável. Em cada nível são selecionados parâmetros socioeconômicos, de acordo com o trabalho de Genovez (2002), que calculou o Índice de Exclusão/Inclusão Social (Iexi), para a cidade de São José dos Campos, SP (Quadro 9).

**Quadro 9** – Parâmetros selecionados por nível para cálculo do Índice de Exclusão/Inclusão Social.

INDICADORES	ÍNDICES SIMPLES	ÍNDICES COMPOSTOS
lexi Chefes de família abaixo da linha de Pobreza (sem Rendimento) lexi Chefe de Família na Linha de Pobreza (com ganho até 2 SM)	lex Precária Condição de Sobrevivência	lex AUTONOMIA DE RENDA DOS CHEFES DE FAMÍLIA
lexi sem Rendimento lexi até 0,5 SM lexi de 0,5 até 1 SM lexi de 1 a 2 SM lexi de 2 a 3 SM lexi de 3 a 5 SM lexi de 5 à 10 SM lexi de 10 a 15 SM lexi de 15 a 20 SM lexi mais de 20 SM	lex de Distribuição de Renda dos Chefes de Família	
lexi Chefes de Família não Alfabetizados lexi Escolaridade Precária (de 1 a 3 anos de estudo) lexi de 4 a 7 anos de estudo lexi de 8 a 10 anos de estudo lexi de 11 a 14 anos de estudo lexi mais de 15 anos de estudo	lex de Desenvolvimento Educacional	lex DESENVOLVIMENTO HUMANO <sup>17</sup>
lexi Alfabetização Precoce (com 5 a 9 anos ) lexi Alfabetização Tardia (de 10 a 14 anos)	lex Estímulo Educacional	
lexi não Alfabetizados lexi Alfabetização Precária	lex Escolaridade Precária	
lexi População acima de 70 anos	lex Longevidade	
lexi Precário Abastecimento de Água lexi Precário Instalação sanitária (Esgoto) lexi Precário Tratamento do Lixo	lex Qualidade Ambiental	lex QUALIDADE DE VIDA
lexi Propriedade Domiciliar	Conforto Domiciliar	
lexi Conforto Sanitário		
lexi Habitação Precária		
lexi Mulheres não Alfabetizadas lexi Concentração de Mulheres Chefes de Família		lex EQUIDADE

Fonte: Adaptado de Genovez (2002).

Com a realização do cálculo e espacialização do lex, Genovez (2002) propôs que seria possível identificar no território como se distribui a desigualdade

<sup>17</sup> Este índice não é o mesmo que o IDH calculado pela ONU, pois este além de calcular o PIB per capita, depois de corrigi-lo pelo poder de compra da moeda de cada país, o IDH também considera como componentes a longevidade e a educação. (PNUD, 2005) Para o presente trabalho, considerou-se como Índice de Exclusão/Inclusão de Desenvolvimento Urbano somente a educação e a longevidade.

socioeconômica, e, assim, elaborar políticas públicas inclusivas para as áreas excluídas. Alguns parâmetros utilizados pela autora são desconsiderados nesta Tese, pois eles são muito variáveis e dependem da configuração urbana e da compacidade da cidade, não podem ser considerados simplesmente com o tratamento de normalização, como, por exemplo, a densidade habitacional, pode-se ter alta densidade habitacional em condomínios verticais de luxo, onde a qualidade de vida é alta, mais pelo cálculo proposto pela autora, o parâmetro caracterizaria uma situação negativa, o que não representaria essa realidade.

Para o cálculo desse índice são selecionados parâmetros que exprimem condições de exclusão e inclusão social. O valor de cada parâmetro é transformado em porcentagem, para que se obtenham a representatividade dele em relação ao valor total existente no setor censitário. Esse valor de porcentagem é normalizado entre -1 e 0, para parâmetros que exprimem exclusão social (por exemplo, chefes de família sem rendimento), entre 0 e +1 para parâmetros que exprimem inclusão social (por exemplo, alfabetização precoce), e entre -1 e +1 para parâmetros que exprimem simultaneamente exclusão e inclusão social (por exemplo, longevidade). Para a normalização de -1 a 0 e 0 a +1, utiliza-se uma transformação linear representada pela Equação 2. Essa normalização torna os valores adimensionais, o que faz com que possam ser somados e comparados. A Figura 26 ilustra a escala numérica e de cores utilizada para representação espacial da exclusão/inclusão social.



**Figura 26** – Escala de representação espacial da exclusão/inclusão social e o seu respectivo padrão de cores. (Adaptado de GENOVEZ *et al*, 2007)

Para o cálculo da normalização de -1 a +1, utiliza-se a Equação 5, apresentada por Genovez (2002):

Após a normalização dos parâmetros, eles são somados, o que gera os índices simples. Os índices simples são somados de acordo com cada grupo do Quadro 9, e normalizados entre os valores de -1 e +1, por meio da Equação 5. A partir desse resultado obtém-se os índices compostos de Autonomia de Renda dos Chefes de Família, Desenvolvimento Humano, Qualidade de Vida e Eqüidade (Genovez, 2002).

Na última etapa de cálculo, os índices compostos são somados e normalizados entre os valores de -1 a +1, a partir da Equação 5. Dessa forma, obtém-se o Índice de Exclusão/Inclusão Social. Os quatro índices compostos e o Índice de Exclusão/Inclusão Social são espacializados para que se possa verificar a distribuição deles dentro da área de estudo.

Diferentemente da proposta de Genovez *et al* (2007), não é estabelecido um Padrão de Referência de Inclusão (PRI), devido ao intuito de mapear as variações de exclusão/inclusão em função do valor de todo o conjunto.

## **Qualidade Ambiental Urbana**

### ***Verde Urbano***

Há um grande debate sobre a melhor forma de se encontrar um índice relacionado ao verde urbano. A OMS considera 12 m<sup>2</sup>/hab o mínimo de qualidade, o Instituto de Arquitetos do Brasil, IAB, considera 18 m<sup>2</sup>/hab, outros autores trabalham com valores diferentes. Atualmente, há um consenso de que se deve trabalhar com índices locais, que representem a realidade estudada, ao invés de usar-se um índice padrão. Dessa forma, é definido um índice de vegetação por setor censitário urbano do Distrito Federal.

Para identificação de áreas vegetadas é utilizado o cálculo do NDVI, que representa a variabilidade espacial de atividade fotossintética. Para tal, são utilizadas as bandas do vermelho e no infravermelho próximo da imagem ASTER

L1B<sup>18</sup> de 10/04/2005, de acordo com a Equação 1, que é processada no *software* ENVI 4.3.

Os valores de radiância da imagem são convertidos para uma escala de -1 a +1, na qual os valores positivos indicam presença de vegetação (variação de acordo com sua atividade fotossintética), e os valores negativos indicam as áreas sem vegetação (variação de acordo com a exposição e o tipo de superfície). Os valores negativos são excluídos da imagem, de modo a se trabalhar apenas com os resultados de áreas com presença de vegetação.

Os dados positivos, que indicam presença de vegetação são cruzados com os setores censitários, no *software* ArcGIS 9.2, de forma a obter-se a quantidade de verde por setor censitário. Essa transposição é feita a partir do valor médio de NDVI por setor.

Após a transposição do NDVI para setores censitários, ele foi normalizado em uma escala de -1 a +1 pela Equação 5, de forma que os menores valores indicam a situação de menor ou nenhum seqüestro de carbono e os maiores valores indicam as áreas com melhor seqüestro de carbono.

### ***Conforto Térmico Urbano***

Devido à escassez de informações provenientes de estações meteorológicas, bem como o seu amplo espaçamento (quando elas existem), a geração de dados espacializados contínuos sobre temperatura é problemática. Dessa forma, um meio prático e de baixo custo para obtenção dessa informação é por meio de imagens termais de sensores remotos.

Para a obtenção de dados de temperatura utiliza-se o produto 08 (sob demanda) do sensor ASTER, que fornece a temperatura radiométrica da superfície terrestre. Para a obtenção dos valores de temperatura de superfície é necessária uma transformação matemática da imagem, para conversão dos valores digitais em bits para Kelvin e depois para valores em graus centígrados. Assim, foi aplicada a Equação 8 para tal conversão.

---

<sup>18</sup> Essa imagem é uma reestruturação da imagem não processada, na qual foram aplicados os coeficientes radiométricos e geométricos. Possui resolução espacial de 15 metros. (ABRAMS & HOOK, 2002).

$$T(^{\circ}\text{C}) = (B_{\text{termal}} \times 0,1) - 273,15,$$

**Equação 8**

Onde  $B_{\text{termal}}$  é a banda que contém os valores digitais de temperatura cinética a serem convertidos;  $0,1$  é o fator de conversão de 16 bits para Kelvin; e  $273,15$  é o fator de transformação de temperatura em Kelvin para graus Celsius. Após a aplicação da Equação 8, o produto gerado foi uma imagem termal com valores em graus centígrados.

Esse produto é interessante para mapear o efeito de ilhas de calor urbano, e para tal, a imagem termal convertida é transposta para os setores censitários, a fim de se obtenha a temperatura média de superfície por setor censitário, com o intuito de possibilitar o cruzamento com os demais índices calculados.

O valor de temperatura de superfície não pode ser associado diretamente à questão de conforto térmico humano, pois os estudos realizados utilizam a temperatura do ar para essa análise. Para que se possa utilizar a variável de conforto térmico é necessário o desenvolvimento de uma equação para transpor os dados de temperatura de superfície para temperatura do ar.

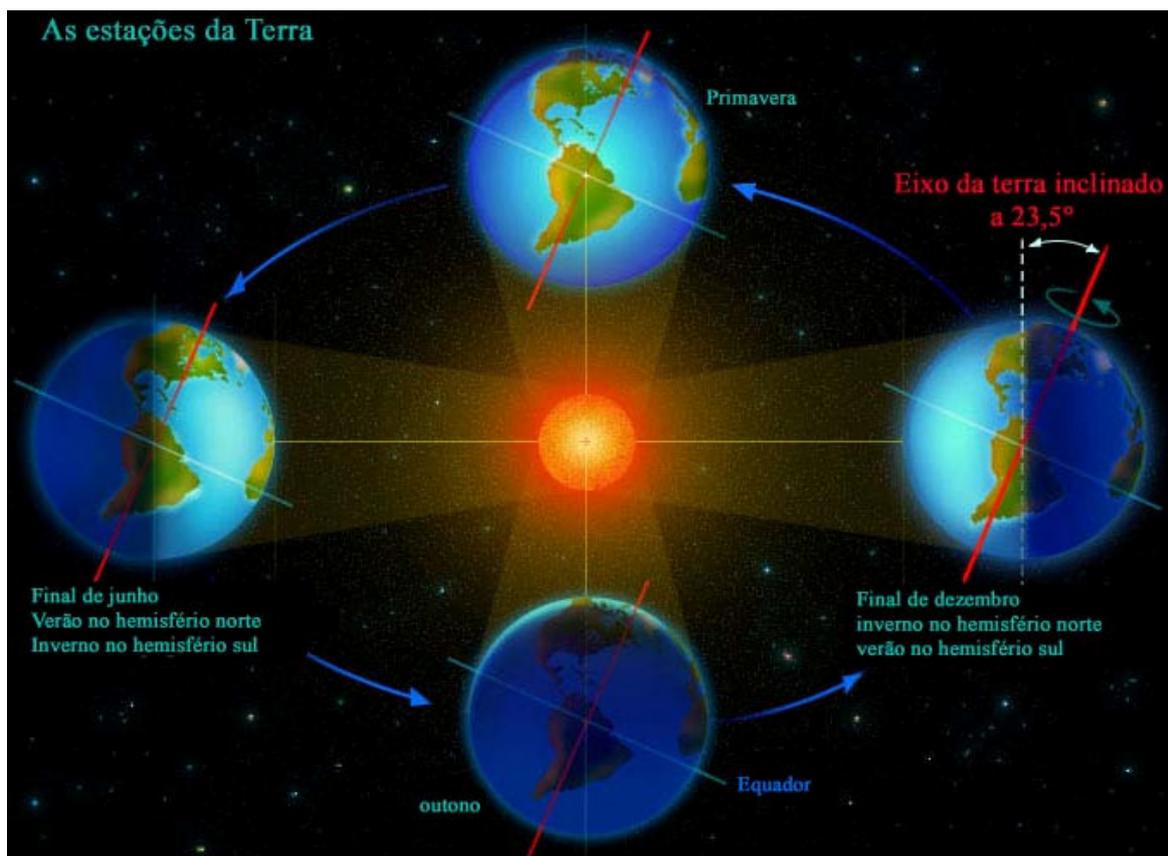
Para esse processo utiliza-se o método de regressão múltipla, onde a variável dependente ( $y$ ), que se quer determinar, é a temperatura do ar, e como variáveis independentes tem-se a altitude ( $x_1$ ) e a temperatura medida de superfície ( $x_2$ ). Diversos autores utilizam os parâmetros de latitude e longitude e altimetria, além da temperatura média anual e mensal, para composição da equação de regressão linear múltipla. Os parâmetros de posição (latitude e longitude) não são utilizados porque a longitude não influencia a temperatura, apenas aspectos de continentalidade e maritimidade; a latitude, apesar da sua influência na temperatura em função da incidência de radiação solar, também é desprezada, pois como explicitado, o Distrito Federal é uma região pequena, em relação à variação latitudinal, mas ela gera um erro no resultado passando a determinar o gradiente térmico, o que não se verifica no Distrito Federal.

De acordo com Mendonça & Danni-Oliveira (2007), a variação temporal e espacial dos elementos climáticos deve-se à ação dos fatores climáticos, tais como latitude, altitude, relevo, vegetação, continentalidade/maritimidade e atividades humanas. Apesar de alguns desses fatores não terem sido utilizados, cabe aqui

uma breve explicação deles para justificar sua exclusão do cálculo de temperatura do ar.

A continentalidade/maritimidade controlam a circulação de massa de ar, como foi explicitado, o Distrito Federal é muito pequeno e interiorano, assim esses fatores não atuam, então não puderam ser incorporados à equação. As atividades humanas refletem diretamente na temperatura do ar e da superfície medidas e utilizadas para construção da equação.

A latitude influencia na intensidade da incidência da radiação solar no planeta, pois uma vez que, atualmente, o eixo da Terra tem inclinação aproximada de  $23,5^\circ$ , a incidência da radiação será diferenciada em função da latitude e translação<sup>19</sup> do planeta (Figura 27). Como o Distrito Federal é uma faixa territorial muito estreita (na direção norte-sul tem aproximadamente 61 quilômetros, ou 30' de latitude), a influência desse fator pode ser considerada igual em todo o território.



**Figura 27** – Mudança de estação climática devido à inclinação do eixo da Terra e sua translação em torno do Sol (SCHLUMBERGER, 2008).

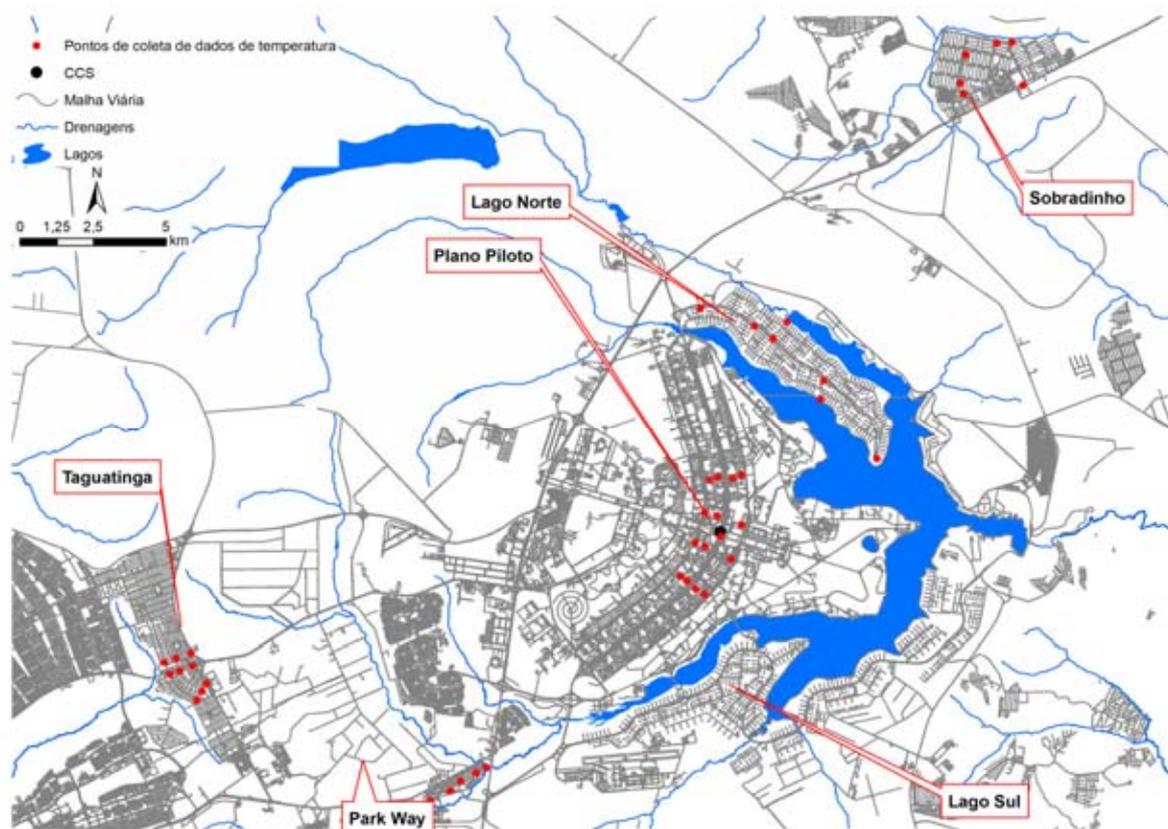
<sup>19</sup> Órbita da Terra em torno do Sol (SCHLUMBERGER, 2008).

O relevo influencia nas variações climáticas em decorrência dos diferentes tipos de altitude, forma e orientação de vertentes. Locais mais elevados têm uma redução em temperatura em aproximadamente 0,6°C/km (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007). Esse fator é utilizado em função das características do relevo do Distrito Federal, no qual em curto espaço há variação de áreas de vales e de chapadas.

A vegetação tem influência como reguladora de umidade e de temperatura, assim, locais com mais vegetação arbórea, como áreas florestadas, normalmente apresentam temperaturas menores do que áreas vizinhas com vegetação rasteira, esparsa ou inexistente. Esse fator não é utilizado no cômputo da temperatura do ar para evitar sua superutilização, pois ele compõe o Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana por meio do NDVI normalizado.

Dessa forma, a escolha dos parâmetros altitude e temperatura de superfície, se dá em função de suas características na influência de variação da temperatura urbana.

Para construção da equação de regressão linear múltipla, utiliza-se 42 medições de campo, como pode ser visto na Figura 28, entre 9 e 10:30 horas da manhã. São levantados dados de temperatura do ar ( $T_{ar}$ ), Temperatura de Superfície Medida ( $TSM$ ) e posição (*latitude e longitude*). Os dados levantados nesse horário foram escolhidos por estarem no horário próximo ao de passagem do sensor ASTER na região do Distrito Federal, que ocorre às 10:30hs. Assim, o dado coletado de  $T_{ar}$  é usado como variável dependente, e os dados de  $TSM$  e *altitude* são usados como variáveis independentes.



**Figura 28** – Pontos de coleta de dados de temperatura.

Para verificar se a regressão linear múltipla aplica-se aos dados, realiza-se a análise de resíduos, expressa por gráficos de resíduos em relação a cada uma das variáveis. O intuito é identificar que não há padrão de distribuição nos gráficos, o que pode indicar uma tendência a uma relação linear (LEVINE *et al*, 2005).

Após a análise de resíduo aplica-se o teste F para verificar se há relação linear entre a variável dependente e o conjunto de variáveis independentes. Após o teste F, aplica-se o teste t-student, para verificar o grau de significância de cada variável independente para a determinação da variável dependente. Por fim, analisa-se os coeficientes de determinação parciais, isto é, o quanto cada variável contribui para o modelo de regressão. Esse teste auxilia na confirmação da escolha das variáveis que melhor de aplicam para estimar a Temperatura do ar no Distrito Federal.

Assim, as variáveis escolhidas foram altitude e TSM. A Equação 9 representa a regressão linear múltipla utilizada para predizer dados de temperatura do ar.

$$T_{ar} = 49,9751 + (-0,0278 \times \text{Altitude}) + (0,2443 \times \text{TSM}), \quad \text{Equação 9}$$

Após a estimativa da temperatura do ar por setor censitário, os valores encontrados são associados às sensações de conforto térmico humano de acordo com a Tabela 2. Assim como os demais índices, esse também é normalizado em uma escala que varia de -1 a +1, de acordo com a Equação 5, onde o valor de +1 é associado às sensações de maior conforto humano e o valor de -1 é associado às sensações de maior desconforto humano. Dessa forma, obtém-se o Índice de Conforto Térmico Normalizado.

**Tabela 2** – Temperatura e sensações térmicas do corpo humano.

Temperatura Efetiva (°C)	Sensação		Resposta Física
	Térmica	Conforto	
40	Muito quente	Muito incômodo	Problemas de regulação
35	Quente	Incômodo	Aumento da tensão por transpiração e aumento do fluxo sanguíneo
30	Temperado	Ligeiramente cômodo	Regulação normal por transpiração e troca vascular
25	Neutro	Cômodo	Regulação vascular
20	Ligeiramente fresco	Ligeiramente cômodo	Aumento das perdas por calor seco
15	Frio	Incômodo	Vasoconstrição nas mãos e nos pés
10	Muito frio	Muito incômodo	Estremecimento

Fonte: García (1995:207 apud GOMES & AMORIM, 2003:101)

### **Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana**

A proposta central desta Tese é a construção de um índice socioambiental-espacial que contempla as principais dimensões que influenciam na qualidade de vida urbana: configuração, aspectos socioeconômicos e ambientais.

A composição desse índice se dá pelo cálculo da média ponderada dos valores encontrados para os índices de configuração, socioeconomia e meio ambiente. O resultado dessa ponderação indica que os maiores valores estão associados a melhor qualidade de vida urbana, e os menores valores estão associados a pior qualidade de vida urbana.

Dessa forma, constrói-se o Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana, que mapeia as condições de vivência na cidade a partir de grandes dimensões que compõem este espaço.

## Aspectos Técnicos

Para a geração dos diversos tipos de informações, cálculo de índices a partir de imagens de sensores remotos, obtenção de imagens termais, cruzamento de banco de dados, cálculo dos demais índices e correlações, utiliza-se os mais diversos *softwares*, sendo eles:

- ArcGIS 9.2 – é um dos produtos mais importantes de empresa ESRI, inclui tanto aplicação cliente como servidor de dados. O ArcGIS não é apenas uma aplicação SIG, mas um conjunto de *softwares* para elaboração e construção de modelos e sistemas em SIG (ESRI, 2008). É usado para o cruzamento de bancos de dados espaciais e não espaciais, cruzamento dos setores censitários com os dados utilizados, de forma a obter-se uma unidade espacial comum para análise, cálculo das informações de configuração urbana, qualidade de vida e qualidade ambiental, e, por fim, cruzamentos dessas informações para obtenção do Índice Final. Licença do Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Católica de Brasília;
- ENVI 4.3 – este é um *software* de Processamento Digital de Imagens (PDI) que alia “ferramentas de altíssimo desempenho, facilidade de uso e velocidade desempenho, sendo um *software* completo para visualização, exploração, análise e apresentação de dados nas áreas de Sensoriamento Remoto” (SULSOFT, 2008). É utilizado para realizar a junção das cenas utilizadas, cálculo do NDVI, Temperatura de Superfície e extração de áreas vegetadas e não vegetadas. Licença do Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Católica de Brasília;
- Depthmap 0.6.818r – Depthmap é um *software* para executar análise de acessibilidade física e cones visuais de sistemas arquitetônicos e urbanos. Sua entrada é na forma de um plano do sistema que pode construir um mapa visualmente integrado dos locais dentro dele. Além disso, a mais recente versão de Depthmap provê uma gama de análises configuracionais as quais vêm sob a égide da Teoria de Sintaxe Espacial. Análises de sintaxe espacial examinam as relações entre componentes do espaço; cada análise começa com uma representação destes componentes, então faz um gráfico deles e

finalmente analisa-os graficamente usando, para a maior parte, teorias convencionais de medidas gráficas (conectividade, integração). (UCL, 2008). É utilizado para o cálculo do Índice de Integração. Licença temporária fornecida pela UCL/CASA;

- Microsoft Excel – é uma planilha de cálculo eletrônica orientada a resultados. Oferece um grande conjunto de ferramentas matemáticas e estatísticas para cálculo, análise e gerenciamento de dados (MICROSOFT, 2008b). É utilizado para os cálculos dos diversos índices trabalhados nesta Tese, além de sua utilização para análise estatística. Licença do Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Católica de Brasília; e
- Microsoft Access – é um poderoso conjunto de ferramentas para banco de dados, que permite criar e gerenciar este banco, bem como, a criação de ferramentas de consulta, pesquisa e relatórios, com o intuito de fornecer um instrumental adequado para gestão e tomada de decisão baseada em dados. É utilizado para converter as planilhas geradas no Microsoft Excel para um formato compatível com o ArcGIS. Ele também é utilizado para construção de bancos de dados geográficos (*geodatabase*), com os dados e informações tabulares e espaciais. Licença do Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Católica de Brasília.

### **Configuração Urbana**

Para a obtenção do Índice de Dispersão são utilizados os *softwares* ArcGIS 9.2, que é usado para calcular a distância entre cada setor censitário ao CCS e realizar a exportação dos dados para o Microsoft Excel 2007. O cálculo da dispersão e a normalização desse índice são calculados pelo *software* Microsoft Excel 2007.

O Índice de Integração é calculado pelo *software* Depthmap 0.6.818r, que gera a integração de cada eixo viário em relação a todo o sistema. O *software* ArcGIS 9.2 é utilizado para transpor os dados dos eixos viário para os polígonos de setores censitários e para exportação desses dados para o Excel 2007. O cálculo da integração normalizada é realizado por meio do *software* Microsoft Excel 2007. A espacialização do resultado é feita pelo ArcGIS 9.2.

Os dados utilizados para obtenção do Índice de Dispersão Normalizado e do Índice de Integração Normalizado são:

- CCS – Definido para o DF como sendo o centro funcional, marcado pelo cruzamento dos Eixo Monumental e Eixo Rodoviário, caracterizado pelo Rodoviária do Plano Piloto de Brasília. Para as demais capitais, o CCS é definido de acordo com IBGE.
- Setores Censitários – definidos para o Censo Demográfico de 2000 pelo IBGE. Originados a partir da base de agregados de setores censitários, 2002, da qual são extraídas as feições referentes a situação urbana dentro da área de estudo. São utilizados para o cálculo do Índice Dispersão (adaptado por Holanda, 2003), para a geração da ilustração do Índice de Dispersão, proposto por Bertaud & Malpezzi (1999) e para geração do Índice de Integração Normalizado por setor censitário.
- Malha Viária do DF – originadas a partir do SICAD-DF de 1997, atualizada a partir da imagem ASTER de 2005, da qual são extraídas as feições referentes à área de estudo. A partir desta, gera-se os eixos de circulação, para o cálculo do Índice de Integração;

### **Qualidade de Vida Urbana**

Para o cálculo do Índice de Exclusão/Inclusão Social são utilizados os *softwares* ArcGIS 9.2, para identificação e separação dos parâmetros necessários para o cálculo e exportação deles para o Microsoft Excel 2007. Esse último é utilizado para cálculo do índice. A espacialização do resultado é feita pelo ArcGIS 9.2.

Os dados utilizados para obtenção do Índice de Exclusão/Inclusão Social Normalizado são:

- Setores Censitários do DF – definidos para o Censo Demográfico de 2000 pelo IBGE. Originado a partir da base de agregados de setores censitários, 2002, do qual são extraídas as feições referentes à área de estudo. São utilizados vários indicadores socioeconômicos, constantes na base de dados

deste produto do IBGE, com os quais são calculados os índices intermediários de exclusão/inclusão e o Índice de Exclusão/Inclusão Social, de acordo com o trabalho de Genovez et al (2000) e adaptado por Ribeiro (2003).

### **Qualidade Ambiental Urbana**

Os dados das imagens ASTER L1B e ASTER\_08 são processados, segundo cada índice específico pelo *software* ENVI 4.3. Após esse processamento, as imagens são exportadas para o ArcGIS 9.2. Nele os dados das imagens são transpostos para os setores censitários. A partir dessa transposição os dados são exportados para o *software* Microsoft Excel para que seja calculada a estimativa da temperatura do ar, e sua posterior normalização em função do conforto térmico humano.

As imagens utilizadas para obtenção do Índice de Verde Urbano por Habitante Normalizado e do Índice de Conforto Térmico Normalizado são:

- Imagem ASTER L1B – são utilizadas duas cenas para que se recobrisse todas as áreas urbanas do Distrito Federal, de data, 10/04/2005, com resolução espacial de 15 metros. Utilizam-se as bandas na faixa espectral do visível e do infravermelho próximo para o cálculo do NDVI para a extração de áreas vegetadas e áreas não-vegetadas, a fim de obter-se a relação de verde urbano por habitante por setor censitário. Imagens fornecidas pelo Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Católica de Brasília.
- Imagem ASTER 08 – são utilizadas duas cenas para que se recobrisse todas as áreas urbanas do Distrito Federal, de data, 10/04/2005, com resolução espacial de 90 metros. Esse produto é a obtenção de imagens na faixa do infravermelho termal, de forma a obter-se a representação da temperatura de superfície. Imagens fornecidas pelo Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Católica de Brasília.

Para a coleta de dados de campo são utilizados os seguintes equipamentos:

- GPS Etrex Vista C ® – para coleta de dados de localização;

- Termohigrômetro Minipa MT-241 – para coleta de dados de temperatura do ar, precisão básica de 1°C (MINIPA, 2008);
- Termômetro Infra-vermelho Minipa MT-350 - para coleta de dados de temperatura de superfície. Instrumento com mira laser, resolução de 0,5°C/1°C, com precisão básica de 2% ou 2°C. (MINIPA, 2008)

### **Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana**

Para o cálculo deste índice são utilizados os *softwares* ArcGIS 9.2, para identificação e separação dos índices que o compõem e sua exportação para o Microsoft Excel 2007. Esse último é utilizado para cálculo do índice. A espacialização do resultado é feita pelo ArcGIS 9.2.

- Setores Censitários do DF – definidos para o Censo Demográfico de 2000 pelo IBGE. Originado a partir da base de agregados de setores censitários, 2002, do qual são extraídas as feições referentes à área de estudo. São utilizados os índices anteriores para composição deste.

## **Capítulo III – Resultados e Discussões**

## Configuração Urbana

### Índice de Dispersão

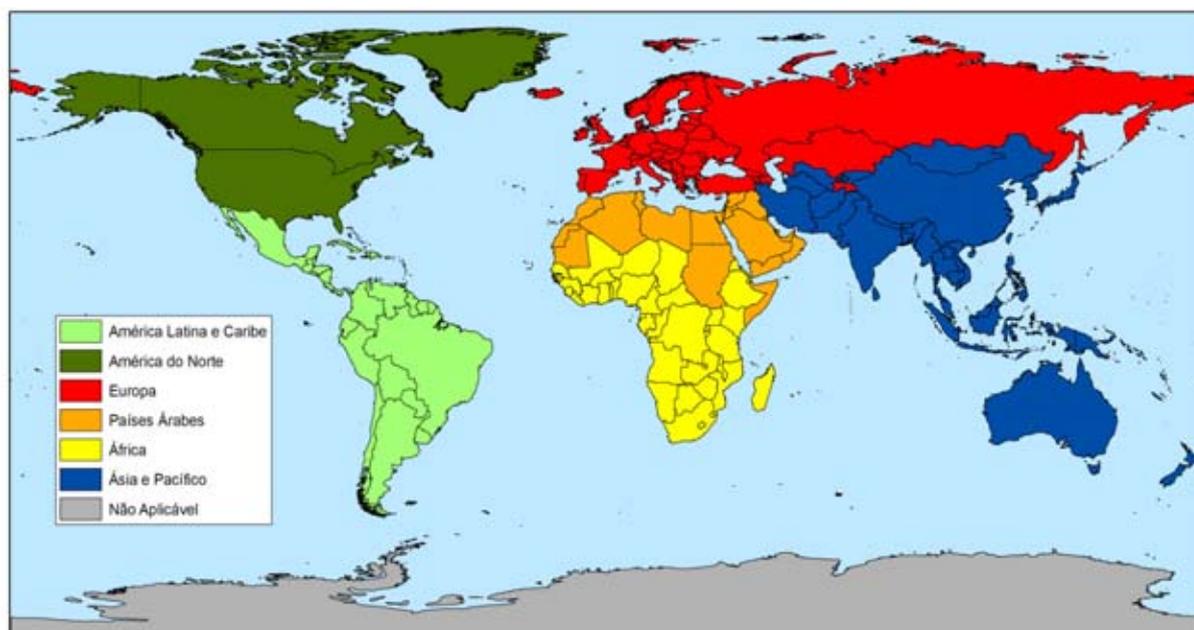
A normalização do Índice de Dispersão para as 60 cidades é apresentada no Quadro 10, organizado de forma ascendente, segundo o Índice de Dispersão Normalizado.

**Quadro 10** – Resultado da normalização para as 60 cidades analisadas.

Nº	Cidade	País	Índice de Dispersão	Índice de Dispersão Normalizado	Região
1	Shanghai	China	0,78	1,00	
2	Toulouse	França	0,79	0,99	
3	Tianjin	China	0,88	0,91	
6	Beijing	China	0,89	0,90	
4	Paris	França	0,89	0,90	
5	Jakarta	Indonésia	0,89	0,90	
7	Marseille	França	0,92	0,88	
8	Guangzhou	China	0,93	0,87	
9	New York CMSA	EUA	0,94	0,86	
10	Atlanta	EUA	0,95	0,85	
11	Budapeste	Hungria	0,96	0,84	
13	Berlin	Alemanha	0,98	0,83	
12	Los Angeles	EUA	0,98	0,83	
14	Bangalore	Índia	0,99	0,82	
16	Varsóvia	Polónia	0,99	0,82	
15	Bangkok	Tailândia	0,99	0,82	
17	Hyderabad	Índia	1,03	0,78	
18	Londres	Reino Unido	1,03	0,78	
19	Cidade do México	México	1,06	0,76	
21	Sofia	Bulgária	1,07	0,75	
20	Washington, DC	EUA	1,07	0,75	
22	Chicago	EUA	1,08	0,74	
24	Houston	EUA	1,09	0,73	
23	Ahmedabad	Índia	1,09	0,73	
25	Florianópolis	Brasil	1,11	0,71	
26	Singapura	Singapura	1,12	0,70	
27	Portland	EUA	1,13	0,70	
28	Cracóvia	Polónia	1,18	0,65	
29	Ljubljana	Eslovênia	1,21	0,63	
30	Praga	República Tcheca	1,22	0,62	
31	Riga	Latvia	1,23	0,61	
33	Buenos Aires	Argentina	1,24	0,60	
32	João Pessoa	Brasil	1,24	0,60	
34	St Petersburg	Rússia	1,24	0,60	
35	New York City	EUA	1,25	0,59	
36	Barcelona	Espanha	1,32	0,53	
37	Estocolmo	Suécia	1,32	0,53	
39	Yerivan	Armênia	1,33	0,52	
38	Seoul	Coréia	1,33	0,52	

Nº	Cidade	País	Índice de Dispersão	Índice de Dispersão Normalizado	Região
40	Curitiba	Brasil	1,36	0,49	
41	San Francisco	EUA	1,38	0,48	
42	Moscou	Rússia	1,39	0,47	
43	Natal	Brasil	1,51	0,37	
44	Seoul+New Towns	Coréia	1,53	0,35	
45	Porto Alegre	Brasil	1,57	0,31	
46	Salvador	Brasil	1,59	0,30	
47	Recife	Brasil	1,64	0,25	
48	Fortaleza	Brasil	1,65	0,24	
49	São Paulo	Brasil	1,68	0,21	
50	San Francisco Bay	EUA	1,72	0,18	
51	Tunis	Tunísia	1,76	0,15	
52	Rio de Janeiro	Brasil	1,77	0,13	
53	Abidjan	Cote d'Ivoire	1,81	0,10	
54	Johannesburg	África do Sul	1,91	0,02	
55	Belém	Brasil	1,94	0,00	
56	Hong Kong	Hong Kong	1,94	-0,01	
57	Capetown	África do Sul	1,98	-0,04	
58	Belo Horizonte	Brasil	2,20	-0,24	
59	Brasília	Brasil	2,62	-0,60	
60	Bombay	Índia	3,08	-1,00	

Definição de cores utilizada no Quadro 10 segue a classificação de regiões do mundo da UNESCO, que pode ser vista na Figura 29.



**Figura 29** – Identificação de região do mundo, segundo classificação da UNESCO. (Adaptado de MEDEIROS, 2006)

Verifica-se, a partir do Quadro 10 que não há um agrupamento significativo das cidades de um único país ou região geográfica. A partir da coluna de regiões

pode-se notar que as cidades mais compactas (entre 0,5 e 1,0) são encontradas na América do Norte, Ásia, e Europa. Nos países da América Latina e Caribe e África há maior ocorrência de cidades dispersas (0,5 a -1,0) (Quadro 11). Essa distribuição é reflexo do processo histórico-cultural de formação dessas cidades em suas respectivas regiões no mundo. Em relação ao Brasil, das treze cidades analisadas apenas duas apresentaram valores negativos (mais dispersas). Isto se deu provavelmente em função do processo histórico e social de formação dessas cidades, bem como por sua evolução, devido a características intrínsecas de cada região. Além disso, os limites utilizados afetaram o resultado.

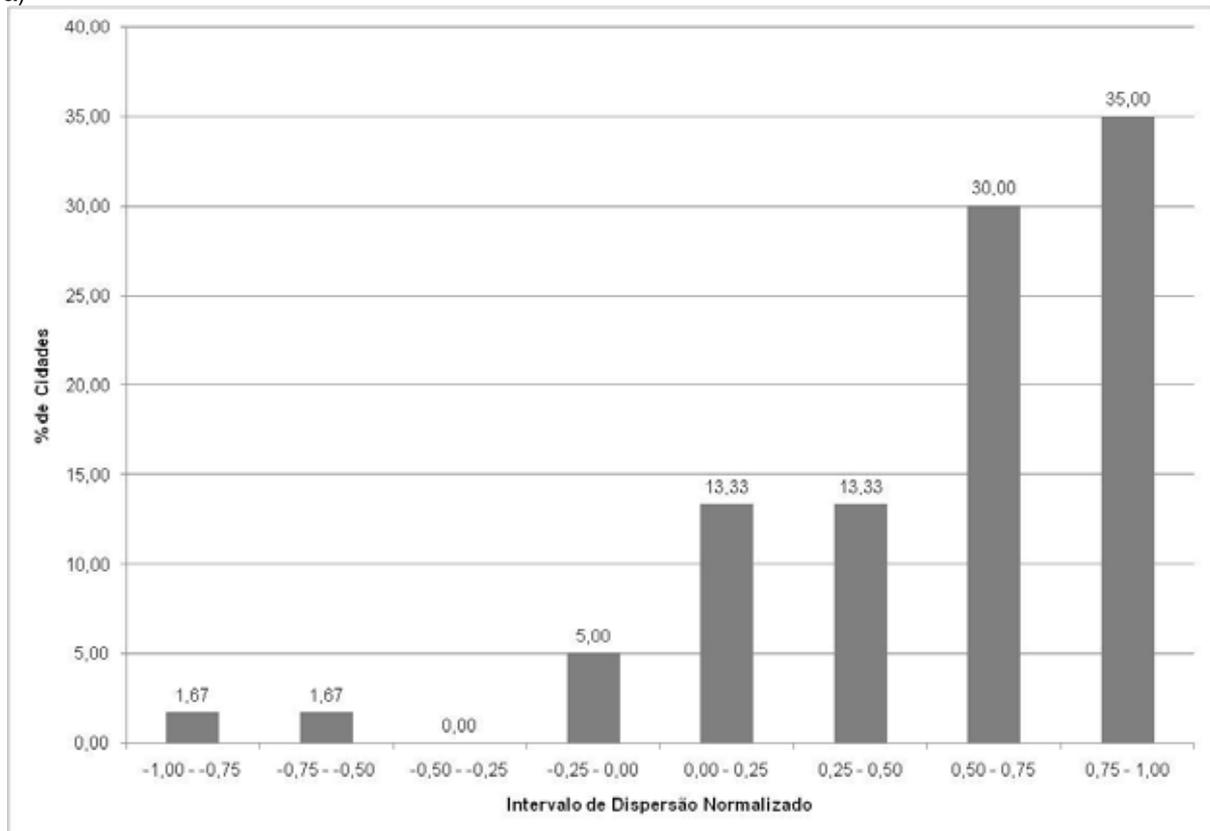
**Quadro 11** – Percentual de cidades por região em função do Índice de Dispersão Normalizado (IDN).

	IDN	-1,0 a -0,5	-0,5 a 0,0	0,0 a 0,5	0,5 a 1,0
América Latina e Caribe		7,14%	7,14%	64,29%	21,43%
América do Norte		0,00%	0,00%	18,18%	81,82%
Europa		0,00%	0,00%	6,25%	93,75%
Países Árabes		0,00%	0,00%	50,00%	50,00%
África		0,00%	33,33%	66,67%	0,00%
Ásia e Pacífico		7,14%	7,14%	7,14%	78,57%

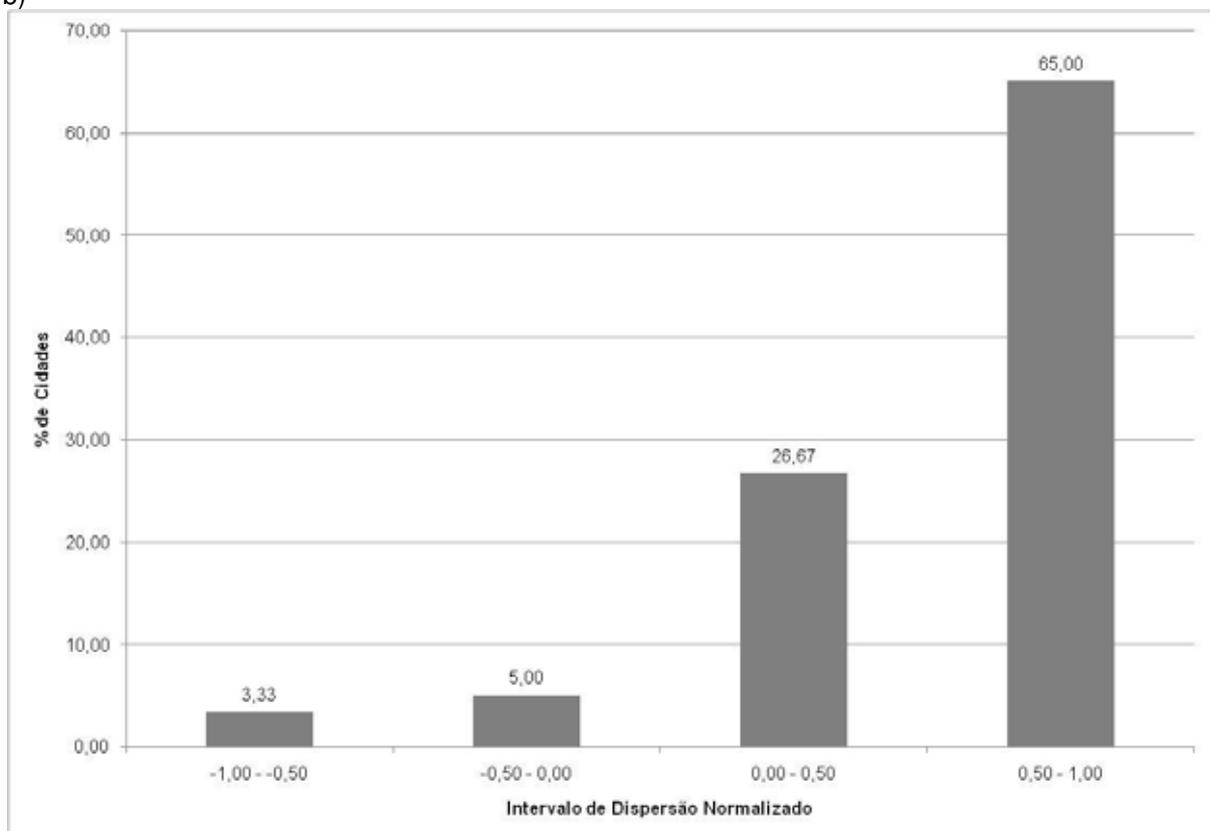
A atualização dos dados de Brasília, Rio de Janeiro e Curitiba, que utiliza os setores censitários do censo de 2000 (IBGE, 2002), mostra uma discrepância nos valores encontrados por Bertaud & Malpezzi (2003), com redução desses valores, principalmente para Brasília. O resultado obtido por aqueles autores mostra a Capital como a cidade mais dispersa dentre as analisadas. Com a utilização de dados mais precisos (setores censitários), Brasília apresenta-se como a segunda cidade mais dispersa, reduzindo o valor de 3,26 (primeiro cálculo efetuado por Bertaud & Malpezzi em 2003) para 2,62 (segundo cálculo, realizado nesta Tese), uma redução de 19,63%.

O resultado da normalização mostra que há uma tendência de ocorrência de cidades compactas, como pode ser visto do Gráfico 2a. Das cidades analisadas, 3,33% encontram-se entre -1,00 e -0,50, que indica forte tendência para uma forma dispersa; 5,00% das cidades encontram-se entre -0,50 e 0,00, que mostra uma tendência entre uma forma dispersa à uma forma intermediária; 26,67% encontram-se entre 0,00 e 0,50, que indica uma tendência entre uma forma intermediária à uma forma compacta; e 65,00% encontram-se entre 0,50 a 1,00, que mostra que boa parte das cidades tende para uma forma fortemente compacta. (Gráfico 2b)

a)



b)

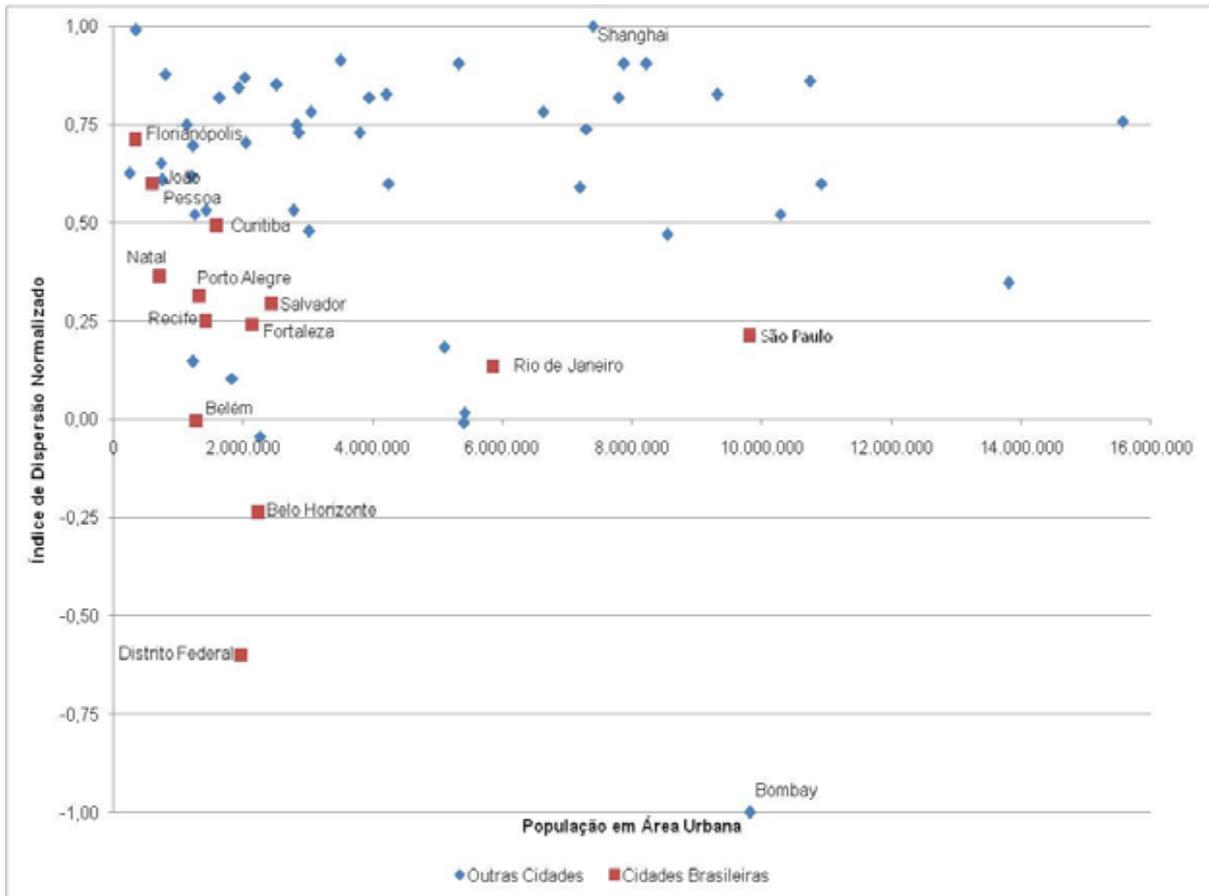


**Gráfico 2** – Distribuição percentual das cidades analisadas por classe normalizada. Em a) tem-se 8 classes, divididas com intervalo de 0,25. Em b) tem-se 4 classes, com intervalo de 0,50.

Esse resultado mostra que a maioria das cidades tem tendência a ter uma forma mais compacta, e uma pequena parte (apenas 5 cidades, Hong Kong, Capetown, Brasília, Belo Horizonte e Bombay) apresenta uma tendência à forte dispersão espacial.

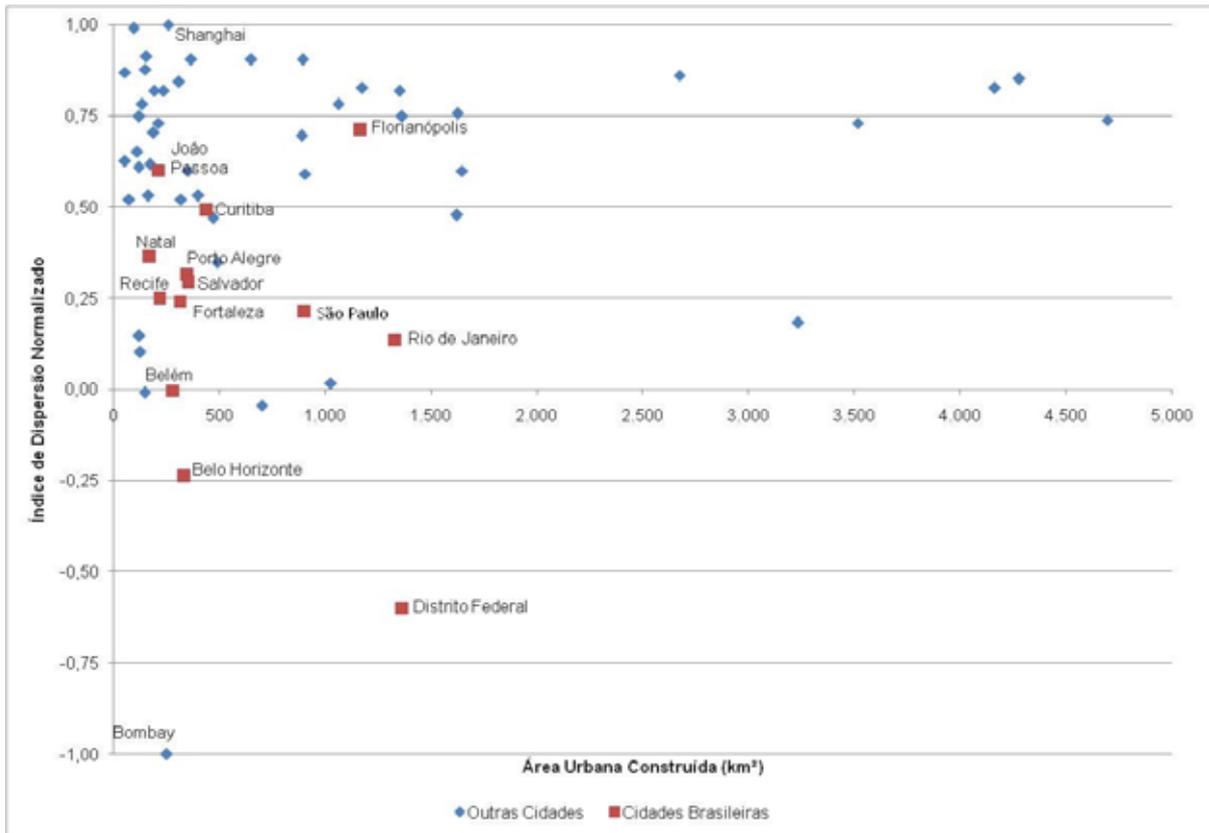
O Gráfico 3 mostra a relação entre o Índice de Dispersão Normalizado e a população urbana de cada cidade. Pode-se verificar a tendência da maioria das cidades analisadas para compactidade. Esse gráfico mostra que o grau de compactidade não tem correlação direta com o tamanho da população, uma vez que a distribuição mostra-se aleatória, com um coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) igual a 0,007 e o seu respectivo coeficiente de determinação ( $r^2$ ) é 0,00005, o que indica que essas variáveis não se influenciam. Outros fatores podem estar relacionados à dispersão, tais como fatores culturais, históricos, ambientais, etc.

Têm-se cidades com número de habitantes muito próximos, mas com índices de dispersão muito diferentes, como, por exemplo, a cidade de Shanghai, na China, que apresenta índice de dispersão normalizado igual a 1,0, e pode ser considerada a mais compacta dentre as cidades analisadas, com uma população de aproximadamente 11.000.000 de pessoas (Bertaud & Malpezzi, 2003). Por outro lado tem-se a cidade de Bombay, na Índia, com índice de dispersão normalizado igual a -1,0, e pode ser considerada a mais dispersas dentre as cidades analisadas, com uma população de aproximadamente 10.000.000 de pessoas (Bertaud & Malpezzi, 2003).



**Gráfico 3** – Relação entre o Índice de Dispersão Normalizado e a População em Área Urbana. Verifica-se que não há um comportamento homogêneo para os dados, nem a formação de agrupamentos.

O Gráfico 4 mostra a relação entre o Índice Dispersão Normalizado e a área urbana construída. Verifica-se, da mesma forma como ocorre no Gráfico 3, não é possível identificar tendências ou agrupamentos, apesar de ter apresentado uma correlação positiva, esta é muito baixa para expressar de fato alguma relação entre estas variáveis ( $r = 0,131$ ). O coeficiente de determinação também mostra-se muito pequeno ( $r^2 = 0,017$ ), o que indica, com anteriormente, que essas variáveis não se influenciam. A maioria das cidades apresenta alta compacidade, não importando o tamanho de sua área urbana.



**Gráfico 4** – Relação entre o Índice de Dispersão Normalizado e a área urbana construída. Verifica-se que não há um comportamento homogêneo para os dados, nem a formação de agrupamentos.

A maioria das cidades brasileiras encontra-se numa faixa intermediária da normalização, mas com tendência para maior compacidade. Três cidades apresentaram valores iguais ou menores que 0,00: Belém (0,00), Belo Horizonte (-0,24) e Distrito Federal (-0,60).

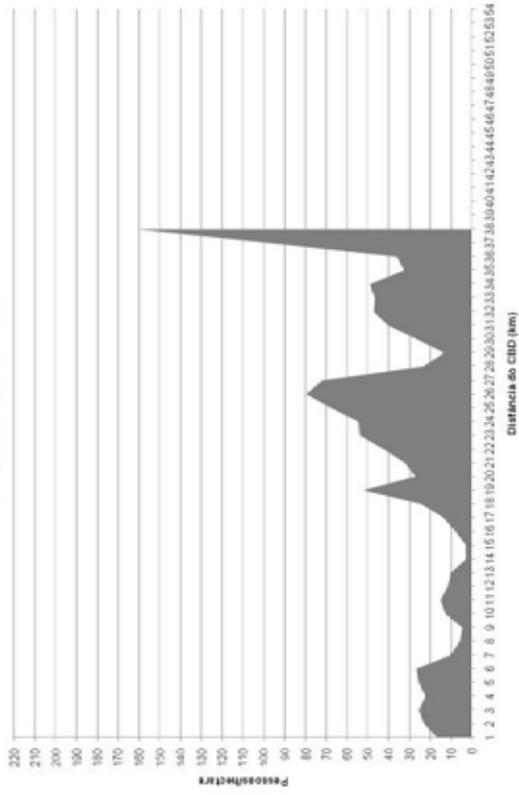
### ***As Capitais Brasileiras Analisadas***

As 13 capitais brasileiras analisadas apresentam comportamento heterogêneo, o que impossibilita seu agrupamento. Esse fato deve-se provavelmente à época de sua fundação, história de formação, evolução de cada centro, aspectos ambientais e físicos do local de instalação dessas cidades, enfim, esse fato possivelmente deve-se à situação de formação específica de cada centro, sendo uns com quase 500 anos, outros com menos de 80 anos.

Na maioria das cidades prevalece a redução da população em função da distância ao CCS, comportamento semelhante ao encontrado para a maioria dos centros mundiais analisados por Bertaud & Malpezzi (2003). Pode-se observar pelo

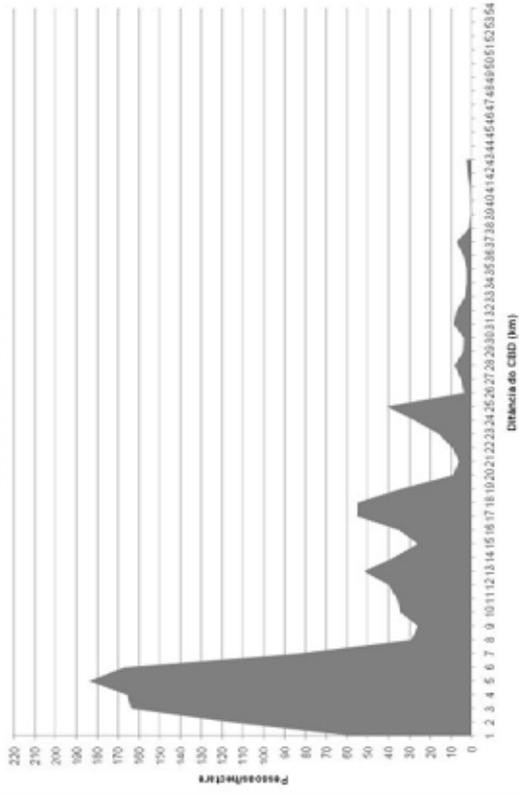
Gráfico 5a a n que na maioria das capitais há maior densidade populacional próxima ao CCS. A cidade de Salvador apresenta a maior densidade populacional (219,36 hab/ha) a 3 km do seu CCS, e para a cidade de Florianópolis a sua maior densidade populacional (23,33 hab/ha), também a 3 km do seu CCS, foi o menor resultado encontrado para as cidades analisadas.

**Região Centro-Oeste**  
Distrito Federal - 2000



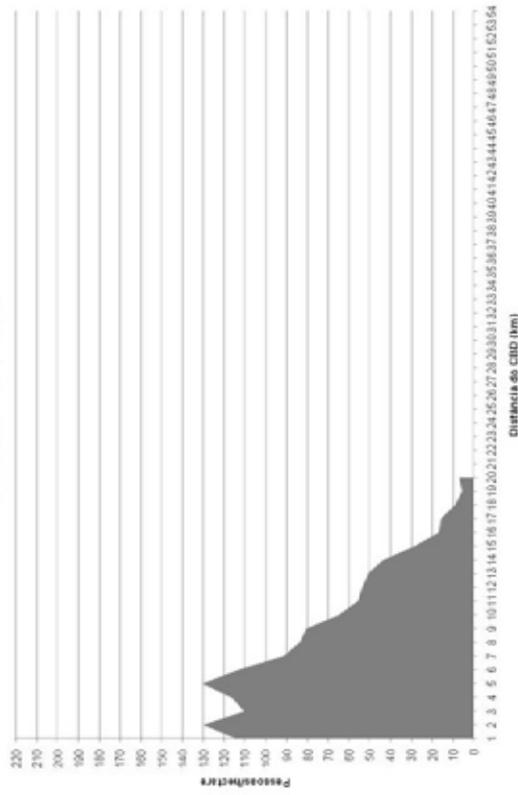
a)

**Região Norte**  
Belém - PA - 2000



b)

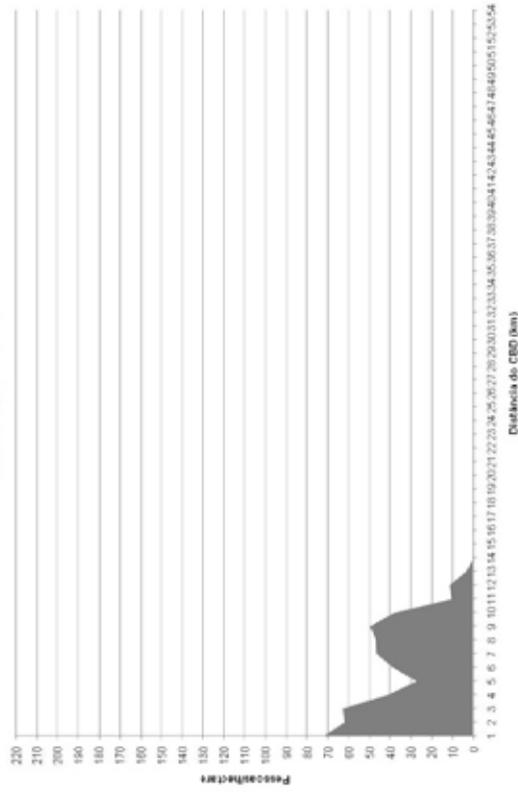
**Fortaleza - CE - 2000**



c)

**Região Nordeste**

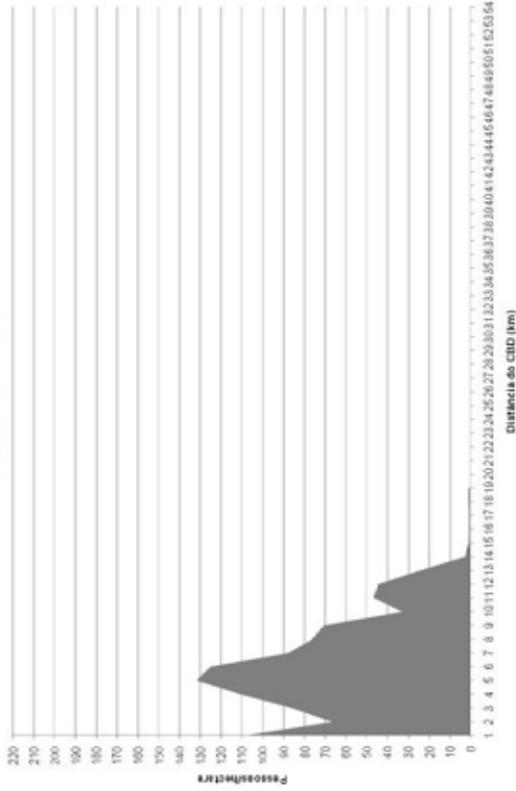
**Natal - RN - 2000**



d)

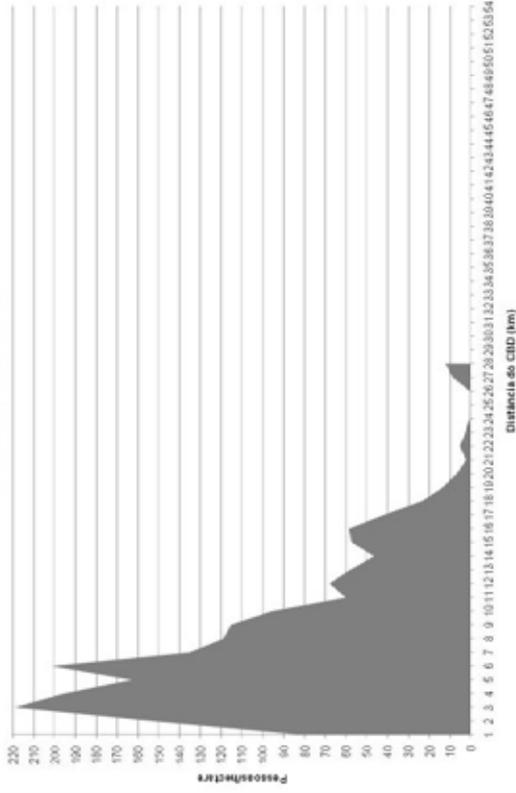
**Região Nordeste**

**Recife - PE - 2000**



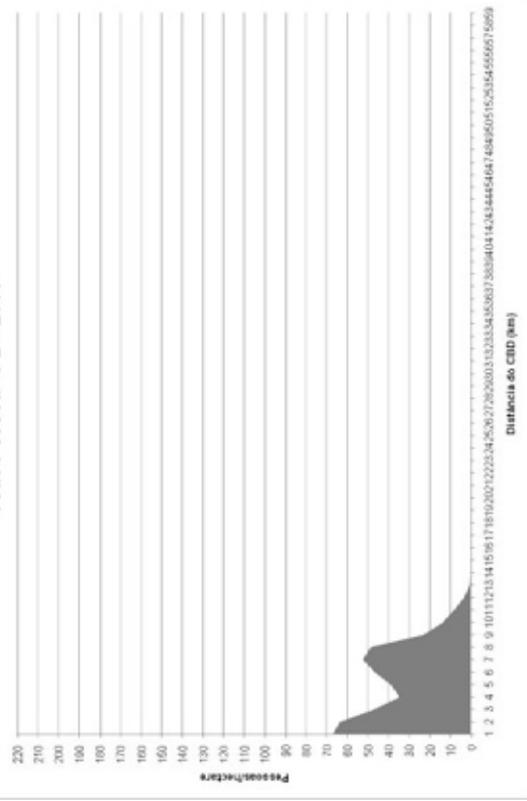
e)

**Salvador - BA - 2000**



f)

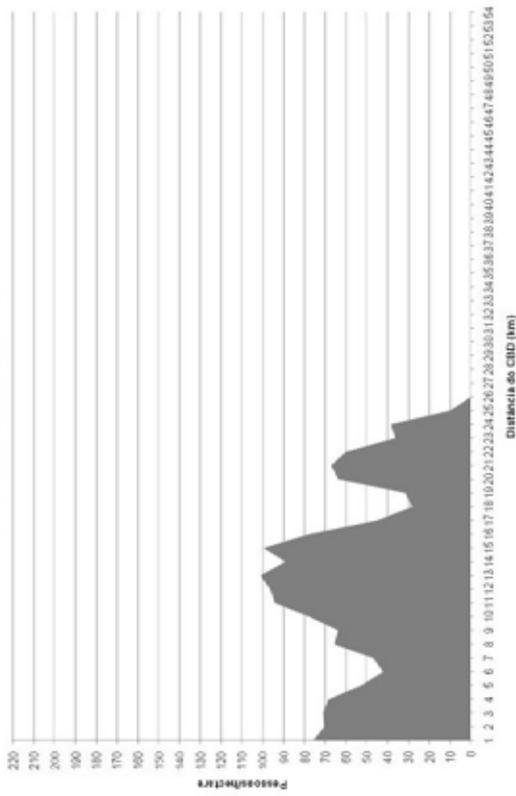
**João Pessoa - PB - 2000**



g)

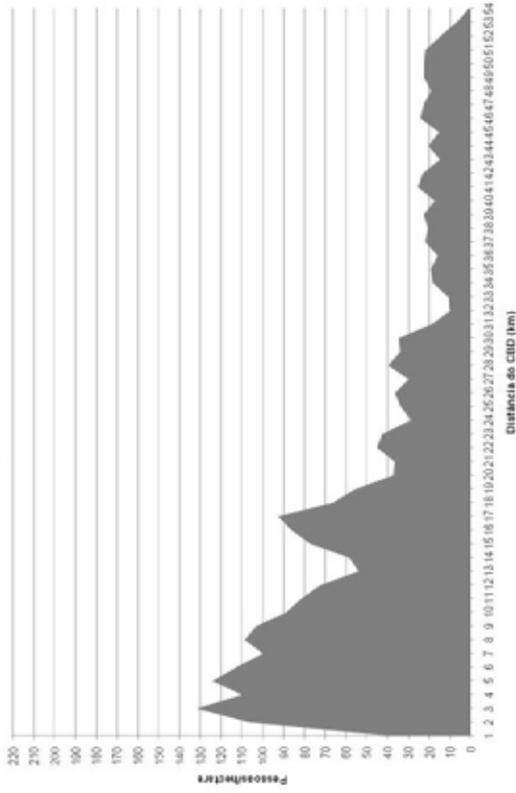
**Região Sudeste**

**Belo Horizonte - MG - 2000**



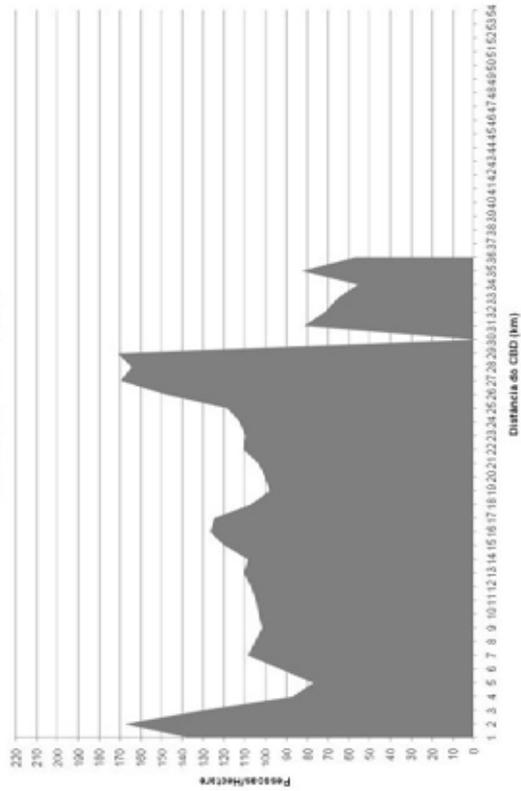
h)

**Rio de Janeiro - RJ - 2000**

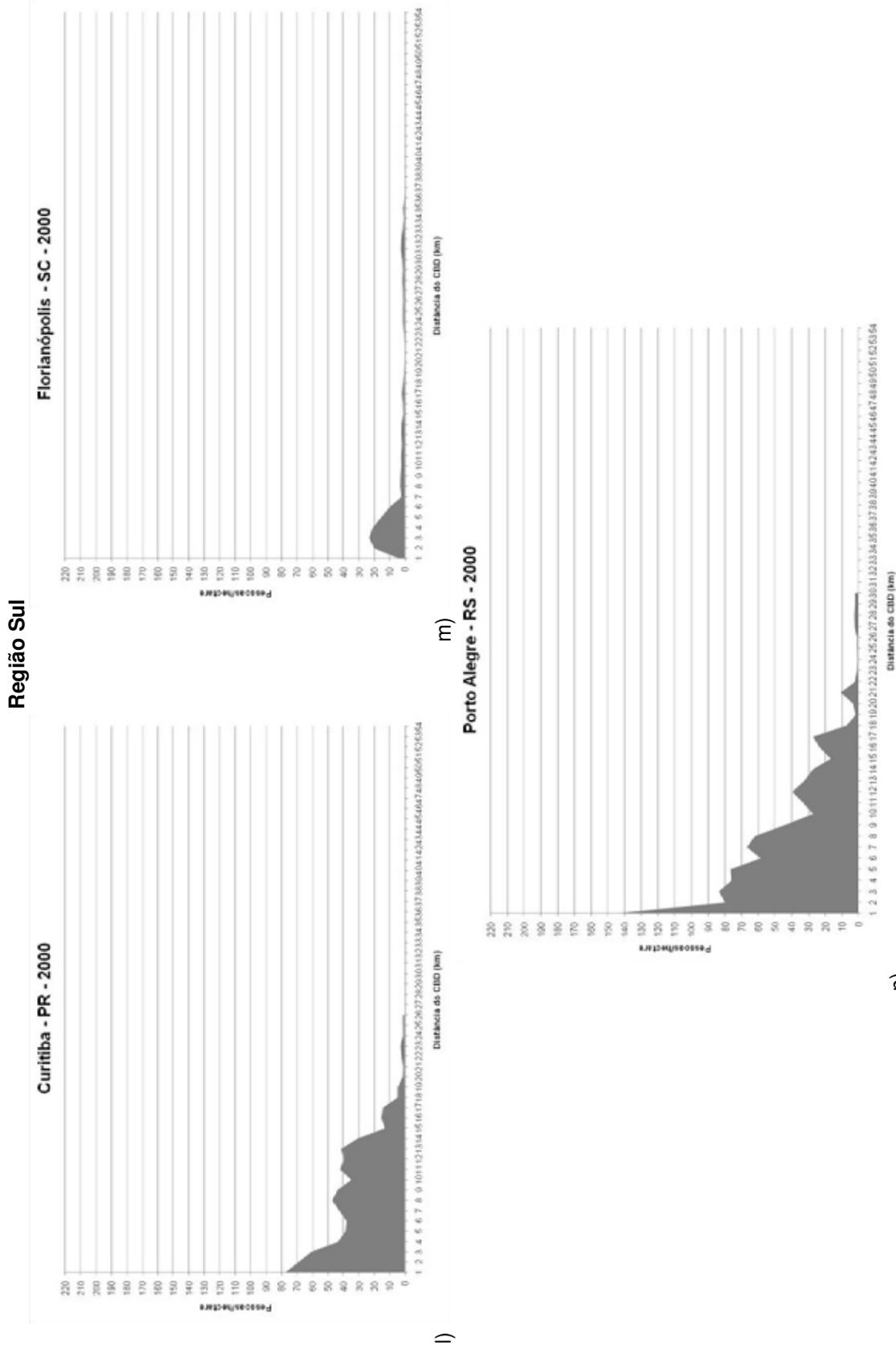


i)

**São Paulo - SP - 2000**



j)



d)

n)

**Gráfico 5** – Comparação da densidade populacional em urbanas construídas em relação ao afastamento do CCS, para as capitais brasileiras analisadas.

Apenas Brasília apresenta comportamento inverso, a população aumenta à medida que a distância do CCS aumenta. Isto deve-se às políticas públicas perversas, que em nome da preservação do projeto do Plano Piloto, acabam por fomentar a ocupação de espaços vazios periféricos, o que favorece uma ocupação fragmentada do espaço, e causa uma rede urbana desconexa. Como resultado geram-se forte segregação espacial e exclusão social: as áreas com famílias de menor poder aquisitivo localizam-se distantes do Plano Piloto, pois quanto mais próximo dele, mais caro é o custo de vida. Este comportamento inverso propicia maior número de pessoas distantes do CCS, conseqüentemente, longe do mercado principal de empregos, o que implica alto custo de transporte na cidade.

A Figura 30a a n apresenta a representação espacial da dispersão espacial para as capitais brasileiras analisadas. Como pode ser visto, há alta concentração populacional próxima ao CCS (com exceção ao Distrito Federal onde a concentração de pessoas encontra-se distante de seu CCS), que se reduz à medida que essa distância aumenta. As capitais apresentam um desenvolvimento espraiado, com ocupações populacionais distantes do CCS. As figuras de dispersão mostram que algumas capitais são policêntricas. Apesar de possuírem um CCS bem definido, possuem outros centros de negócios de grande relevância, o que os tornam pólos atratores de pessoas, comércio e serviço.

**Região Centro-Oeste**

a) Distrito Federal



**Região Norte**

b) Belém



**Região Nordeste**

c) Fortaleza



d) Natal



**Região Nordeste**  
f) Salvador



e) Recife



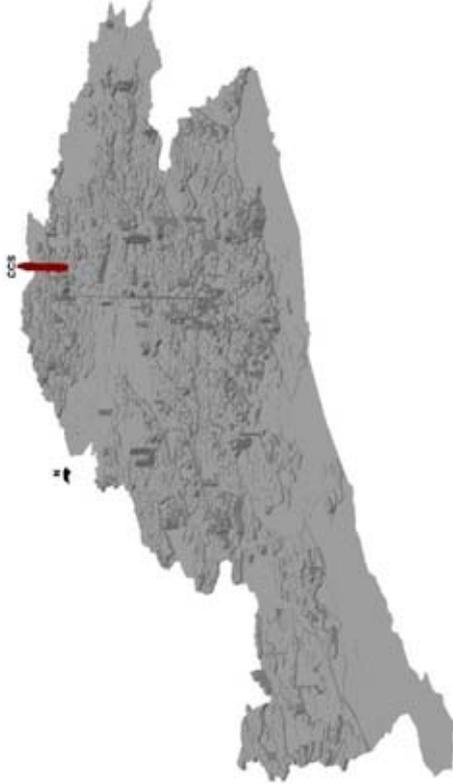
g) João Pessoa



**Região Sudeste**  
h) Rio de Janeiro



g) Belo Horizonte



i) São Paulo

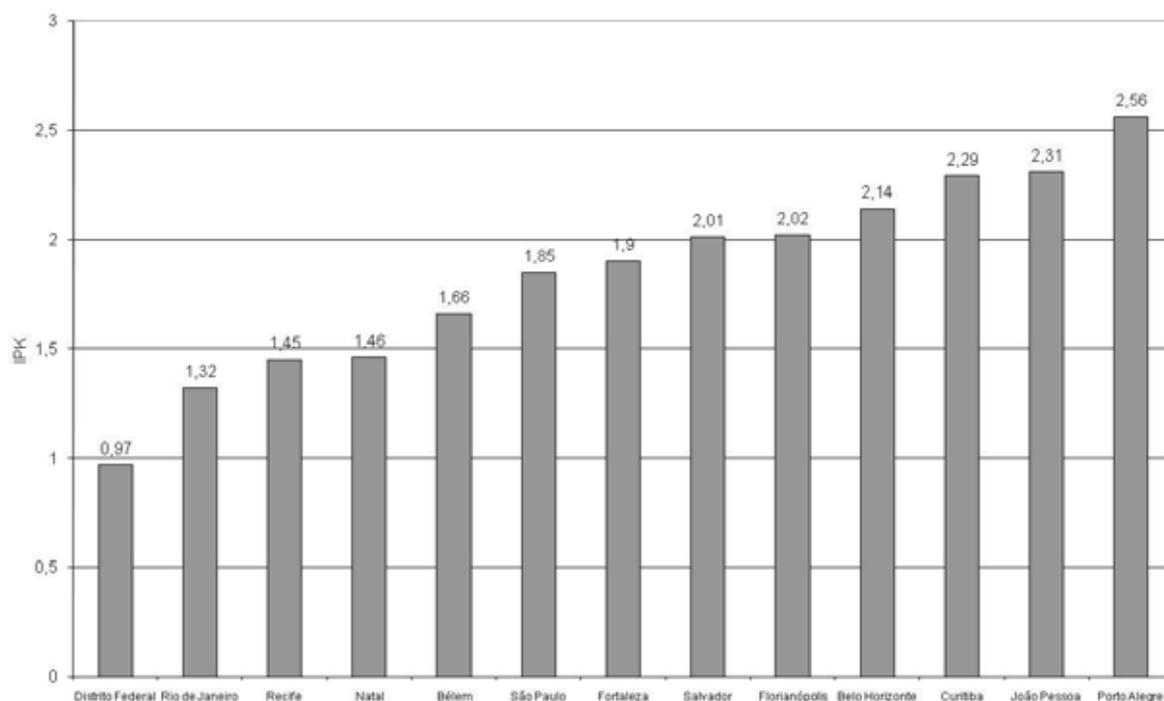




**Figura 30** – Ilustração tridimensional da dispersão urbana para as 13 capitais brasileiras analisadas.

O espraiamento dessas cidades influencia diretamente no custo de transporte urbano. Quanto mais distantes do CCS maior é o gasto da população para deslocar-se, bem como aumenta também o gasto público, a implementação de infra-estrutura básica torna-se mais onerosa, pois há uma distância maior a ser coberta para gerar-se uma interligação com as redes preexistentes.

O aumento do custo de transporte pode ser verificado pelo Índice de Passageiros por Quilômetro (IPK), que, em linhas gerais, indica a média de passageiros transportados por quilômetro de linha de ônibus. Quanto menor o IPK mais caro se torna o transporte, o que pode indicar distâncias longas a serem percorridas com baixa quantidade de passageiros. No caso de Brasília, cidade com menor IPK (Gráfico 6), comumente não há troca de passageiros durante o percurso. A maioria entra nos pontos iniciais e desloca-se até o ponto final, a rodoviária do Plano Piloto. Segundo dados da Pesquisa Domiciliar de Transporte de 2000, cerca de 44,92% dos empregos do Distrito Federal encontram-se no Plano Piloto, sendo que menos de 10% da população do DF habita nesta localidade (CODEPLAN, 2003).



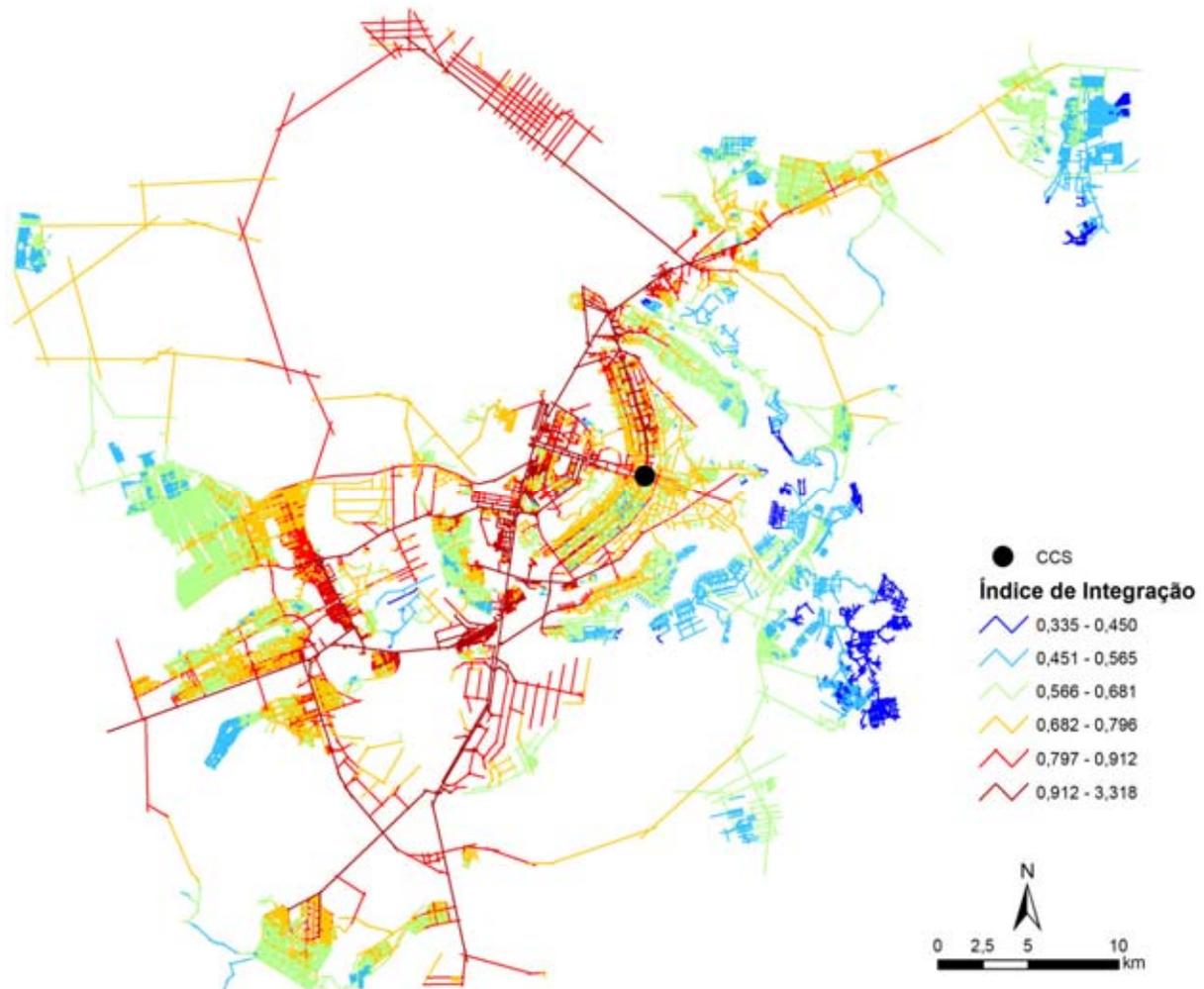
**Gráfico 6** – Variação do IPK para as 13 capitais brasileiras. Para João Pessoa, dado de outubro de 2003; para o Distrito Federal, Natal, Belo Horizonte e Florianópolis, dado de outubro de 2002; para o Rio de Janeiro, dado de outubro de 2001; para as demais localidades, dados de outubro de 2000. (<http://ntu.org.br/banco/estatisticas>, 2006).

A correlação entre o índice de dispersão normalizado e o IPK para as 13 capitais analisadas apresenta um resultado significativamente positivo, 0,57. O resultado mostra que os dois índices têm uma relação direta forte: quanto maior a dispersão (menor o valor normalizado), menor a quantidade de passageiros por quilômetro percorrido. Isto corrobora a afirmação de que quanto maior a dispersão urbana, maior será o custo com transporte, uma vez que se tem o deslocamento por maiores distâncias custeado por uma quantidade menor de passageiros.

Essa grande dispersão na ocupação do espaço da capital brasileira refletiu e reflete diretamente nas condições de ocupação de sua população. Como o centro da capital, o Plano Piloto, ainda é visto como melhor local para moradia, tanto pela qualidade urbana bem como pela proximidade dos empregos, o custo de moradia nesse local torna-se muito alto. Assim, a população com menor renda passa a ocupar as cidades periféricas, por muito tempo conhecidas como cidades-satélites. Algumas dessas cidades adquiriram grande *status*, devido à qualidade urbana, isto força, novamente, a população que não tem condição de custear sua vida nesses locais a procurar áreas cada vez mais distantes e com menor qualidade urbana e ambiental. Os demais índices trabalhados nesta Tese revelam esta cruel realidade: a população menos favorecida tem menos acesso à qualidade urbana e ambiental, como em outras cidades brasileiras, mas aqui de maneira particularmente perversa.

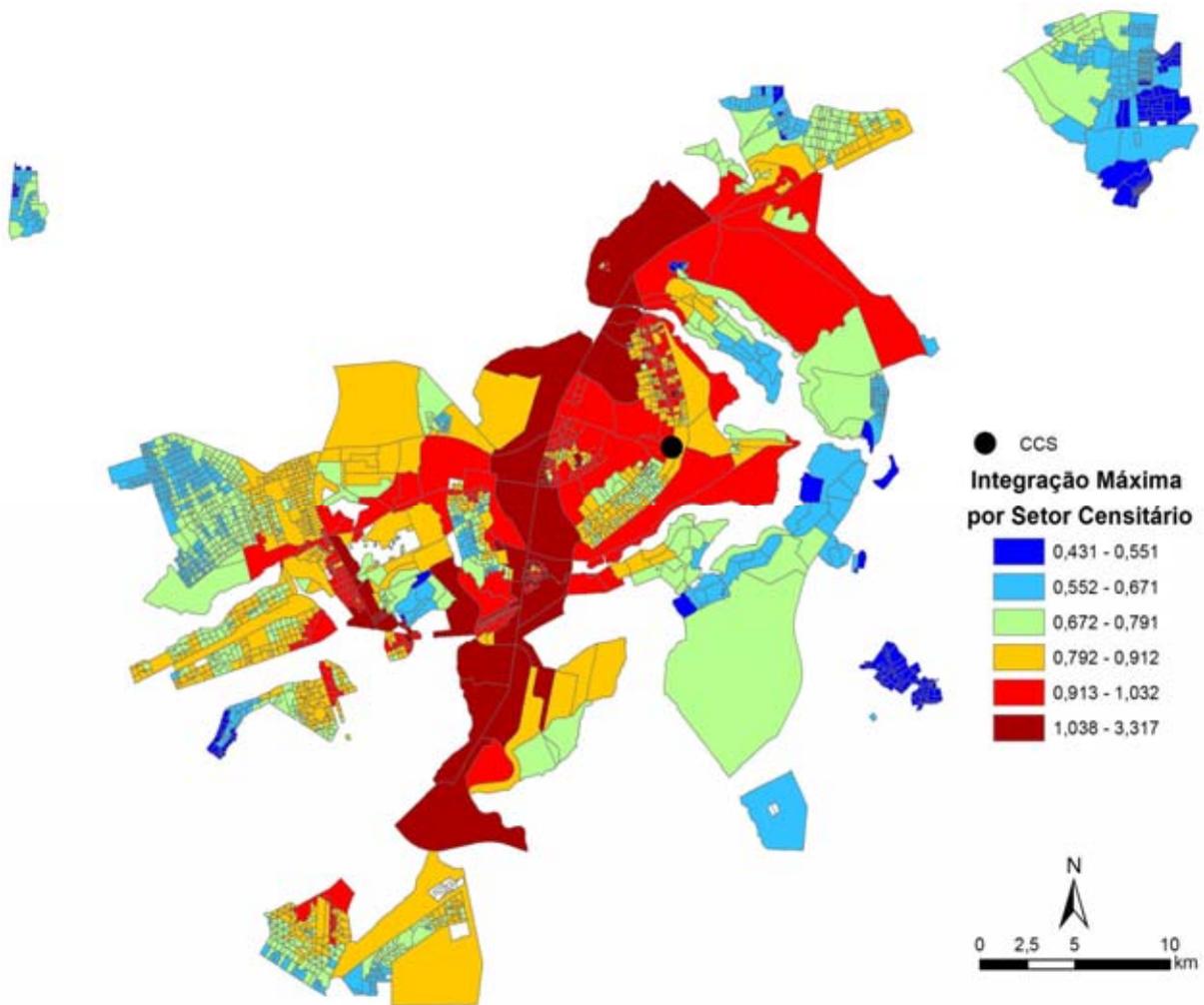
### **Índice de Integração**

A Figura 31 mostra a disposição dos eixos axiais para todo o DF, na qual são destacadas as vias mais acessíveis (2% do sistema viário). Pode-se notar que a via mais integrada vai desde o Setor de Postos e Motéis até Sobradinho. Isso deve-se ao fato de que esse conjunto compõe praticamente uma única via, ligando pontos distantes da cidade. Outra via com alta integração é o Eixo Rodoviário Norte, que se conecta com o conjunto viário citado. Existem outras vias com alta acessibilidade, mas o conjunto citado destaca-se devido à sua grande extensão e conexões.



**Figura 31** – Eixos axiais com seu respectivo índice de integração.

A Figura 32 mostra o resultado da transposição dos valores dos eixos axiais para os setores censitários. É interessante notar que o Plano Piloto não é a área mais acessível do sistema viário da capital, e que essa localiza-se em seu entorno imediato.



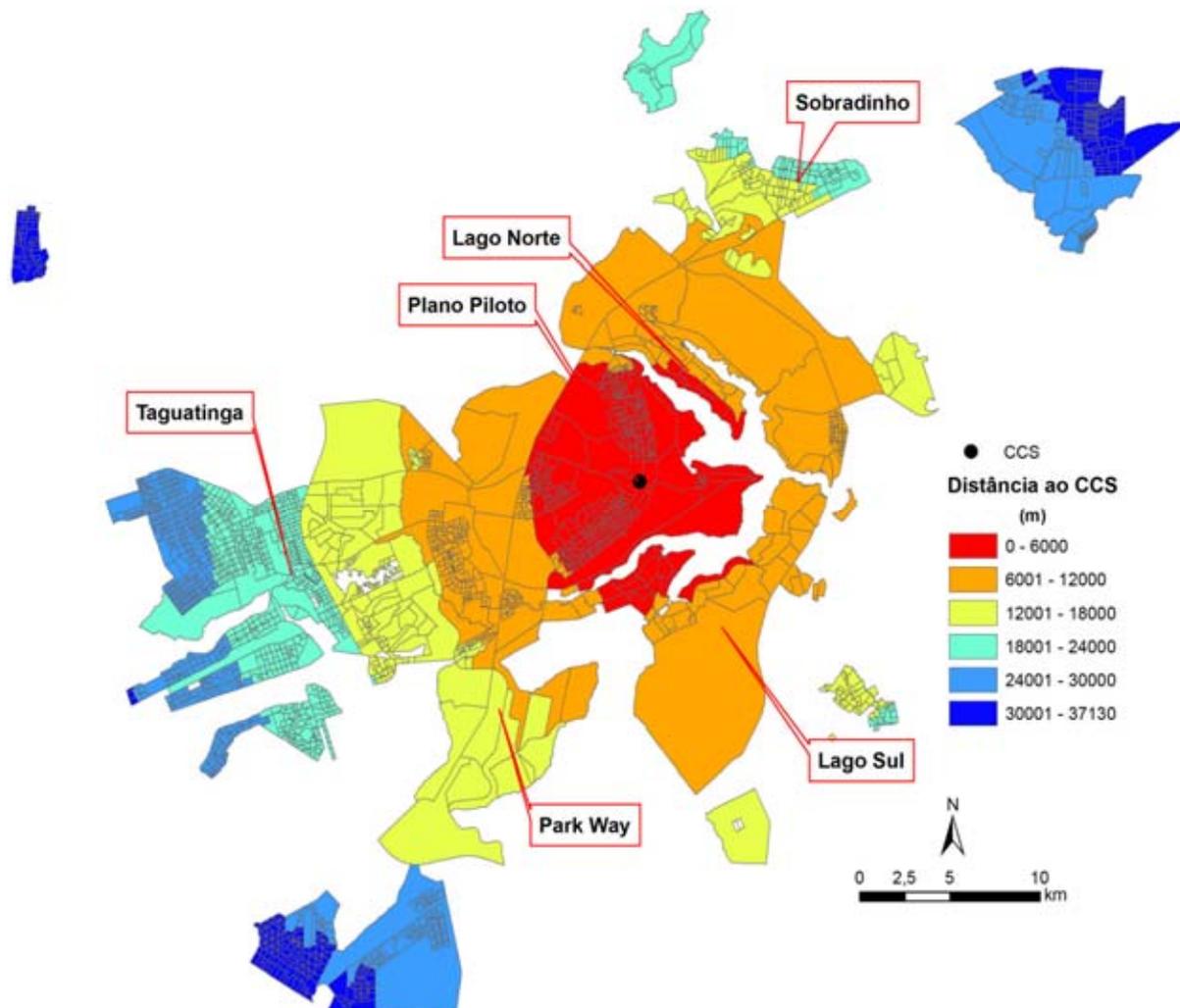
**Figura 32** – Integração máxima por setor censitário.

A Figura 33 ilustra a variação da distância em relação ao CCS (esse considerado como o cruzamento do Eixo Monumental e o Eixo Rodoviário, onde localiza-se a rodoviária do Plano Piloto de Brasília).

Ao comparar-se os resultados das figuras 32 e 33, nota-se que as áreas mais integradas não se localizam tão próximas ao CCS. Isto deve-se à estruturação da cidade, com um peso relativamente maior do número de vias localizadas a oeste. O eixo de maior integração liga regiões distantes do DF, passa pela Rodoferroviária, local de chegada e partida de ônibus interestaduais, passa pelo Setor de Abastecimento e Armazenagem Norte (SAAN), e dá acesso à região Nordeste e Sudeste do país.

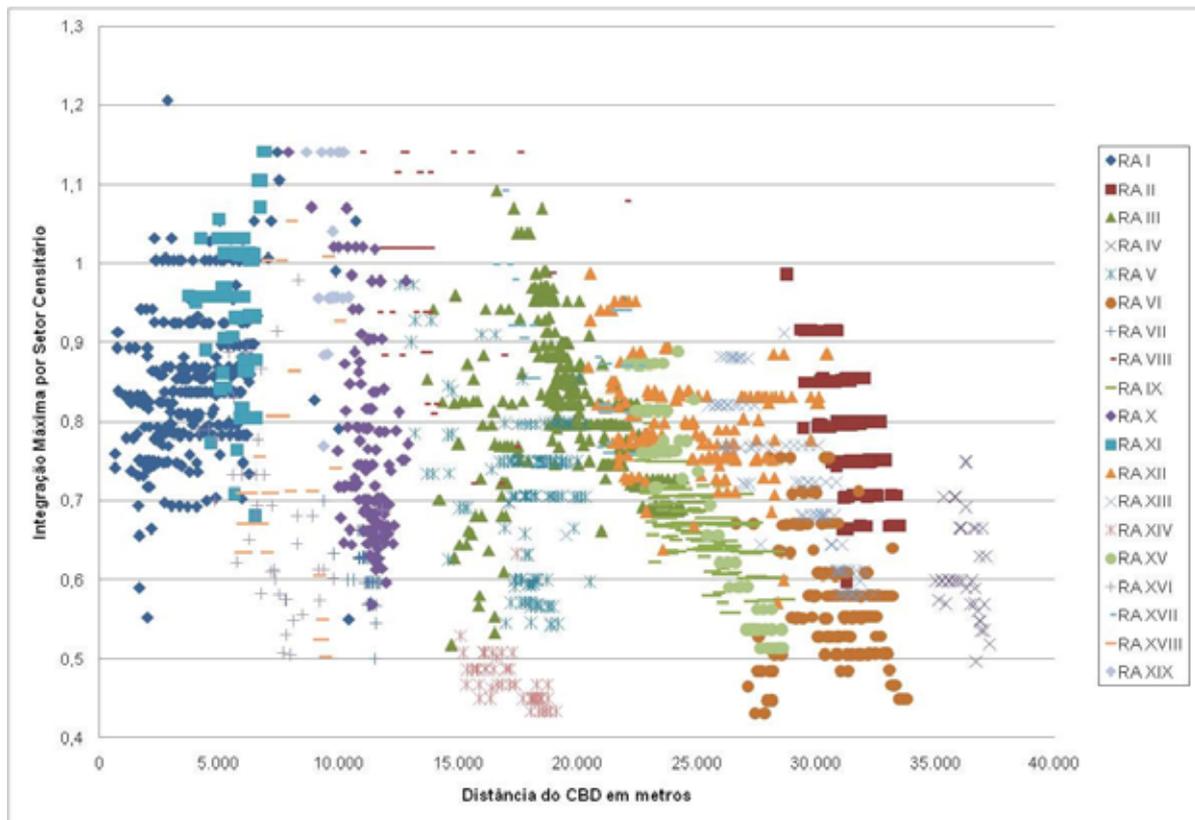
A correlação entre a integração máxima por setor censitário e a distância ao CCS apresentou um resultado de -0,429. Esse resultado indica que há uma relação

inversa entre as variáveis, isto é, quanto menor a distância ao CCS maior a integração viária. Apesar do valor de correlação não ser alto, segundo Levin & Fox (2004), ela expressa tanto a direção quanto a intensidade (uma correlação negativa moderada a forte), e pode-se considerar os intervalos do Tabela 1 para interpretação.



**Figura 33** – Distância dos setores censitários ao CCS, em metros.

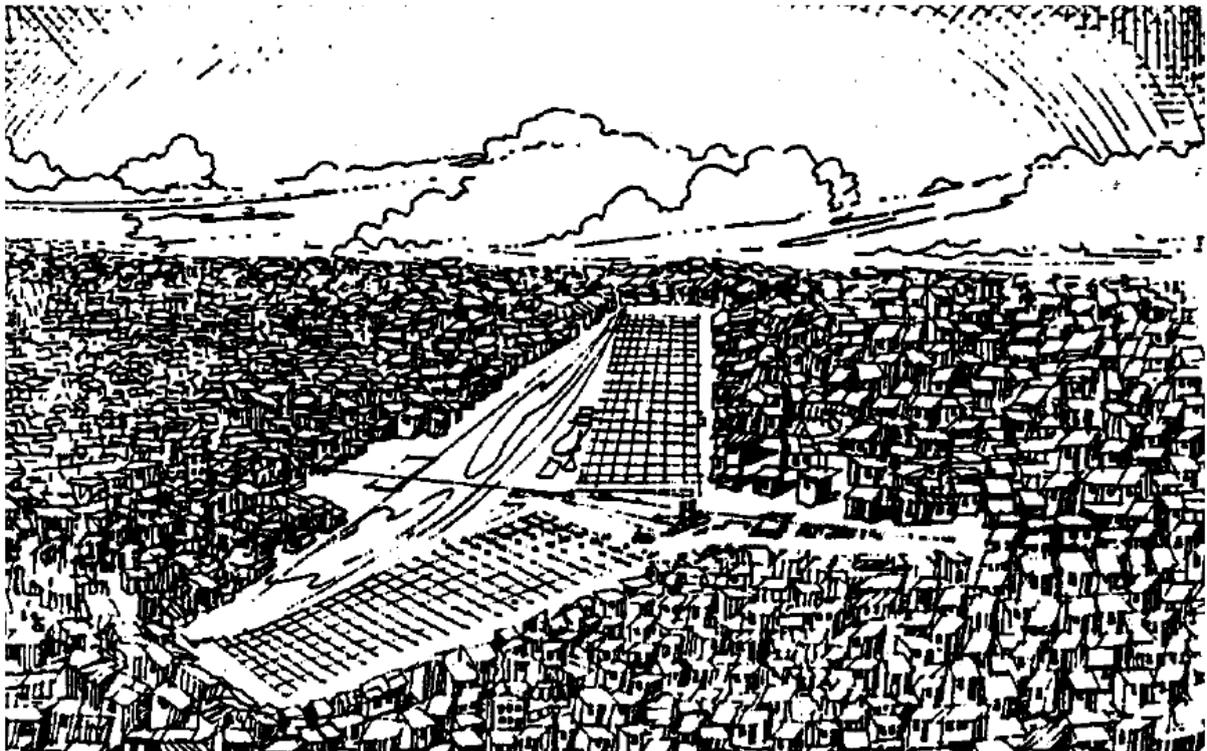
O Gráfico 7 mostra a relação entre a integração máxima por setor censitário e a distância ao CCS. Individualiza-se nesse gráfico a posição de cada RA. Pode-se notar que quanto mais próximo ao CDB, maior é a integração, onde localizam-se a RA I – Brasília, RA XI – Cruzeiro, RA XVI – Lago Sul e RA XVIII – Lago Norte. Bem como, as regiões mais distantes apresentam menor integração ao sistema, onde encontram-se RA VI – Planaltina, RA XIII – Santa Maria, RA II – Gama e RA IV – Brazlândia.



**Gráfico 7** – Relação entre o Índice de Integração Máxima por setor censitário e a distância ao CCS, por Região Administrativa (RA).

Esse resultado reforça o que já se sabe na prática, as cidades mais afastadas do centro apresentam menor integração ao sistema de circulação. A perversidade do planejamento faz-se presente na estruturação da capital federal, quem tem melhores condições financeiras ou cargos importantes habita as áreas mais próximas, quem não tem dinheiro para custear a vida no centro, tem que procurar habitação em locais cada vez mais afastados, com isto barateando o custo de moradia, mas aumentando o custo com transporte.

Pode até parecer contraditório, mas Brasília (referência à área tombada) sofre com a questão do embelezamento do centro, processo no qual o centro é mantido agradável e belo e a pobreza e “feiúra” são mantidas o mais afastadas possível. O cartunista Caruso ilustra muito bem essa situação, como mostrada na Figura 34, onde se vê o Plano Piloto mantido a qualquer custo, e em sua volta o crescimento com pouco ou com nenhum controle, devido à demanda habitacional crescente na capital do país.



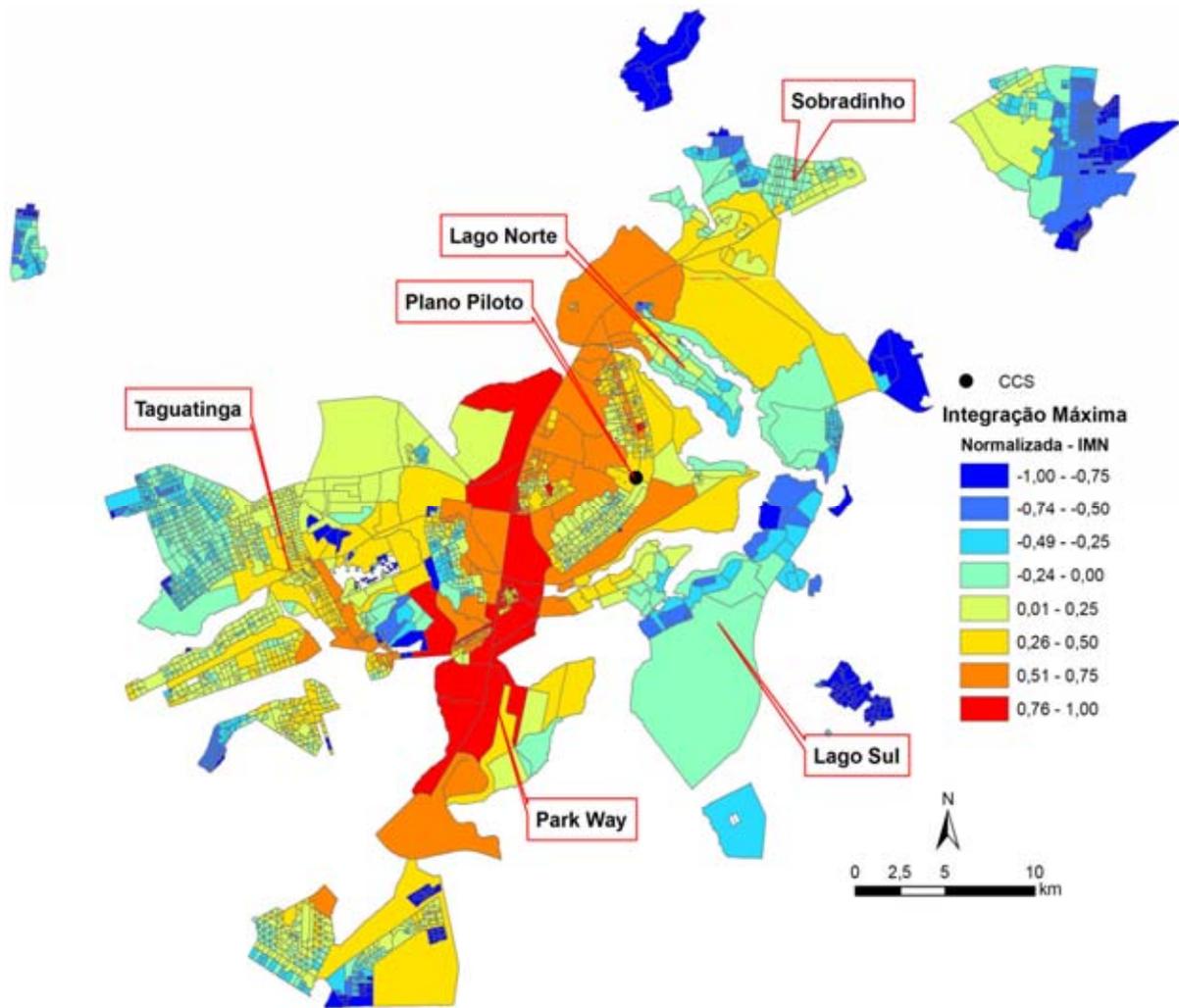
Croqui: Paulo Caruso, Revista Projeto nº 20, maio de 1980. <sup>1</sup>

**Figura 34** – Ilustração de Paulo Caruso sobre o crescimento ao redor do Plano Piloto. (CARUSO, 1980)

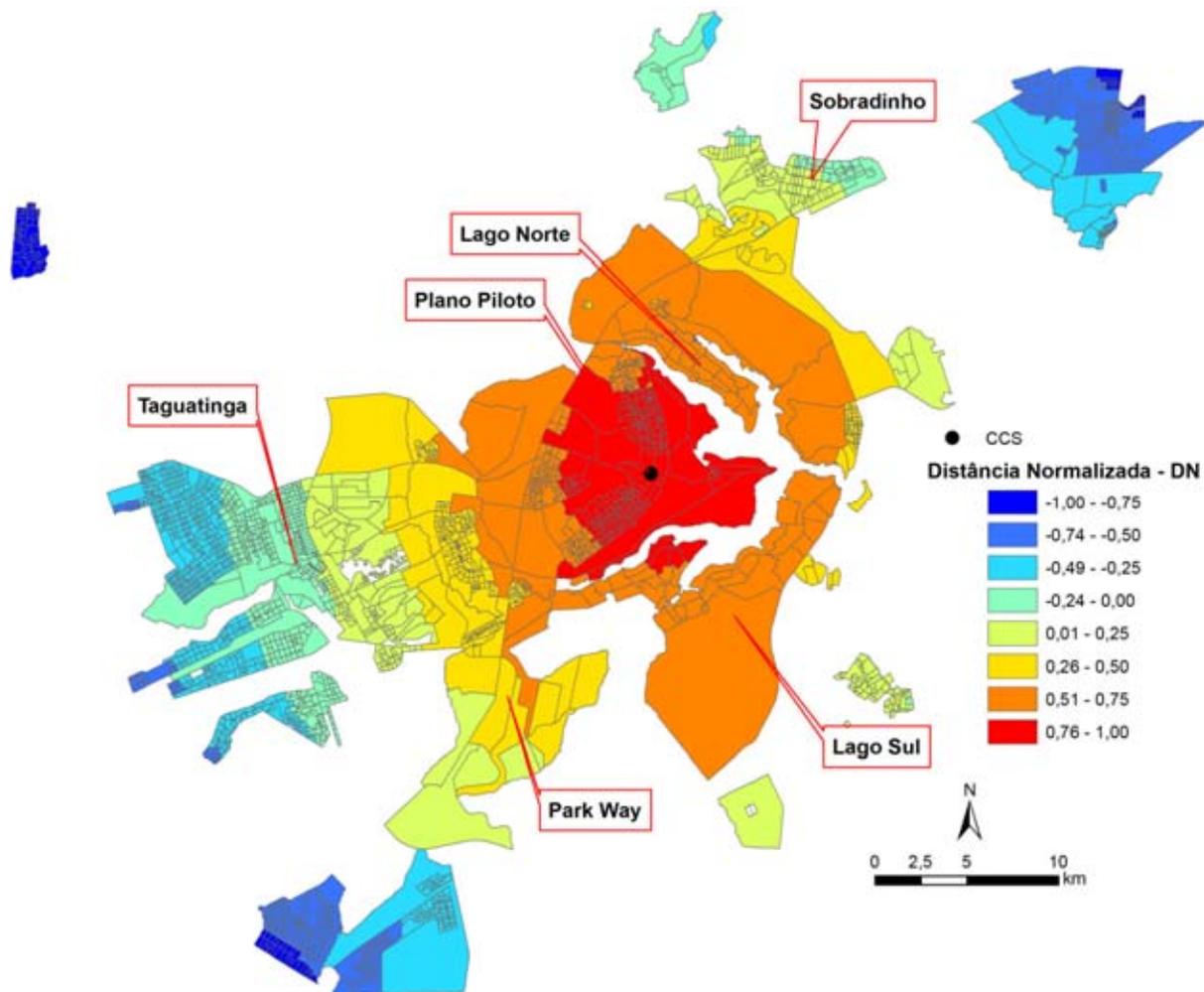
Brasília é estruturada baseada na circulação de veículos, com isto as pessoas não são estimuladas a apreciar a própria cidade. O pedestre é quase sempre desconsiderado, e a possibilidade de interações sociais torna-se extremamente reduzida. A lógica dessa cidade pode ser considerada perversa, os veículos estão nos espaços públicos e as pessoas nos espaços privados.

Como a distância ao centro mostra-se um importante fator configuracional, no caso do Distrito Federal, ela é considerada como mais uma variável da dimensão de configuração urbana. É normalizada pela Equação 5, e gera-se o resultado da Figura 35, onde os valores negativos indicam maiores distâncias ao CCS e os positivos menores distâncias. Esta mesma variável é utilizada no cômputo do índice final, juntamente com as demais trabalhadas nesta Tese.

A Figura 35 ilustra a integração máxima normalizada por setor censitário e Figura 36 a distância ao CCS normalizada. Pode-se observar que para as duas figuras a normalização ressalta as situações de maior e menor integração, bem como de maior ou menor distância do CCS.



**Figura 35** – Integração Máxima Normalizada.



**Figura 36** – Distância ao CCS Normalizada.

A interação entre o ser humano e a cidade é cada vez mais intensa, sendo ambas afetadas mutuamente. Featherstone (1996) mostra a transformação do comportamento humano em relação às modificações do espaço, e a modificação desse em função de uma nova configuração de sociedade. O autor destaca, por exemplo, que no século XIX, em Paris, havia pessoas que apreciavam o espaço urbano, misturando-se com a ele, sendo conhecidas como *flâneurs*, que dispunham de seu tempo para caminhar, olhar, entremear-se com os espaços da cidade, sem qualquer preocupação.

Assim, “o *flâneur* desenvolveu, portanto, sua sensibilidade estética nas oscilações entre o envolvimento e distanciamento, entre imersão e descontrol, e momento de registro e análise cuidadosos da “colheita aleatória” de impressão das ruas.” (FEATHERSTONE, 1996:6)

Com o passar do tempo, a cidade deixa de ser um espaço permissivo de circulação. O rápido crescimento populacional a partir do século XX, originado por migrantes rurais, em sua maioria sem qualificação, e o crescimento da área urbana, para abrigar esse novo contingente populacional, passa a gerar grandes tensões sociais.

Apreciar a cidade, como parte dela, de forma a esquecer-se do tempo e do próprio espaço, não é mais possível. O ritmo urbano torna-se cada vez mais rápido, o tempo cada vez mais escasso e a cidade cada vez menos acolhedora. As baixas condições de vida a que foram, e são, submetidos os migrantes e as grandes diferenças sociais entre eles e a população urbana, fazem com que com a violência aumente, o que não mais permite o trânsito livre e desprendido de tempo.

O tempo urbano torna-se um novo limitador. A cidade transforma-se, não é mais um espaço público aberto, mas passa a ser formada por diversos espaços privados e fechados. As pessoas não mais circulam, elas transitam em seus carros ou em transportes coletivos, não tendo mais tempo para se ater à forma da cidade.

O antigo *flâneur* transforma-se, não sendo mais o circulante dos espaços urbanos públicos, pois tornou-se um circulante de espaços fechados e privados, onde, principalmente, a segurança é que permite o circular. Outra transformação está ligada à interação com o meio, o novo *flâneur* não interage, apenas absorve uma intensa gama de informações que o meio dispõe.

Com o aumento populacional e a atual configuração da cidade baseada na circulação de veículos, a população de renda mais baixa, a maioria originada por migrantes rurais, passa a ocupar as áreas mais periféricas da cidade, apropria-se desse espaço e molda-o conforme seus próprios critérios. Para Romero (2001), “o lugar evoca o sentido de filiação a um grupo social”, isto faz com que as pessoas atribuam valores a esse espaço que remontem à sua origem.

Em função disso, é comum nas cidades brasileiras que as áreas ocupadas por população de baixa renda encontrem-se desprovidas de áreas verdes (como praças, parques, árvores, arbustos, entre outros), organização e infra-estrutura de qualidade. Normalmente, são áreas com ruas tortuosas (que não são necessariamente um mal à configuração local, cada caso deve ser analisado

individualmente) e estreitas, casas geminadas e com pouco ou nenhum espaço para lazer. Em várias áreas periféricas brasileiras, as condições ambientais, tais como circulação de vento, sombreamento natural, verde urbano, são muito prejudicados, e em situações extremas, inexistentes, o que gera verdadeiros *hot spots* urbanos.

A função do governo de prover condições satisfatórias de moradia fica relegada a segundo plano, pois como verifica-se nos planejamentos de diversas cidades brasileiras, o enfoque sempre é dado nas áreas de melhor qualidade (CINTRA, 1988).

No Distrito Federal a demanda por moradia torna-se cada vez maior, em função da baixa oferta de imóveis e do seu alto custo. Uma política perversa de não atendimento a essa demanda acaba por fomentar a ocupação irregular de áreas públicas, o parcelamento de chácaras que são transformadas em condomínios e a invasão de reservas e áreas de proteção ambientais. A moradia para a classe média é escassa ou está a preços muitas vezes inacessíveis, essa parte da população torna-se o grande alvo dos loteamentos e condomínios irregulares, o que gera novas áreas urbanas. Essas novas áreas, por não terem planejamento adequado, acabam por tornar-se prejudiciais à natureza, devido aos desmatamentos, impermeabilizações de ruas e acessos e pelo uso indiscriminado de recursos hídricos subterrâneos.

O Plano Piloto, por ser patrimônio histórico da humanidade, acaba por ver engessada a possibilidade de crescimento habitacional, devido a uma visão muito rígida sobre patrimônio, o que faz com que as cidades à sua volta inchem e ampliem seus limites, o que inclui em sua área urbana o que anteriormente era área rural. Isso gera conseqüências socioambientais muito sérias, a começar pelo aumento da poluição atmosférica pela emissão de gases poluentes provenientes da grande circulação de veículos.

Como visto, dados da Pesquisa Domiciliar Transporte do ano 2000, realizada pela CODEPLAN<sup>20</sup>, indicam que cerca de 44,92% dos empregos do DF estão localizados no Plano Piloto, e menos de 10% da população habita nessa localidade (CODEPLAN, 2003). Em função dessa grande quantidade de empregos

---

<sup>20</sup> Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central.

concentrada em Brasília, e das grandes distâncias entre as cidades, o transporte por veículos torna-se o único meio de acesso aos empregos, visto que mais de 90% da população encontra-se longe deles (Quadro 12).

**Quadro 12** – Distâncias das Regiões Administrativas (RAs) à Brasília.

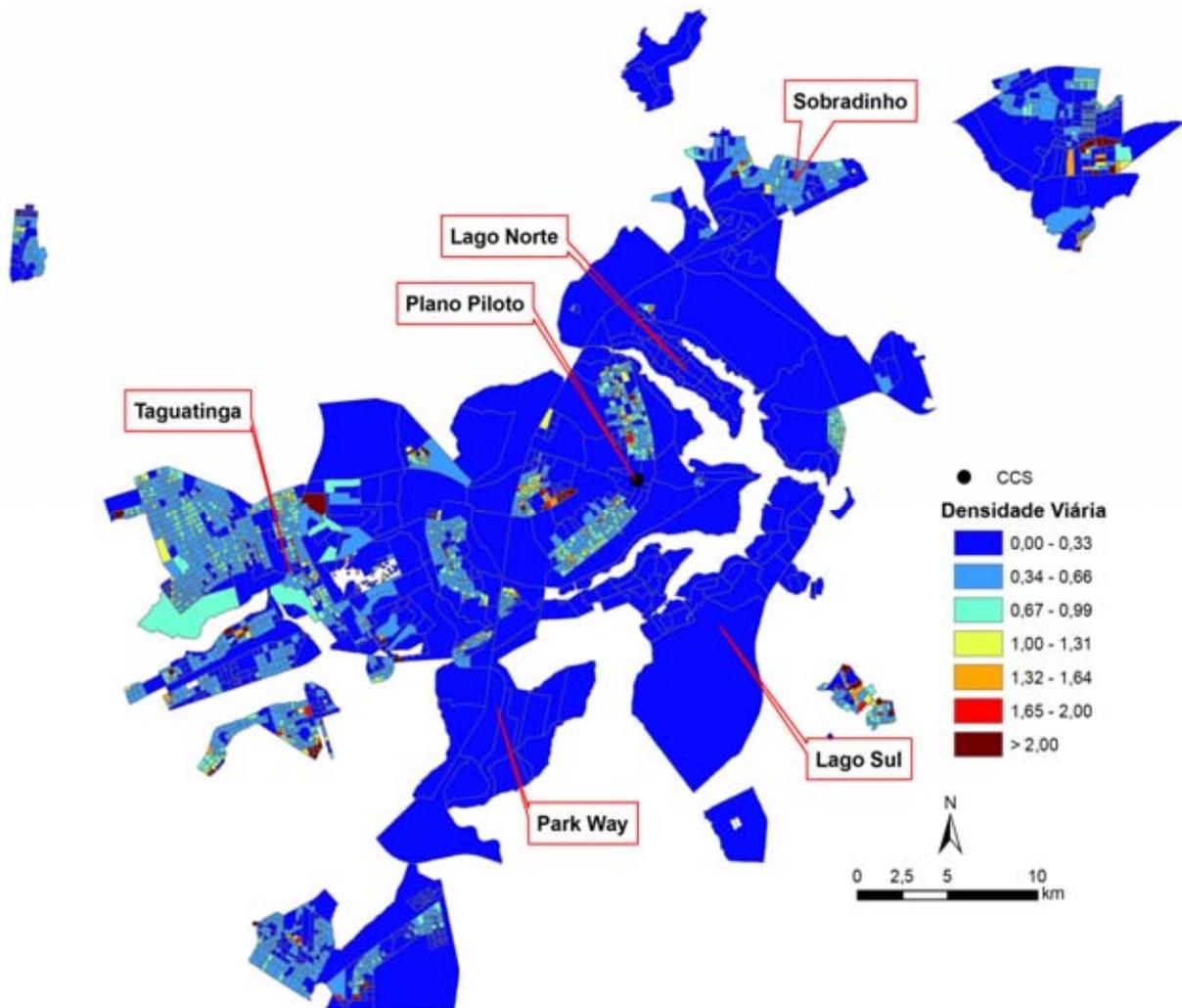
RAs		Distância de Brasília (km)
RA I	Brasília	-
RA II	Gama	30
RA III	Taguatinga	21
RA IV	Brazlândia	45
RA V	Sobradinho	22
RA VI	Planaltina	38
RA VII	Paranoá	25
RA VIII	Núcleo Bandeirante	13
RA IX	Ceilândia	26
RA X	Guará	11
RA XI	Cruzeiro	07
RA XII	Samambaia	25
RA XIII	Santa Maria	26
RA XIV	São Sebastião	26
RA XV	Recanto das Emas	26
RA XVI	Lago Sul	08
RA XVII	Riacho Fundo	18
RA XVIII	Lago Norte	08
RA XIX	Candangolândia	11

Fonte: CODEPLAN, 2003.

Em média, a maioria da população do Distrito Federal está a 19,4 km da concentração de empregos (valor calculado a partir dos setores censitários do Censo Demográfico de 2000). O distanciamento do centro gera diversos tipos de problemas, entre eles o alto custo de implementação e manutenção de infraestrutura, quanto mais longa a rede, mais cara ela se torna.

Para mensurar a acessibilidade da população à infra-estrutura calcula-se a relação de habitantes por metro linear de vias, que será chamada de densidade viária. Uma vez que, como explicado, o sistema de infra-estrutura normalmente acompanha o sistema viário, assim, pode-se usar esse para deduzir aquele. A Figura 37 apresenta o resultado desse cálculo. Pode-se observar que próximo ao CCS há ocorrência de maiores valores e quanto mais distante dele mais há redução da densidade. A cidade de Águas Claras, uma alta concentração vertical de habitações, não foi inserida na análise, pois ela não havia sido levantada no censo demográfico de 2000.

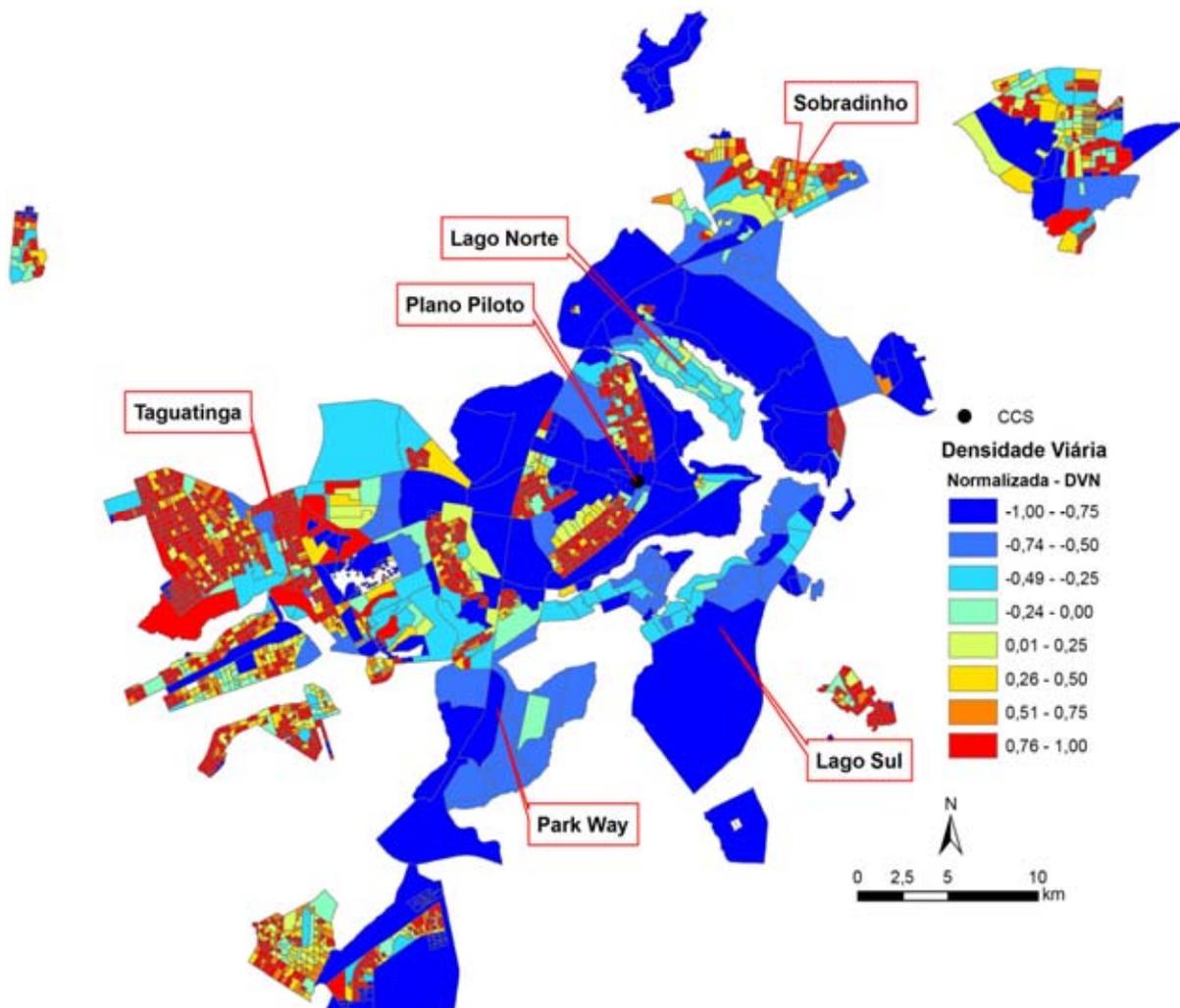
Nas cidades periféricas também são encontrados altos valores para essa medida, como é esperado, uma vez que a densidade de ocupação é maior que nas áreas próximas ao CCS. Nas áreas consideradas como de alto padrão (Lago Sul, Lago Norte e Park Way) os valores são baixos, devido à baixa ocupação populacional em função dos grandes lotes que compõem essas áreas (acima de 800 m<sup>2</sup>).



**Figura 37** – Ilustração da medida de densidade viária.

A Figura 38 mostra a densidade viária normalizada. É interessante notar que as áreas que apresentam maiores valores estão relacionadas às áreas urbanas consolidadas e densamente ocupadas. Assim como a Figura 37, as áreas com menores valores estão relacionadas às cidades de maior poder aquisitivo, essas constituídas por grandes lotes urbanos e por áreas formadas por eixos de ligação, nas quais há infra-estrutura, porém um número muito pequeno ou inexistente de

habitantes. Isto indica áreas urbanas com infra-estrutura subutilizada (existe boa infra-estrutura mas poucas pessoas a usufruem). Resulta que os custos de implantação e manutenção da infra-estrutura são mais elevados, e que, se a população pagasse por essas diferenças, isso pesaria negativamente na qualidade de vida dessas áreas, pelo ônus adicional que isso implicaria. Sabe-se, lamentavelmente, que isso não funciona assim, pois os mais pobres subvencionam os mais ricos (não há uma política eqüitativa de cobrança dos custos infra-estruturais, muito menos uma política redistributiva). Contudo, o fato não elimina a importância da caracterização aqui realizada, nem o potencial de sua utilização, a depender da vontade política para tal.



**Figura 38** – Ilustração da medida de densidade viária normalizada.

Conforme pode ser visto no Quadro 13, o cálculo da medida global de acessibilidade a infra-estrutura mostra que, ao considerar-se todos os eixos do

sistema, o Distrito Federal apresenta o segundo resultado mais baixo de densidade viária, sendo o pior resultado encontrado para Florianópolis. Ao avaliar-se somente as vias que estão circunscritas aos setores censitários urbanos, isto é, apenas as vias que passam em áreas consideradas como urbanas pelo IBGE, a relação se mantém. Isto reflete a baixa utilização de infra-estrutura urbana para as duas capitais. Florianópolis apresenta uma situação pior que a do Distrito Federal em função da forte ocupação próxima ao seu CCS, e uma estrutura urbana dispersa composta por longos eixos de ligação entre o CCS e as demais zonas urbanas. Para o Distrito Federal a situação é semelhante, a diferença entre as duas capitais resulta de que as cidades periféricas no Distrito Federal são densamente ocupadas, o que gera uma demanda maior na rede de infra-estrutura, enquanto Florianópolis apresenta somente alta densidade próxima ao centro e baixa ocupação em sua periferia.

São Paulo e Rio de Janeiro apresentam melhores resultados, principalmente o Rio de Janeiro que chegou a quase um habitante por metro linear de via. Essas duas capitais apresentam alta densidade em sua área urbana, o que implica grande otimização da rede de infra-estrutura.

A ociosidade *per capita* mostra, de forma inversa à anterior, a relação de vias que não passam em áreas consideradas urbanas pelo IBGE em função da população, e assim a quantidade de metro linear de infra-estrutura que não é diretamente aproveitada pela população. Da mesma maneira que as medidas anteriores, essa medida apresenta os piores resultados para o Distrito Federal e Florianópolis, como é esperado.

A dispersão urbana das duas cidades gera uma ociosidade maior da rede de infra-estrutura, uma vez que é necessária a construção e manutenção de longos tramos de redes, sem ligações domiciliares ou outras, para atender os aglomerados mais distantes. Esse é um índice *global* para a cidade, não um índice adstrito a cada setor censitário individualmente. Como tal, funcional como o índice de dispersão de Bertaud & Malpezzi, mas o complementa de maneira importante, pois capta aspectos da dispersão urbana não identificados por ele. É portanto utilizado na composição do índice final de forma a melhorar a medida de dispersão de Bertaud & Malpezzi (1999), modificada nesta Tese, a fim de representar também a dispersão

da infra-estrutura (que tem custos óbvios), não somente a dispersão demográfica (que é o forte do índice de Bertaud & Malpezzi). É muito interessante, por exemplo, verificar como Florianópolis tem ótimo desempenho no índice de Bertaud & Malpezzi e péssimo neste aqui proposto (comparem os Quadros 10 e 13).

**Quadro 13** – Medidas globais de densidade viária e de ociosidade de vias *per capita*.

<b>Capitais</b>	<b>Hab/Vias Totais</b>	<b>Hab/Vias Urbanas</b>	<b>Ociosidade <i>per capita</i>*</b>
Distrito Federal	0,31	0,36	0,47
São Paulo	0,52	0,55	0,12
Rio de Janeiro	0,81	0,86	0,07
Florianópolis	0,13	0,15	0,60

(\*) Metros lineares *per capita* de infra-estrutura viária que não servem diretamente a nenhuma atividade.

Os dados de ociosidade viárias são normalizados a partir da Equação 5 em uma escala de -1 a +1 (Quadro 14). Sabe-se que são poucas cidades representadas no Quadro 4, apesar disso para a inserção dessa medida no cômputo do índice final segue-se o padrão metodológico adotado nesta Tese. Quanto mais próximo de -1, maior é a ociosidade da rede e quanto mais próximo de +1 menor é a ociosidade. Para o cálculo do Índice final, considera o valor obtido pelo Distrito Federal igual para todos os setores censitários, pois, assim como o índice de dispersão, é um índice sistêmico da cidade, não um valor de cada setor individualmente.

**Quadro 14** – Medidas globais de densidade viária e de ociosidade de vias *per capita*.

<b>Capitais</b>	<b>Ociosidade <i>per capita</i></b>	<b>Ociosidade <i>per capita</i> Normalizada</b>
Distrito Federal	0,47	-0,51
São Paulo	0,12	0,81
Rio de Janeiro	0,07	1,00
Florianópolis	0,60	-1,00

Outro fator associado a dispersão da população é o aumento da circulação de veículos, que além de elevar a quantidade de poluentes no ar, também eleva a temperatura, em função da emissão de gases aquecidos pelos veículos. Nas áreas de maior circulação de pessoas e veículos e concentradoras de empregos, como o Setor Comercial Sul e o Centro de Taguatinga, verificam-se metais no ar muito acima do que permite a legislação (BITENCOURT, 2004; DAMASO, 2004) e altos valores de temperatura, se comparados a regiões próximas a seus entornos.

Portas (2000: sn) afirma que

entretanto, o planejamento vigente ou de previsão a longo prazo traduzido em parâmetros rígidos pela sua força legal - em alguns casos com valores de ocupação excessiva e noutros insuficiente para viabilizar a renovação, como acontece, com frequência, nos Planos Diretores ou nos Projetos de Alinhamento / Loteamento - não facilita o gerenciamento negocial de um vazio cuja probabilidade de transformação por inteiro ou interligada, não foi nem talvez pudesse ser prevista. Por isso, planejamento adaptativo (com regras de jogo em vez de parâmetros) e gerenciamento negocial são as duas caras de uma mesma e nova moeda. Assumindo, quer a insuficiência do nosso conhecimento do funcionamento dos sistemas urbanos, quer a insuficiência de recursos públicos para assegurar o seu comando em toda parte ao mesmo tempo. Por isso o novo "estado local" acabaria por adotar frontalmente a adaptabilidade e a negociação como processos integrantes do planejamento, procurando orientar a iniciativa e o investimento privado para áreas de interesse coletivo, que tradicionalmente não lhe caberia assegurar, oferecendo em troca garantias de edificabilidade, fiscais e outras, isto é, a rentabilidade média suficiente para que a oportunidade que, por hipótese, interesse às duas partes, não seja perdida.

O planejamento urbano faz-se cada vez mais necessário, como Portas (2000) explica, sem a rigidez dos antigos planos urbanísticos, mas com uma visão integradora e flexível, que possa acompanhar as mudanças da estrutura urbana e da sociedade, procurando atender às demandas sociais por moradia de qualidade e ambientais, de preservação do meio.

Esse planejamento deve focar tanto a parte legal, com a geração de moradias que afetem minimamente o meio ambiente, bem como o uso racional dos recursos naturais, mas, também, deve focar a educação urbano-ambiental, de forma a buscar a conscientização de todas as classes sociais para a importância, a sensibilidade e a precariedade da relação da cidade com a natureza. Essa conscientização também deve afetar o poder público, para que ele gerencie melhor os recursos sociais e ambientais disponíveis.

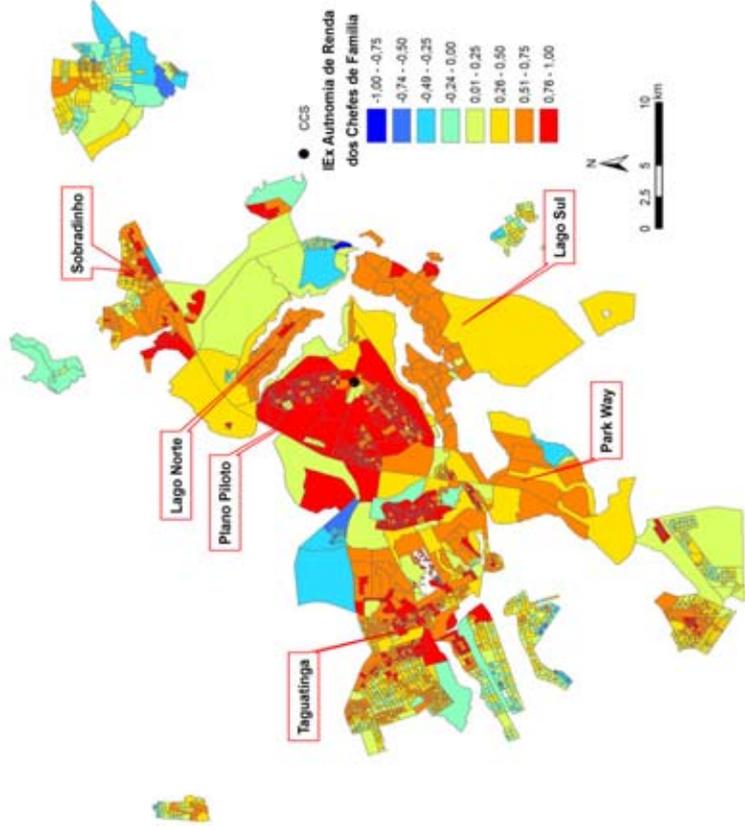
Assim, para modelar-se melhor a cidade é preciso agregar variáveis socioeconômicas e ambientais, de forma a compor com maior fidelidade a realidade estudada, e propiciar ao poder público um instrumental que possa orientar nas questões de planejamento.

## Qualidade de Vida

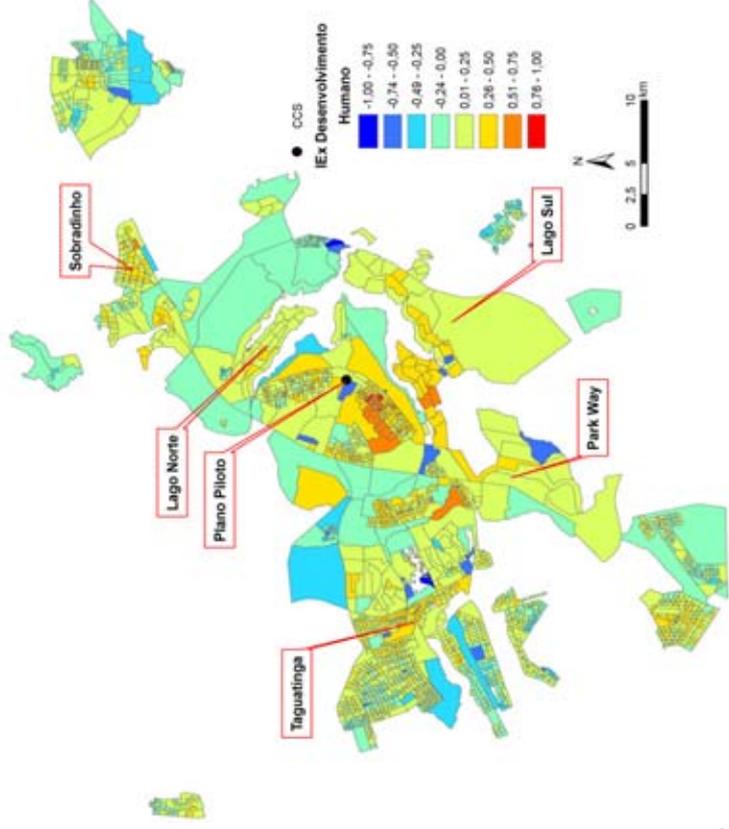
### Índice de Exclusão/Inclusão Social

A exclusão social nos centros urbanos é um fenômeno comum. Autores como Sposati (2000), Genovez (2002) e Koga (2003) têm mostrado que essa exclusão está relacionada, também, à configuração do espaço urbano. Os centros urbanos brasileiros separam claramente as classes socioeconômicas, onde nas áreas com maior acesso à infra-estrutura e serviços se localizam classes mais altas, nas áreas mais desprovidas se encontram as classes mais baixas. Tradicionalmente, as primeiras tendem a se localizar no centro ou próxima a esse, e as últimas em áreas periféricas ao centro, situação que ainda predomina na maioria das cidades brasileiras. Atualmente ocorre uma mudança dessa estrutura, pois a população de mais alta renda tem procurado “fugir” do centro em busca de maior tranquilidade e qualidade de vida (como condomínios tipo Alphaville em São Paulo), enquanto a população de menor renda tende a ocupar espaços deteriorados no centro em busca de maior proximidade de empregos e serviços. Mesmo em Brasília isso começa a ser significativo (CASTELO, 2008).

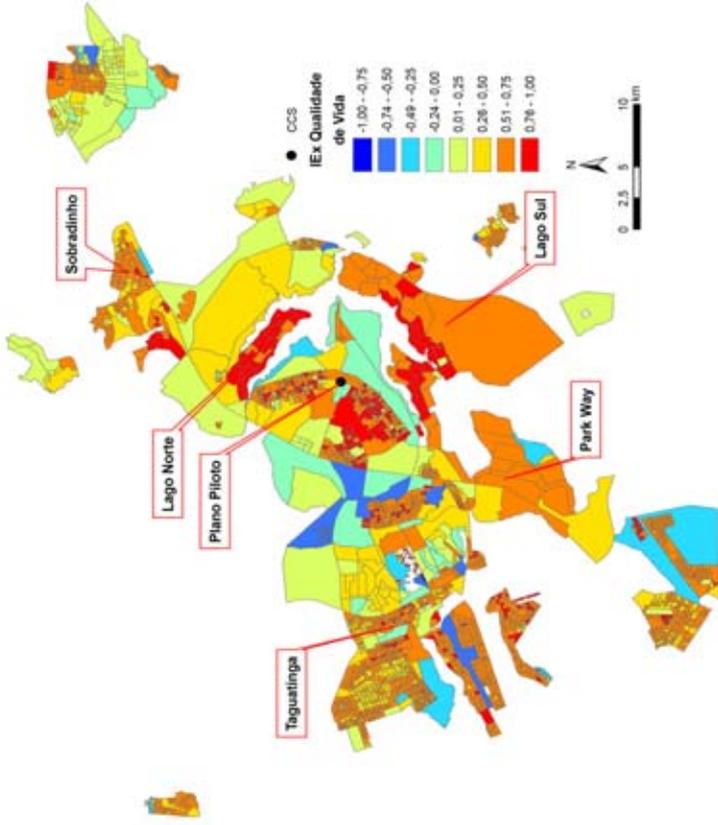
As figuras 39a a e representam os índices compostos e o índice final de exclusão/inclusão social. Pode-se observar que os índices de autonomia de renda e de qualidade de vida apresentam forte relação com o centro. Os setores com maior inclusão social estão mais próximos desse, e a exclusão aumenta na medida em que se afasta dele. Os índices de desenvolvimento humano e de equidade não expressam uma relação tão clara com o centro quanto os dois índices anteriores, há maior dispersão dos valores. Mesmo assim, a área central tende a concentrar condições melhores.



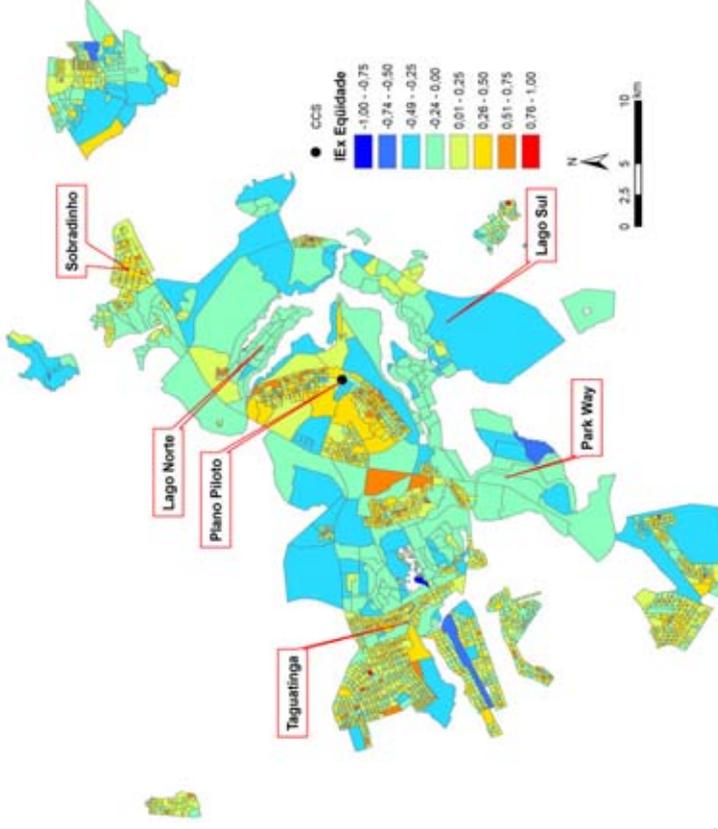
a)



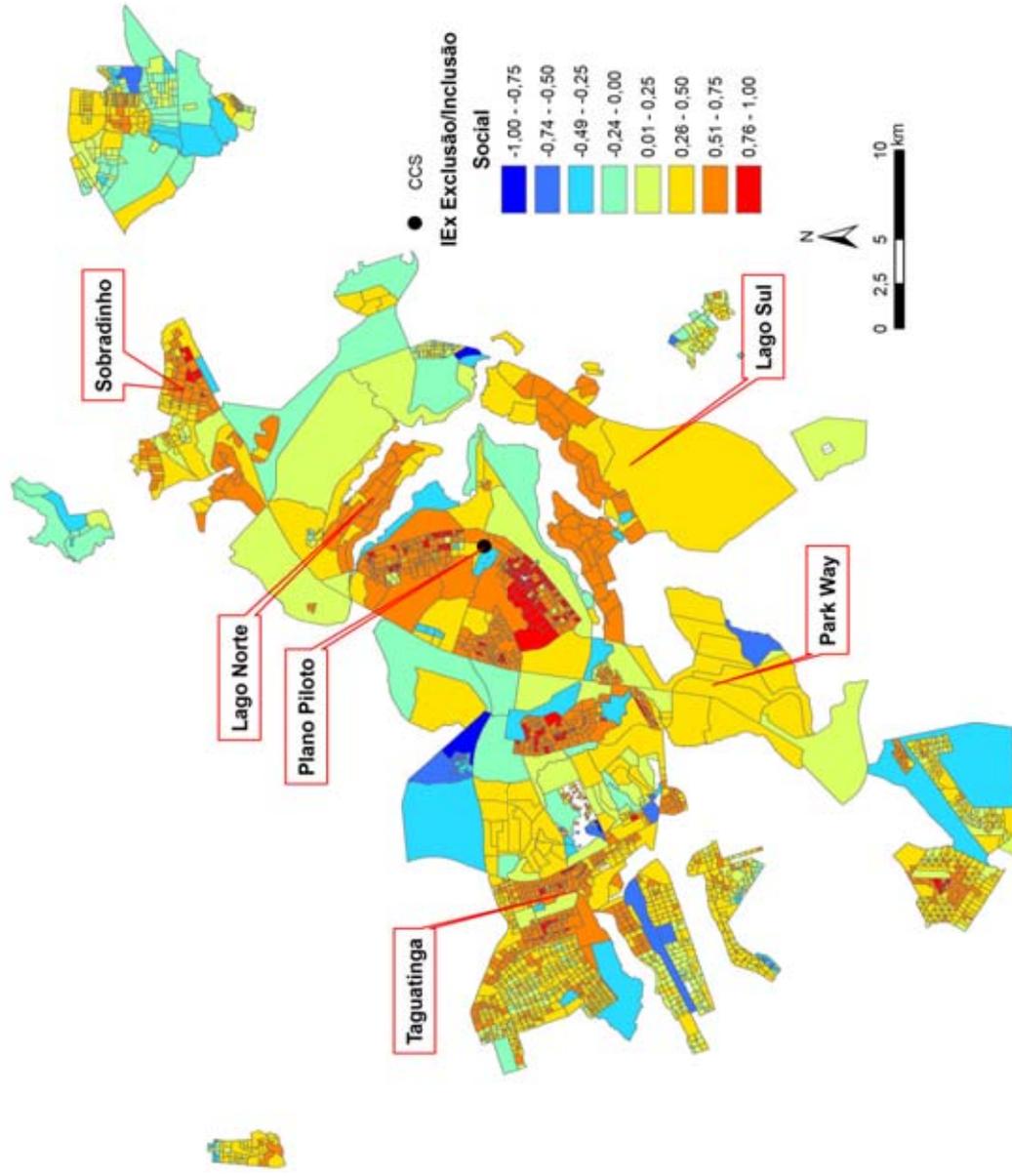
b)



c)



d)



e)

**Figura 39** - Distribuição espacial dos índices de exclusão/inclusão social. a) Índice de Exclusão/Inclusão de Autonomia de Renda dos Chefes de Família; b) Índice de Exclusão/Inclusão de Desenvolvimento Humano; c) Índice de Exclusão/Inclusão de Qualidade de Vida; d) Índice de Exclusão/Inclusão de Equidade; e e) Índice de Exclusão/Inclusão Social.

Os valores calculados para o Índice de Desenvolvimento Humano distribuem-se de forma mais dispersa, devido ao fato de ele ter sido construído principalmente com base nas variáveis de escolaridade. Dados do Ministério da Educação mostram que o ensino público no DF é um dos melhores do país, apesar das diferenças entre as cidades. Mesmo com as disparidades entre elas, todas dispõem de escolas públicas e privadas, além de haver uma campanha constante do governo local para que as crianças em idade escolar freqüentem regularmente uma das unidades de ensino. Por esta razão não há a formação de agrupamentos desse índice, mas uma tendência a uma dispersão dos valores pela cidade. Este índice é diferente do IDH calculado pela ONU, pois aquele é construído por variáveis de educação e longevidade.

O índice de Eqüidade é baseado na relação entre escolaridade de mulheres chefes de família e o total das mulheres chefes de família. Como a capital federal, desde sua criação, apresenta exigências de qualificação e de escolaridade, os sucessivos governos procuram desenvolver projetos de qualificação profissional e conclusão dos cursos de 1º e 2º graus (atuais Ensino Fundamental e Médio) para a população que migra para a capital desde a sua construção. Outro fator que contribui para o aumento de mulheres como chefes de família é o grande número de concursos públicos, que permitem que qualquer pessoa em busca de melhoria e estabilidade financeira tenha oportunidade de obtê-la. Com isto, há condições iguais de concorrência entre mulheres e homens, elas, ao serem aprovadas em concursos públicos, podem passar a ter uma renda maior que os homens tornando-se a pessoa com maior contribuição para a renda familiar, sendo caracterizadas pelo IBGE como chefes de família.

Mais um fator que contribui para o aumento de mulheres como chefes de família é o fato de que, em famílias com menor renda, a mulher tem mais possibilidade de emprego, o que a torna, segundo os padrões do IBGE, chefe de família.

Os valores calculados para o Índice de Eqüidade mostram uma tendência a maior distribuição espacial do que formação de aglomerações. Situação que pode ter ocorrido devido a maior acessibilidade de empregos por parte das mulheres.

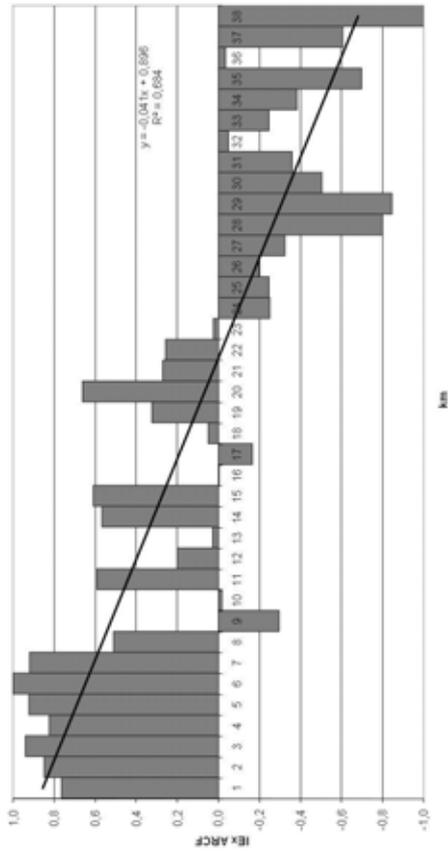
Os índices que apresentam maior agrupamento em torno do centro são autonomia de renda dos chefes de família (ARCF) e qualidade de vida (QV). O primeiro tem um comportamento padrão como mostrado por diversos autores, a população com maiores condições financeiras encontra-se próxima ao centro, local com maiores oportunidades e ofertas de trabalho, serviços e lazer. Devido a isso, o custo na proximidade ao centro é maior. A população com menores condições financeiras passa a morar cada vez mais distante, reduzindo o seu acesso a oportunidades e ofertas de trabalho, serviços e lazer.

O QV é baseado, em parte, nas condições de abastecimento de água, coleta de esgoto e tratamento de lixo, isto faz com que haja uma redução da exclusão, uma vez que. Segundo a PNAD de 2006, 91,00% da população do DF é atendida por rede geral de água, 94,30% por rede de esgoto e 98,20% da população tem seu lixo coletado. O restante desse índice é composto pelas condições de moradia: propriedade domiciliar, conforto sanitário (banheiro por domicílio) e habitação precária. Com a renda da população diminui com o aumento da distância, as condições de qualidade de moradia também são reduzidas.

A partir do cálculo dos índices compostos de exclusão/inclusão social gerou-se gráficos que relacionam a variação desses à medida da distância do CCS (Gráfico 8a a e). Pode-se observar que os coeficientes de determinação ( $r^2$ ) dos índices de qualidade de vida e de equidade apresentam valores muito baixos, o que indica que eles são pouco influenciados pela distância a CCS. Os demais índices apresentam valores mais altos para esse coeficiente, o que mostra que há relação de dependência entre eles e a distância ao CCS.

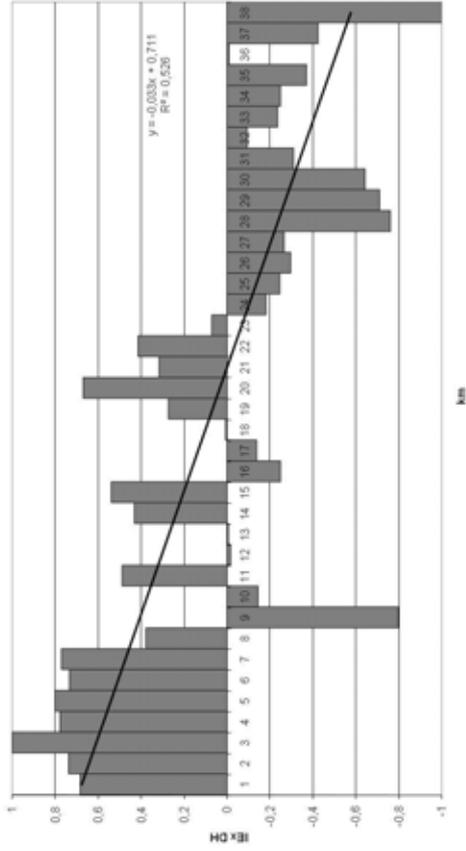
a)

Perfil do IEx de Autonomia de Renda dos Chefes de Família no DF, por km a partir do CCS



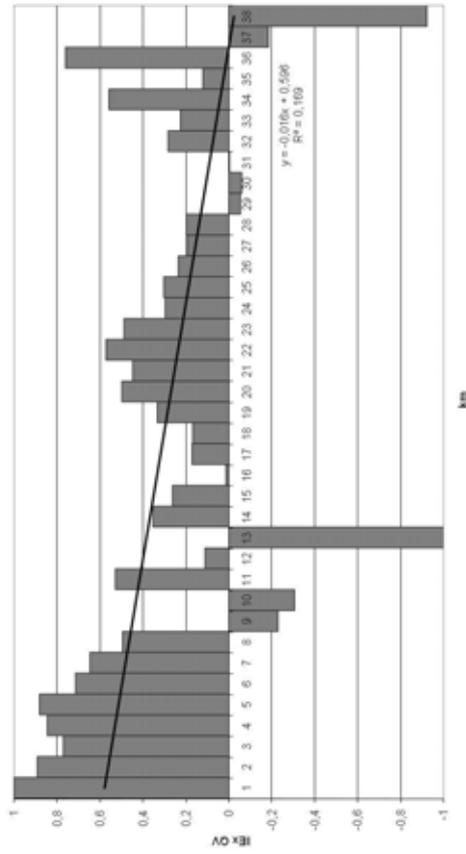
b)

Perfil do IEx de Desenvolvimento Humano no DF, por km a partir do CCS



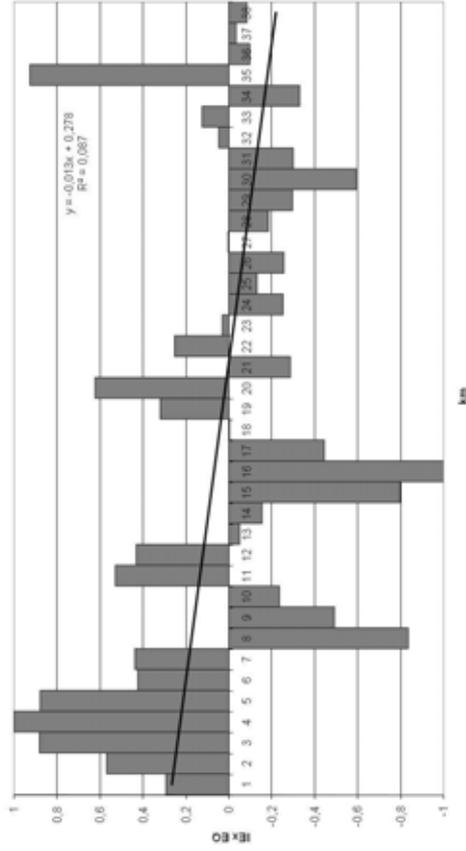
c)

Perfil do IEx de Qualidade de Vida no DF, por km a partir do CCS

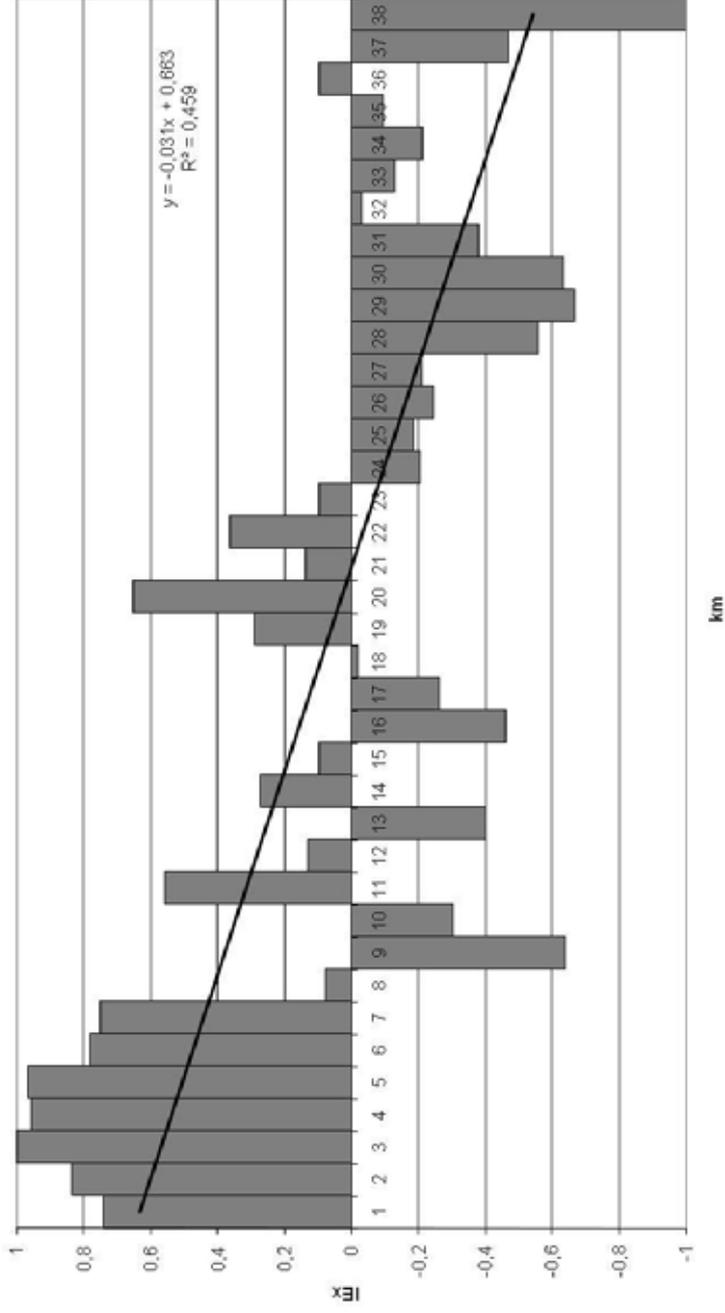


d)

Perfil do IEx de Equidade no DF, por km a partir do CCS



Perfil da Exclusão/Inclusão Social no DF, por km a partir do CCS



e)

**Gráfico 8** – Perfis da distribuição dos índices de exclusão/inclusão social por quilômetro a partir do CCS. a) Perfil da Distribuição do IEx Composto de Autonomia de Renda dos Chefes de Família; b) Perfil da Distribuição do IEx Composto de Desenvolvimento Humano; c) Perfil da Distribuição do IEx Composto de Qualidade de Vida; d) Perfil da Distribuição do IEx Composto de Equidade; e e) Perfil da Distribuição do Índice de Exclusão/Inclusão Social.

Em todos os gráficos há redução da inclusão (mesmo naqueles que apresentam baixo coeficiente de determinação), e conseqüente aumento da exclusão, com o afastamento do CCS. Esse fato mostra que as condições de qualidade de vida, baseadas em variáveis socioeconômicas, pioram nas cidades mais afastadas do centro. O Quadro 15 mostra o coeficiente de correlação de Pearson (r) entre as variáveis de exclusão/inclusão social e as de sintaxe espacial (índice de integração máxima e a integração máxima normalizada) em relação à distância ao CCS. Como comentado, apesar de algumas correlações terem resultado em valores próximos a zero (o que indica que as variáveis tendem a independência), todas são negativas, o que mostra que com o aumento da distância ao CCS há redução dos valores de todos os índices, reforçando a afirmação de que a qualidade de vida se reduz quanto mais afastado no centro.

**Quadro 15** - Correlações entre os de índices de exclusão/inclusão social e integração viária máxima e ajustada em relação à distância ao CCS.

<b>Coeficiente de Correlação em relação à Distância</b>	
Autonomia de Renda dos Chefes de Família	-0,485
Desenvolvimento Humano	-0,300
Qualidade de Vida	-0,102
Eqüidade	-0,079
Exclusão/Inclusão Social	-0,346
Integração Máxima	-0,327
Integração Máxima Normalizada	-0,412
Distância Normalizada	-0,976

Apesar de os índices de exclusão/inclusão social e o de integração máxima normalizada expressarem condições de qualidade de vida e de acesso ao centro, eles não tratam de variáveis ambientais. Em função disso, nesta Tese incorporam-se três variáveis ambientais básicas (percentual de verde urbano por setor censitários, eficiência fotossintética e conforto térmico), a fim de modelar de forma mais realística da situação urbana no DF.

## **Qualidade Ambiental Urbana**

### **Índice de Verde Urbano**

A proposta metodológica desta Tese para a mensuração do verde urbano deu-se pelo forte contraste existente entre as áreas consideradas de melhor qualidade e as áreas periféricas, no que se refere à presença de áreas verdes. Assim, a Figura 40a a h ilustra algumas das localidades do Distrito Federal, onde

fica clara a relação de maior presença de áreas verdes na região do Plano Piloto e localidade de maior poder aquisitivo, e menor ou mesmo ausência delas nas cidades periféricas.

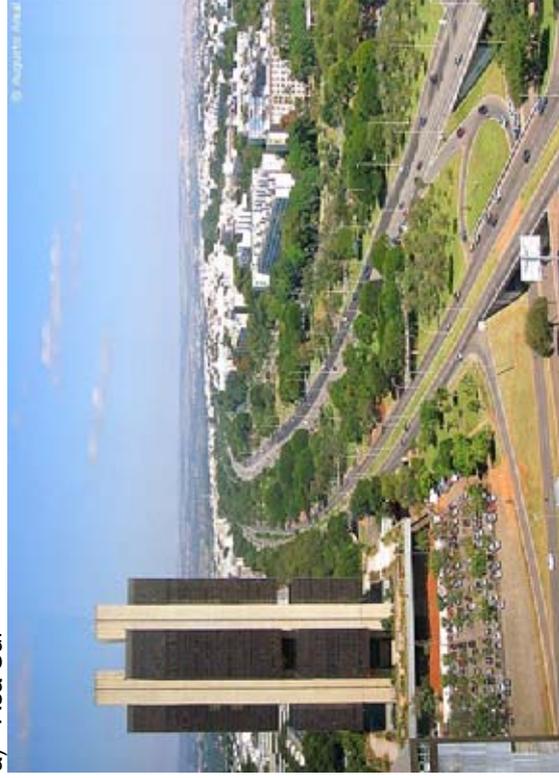
As figuras 40a e b ilustram o Plano Piloto de Brasília (Asa Sul e Asa Norte, respectivamente), nas quais pode-se notar a abundância de vegetação arbórea entremeada com as edificações. Por serem construções baixas (seis pavimentos com pilotis), há boa circulação de vento e a vegetação atua como filtro para alguns poluentes (ao reduzir essa poluição de forma geral), para ruídos, e para manutenção de melhores condições de temperatura e umidade.

As figuras 40c e d ilustram o Eixo Monumental e a Esplanada dos Ministérios. Apesar de estarem no Plano Piloto, pode-se notar a baixa presença de vegetação arbórea e o predomínio de gramíneas, que têm uma atuação mínima nos processos de seqüestro de carbono, equilíbrio térmico e manutenção de umidade.

As figuras 40e a h ilustram algumas das cidades periféricas de Brasília. Note-se a baixa quantidade, ou ausência, de áreas verdes, em contraste com a alta densidade de área construída. A população que habita essas cidades, em sua maioria de média a baixa renda, acaba por optar por não valorizar áreas verdes urbanas, na maioria dos casos por falta de opção de espaço, pois os lotes são muito pequenos (80 a 125 m<sup>2</sup> em alguns casos), e preferem ocupá-los quase totalmente com a construção de suas moradias. As áreas vazias que permanecem tornam-se, normalmente, campos de futebol de terra, um dos poucos tipos de lazer acessível a essas populações, ou viram depósitos de lixo e entulho a céu aberto, ou permanecem vazios inaproveitados ou inóspitos.

## Região Próxima ao CCS

a) Asa Sul



b) Asa Norte

© Augusto Areal  
www.infobrasilia.com.br



c) Eixo Monumental



d) Esplanada dos Ministérios



**Regiões Periféricas ao CCS**

e) Taguatinga Sul



f) Ceilândia Sul



g) Samambaia

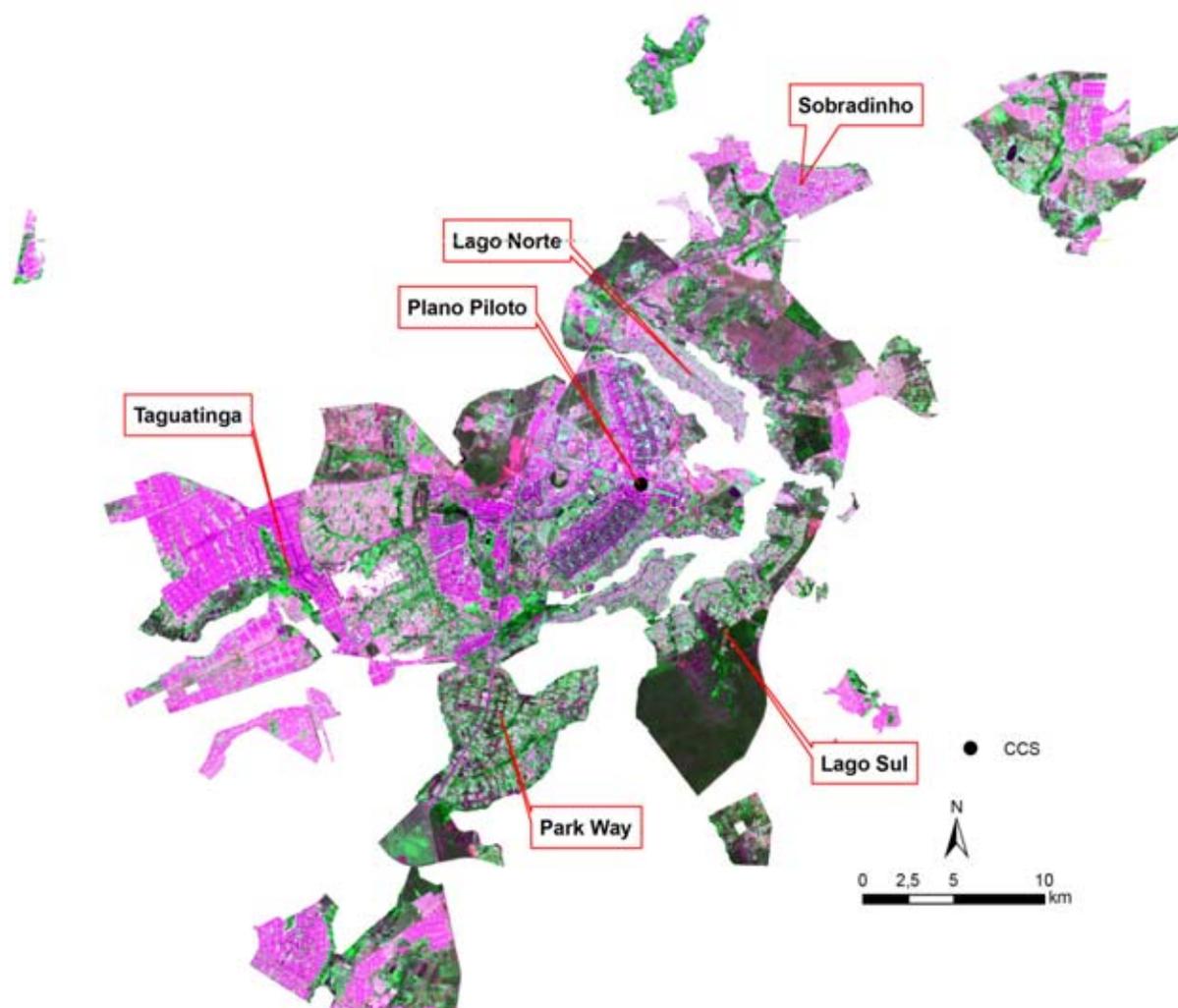


h) São Sebastião



**Figura 40** – Imagens do Distrito Federal, região central e cidades periféricas (AREAL, 2008).

A Figura 41 ilustra as áreas verdes urbanas do Distrito Federal onde há setores censitários urbanos.

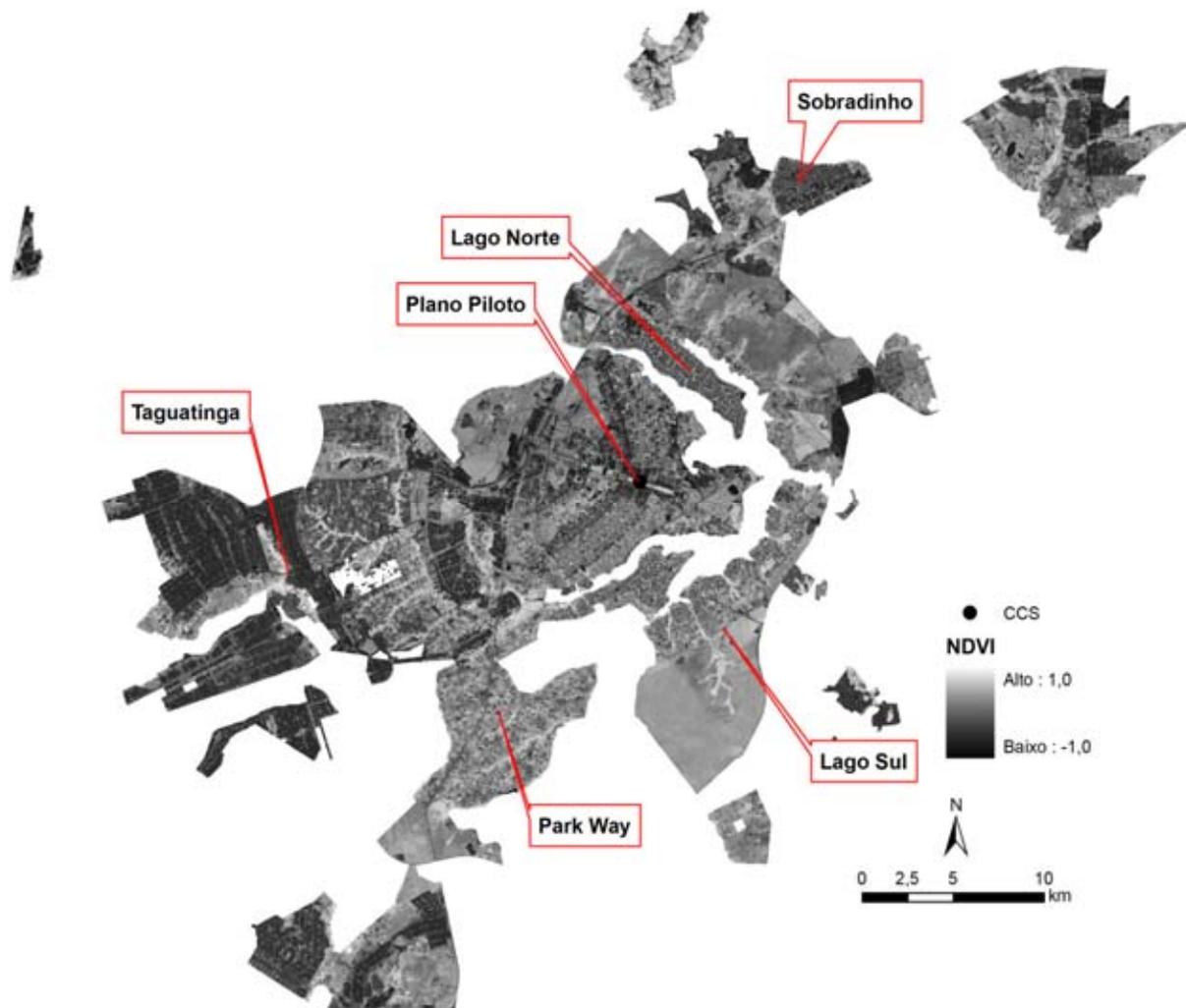


**Figura 41** – Imagem ASTER de 10/04/2005, na qual se destacam áreas verdes e antropizadas nas áreas onde há setores censitários.

Na Figura 41 as áreas em tons de verde são áreas vegetadas, em tons de marrom escuro são áreas de cerrado e em tons de magenta e branco são áreas antropizadas (construídas ou expostas, sem vegetação). Em uma simples análise visual dessa figura claramente percebe-se a ausência ou baixa quantidade de áreas verdes nas cidades periféricas ao Plano Piloto.

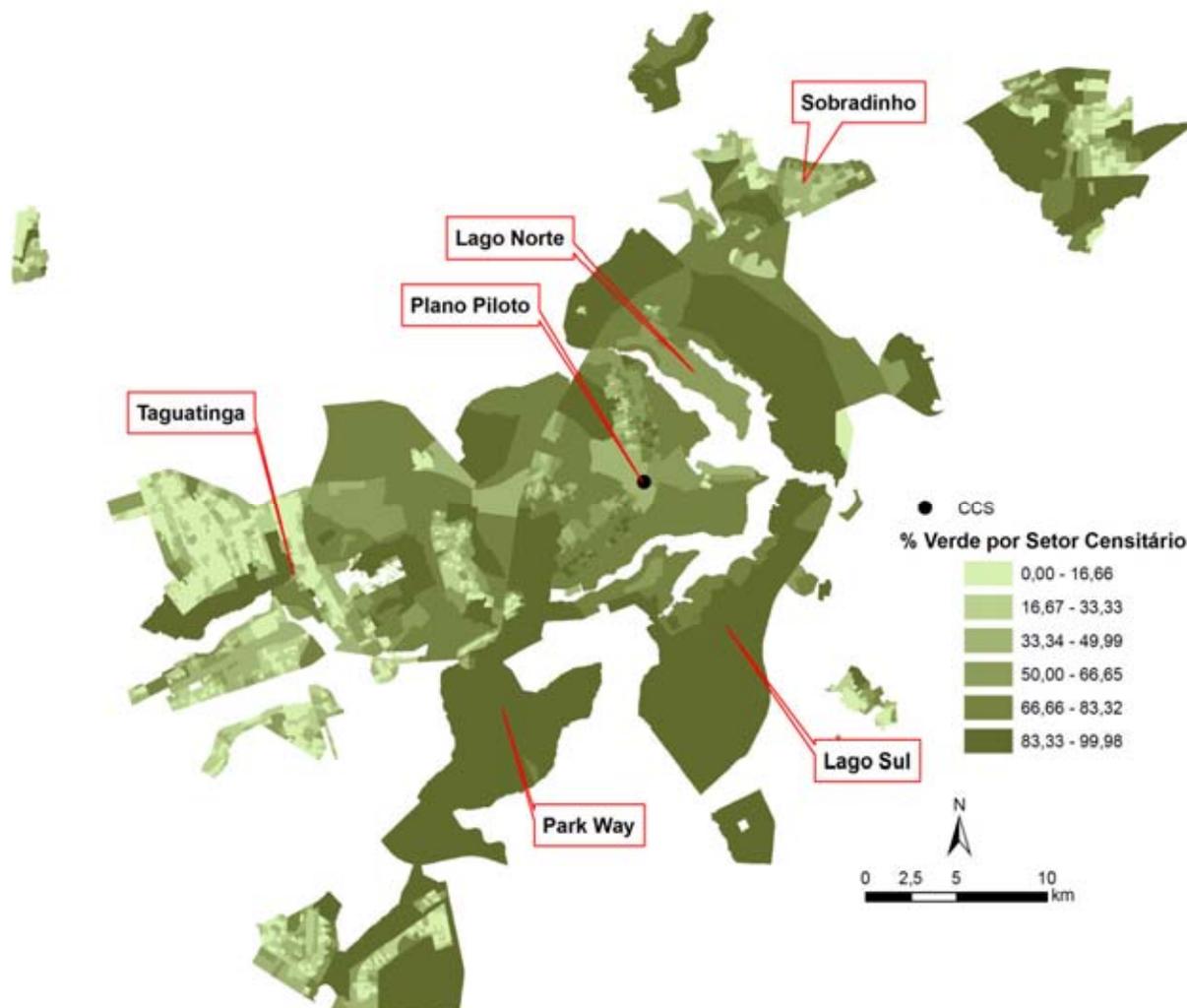
A Figura 42 ilustra a imagem processada para obtenção do NDVI. As tonalidades mais claras indicam maior atividade fotossintética e as áreas mais escuras indicam ausência dessa atividade. Mais uma vez pode-se perceber

visualmente maior presença de áreas escuras nas cidades periféricas ao Plano Piloto, o que indica baixa ou ausência de vegetação.



**Figura 42** – Imagem NDVI do Distrito Federal.

A Figura 43 ilustra a porcentagem de área verde por setor censitário. Como pode ser visto na região do Plano Piloto de Brasília, bem como Lago Sul, Lago Norte e Park Way, apresentam maior porcentagem de áreas verdes por setor censitário.



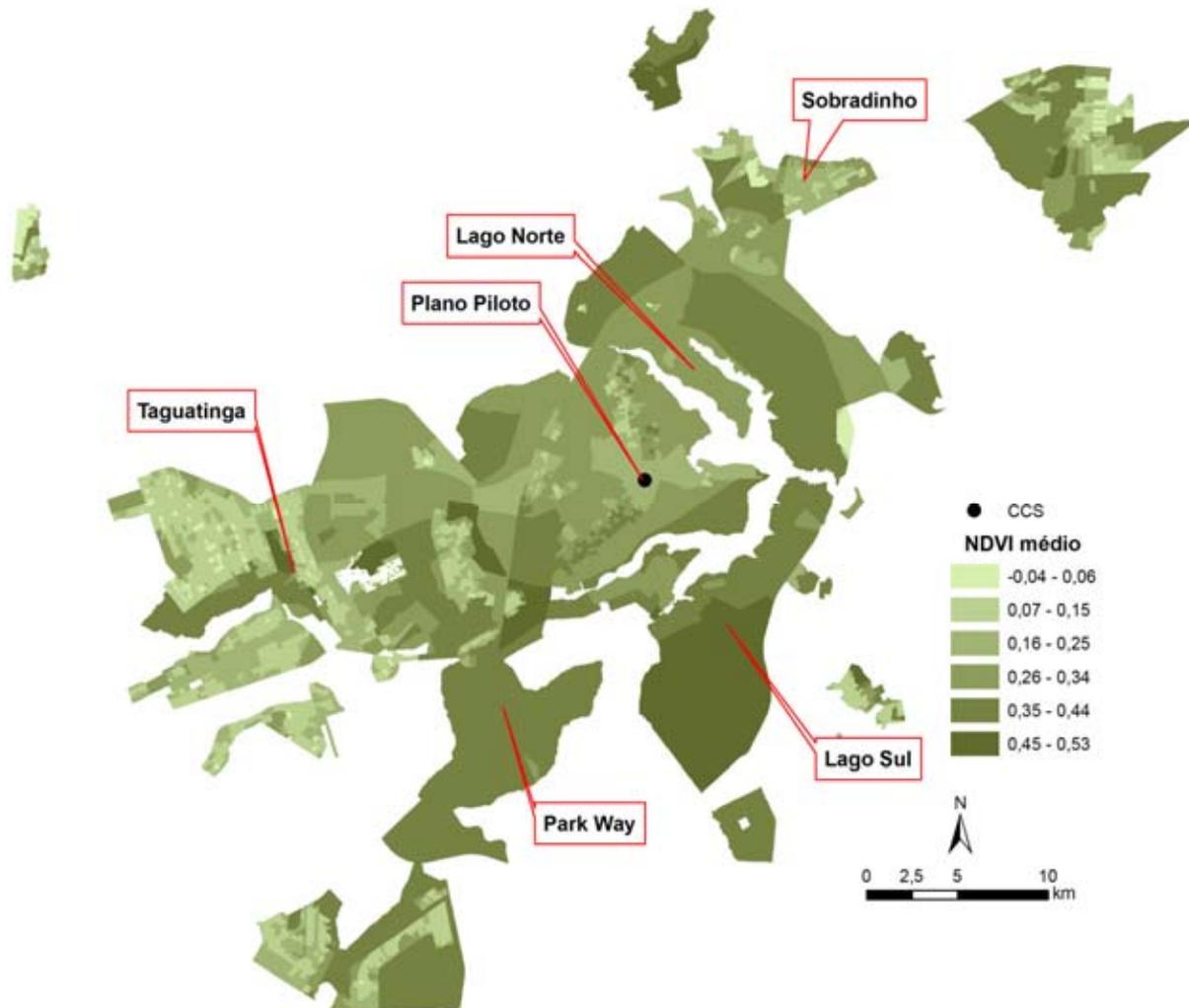
**Figura 43** – Percentual de áreas verdes urbanas por setor censitário.

Uma situação que se apresenta é um resultado muito elevado de verde urbano por habitante. Isso se dá, provavelmente, por dois aspectos:

- A imagem utilizada, apesar de apresentar uma resolução espacial média (15 por 15 metros de pixel) não consegue separar com clareza as áreas com vegetação arbórea das áreas com vegetação arbustiva e gramínea. Isto superestima os valores de vegetação influente para a qualidade de vida.
- Vários setores censitários muito grandes e com pouca população. Isso influencia no cálculo da relação de área verde por habitante, também gera um valor superestimado.

Essas limitações inviabilizam o uso do verde urbano por habitante no cálculo do índice final. Para superá-las utiliza-se o valor de NDVI médio por setor censitário. Este resultado é normalizado por meio da Equação 5 e utilizado como variável para

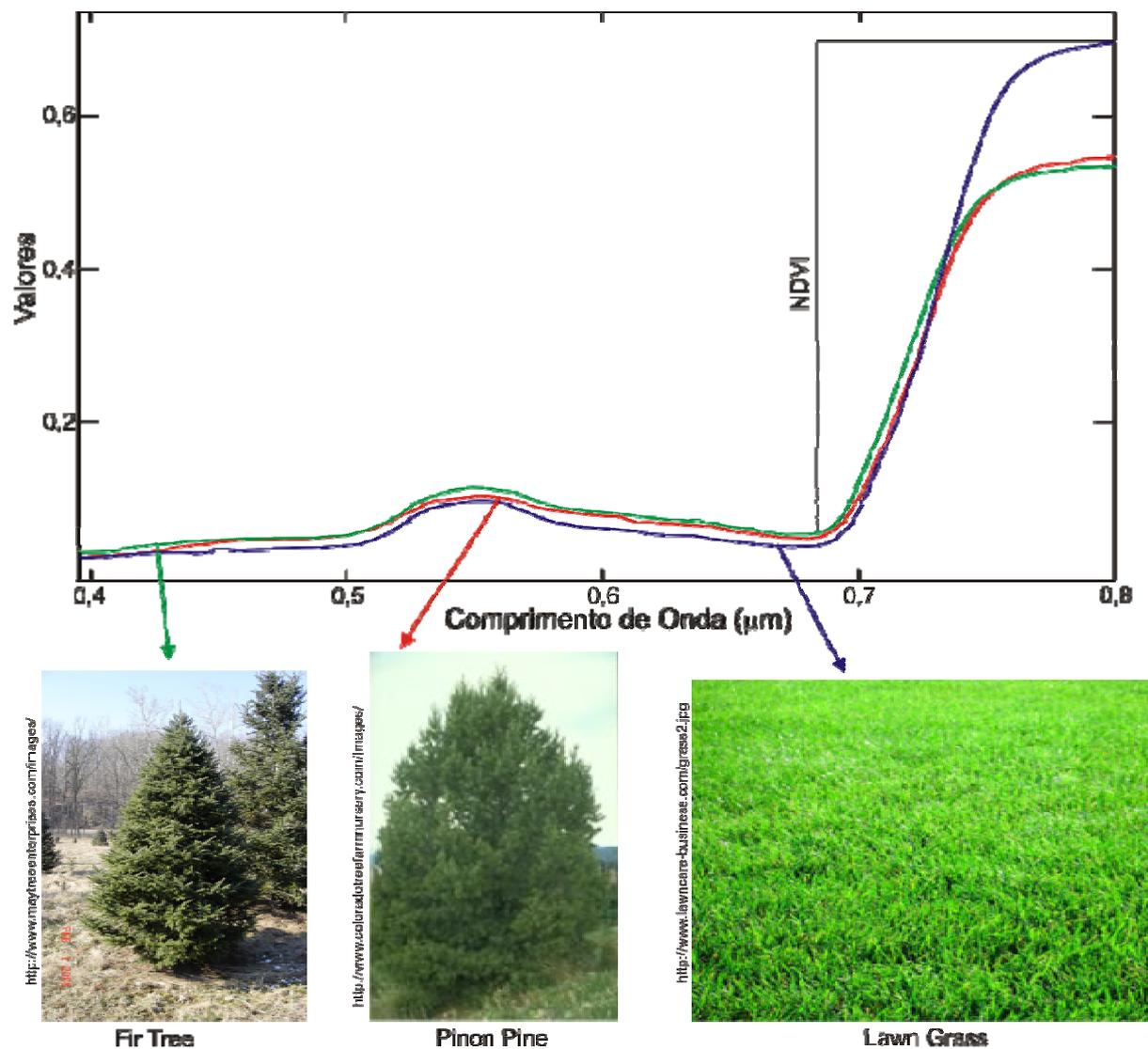
determinação do Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana. A Figura 36 ilustra a distribuição do NDVI médio por setor censitário e Figura 44 ilustra a distribuição do NDVI normalizado.



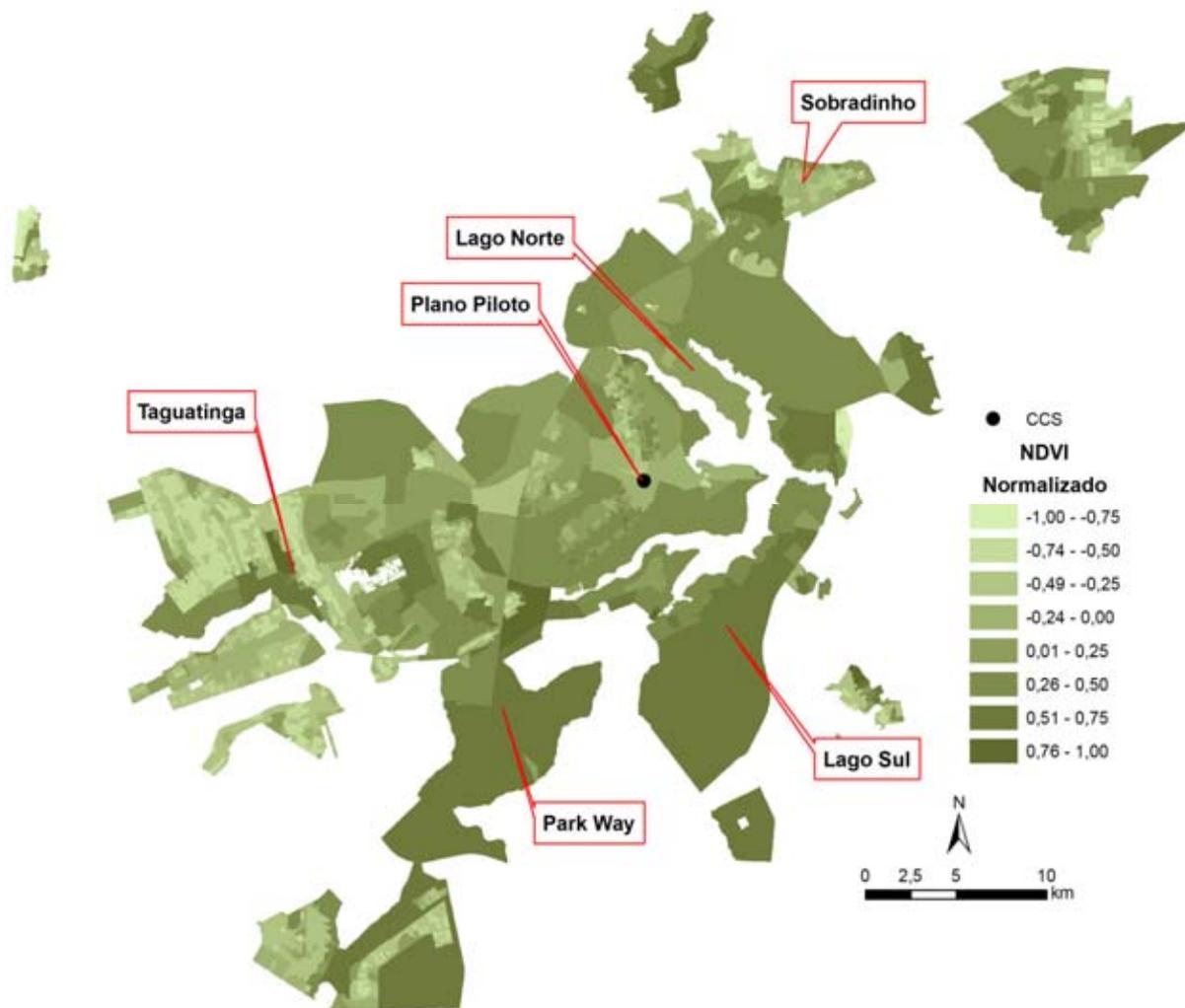
**Figura 44** – Distribuição NDVI médio por setor censitário.

Pesquisas têm mostrado que o NDVI consegue captar a atividade fotossintética da vegetação mesmo em quantidades mínimas. A Figura 45 mostra o comportamento espectral para uma vegetação gramínea e duas arbóreas em um período seco (semelhante ao período de obtenção da imagem do sensor ASTER utilizada nesta Tese). É interessante notar que no período seco a gramínea apresenta maior resposta espectral, com isto, maior atividade fotossintética e assim maior seqüestro de carbono. Como o Distrito Federal, em especial a área central (Plano Piloto, Lago Sul e Lago Norte), apresentam amplas áreas cobertas com

gramíneas, essas atuam, no período seco, mais efetivamente para o seqüestro de carbono do que as vegetações arbóreas.



**Figura 45** – Comportamento espectral para vegetação gramínea e arbórea. (Gerada a partir de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos – USGS, <http://speclab.cr.usgs.gov/>, 2008)



**Figura 46** – Distribuição do NDVI normalizado.

A partir da Figura 46, mas uma vez pode-se observar que as áreas do Plano Piloto, Lago Sul, Lago Norte e Park Way apresentam valores médios e normalizados maiores. Isto indica que nessas áreas há maior eficiência fotossintética, e com isto maior presença de verde urbano. Nas áreas urbanas mais periféricas, observam-se valores médios menores, o que indica que nessas áreas a presença de vegetação é reduzida. Este fato pode ser visto na Figura 40e a h e na Figura 43.

Conforme o esperado, os tons mais escuros indicam as áreas com melhor situação referente à eficiência fotossintética, que se localizam na região próxima ao Plano Piloto. As cidades periféricas apresentam forte tendência a redução dessa eficiência, tanto que a correlação de Pearson ( $r$ ) entre a distância ao CCS e o NDVI médio por setor censitário foi de  $-0,465$ . A correlação negativa reforça a afirmação

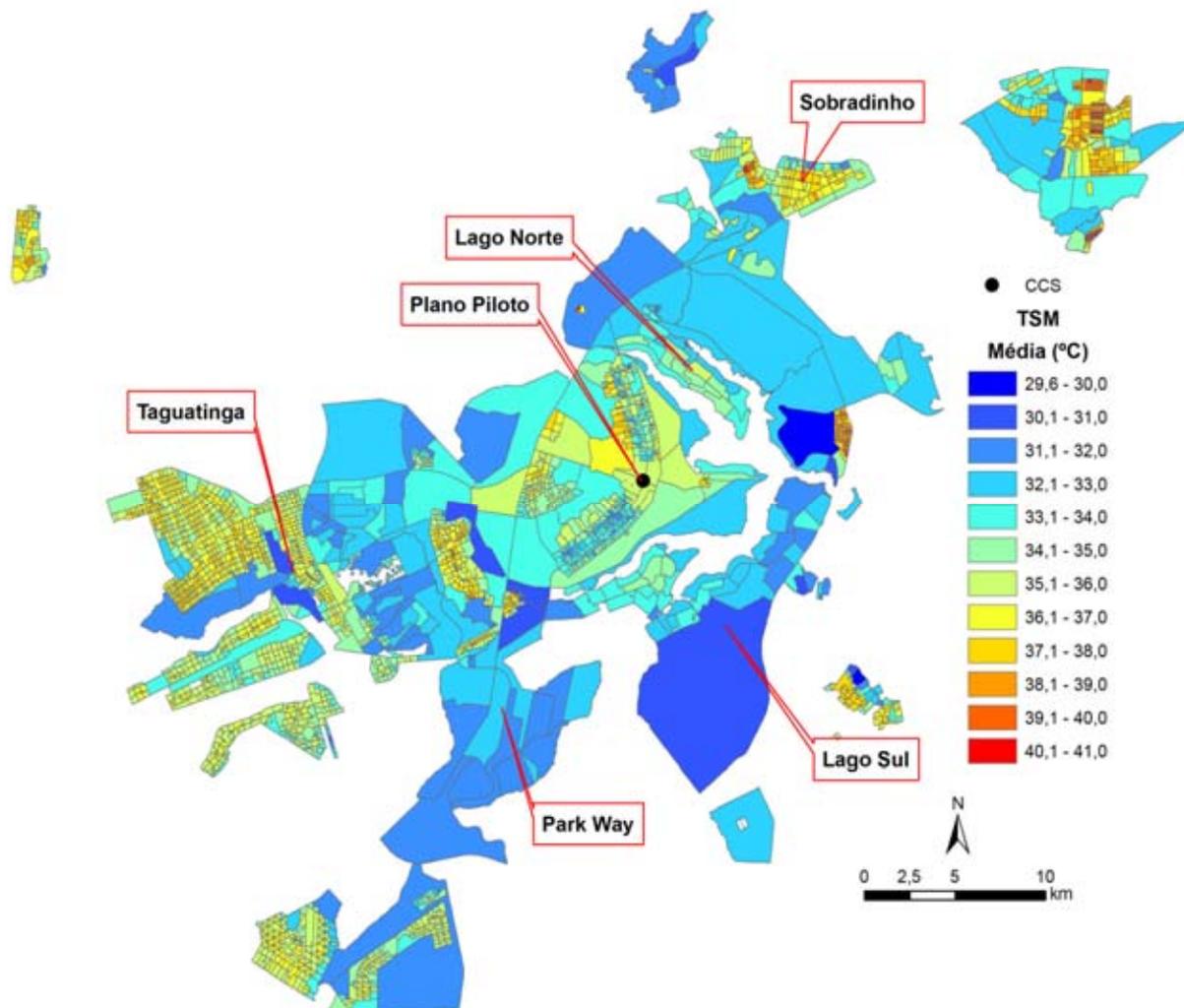
de que quanto maior a distância do CCS menor o seqüestro de CO<sub>2</sub>, e com isso pior a situação de qualidade do ar para a população.

O NDVI, ao mensurar a quantidade de vegetação, consegue também indicar que os locais com maior eficiência apresentam melhor a qualidade de ar. Como a região do Plano Piloto concentra uma grande circulação de veículos, a tendência é que haja maior concentração de CO<sub>2</sub>, além de outros particulados provenientes da queima de combustível. Conforme mostrado por Dâmaso (2004) e Bittencourt (2004) no Quadro 12, a emissão de poluentes nas duas principais áreas urbanas do Distrito Federal (Plano Piloto e Taguatinga) excedem os valores permitidos pela legislação. Verifica-se, a partir dos dados dessas autoras, que a vegetação existente nessas localidades não tem sido efetiva para a melhora na qualidade do ar urbano. Isto se deve, provavelmente, ao alto fluxo de veículos nas duas localidades, que segundo o Detran/DF (2008) são as duas cidades com maior número de veículos registrados, dos 982.000 veículos registrados no Distrito Federal, 194.958 estão com endereços de Brasília e 186.817 de Taguatinga, esse fato corrobora para tornar o ar ali presente de pior qualidade.

### **Conforto Térmico Urbano**

Para que se possa estudar a temperatura urbana e relacioná-la com o conforto térmico é necessário o uso de dados de temperatura do ar. Esse dado, como comentado, é de difícil obtenção, seja por existirem poucas estações medidoras, seja por discrepância na calibragem dos equipamentos. Dessa forma, há as imagens de satélite que captam a temperatura de superfície, mas elas não podem ser associadas diretamente ao conforto térmico. Assim, analisa-se as principais variáveis que podem influenciar na temperatura do ar e a partir delas busca-se estimar esse valor.

A Figura 47 ilustra a temperatura de superfície obtida pelo sensor ASTER por setor censitário. Nota-se claramente que as áreas com menor quantidade de vegetação (Figura 43) apresentam maior temperatura de superfície.



**Figura 47** – Temperatura de Superfície.

As figuras 48 e 49 ilustram respectivamente o Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido a partir das curvas de nível com espaçamento de 5 metros do Sistema Cartográfico do Distrito Federal (SICAD) (CODEPLAN, 1997) e o cruzamento do MDE com os setores censitários, que gera a altitude média por setor.

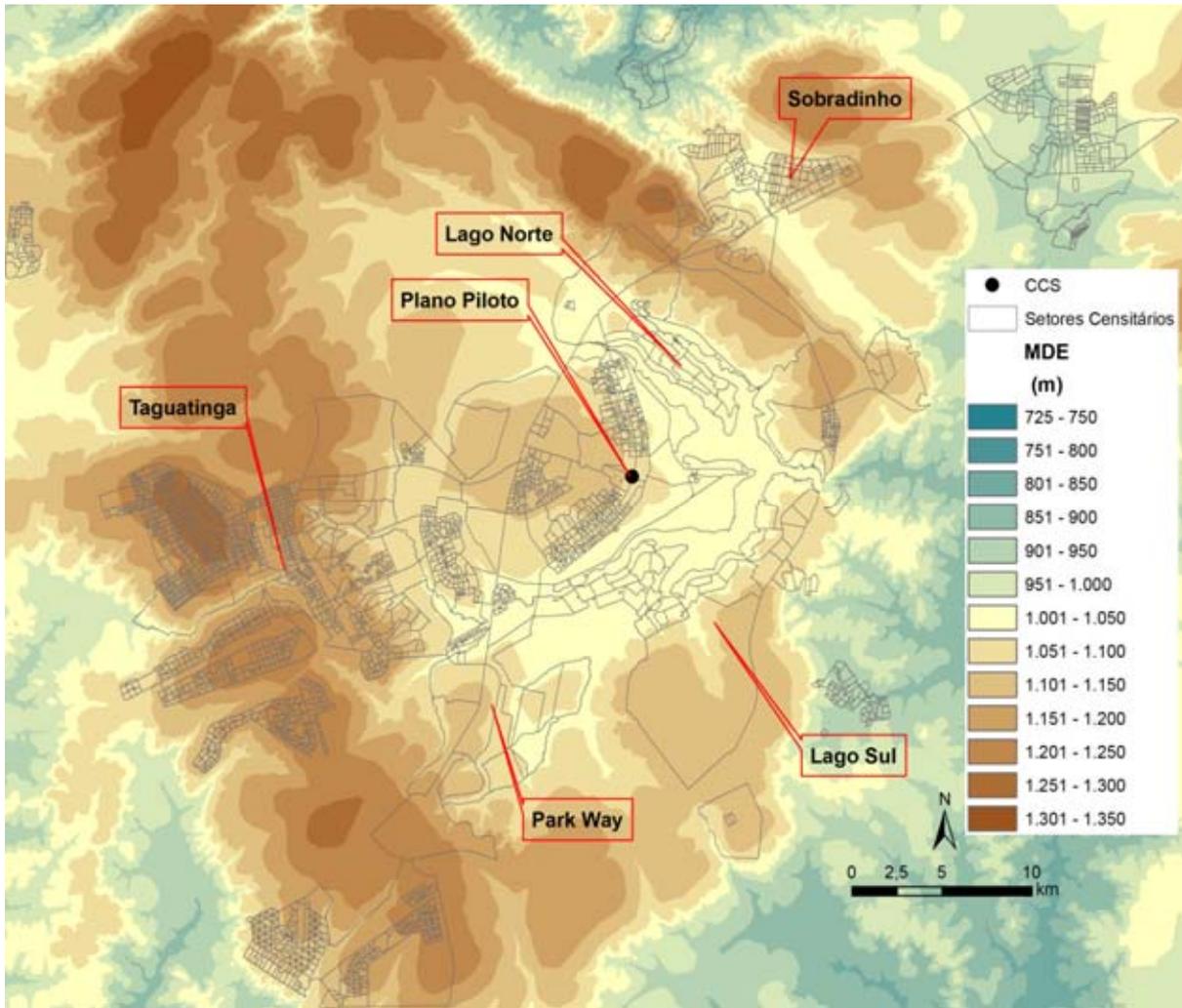
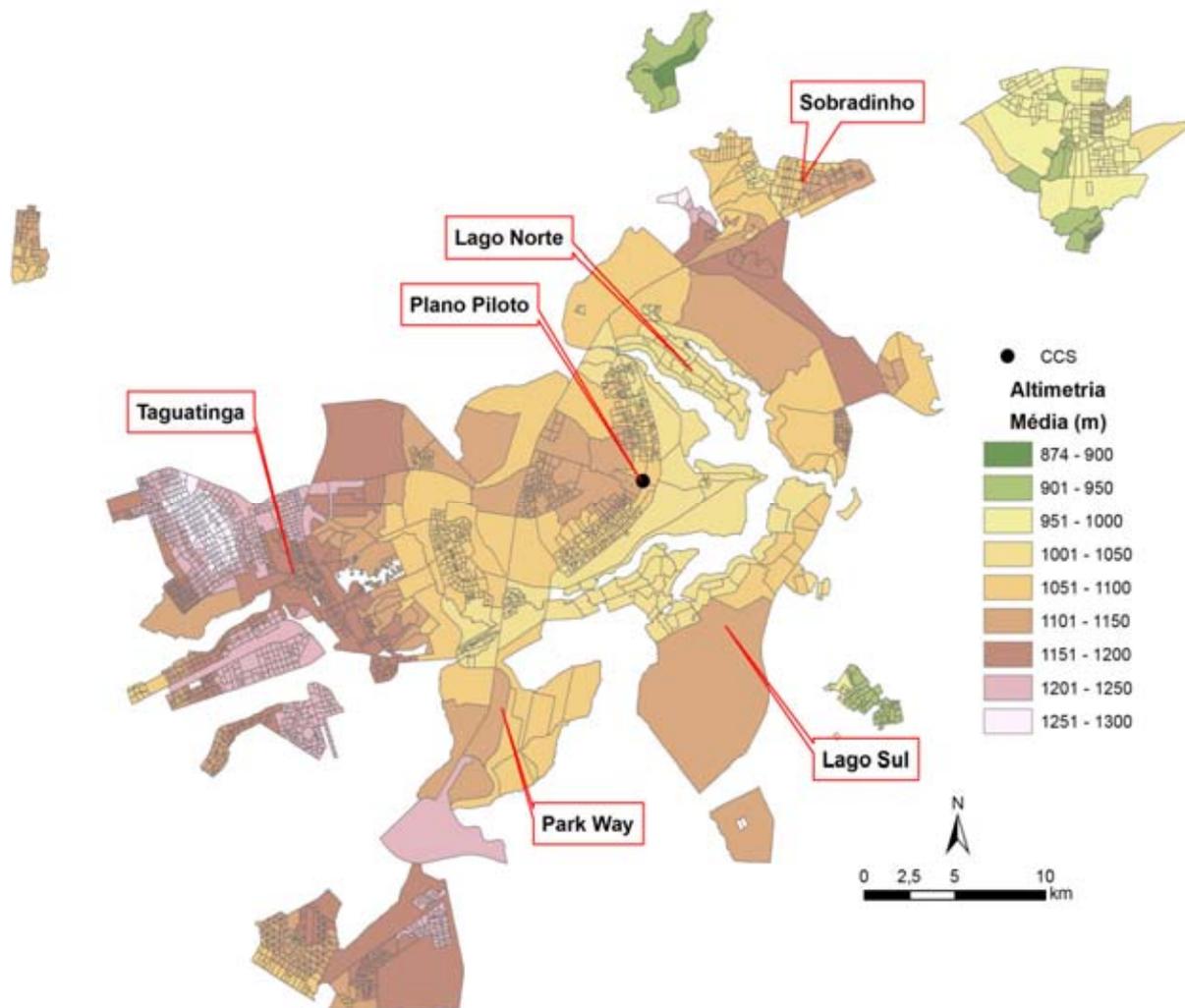


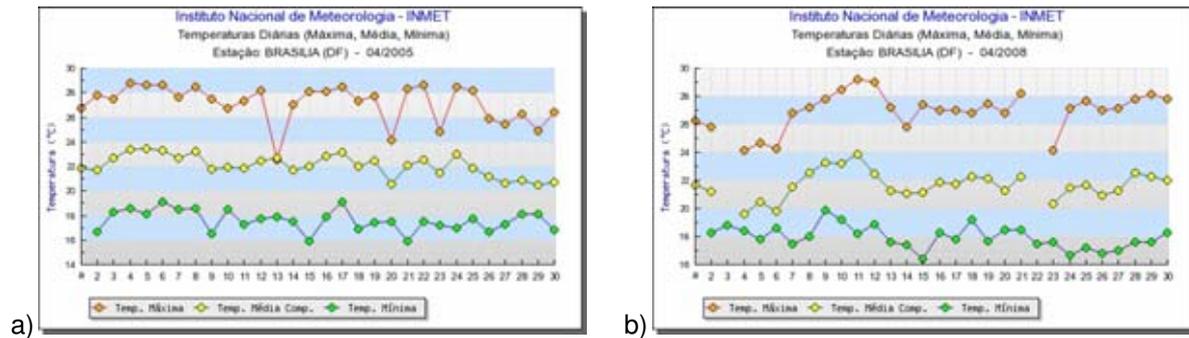
Figura 48 – Modelo Digital de Elevação.



**Figura 49** – Altitude média por setor censitário.

Para avaliação dos dados coletados, em abril de 2008, de temperatura do ar (variável dependente) e temperatura de superfície medida (variável independente), foram comparados os climogramas de abril de 2005, época de aquisição da imagem, com o climograma de abril de 2008, a fim de identificar a compatibilidade dos dados nos diferentes anos.

A Figura 50 a) ilustra o climograma de abril de 2005 e a Figura 50 b) ilustra o climograma de abril de 2008.



**Figura 50** – Climogramas de abril de 2005 e de abril de 2008 (INMET, 2008).

Apesar de ocorrerem maiores oscilações no climograma de abril de 2008 (Figura 50 b), ambos apresentam pico máximo por volta de 29°C e vale mínimo por volta de 16°C. Essa semelhança nos dois climogramas permite inferir que os dados coletados em abril de 2008 podem ser utilizados para a estimativa da temperatura do ar, a partir de imagem de satélite de abril de 2005. Este fato é importante pois o ano de 2008 é um ano de ocorrência do fenômeno La Niña, que segundo a Organização Mundial de Meteorologia (OMM), é caracterizado por um resfriamento das águas do Pacífico Equatorial, e ocasiona um aumento nos níveis pluviométricos (AGÊNCIA EFE, 2008).

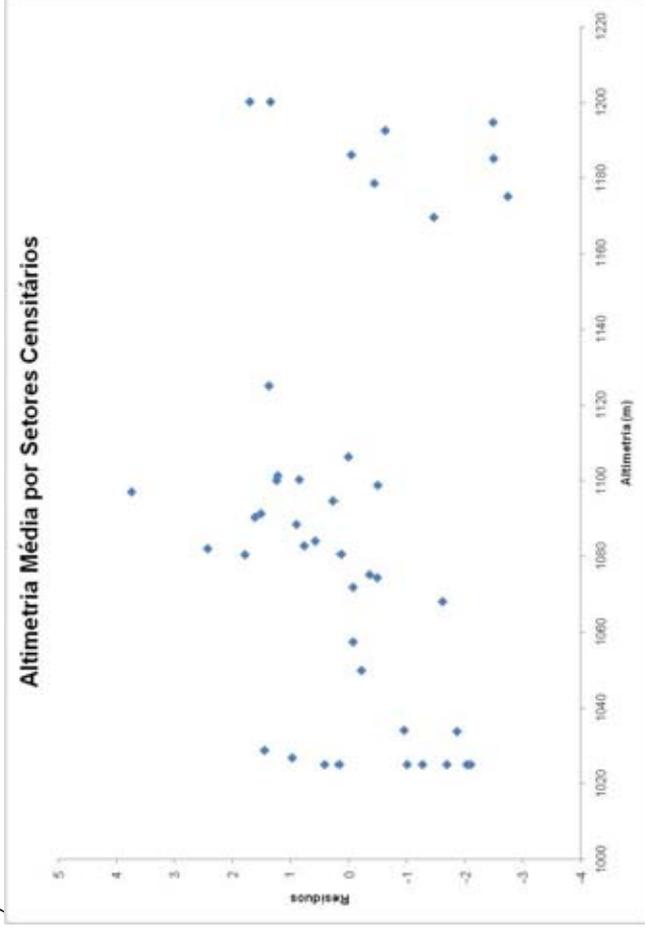
Para a OMM o fenômeno que ocorre em 2008 é de intensidade moderada se comparado aos anteriores e deve durar até o final do mês de abril (AGÊNCIA EFE, 2008). Apesar da presença desse fenômeno, pode-se verificar pelos climogramas que há pouca variação para a temperatura do Distrito Federal, para 2005 e 2008, possivelmente pelo fato de localizar-se no interior do país e por sua pequena dimensão. Mesmo com as variações geradas pela La Niña, o intuito desta Tese é o desenvolvido de um método para determinação de temperatura do ar a partir de dados de campo e de imagens termais, e que poderá ser aplicado com dados de anos sem o fenômeno, de forma a aprimorar a equação obtida.

A primeira etapa do processo de obtenção de valores estimados de temperatura do ar pelo processo de regressão linear múltipla é verificar se o modelo escolhido se aplica às variáveis. Para isto analisam-se os gráficos de resíduos<sup>21</sup> em relação à regressão para cada uma das variáveis escolhidas, de modo que o gráfico gerado não pode demonstrar tendência alguma. Dessa forma, segundo Levine *et al.*

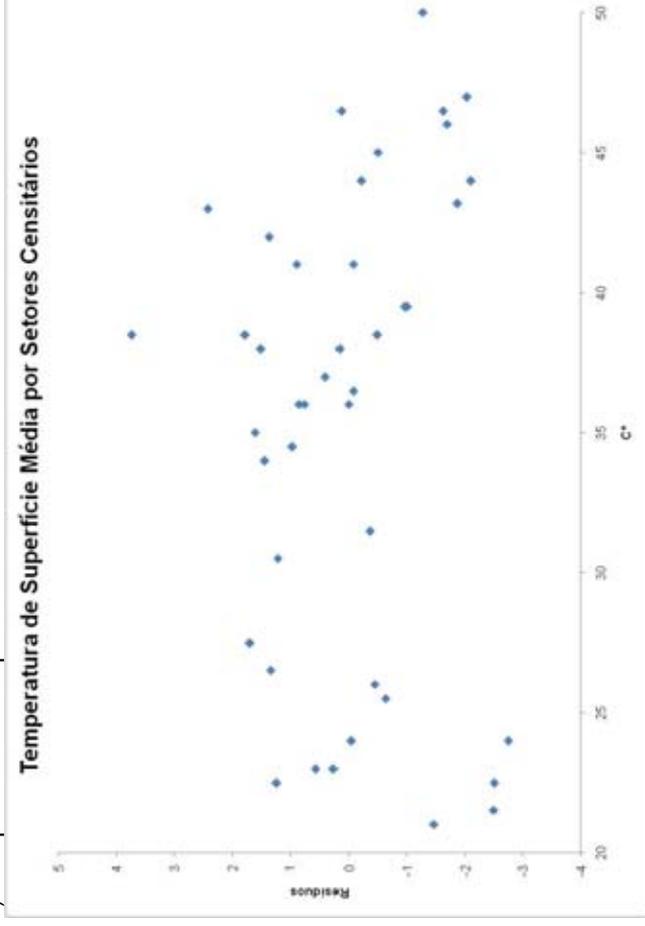
<sup>21</sup> Diferença entre o valor real  $y$  e o valor predito  $\hat{y}$ . Significa que quanto maior o resíduo, mais afastado o ponto está da função.

(2005), as variáveis apresentam um comportamento adequado para utilização de modelagem por regressão linear múltipla. O Gráfico 9a e b ilustram a relação entre o resíduo e cada uma das variáveis escolhidas.

a) Altimetria



b) Temperatura de Superfície Medida



**Gráfico 9** – Resíduo em relação às variáveis escolhidas. a) Altimetria e b) Temperatura de Superfície Medida

A análise do Gráfico 9 mostra que as variáveis altimetria e temperatura de superfície medida não apresentam nenhuma tendência, bem como têm uma ocorrência bem distribuída para valores positivos e negativos no eixo de resíduos.

A matriz de correlação de Pearson, apresentada na Tabela 3, mostra que as variáveis escolhidas apresentam correlações altas (LEVIN & FOX, 2004) entre si. O que mais uma vez reforça que essas variáveis são adequadas ao modelo de regressão.

**Tabela 3** – Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis escolhidas.

	Altimetria	TSM*	TAM**
Altimetria	1,00	-0,72	-0,83
TSM	-0,72	1,00	0,87
TAM	-0,83	0,87	1,00

\*TSM – Temperatura de Superfície Medida

\*\*TAM – Temperatura do Ar Medida

Após verificar que o modelo de regressão linear múltipla aplica-se às variáveis escolhidas, passa-se à segunda etapa que é analisar a significância da variável dependente (temperatura do ar) em relação ao conjunto de variáveis independentes, para isso utiliza-se o teste F.

A hipótese nula e a alternativa são construídas a partir do número de graus de liberdade da variável dependente e do conjunto de variáveis independentes, para um determinado grau de significância.

$H_0$ : *altitude* = *TSM* = 0 (nenhuma relação linear entre a variável dependente e as variáveis independentes).

$H_1$ : *altitude* ou *TSM*  $\neq$  0 (relação linear entre a variável dependente e pelo menos uma das variáveis independentes).

Dessa forma, para um grau de liberdade igual a 2 para a variável dependente, e 39 para o conjunto de variáveis independentes e um nível de 0,05 de significância (95%), obtém-se o valor tabelado de 2,77 para o teste F. O valor calculado para o teste F é de 105,60. Como o  $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$ , ou ainda, o valor-p calculado é menor que o nível de significância ( $0,01 < 0,05$ ), pode-se rejeitar  $H_0$ , e assim concluir que pelo menos uma variável independente está relacionada com a variável dependente.

Após a rejeição de  $H_0$  do teste F, a terceira etapa de verificação é testar a significância de cada variável independente em relação à variável dependente. Para isto utiliza-se o teste t-student, de forma que as hipóteses nulas e alternativas são as seguintes:

$H_0$ : *altitude* = 0 (nenhuma relação linear)

$H_1$ : *altitude*  $\neq$  0 (relação linear)

$H_0$ : TSM = 0 (nenhuma relação linear)

$H_1$ : TSM  $\neq$  0 (relação linear)

Para o nível de 0,05 de significância e 2 graus de liberdade, tem-se  $t_{\text{tabelado}}$  igual a  $\pm 2,1009$ . A Tabela 4 mostra o resultado para as variáveis independentes. Pode-se notar que as variáveis apresentam significância em relação à variável dependente.

**Tabela 4** – Resultado do teste t-student para um nível de 0,05 de confiança.

Variáveis Independentes	t-student	Teste	Decisão	Significado
Altimetria	-4,70	$t_{\text{calculado}} > t_{\text{tabelado}}$	Rejeita $H_0$	Tem relação
TSM	6,07	$t_{\text{calculado}} > t_{\text{tabelado}}$	Rejeita $H_0$	Tem relação

A análise dos coeficientes de determinação parciais auxilia na confirmação das variáveis independentes para melhor explicarem a variável dependente. A Tabela 5 ilustra a contribuição de cada variável independente para a determinação da variável dependente, sendo mantidas as demais variáveis. Pode-se notar que a contribuição de cada variável, ao considerar-se esse conjunto, é alta. Isto indica que as variáveis contribuem de forma efetiva para a determinação da temperatura do ar.

**Tabela 5** – Coeficientes de Determinação Parciais.

Variáveis Independentes	Coefficiente de Determinação Parcial
Altimetria	0,361
TSM	0,486

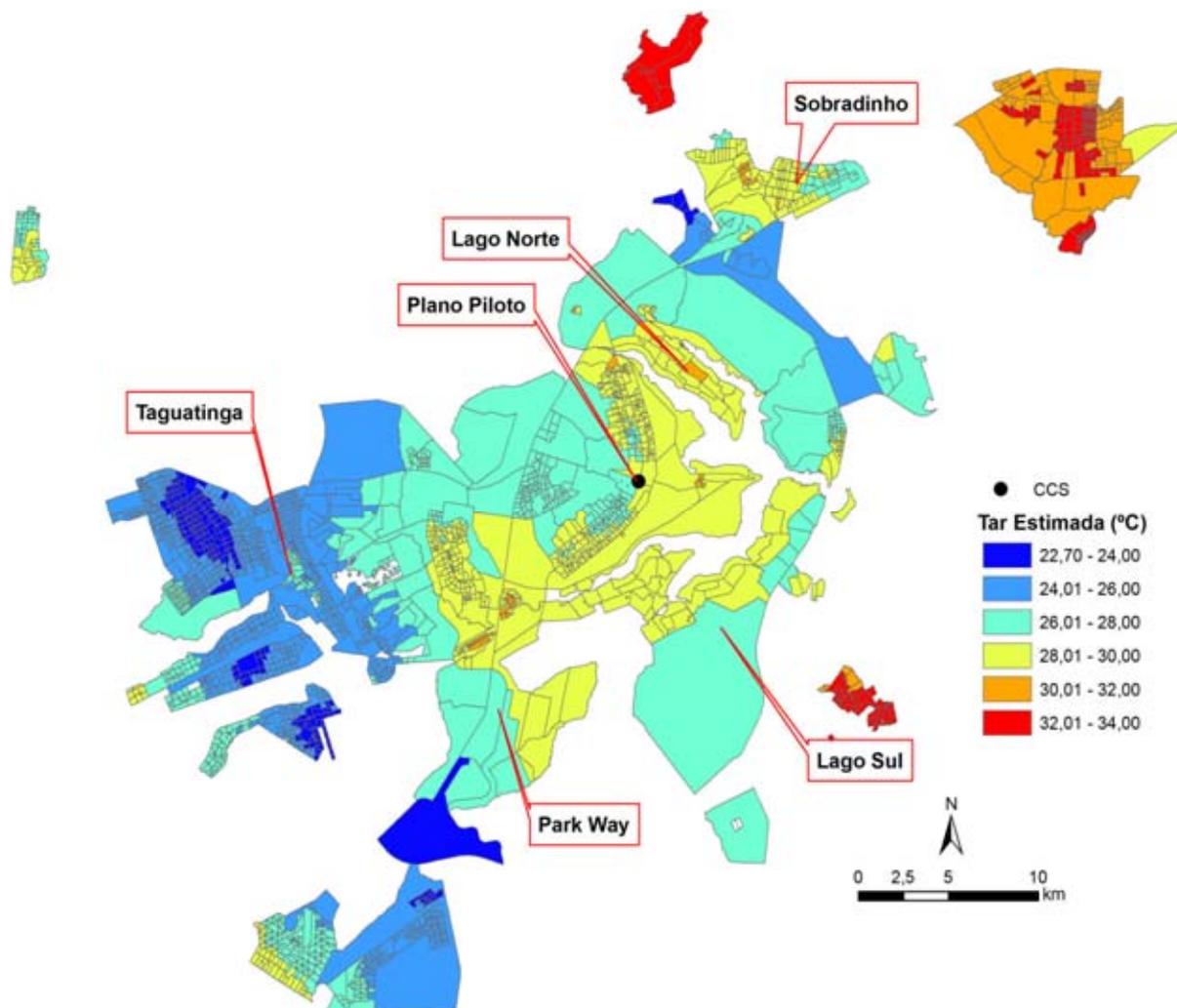
Dessa forma, após a realização desses testes, chega-se ao resultado que as variáveis de altitude e TSM apresentam um resultado de grande significância com a variável dependente.

O resultado obtido apresenta um coeficiente de correlação múltipla igual a 0,92, e o seu coeficiente de determinação múltipla igual a 0,84, o que também indica que as variáveis são as que melhor explicam a variável dependente. Assim, define-se essas variáveis a serem utilizadas para a construção do modelo de regressão linear múltipla, que pode ser representado pela Equação 9:

$$T_{ar} = 49,9751 + (-0,0278 \times \textit{Altitude}) + (0,2443 \times \textit{TSM}), \quad \textbf{Equação 9}$$

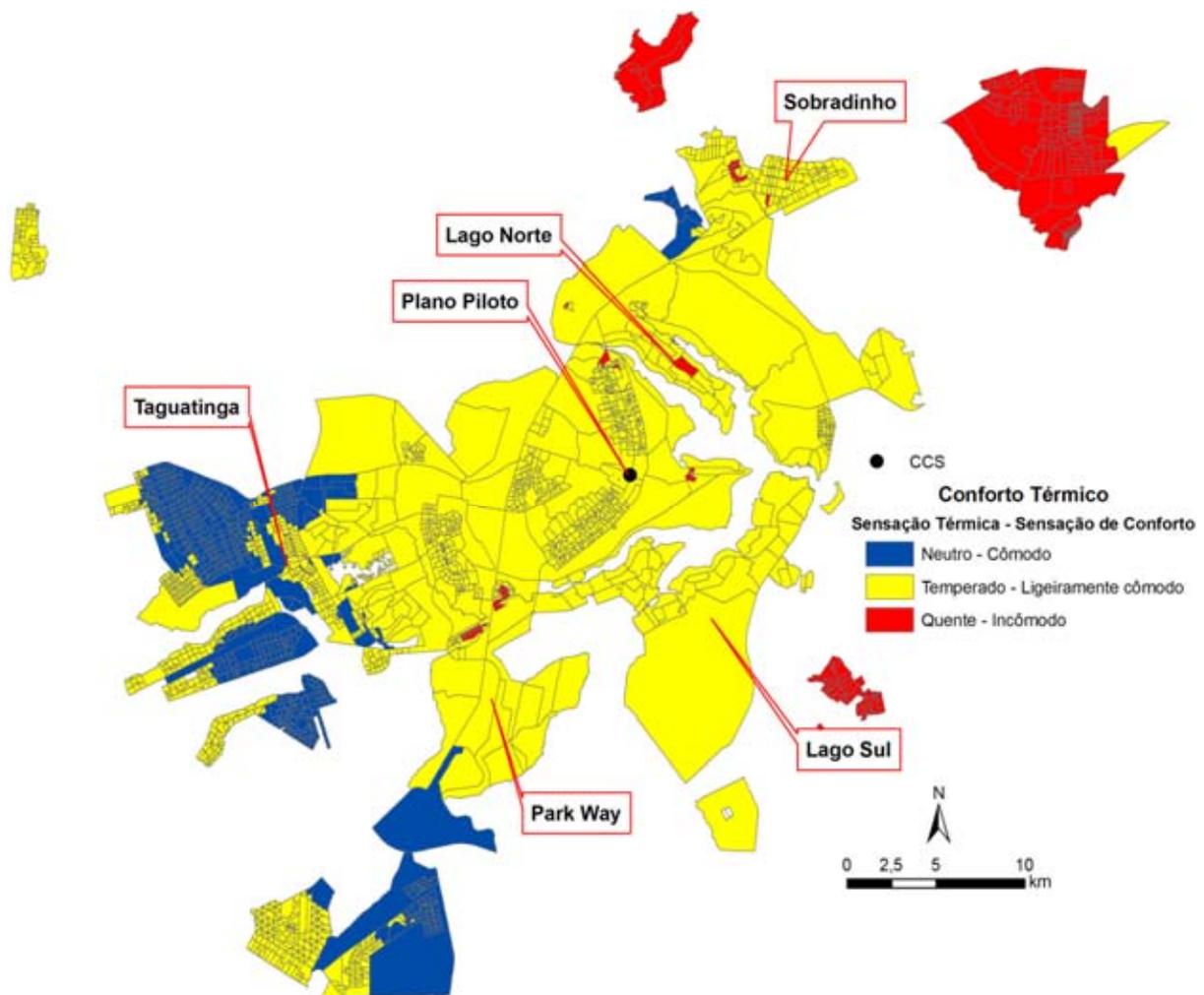
A Figura 51 ilustra a distribuição espacial da temperatura do ar estimada por setor censitário. Nota-se que a variável altitude exerce grande influência no resultado, de forma a estimar a temperatura do ar de forma mais precisa.

Por exemplo, pode-se perceber que a região do Plano Piloto, apesar de possuir maior quantidade de verde urbano, ela apresenta temperatura do ar mais elevada do que Taguatinga, que possui uma quantidade menor desse elemento. Isso acontece devido ao fato de Taguatinga localizar-se numa região mais elevada do que o Plano Piloto. Mesmo fato ocorre com a cidade de Sobradinho, que localiza-se altimetricamente mais elevada que o Plano Piloto, e apresenta temperatura do ar menor que ele. Empiricamente, quando é feito o deslocamento de Taguatinga para o Plano Piloto, ou Sobradinho para o Plano Piloto, a sensação de aumento de temperatura é claramente percebida.



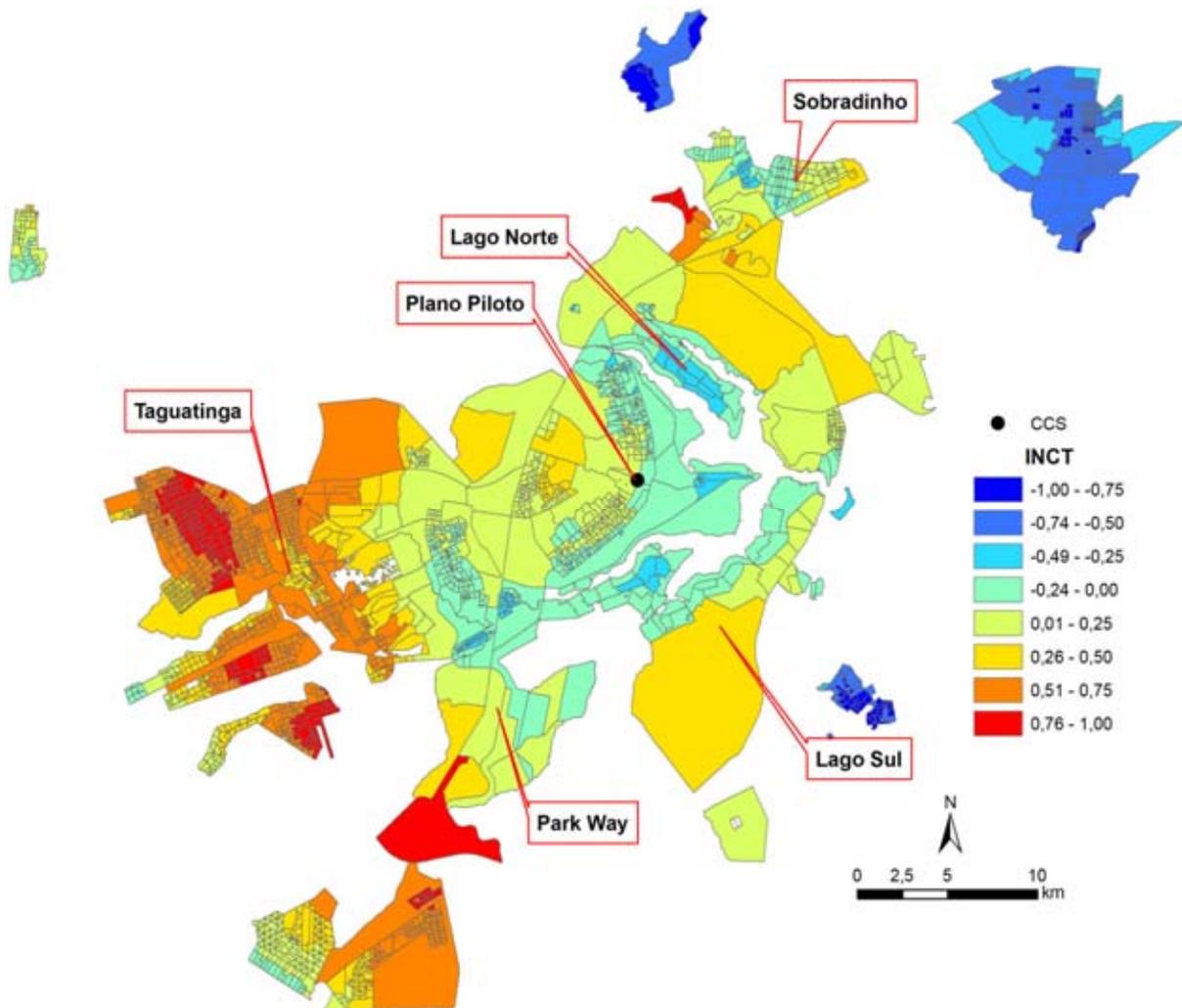
**Figura 51** – Temperatura estimada do ar.

A partir do resultado obtido da estimativa da temperatura do ar, obtém-se a espacialização da sensação de conforto térmico, segundo García (1995:207 apud GOMES & AMORIM, 2003:101), conforme pode ser visto na Figura 52. Esse resultado mostra-se interessante, pois, pela primeira vez, pode-se representar espacialmente a sensação de conforto térmico para o Distrito Federal, e assim, identifica-se as regiões onde a população tem sensação de maior e menor conforto térmico. O resultado obtido refere-se ao mês de abril, dessa forma, esse resultado não pode ser extrapolado para os demais meses do ano, devido a forte variação térmica, em função sazonalidade que ocorre na região.



**Figura 52** – Sensação de conforto térmico.

A Figura 53 ilustra o Índice Normalizado de Conforto Térmico (INCT), gerado a partir dos dados de conforto térmico e normalizado por meio da Equação 5. Nota-se que o entorno imediato ao Plano Piloto de Brasília, em direção oeste, apresenta melhores condições em relação ao conforto térmico do que o próprio Plano Piloto. Isso provavelmente acontece devido a essas localidades encontrarem-se altimetricamente mais elevadas, o que favorece uma redução da temperatura do ar, mesmo em localidades com alta taxa construtiva.



**Figura 53** – Índice de Normalizado de Conforto Térmico.

A partir desse resultado, pode-se calcular o Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana (ICQVU), constituído pelos Índice de Dispersão Normalizado, Índice de Integração Normalizado, Distância ao CCS Normalizada, Densidade Viária, Ociosidade *per capita*, Índice de Exclusão/Inclusão Social, NDVI Normalizado e Índice Normalizado de Conforto Térmico. Assim, pode-se gerar um cenário da região estudada com a representação dos principais aspectos que compõem a realidade urbana: configuração, socioeconomia, qualidade do ar e conforto térmico.

### **Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana**

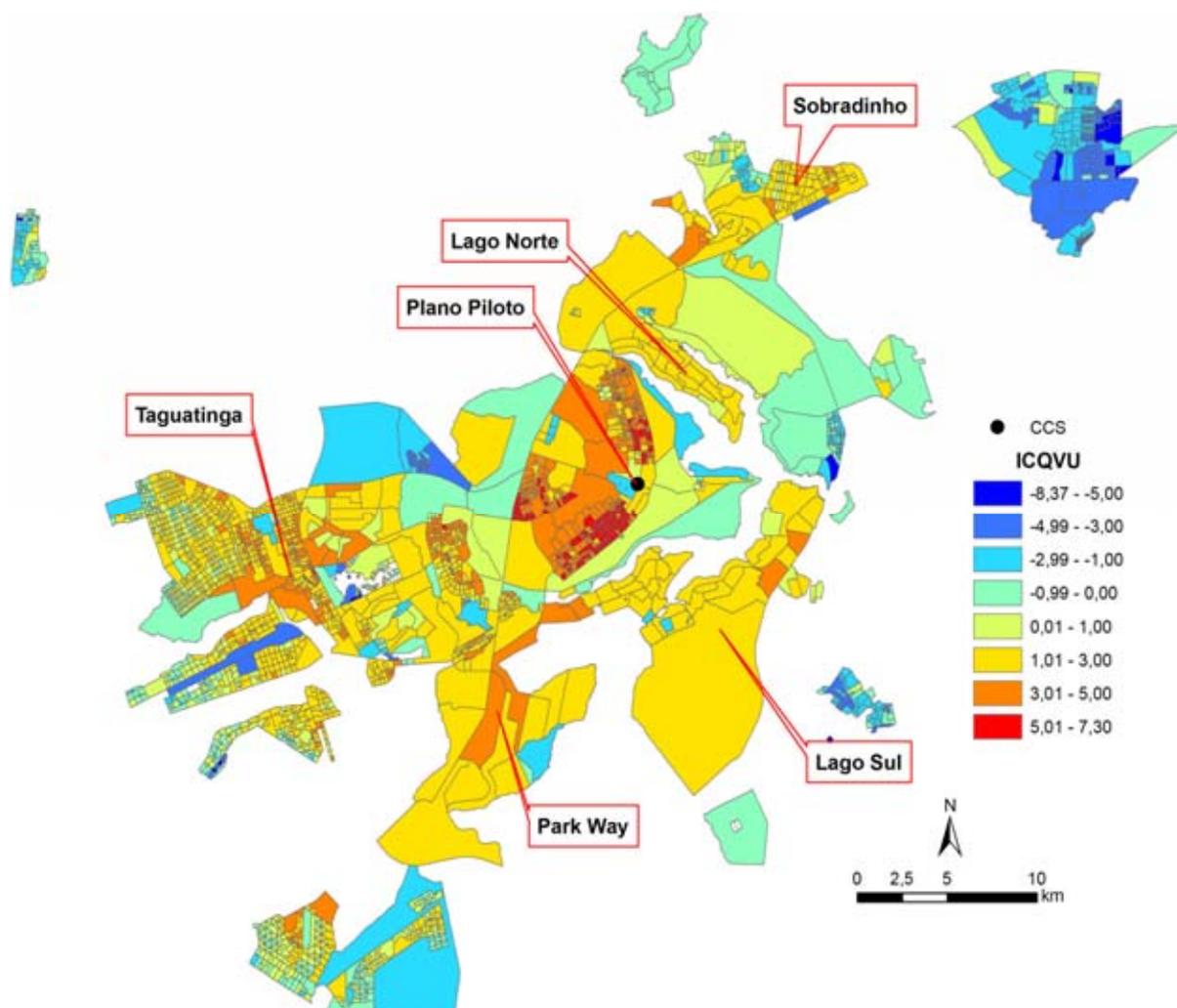
Como mencionado, este índice é gerado pela ponderação de índices em três grandes áreas: configuração urbana (índice de Dispersão Normalizado, Índice de Integração Normalizado, Distância a CCS Normalizada, Densidade Viária Normalizada e Ociosidade Viária Normalizada), Qualidade de Vida Urbana (Índice

de Exclusão/Inclusão Social) e Qualidade Ambiental Urbana (NDVI Médio e Índice Normalizado de Conforto Térmico). A Equação 10 ilustra a ponderação com os respectivos pesos, de forma que cada índice tenha a mesma importância na equação.

$$ICQVU = \frac{[(IDN)+(IIN)+(DN)+(DVN)+(OVN)]+[5 \times (IEX)]+[2,5 \times (NDVI)+2,5(INCT)]}{15} \quad \text{Equação 10}$$

Onde, IDN = Índice de Dispersão Normalizado; IIN = Índice de Integração Normalizado; DN = Distância ao CCS Normalizada; DVN = Densidade Viária Normalizada; OVN = Ociosidade Viária Normalizada; IEX = Índice de Exclusão/Inclusão Social; NDVI = NDVI médio; e INCT = Índice Normalizado de Conforto Térmico.

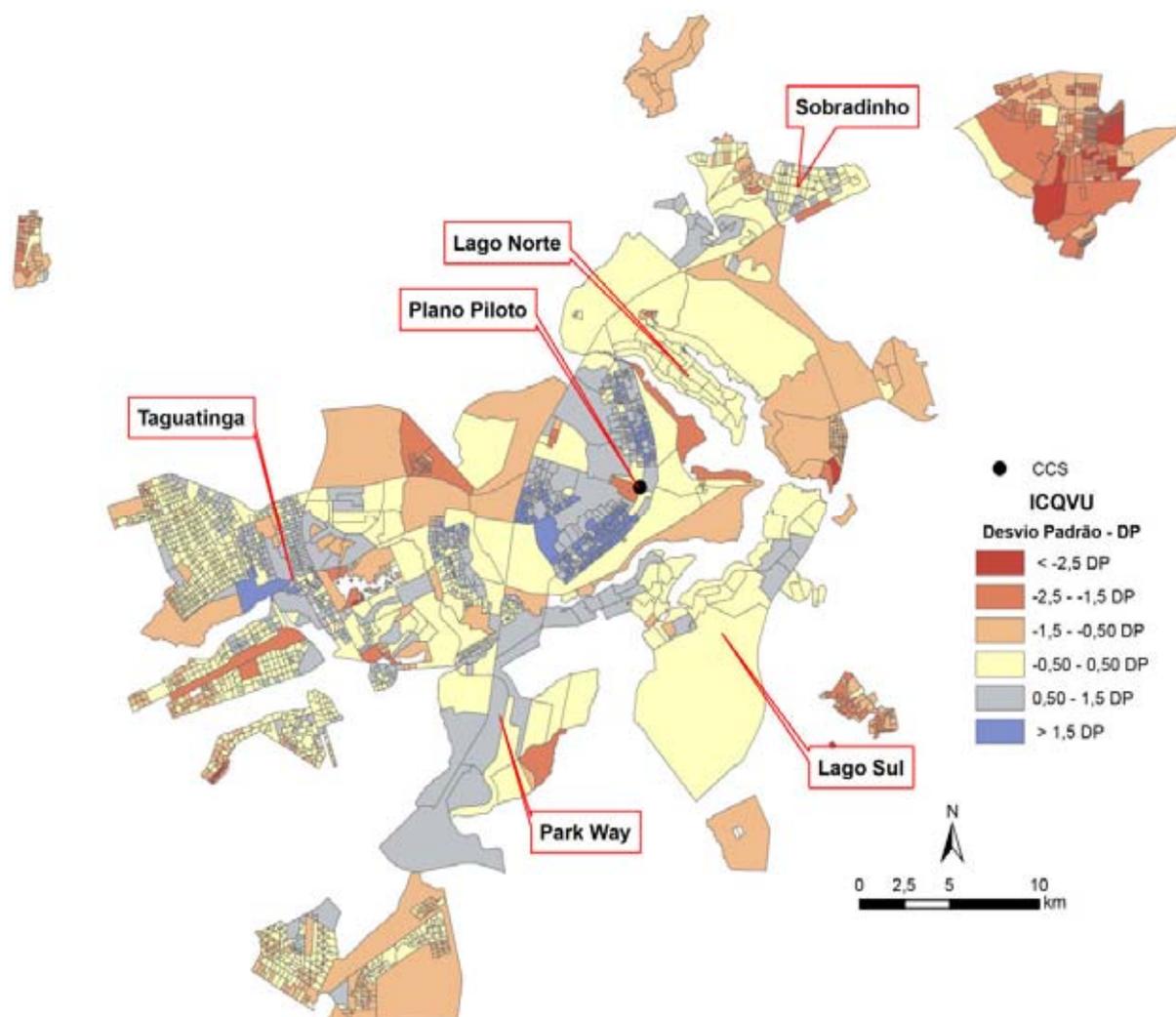
A Figura 54 ilustra o Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana.



**Figura 54** – Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana.

É interessante notar que a maior parte das áreas urbanas do Distrito Federal apresentam qualidade de vida boa a muito boa (valores positivos). Apenas as áreas mais periféricas apresentam baixa qualidade, como já é esperado. Isso mostra-se muito importante, pois algumas cidades que sofrem com preconceitos, devido sua história de formação, e com isso têm o estigma de “péssima qualidade de vida”, ao contrário do imaginário popular, mostram-se com boa qualidade, de acordo com os parâmetros utilizados.

A Figura 55 ilustra o desvio padrão do ICQVU. Essa representação é importante para identificar as áreas mais homogêneas (com menor desvio padrão), isto é, áreas nas quais os índices variam pouco, e as áreas mais heterogêneas (com maior desvio padrão), isto é, áreas nas quais os índices variam muito.



**Figura 55** – Distribuição do desvio padrão para o Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana.

Pode-se notar que a maioria das áreas apresenta desvio padrão entre -0,5 e +0,5, o que significa dizer que 41,75% dos dados encontram-se nesse intervalo, isso indica que nessas áreas há pouca variabilidade dos índices estudados. A região próxima ao CCS, apesar de pequena, apresenta maior variabilidade do que algumas cidades periféricas. As cidades mais afastadas (Brazlândia, Gama, Sobradinho e Planaltina) apresentam, também, maior variabilidade, o que mostra que nessas áreas há diferenças marcantes entre os índices analisados.

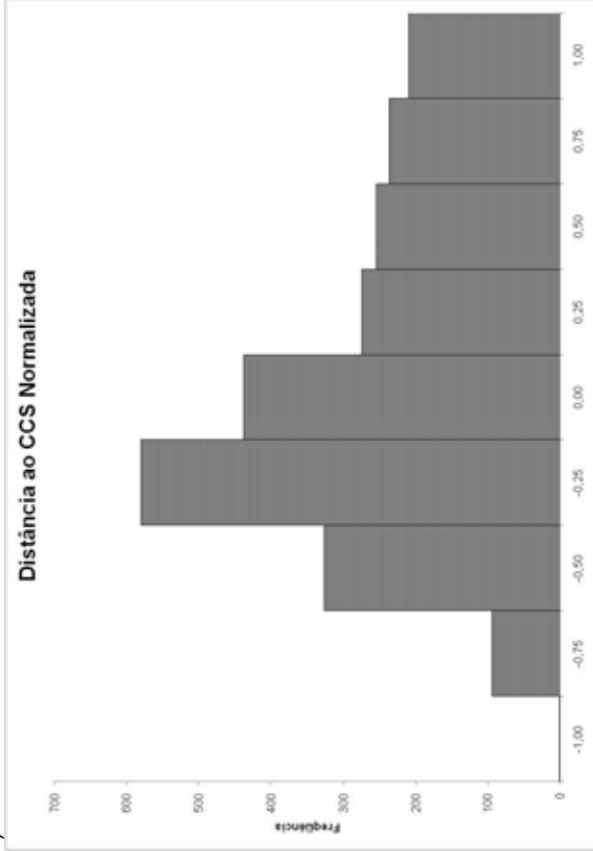
Esse índice final mostra claramente as condições de vida na capital do Brasil, bem como as variações intra-urbanas inerentes da formação desse espaço tão heterogêneo. Que apesar da segregação socioeconômica evidente na capital, mostra que há vida com qualidade longe do Plano Piloto, local que ainda é o sonho de consumo da classe média brasileira.

### **Estatística Descritiva dos Índices Normalizados**

Nesse tópico são abordados os principais aspectos estatísticos que melhor explicam a relação entre os índices normalizados usados para gerar o ICQVU.

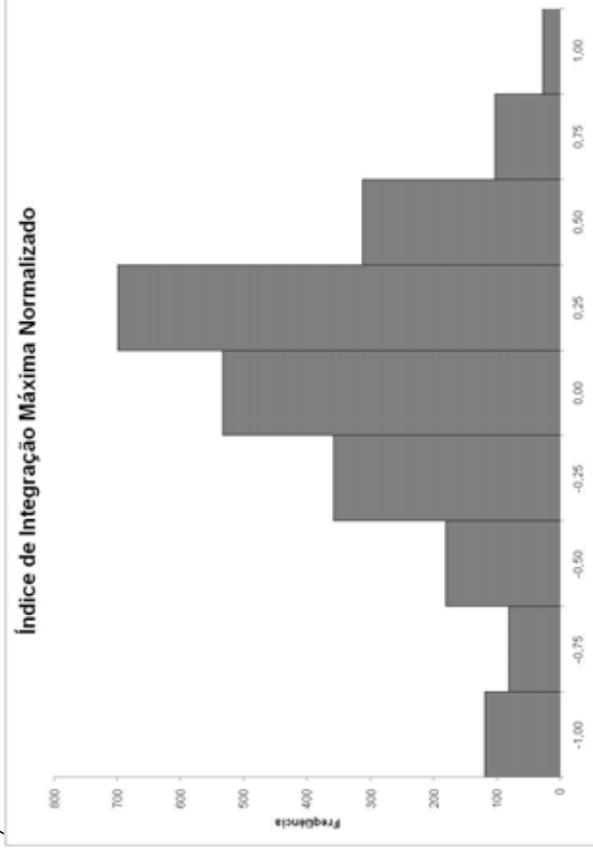
Os histogramas apresentados no Gráfico 10a a g ilustram a concentração dos valores normalizados. Pode-se notar que a maioria dos índices tem tendência a maior concentração de valores na região de melhor condição (acima de 0,25). Apenas o NDVI normalizado e a Distância ao CCS normalizada apresentam maior concentração abaixo de zero. Para o NDVI, isso indica que há mais áreas na cidade com baixa eficiência fotossintética, para a distância, indica que há maior concentração de pessoas distantes do CCS.

b)

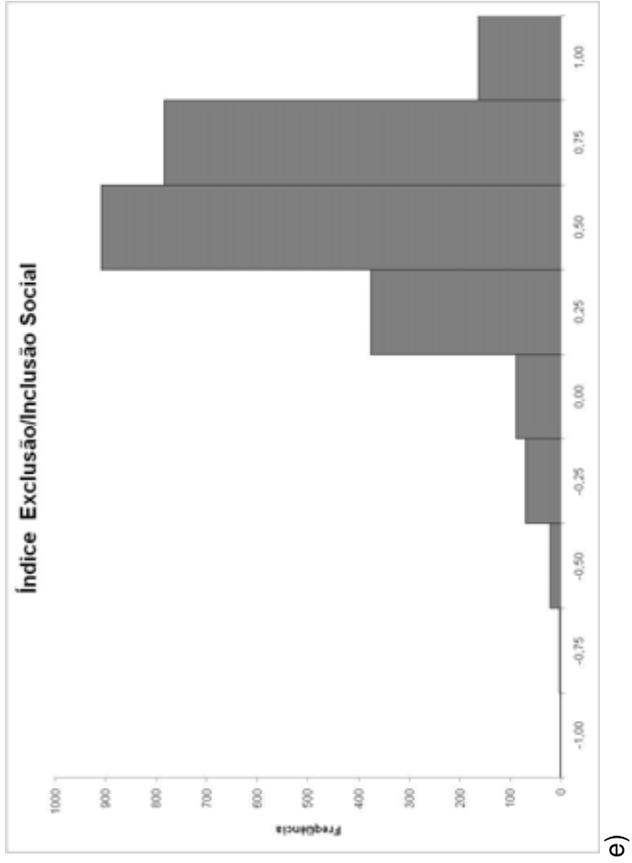


d)

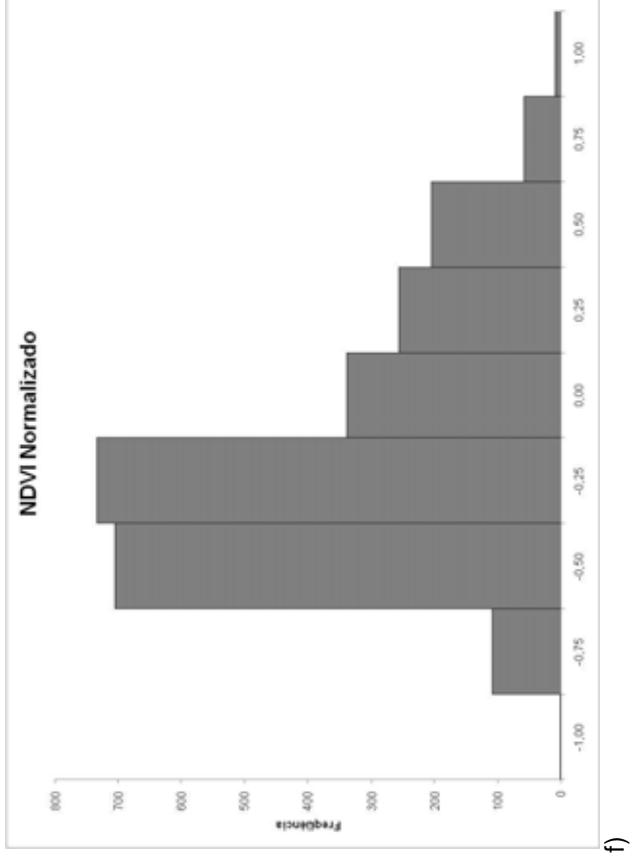
a)



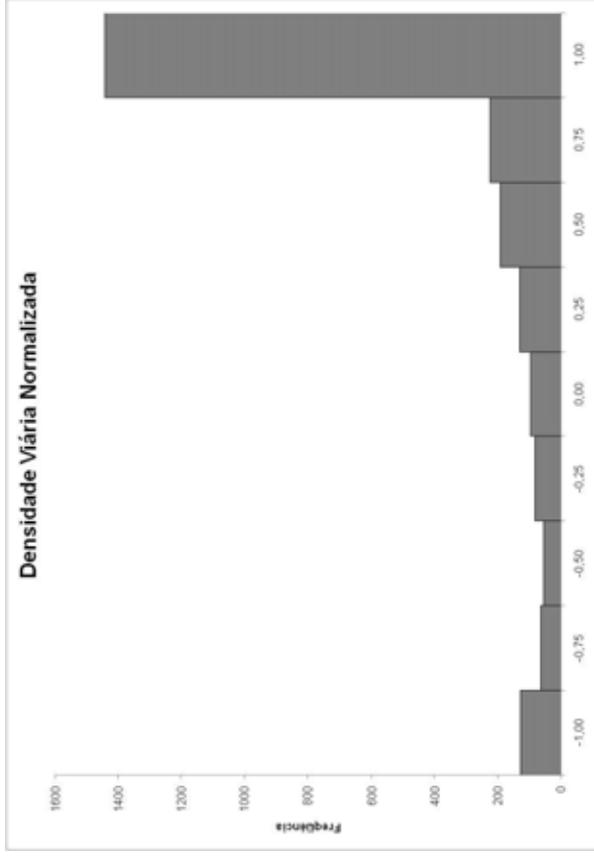
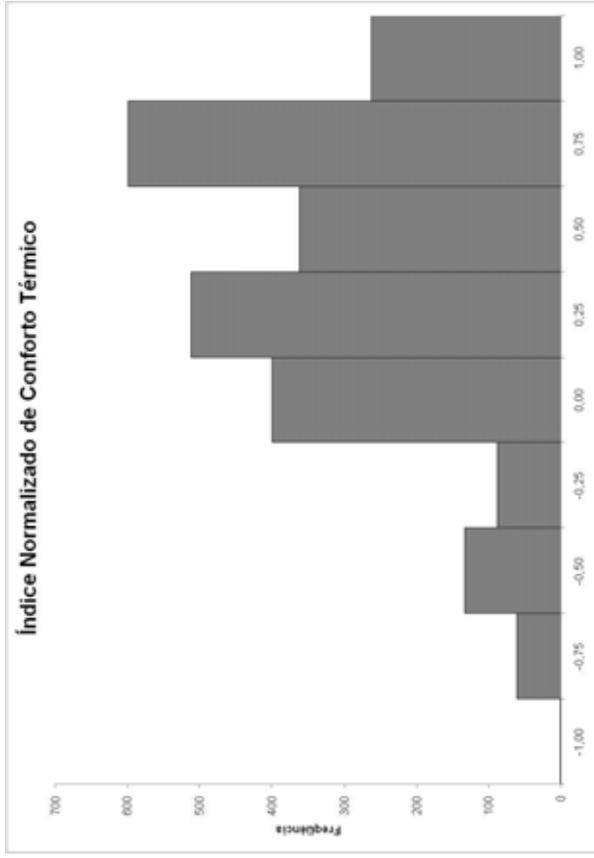
c)

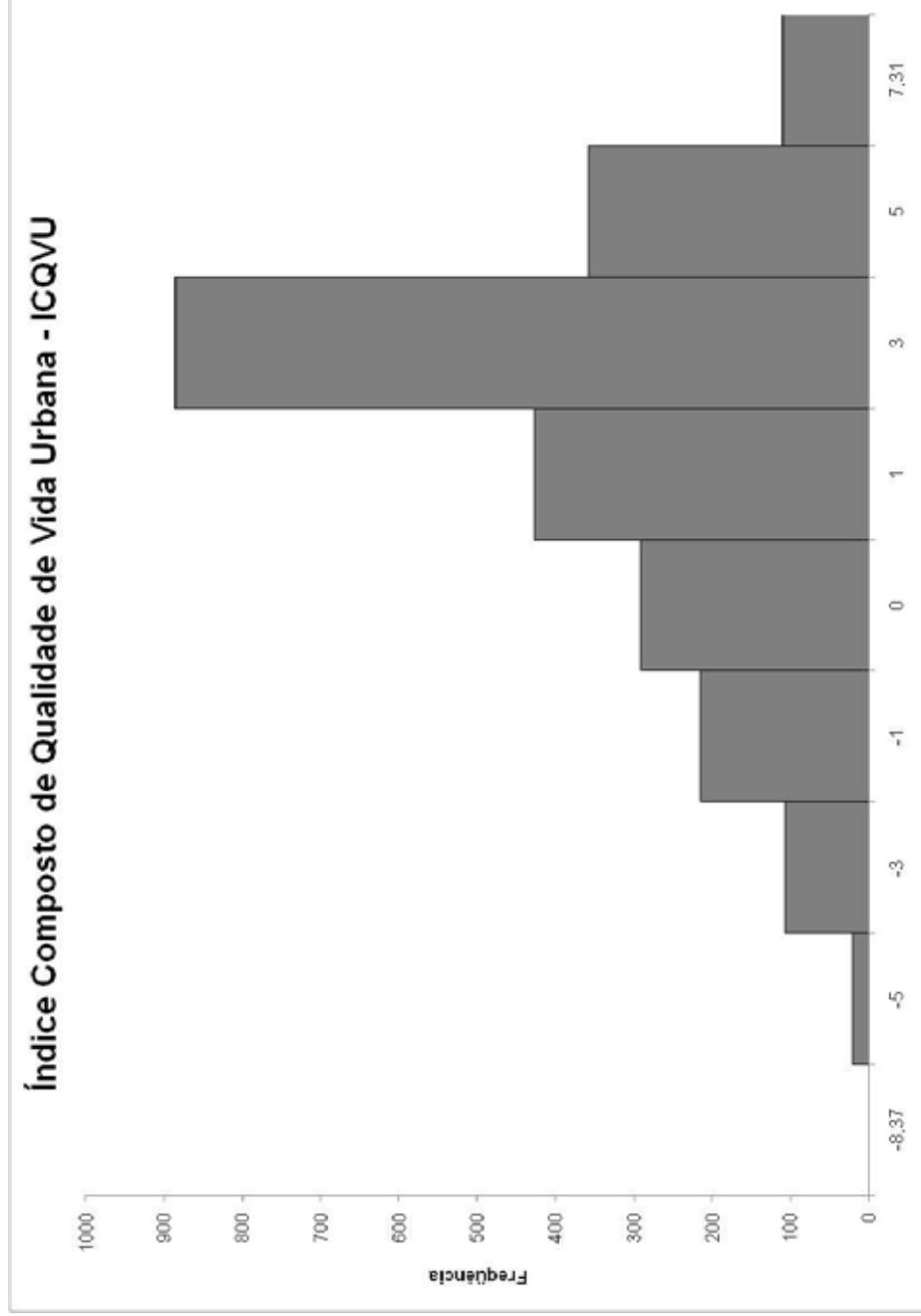


e)



f)





g)

**Gráfico 10** – Histogramas de frequência simples dos índices normalizados. a) Índice de Integração Máxima Normalizado; b) Distância ao CCS Normalizada; c) Índice de Exclusão/Inclusão Social; d) NDVI Médio; e) Índice Normalizado de Conforto Térmico; f) Densidade Viária Normalizada; e g) Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana.

A análise dos histogramas pode ser complementada com a análise do Quadro 16, que apresenta as principais medidas de estatística descritiva.

**Quadro 16** – Estatística descritiva dos índices normalizados.

Índices	Média	Desvio padrão	Assimetria	Curtose	1° Quartil	3° Quartil
IIMN	-0,09	0,41	-0,40	2,89	-0,33	0,18
DN	-0,04	0,50	0,36	2,08	-0,42	0,38
DNV	0,57	0,62	-1,38	3,65	0,31	1
IEX	0,41	0,27	-1,07	5,09	0,27	0,61
NDVI N	-0,29	0,36	0,77	2,87	-0,55	-0,07
INCT	0,24	0,44	-0,59	2,71	-0,03	0,61
ICQVU	1,06	2,01	-0,53	3,57	-0,02	2,32

IIMN – Índice de Integração Máxima Normalizado

DN – Distância Normalizada

DNV – Densidade Viária Normalizada

IEX – Índice de Exclusão/Inclusão Social

NDVI\_N – Índice de Vegetação pela Diferença Normalizada

INCT – Índice Normalizado de Conforto Térmico

ICQVU – Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana

A partir da análise do Quadro 16, pode-se verificar alguns comportamentos comuns nos dados obtidos. As médias concentraram-se entre -0,29 e 0,41, com exceção do ICQVU, sendo que o NDVI\_N apresenta o menor resultado, que, concomitante com o seu respectivo histograma, indica que ele tem um comportamento assimétrico à direita, ou seja, o que indica que os valores desse índice tendem a concentrar-se nos menores resultados, o que para o NDVI\_N significa que a maioria das áreas do Distrito Federal possui baixa eficiência em seqüestro de carbono. O IIMN e o DN também apresentam valores negativos para suas médias, mas esses se aproximam mais do zero, o que indica uma tendência a uma distribuição mais simétrica.

Para os índices com médias positivas, isso se deu em função de haver maior ocorrência de valores altos, o que indica melhores condições para os índices analisados.

O desvio padrão apresenta valores médios, entre 0,19 e 0,50, com exceção do ICQVU. O ICQVU apresenta baixa variabilidade o que indica que a maioria dos valores encontram-se próximo à média.

A assimetria negativa para quase todas as unidades indica uma tendência de concentração dos valores à direita do histograma, o que mostra que na área estudada, os índices levantados têm tendência às melhores condições. O NDVI\_N

apresenta assimetria positiva o que mostra concentração à esquerda, isto é, áreas com baixa atividade fotossintética. O DN apresenta também assimetria positiva, como os valores são calculados em relação ao CCS, o que indica que há uma distribuição que tende a se afastar dele.

Os valores de curtose variam entre os índices, mas foram maiores que zero. Assim, as funções que caracterizam a distribuição são leptocúrticas, reforçando o fato da concentração dos valores próximo à média.

O 1º quartil, que representa 25% dos dados, mostra que para quase todos os índices, ele encontra-se abaixo de zero, o que representa que apenas valores negativos encontram-se nesta faixa. Apenas o IEX apresenta valor positivo, o que mostra que já no 1º quartil há ocorrência de concentração de situação de inclusão.

Enquanto 75% dos dados, representados pelo 3º quartil, encontram-se abaixo de 0,61. Apenas o NDVI\_N apresenta 75% de seus valores até -0,07, o que indica que a maioria da área estudada apresenta baixos valores de seqüestro de carbono.

O Quadro 17 apresenta o agrupamento em grandes classes, de forma a obter-se a tendência de comportamento dos índices estudados. O IIMN, o DN e o NDVI\_N apresentam maior concentração de dados em valores negativos, o que confirma a tendência de situação de menor qualidade para eles. A DVN, IEX, INCT e o ICQVU apresentam maior concentração em valores positivos, o que confirma a tendência de melhor qualidade para esses índices. Eles mostram boa concentração acima de 0,5, o que indica que há diversas áreas no Distrito Federal com alta qualidade de vida.

O ICQVU que não foi normalizado, é o valor da média ponderada dos índices estudados, apresenta grande concentração de valores positivos, o que mostra a tendência a uma ocorrência de áreas urbanas com alta qualidade de vida, mesmo que em cidades periféricas, nas quais normalmente espera-se queda de qualidade. O fato da baixa qualidade de vida só ocorre nas cidades mais afastadas. Todavia, mesmo essas, em algum grau, apresentam partes com boa qualidade de vida.

**Quadro 17** – Percentual de dados negativos, positivos e acima de 0,5 (indicação de alta qualidade) para os índices estudados.

<b>Índices</b>	<b>&lt; 0</b>	<b>&gt; 0</b>	<b>&gt; 0,5</b>
IIMN	52,28%	47,35%	5,42%
DN	59,56%	40,44%	18,50%
DVN	17,71%	82,25%	68,89%
IEX	7,57%	92,43%	39,24%
NDVI N	78,10%	21,90%	2,77%
INCT	28,23%	71,77%	35,68%
ICQVU	25,40%	74,55%	NA

IIMN – Índice de Integração Máxima Normalizado

DN – Distância Normalizada

DVN – Densidade Viária Normalizada

IEX – Índice de Exclusão/Inclusão Social

NDVI\_N – Índice de Vegetação pela Diferença Normalizada

INCT – Índice Normalizado de Conforto Térmico

ICQVU – Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana

NA – Não se Aplica

A análise por estatística descritiva revela diversos comportamentos e tendências para os índices estudados, que auxiliam na melhor compreensão e análise deles. Assim, faz-se necessária essa etapa para que se possa avaliar da forma mais objetiva possível os elementos selecionados para o estudo nesta Tese.

## Considerações Finais

Agir sistemática e rigorosamente sobre o espaço urbano implica o desenvolvimento, utilização e explicitação de conhecimento qualitativo e quantitativo sobre ele – sem estes, as políticas de intervenção continuarão uma “caixa-preta”, avessa a uma gestão mais democrática de cidade. Uma das principais formas de compreensão e análise da cidade é por meio de índices espaciais, que revelam a espacialização de diversas questões ou problemas urbanos, além de revelarem relações, diferenciações, hierarquias, entre áreas vizinhas, essenciais para compreender o contexto urbano maior.

Partindo-se dessa premissa, a inquietação que moveu esta Tese foi a verificação da possibilidade de gerar-se um índice que contemplasse três grandes eixos estruturantes urbanos: a configuração, a socioeconomia e o meio ambiente. A partir disso, buscou-se a construção fundamentada desse índice por meio de índices conhecidos e de fácil acesso e mensuração.

A princípio a idéia proposta parece pouco complicada, pois a congregação de índices primários para a geração de índices secundários seria somente um processo matemático. Triste engano, pois quando se trata de índices espaciais esbarra-se em problemas sérios relacionados à coleta e disponibilização de dados. O Brasil, por não ter uma normatização a respeito da construção de bases de dados espaciais, acaba por dificultar o cruzamento entre os mais diferentes tipos produzidos. Cada órgão governamental produz a informação espacial de forma diferente, o que gera grande dificuldade e trabalho para a junção da informação. A Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR) há anos luta pela padronização dos dados espaciais brasileiros, ainda sem sucesso. Um país que não conhece seu território não tem como geri-lo de forma eficiente.

O processo que mais tomou tempo nesta Tese foi justamente a padronização da informação espacial. A escolha dos setores censitários do IBGE se deu em função de ser uma base oficial, disponível, atualizada a cada 10 anos e com metodologia validada de levantamento. Mas, mesmo os setores, apresentam problemas, pois a cada censo sua configuração muda, o que, em princípio, limitaria o acompanhamento temporal da evolução urbana. Mesmo assim, essa unidade

espacial apresenta as vantagens citadas que favorecem seu uso para estudos urbanos.

Esse processo de padronização das bases espaciais e transposição de informações para os setores censitários deu-se, em vários casos, por meio de generalizações das informações primárias, com a utilização de valores máximos e médias aritméticas. Isso pode levar a mascarar certos aspectos que a informação desagregada traria. Infelizmente, não há outro meio de fazer-se o ajuste dos dados. Pode-se questionar a veracidade dos dados e informações gerados nesta Tese, mas, apesar dessa limitação, como os setores censitários são áreas pequenas, há certa homogeneidade nos dados que os compõem. Apenas os setores grandes (que constituem menos de 2% da base de dados do Distrito Federal) é que apresentam maiores distorções em função da sua abrangência espacial. Dessa forma, assumiu-se que a homogeneidade prevalece e que os dados gerados são representativos da realidade estudada.

As bases vetoriais utilizadas (linhas axiais e setores censitários) por terem sido construídas em escalas diferentes, o que reflete o grau de detalhamento do dado, foi outro limitante encontrado. Para o distrito Federal, essa limitação não foi grave, uma vez que as linhas axiais foram construídas a partir da malha viária da capital na escala de 1:10.000, o seu cruzamento com os setores censitários, que foram construídos em uma escala menor, permitiu a aglutinação do grande volume de informação em uma área menos detalhada.

O uso de imagens de satélite de resolução espacial média, resolução espectral mais detalhada e resolução radiométrica de 12 bits além de mostrar-se interessante para uma análise por setores censitários, permitiu discretizar a temperatura de superfície. Mesmo ao trabalhar-se com os valores médios, o resultado foi altamente significativo para a construção do índice final. Alerta-se novamente para o problema com setores censitários muito grandes, pois eles podem apresentar muitas variações espaciais, o que compromete o resultado médio utilizado para transpor os dados das imagens para a unidade espacial escolhida. O melhor seria a utilização de imagens de maior detalhe, mas o alto custo inviabilizou seu uso, e uma subdivisão dos setores grandes em regiões menores, com área aproximada ao da maioria dos setores, o que demandaria mais tempo e a

necessidade, novamente, de imagens de alta resolução espacial, para que essa subdivisão fosse feita de forma coerente.

Uma proposta para futuros trabalhos é o uso de métodos de geoestatística para o cruzamento de dados produzidos por meio de diferentes técnicas. Esses métodos permitiriam a conversão dos dados em superfícies de estimação e possibilitariam seu cruzamento, o que também poderia resolver a questão da alteração do formato dos setores censitários a cada levantamento. Claro que haverá limitações que deverão ser avaliadas a fim de que esse método seja validado.

De forma geral, a utilização dos índices configuracionais trouxe um conjunto de parâmetros importantes a respeito da estruturação urbana. Os índices utilizados mostraram, no caso do Distrito Federal, que a cidade é fortemente dependente do sistema viário disperso que sobremaneira onera o transporte público, e que está relacionado à segregação espacial da população. Essa segregação se dá, conforme já relatado, em função de 82% dos empregos formais encontrarem-se na RA1 (Plano Piloto e entorno imediato) e menos de 10% da população morar nessa localidade. Também, o alto custo de vida do Distrito Federal faz com que a população de classes média e inferiores procurem habitações cada vez mais distantes do centro, uma vez que o valor delas diminui à medida que se distanciam do CCS.

Esse distanciamento do CCS também implica aumento de custo em infraestrutura, pois as novas cidades e os novos assentamentos, cada vez mais distantes, fazem com que seja necessária a estruturação de longas redes, o que eleva seu custo para a população e para o governo. Dada a vasta e ociosa infraestrutura disponível, passando freqüentemente por enormes descontinuidades urbanas, seria bem menos oneroso adensar as cidades do Distrito Federal ou ocupar faixas lindeiras às vias já implantadas, do que criar localidades urbanas *do nada* – como é infelizmente a regra.

Os dados gerados a partir do cálculo da dispersão urbana mostraram-se interessantes ao posicionarem as cidades de acordo com sua estruturação e ocupação espacial. Como o conjunto utilizado apresenta cidades com valores extremos (Xangai, 0,78 e Bombaim, 3,08), a escala linear usada para normalização

dos dados sofre forte influência desses extremos. Uma possibilidade para trabalhos futuros seria a utilização de escalas logarítmicas que além de linearizar os dados tenderiam a posicioná-los a distâncias mais constantes, o que poderia melhorar a distribuição dos valores dentro da escala. De qualquer forma, deve-se avaliar as limitações e distorções desse método a fim de que sua aplicação seja validada.

O Índice de Exclusão/Inclusão Social foi outro elemento de grande importância para a composição do índice final. A escolha desse índice partiu da premissa que ele pode ser atualizado a cada levantamento censitário, o que o torna um índice dinâmico ao acompanhar as mudanças socioeconômicas da população. A maioria dos índices socioeconômicos não tem atualização periódica e dependem de levantamentos municipais ou estaduais, que em muitos casos não seguem um padrão a cada levantamento, isso impossibilita o seu acompanhamento contínuo.

O Índice de Exclusão/Inclusão Social ilustrou que a exclusão social aumenta à medida que nos afastamos do CCS, como já esperado, bem como mostrou que algumas cidades que sofrem do estigma de aglomerados excluídos apresentam boas condições socioeconômicas. Do outro lado têm-se cidades que são consideradas com boa qualidade socioeconômica, mas que apresentam enclaves de exclusão, comumente decorrentes da necessidade de a população excluída localizar-se próxima aos locais de onde pode retirar seu sustento, e de circunstancialmente tê-lo conseguido. Isso caracteriza a heterogeneidade populacional do Distrito Federal, que apesar da segregação socioeconômica devido à história de estruturação da cidade, sua população conseguiu locais com boa qualidade de vida longe do centro da capital – e vice-versa: enclaves de famílias mais pobres conseguiram (a duras penas) estarem próximas ao centro.

Para os índices ambientais foram propostas duas inovações: a primeira está relacionada a utilização de uma unidade padrão (setores censitários); a segunda está relacionada a proposição de estimativa de temperatura do ar, e conseqüentemente de caracterização do conforto térmico, a partir de dados de campo e de imagens termais de sensoriamento remoto. O mapeamento do conforto térmico, além de inédito pelo método proposto, revelou situações interessantes, tais como menor conforto na região do Plano Piloto, apesar da forte arborização e da proximidade do lago. Em contrapartida, locais como Taguatinga, com densidade

construtiva maior que o Plano Piloto e menor arborização, apresentaram maior conforto térmico, o que indica a forte influência da topografia.

O conforto térmico utilizado nesta Tese baseou-se em parâmetros físicos. Reconhece-se que fatores como escala de análise, sexo, idade, área construída em relação a áreas públicas, também influenciam. Mesmo não sendo possível a utilização desses outros parâmetros, considera-se a proposta aqui desenvolvida é um avanço, e que poderá ser refinada em trabalhos futuros.

Por fim, o Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana é uma proposta para uma análise mais sistêmica da realidade da cidade. O resultado obtido por ponderação mostrou-se interessante, uma vez que tornou possível a visualização e análise conjunta de diversos índices, de diferentes áreas. Outra vantagem no processo de ponderação é a possibilidade de geração de novos cenários ao se alterar os pesos dos índices que o compõe, a de fim de dar mais ou menos importância a certos índices, com o intuito de destacar situações específicas ou hipotéticas.

O cálculo do ICQVU, conforme desenvolvido nesta Tese, vale para as condições do Distrito Federal, numa escala macro de análise urbana, na qual considera-se a cidade como um todo a partir de setores censitários. Além disso, como foi utilizada imagens de satélite para identificação de verde urbano e de temperatura de superfície, o resultado refere-se ao mês de abril, e pode sofrer alteração para outros meses. Para aplicar o ICQVU em outras localidades, deve avaliar criteriosamente cada uma das variáveis utilizadas, a fim de identificar o conjunto que melhor comporia o ICQVU.

O método apresentado nesta Tese permite que sejam agregados novos índices, de forma a ampliar a composição do índice final e assim refinar o resultado obtido. Isso torna o processo dinâmico e atualizável, o que é fundamental para o processo de análise e gestão urbana.

As etapas desenvolvidas foram focadas para a geração de dados e informações de fácil acesso e que possam vir a fornecer uma percepção mais realista da cidade. Um aspecto interessante desse método é que ele não está

acabado e pode ser continuamente modificado, de forma a representar as mudanças que ocorrem no meio urbano.

A mensuração de características da cidade não deve ser encarada com um processo cansativo, irreal e que só tem interesse para estatísticos. Deve-se buscar mudar essa mentalidade, de forma que os estudiosos, planejadores e gestores urbanos tenham nesse ferramental um auxílio na tomada de decisões. Como já dito, o conhecimento da espacialização de problemas urbanos é essencial para o direcionamento correto de diversos tipos de provimentos e para uma gestão mais eficiente e que venha a atender, de fato, as demandas prioritárias da população.

O método aqui proposto permite maior transparência às ações governamentais e o acompanhamento das transformações causadas por essas ações. Isso torna o processo de gestão urbana mais democrático, uma vez que possibilita que a população possa participar e ter acesso às informações. Com o desenvolvimento tecnológico, os SIG tornam-se mais acessíveis, com o uso cada vez mais disseminado da internet, os *webgis* ou SIG interativos *on-line*, podem tornar-se ferramentas poderosas de disseminação e acompanhamento das ações dos governos.

Assim, a depender das condições políticas, a população pode ser mais facilmente incluída no processo de tomada de decisões a respeito do espaço onde vive. Seria possível ter-se uma posição da comunidade sobre as prioridades para a resolução dos problemas, escolhendo, p.ex., entre as alternativas: investir mais em educação, saneamento ou arborização urbana para reduzir o desconforto térmico? Melhorar o transporte público para minorar os efeitos de distância ao trabalho? Criar empregos no local (por estranho que pareça, algumas comunidades preferem viver em vizinhanças exclusivamente residenciais, como é o caso dos habitantes do Lago Sul e Lago Norte)? Essas nuances poderiam ser identificadas com maior clareza e o atendimento à população seria mais pontual e efetivo.

O método permite mudar os pesos de cada aspecto envolvido e a geração de cenários hipotéticos a partir de cada intervenção proposta, além de verificar como a população identifica os problemas mais graves. Desta forma passaríamos a ter a tão falada, e tão pouco aplicada, gestão democrática do espaço urbano.

## Referências Bibliográficas

ABRAMS, M. & HOOK, S., **Aster User Handbook**, Pasadena, CA, Jet Propulsion Laboratory, version 2, 2002. Disponível em: <[http://asterweb.jpl.nasa.gov/content/03\\_data/04\\_Documents/](http://asterweb.jpl.nasa.gov/content/03_data/04_Documents/)>. Acessado em: 14/01/2008.

AGÊNCIA EFE - **La Niña está em fase madura e continuará em 2008**. Disponível em: <<http://noticias.terra.com.br/ciencia/interna/0,,OI2401899-EI299,00.html>>. Acessado em: 01/05/2008.

ALMEIDA, M. A., CÂMARA, G e MONTEIRO, A. M., **Geoinformação em Urbanismo: Cidade Real X Cidade Virtual**, São Paulo, SP, Oficina de Textos, 2007.

ANDRADE, H. O. & SANTOS, R. L., **Análise das características térmicas na superfície da cidade de Feira de Santana-BA, com a utilização de imagens IRMSS/CBERS-2**, Florianópolis, SC, XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Anais, pp. 717-719 21-26 abril 2007. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2007/>>. Acessado em: 09/01/2007.

ANDRADE, L. L., SOUZA, L. H., SAKURAGI, J. e CASTRO R. M., **Estudo de ilhas de calor na cidade de São José dos Campos utilizando o canal infravermelho termal do Landsat-5 e o aerotransportado HSS**, Florianópolis, SC, XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Anais, pp. 473-480, 21-26 abril 2007. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2007/>>. Acessado em: 09/01/2007.

ANDRIOTTI, J. L. S., **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**, São Leopoldo, RS, UNISINOS, 2003.

ARANTES, A. A. (Org.). **O Espaço da Diferença**. Campinas, SP, Papirus, 2000.

AREAL, A. **Fotos de Brasília**. Disponível em: <<http://www.superbrasil.com/>>. Acessado em: 24/01/2008.

Associação Nacional de Empresas de Transporte Urbano, NTU. Disponível em: <http://ntu.org.br/banco/estatisticas>, acessado em: 27/04/2006.

AYOADE, **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Rio de Janeiro, RJ, Bertrand Brasil, 1998.

BAPTISTA, G. M. M. **Daytime and Nighttime Variation of the Urban Heat Island Effect in São Paulo, Brazil, by means of TERRA/MODIS data** In: I Workshop sobre o sensor MODIS, Anais em CD-ROM. Goiânia, GO, UFG, 2003.

BARBOSA, R. V. R., BARBIRATO, G. M. e VECCHIA, F. A. S., **Vegetação Urbana: Análise Experimental em Cidade de Clima Quente e Úmido**, Curitiba, PR, VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído/III Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações – ENCAC/COTEDI, pp. 722-729, 5-7 novembro 2003. Disponível em: <[http://www.shs.eesc.usp.br/pessoal/docentes/technotes%5C14%5CVEGETACAO\\_URBANA-ANALISE\\_EXPERIMENTAL\\_CIDADE\\_CLIMA\\_QUENTE\\_UMIDO.pdf](http://www.shs.eesc.usp.br/pessoal/docentes/technotes%5C14%5CVEGETACAO_URBANA-ANALISE_EXPERIMENTAL_CIDADE_CLIMA_QUENTE_UMIDO.pdf)>. Acessado em: 07/01/2008.

BERTAUD, A. & MALPEZZI, S., **The Spatial Distribution of Population in 35 World Cities: The Role of Markets, Planning and Topography**, Madison, Wisconsin, EUA, 1999. Disponível em: <<http://www.bus.wisc.edu/realestate/pdf/pdf/Bertaud%20and%20Malpezzi%20Part%20One.pdf>>. Acesso em: 27/09/2003.

BERTAUD, A. & MALPEZZI, S., **The Spatial Distribution of Population in 48 World Cities: Implications for Economies in Transition**. Madison, Wisconsin, EUA, 2003 Disponível em: <<http://www.bus.wisc.edu/realestate/pdf/pdf/Complete%20Spatial%20Distribution%20of%20Population%20in%2050%20World%20Ci.pdf>>. Acessado em: 25/04/2004.

BERTAUD, A., **The Spatial Organization of Cities: Deliberate outcome or Unforeseen Consequences?** 2004. Disponível em: <<http://alain-bertaud.com>>. Acesso em: 27/04/2005. 22 p.

BESSIS, S. **From social exclusion to social cohesion: towards a policy agenda**. Paris, France, UNESCO Management of Social Transformations Policy Paper – 2, 1995. In: GENOVEZ, P. C, Território e Desigualdades: Análise Espacial Intraurbana no Estudo da Dinâmica de Exclusão/Inclusão Social no Espaço Urbano em São José dos Campos – SP, Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas

Espaciais, INPE, São José dos Campos, SP, 2002. Disponível em:  
<<http://www.dpi.inpe.br/teses/genovez.htm>>. Acesso em: 20/10/2003.

BIAS, E. S., BAPTISTA, G. M. M. & 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, Belo Horizonte, MG, Anais, pp. 1741-1748, 2003. Disponível em:  
<[http://www.inpe.br/ensino\\_e\\_documentacao/biblioteca.htm](http://www.inpe.br/ensino_e_documentacao/biblioteca.htm)>, Memória Técnico-Científica do INPE, Biblioteca Digital. Acesso em: 15/09/2007.

BITENCOURT, L. P. S, **Exposição Pessoal a Particulados Atmosféricos no Centro de Taguatinga, DF**. Brasília, DF, Monografia de Conclusão de Curso, Engenharia Ambiental, Universidade Católica de Brasília, 2004.

BOCCHINI, B., **Venda de automóveis em janeiro e fevereiro cresce 35,5% em relação a 2007**, Agência Brasil, Radiobrás. Disponível em:  
<<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2008/03/10/materia.2008-03-10.4633499687/view>>. Acessado em: 07/04/2008.

CARGNELUTTI FILHO, A., MALUF, J. R. T., MATZENAUER, R. e STOLZ, A. P., **Altitude e Coordenadas Geográficas na Estimativa da Temperatura Mínima Média Decendial do Ar no Estado do Rio Grande do Sul**, Brasília, DF, EMBRAPA, v 41, n 6, pp. 893-901, 2006. Disponível em:  
<<http://www.scielo.br/pdf/pab/v41n6/30852.pdf>>. Acessado em: 17/01/2008.

CARUSO, P., **Croqui de Brasília**, São Paulo, SP, Revista Projeto, nº 20, 1980. In: NUNES, B. F. & KOHLSDORF, N., **Sociologia do Espaço Social de Brasília: O Descontrole Planejado**, Brasília, DF, Série Sociologia nº 174, 1999. Disponível em:  
<[http://www.unb.br/ics/sol/itinerancias/grupo/brasilmar/espaco\\_social.pdf](http://www.unb.br/ics/sol/itinerancias/grupo/brasilmar/espaco_social.pdf)>. Acessado em: 22/01/2008.

CASTELO, L. F. M. **Fissuras urbanas**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília: s.n., 2008.

CAVALHEIRO, F. & DELL PICCHIA, P. C. D., **Áreas Verdes: Conceitos, Objetivos**

**e Diretrizes para o Planejamento**, Vitória, ES, 1º Congresso Brasileiro de Arborização Urbana e 4º Encontro Nacional sobre Arborização Urbana, Anais, pp. 29-38, 13-18 setembro 1992. Disponível em:

<[www.geografia.ufpr.br/laboratorios/labs/arquivos/CAVALHEIRO%20et%20al%20\(1992\).pdf](http://www.geografia.ufpr.br/laboratorios/labs/arquivos/CAVALHEIRO%20et%20al%20(1992).pdf)>. Acessado em: 13/01/2008.

CENTRO DE ESTUDO DE DESIGUALDADES SÓCIO-TERRITORIAIS – CEDEST. Disponível em: <<http://www.cedest.info>>. Acessado em: 06/01/2008.

CINTRA, A. O., **Zoneamento: Análise Política de um Instrumento Urbanístico**. São Paulo, SP, Revista Brasileira de Ciências Sociais, vol. 3, nº 6, 1988. Quadrimestral.

CLARK, David. **Introdução à Geografia Urbana**. São Paulo: Difel-Difusão Editorial, 1985.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO PLANALTO CENTRAL - CODEPLAN, Disponível em: <<http://www.codeplan.df.gov.br>>. Acesso em: 08/08/2003.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA, **Resolução nº 3 de 28/06/1990**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>>. Acessado em: 11/03/2008.

COSTA, S. M. F & SILVA, D. C., **Caracterização da Dispersão Residencial (Urban Sprawl) Utilizando Geotecnologias**, In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Anais, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007.

DÂMASO, K. S., **Exposição Pessoal a Particulados Atmosféricos no Centro de Brasília, DF**. Brasília, DF, Monografia de Conclusão de Curso, Engenharia Ambiental, Universidade Católica de Brasília, 2004.

DE ANGELIS, B. L. D., **A Praça no Contexto das Cidades - o Caso de Maringá/PR**, São Paulo, SP, Tese de Doutorado, 2000. Disponível em: <[http://www.dag.uem.br/prof/brucagen/material/index\\_pos\\_grad.htm](http://www.dag.uem.br/prof/brucagen/material/index_pos_grad.htm)>. Acessado em: 07/01/2008.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO/DF – DETRAN/DF, **Brasília e Taguatinga são recordistas em veículo**. Disponível em: <[http://www.detran.df.gov.br/003/00301015.asp?ttCD\\_CHAVE=60426](http://www.detran.df.gov.br/003/00301015.asp?ttCD_CHAVE=60426)>. Acessado em: 01/05/2008b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO/DF – DETRAN/DF, **Em dois meses, DF atingirá um milhão de veículos**. Disponível em: <[http://www.detran.df.gov.br/003/00301015.asp?ttCD\\_CHAVE=60097](http://www.detran.df.gov.br/003/00301015.asp?ttCD_CHAVE=60097)>. Acessado em: 07/04/2008a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO/DF – DETRAN/DF, **Estatística de Frota de Veículos**. Disponível em > <[http://www.detran.df.gov.br/005/00502001.asp?ttCD\\_CHAVE=7234](http://www.detran.df.gov.br/005/00502001.asp?ttCD_CHAVE=7234)>. Acessado em: 17/05/2008c.

DOURADO FILHO, S., **Estudo do Comportamento Termodinâmico das Áreas Centrais de Negócios de Brasília e de Taguatinga, Distrito Federal**, Brasília, DF, Dissertação de Mestrado, Universidade Católica de Brasília, 2004.

DUPAS, G. **Economia Global e Exclusão Social – Pobreza, Emprego, Estado e o Futuro do Capitalismo**, 1999. In: GENOVEZ, P. C, Território e Desigualdades: Análise Espacial Intraurbana no Estudo da Dinâmica de Exclusão/Inclusão Social no Espaço Urbano em São José dos Campos – SP, Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, SP, 2002. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/teses/genovez.htm>>. Acesso em: 20/10/2003.

ESRI, **What is ArcGIS 9.2?** Disponível em: <[http://www.esri.com/software/arcgis/about/desktop\\_literature.html](http://www.esri.com/software/arcgis/about/desktop_literature.html)>. Acessado em: 21/01/2008.

FEATHERSONE, M., **O Flâneur, a Cidade e a Vida Pública Virtual**, 1996. In: ARANTES, A. A. (Org.). O Espaço da Diferença. Campinas, SP, Papirus, 2000.

FIGUEIREDO, L. & AMORIM, L., **Continuity lines in the axial system**, Delft, Holland, Proceedings, 5<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium, pp. 161-174, 13-17 junho 2005.

FIGUEIREDO, L. & AMORIM, L., **Decoding the Urban Grid: or why cities are neither trees nor perfect grids**, Istanbul, Turkey, Proceedings, 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium, pp. 1-16, 12-15 junho 2007.

GARCÍA, F. F. **Manual de climatologia aplicada: clima, medio ambiente y planificación**, Madrid: Editorial síntesis S. A. 1985. In: GOMES, M. A. S. & AMORIM, M. C. C. T., **Arborização e Conforto Térmico no Espaço Urbano: Estudo de Caso nas Praças Públicas de Presidente Prudente (SP)**, Uberlândia, MG, Caminhos de Geografia, Revista on-line, v 4, n 10, setembro 2003. Disponível em:  
<<http://www.caminhosdegeografia.ig.ufu.br/viewarticle.php?id=78&layout=abstract>>. Acessado em: 25/09/2006.

GATES, D. M., KEEGAN, H. J., SCHLETER, J. C. e WEIDNER, V. R. (ed.), **Spectral Properties of Plants. Applied Optics**, Washington, DC, v 4, n 1, pp. 11-20, 1965. In: MENESES, P. R. & NETTO, J. S. M. (orgs.), **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos Alvos Naturais**, Brasília, DF, UnB; Planaltina, DF, Embrapa, 2001.

GENOVEZ, P. C, **Território e Desigualdades: Análise Espacial Intraurbana no Estudo da Dinâmica de Exclusão/Inclusão Social no Espaço Urbano em São José dos Campos – SP**, Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, SP, 2002. Disponível em:  
<<http://www.dpi.inpe.br/teses/genovez.htm>>. Acesso em: 20/10/2003.

GENOVEZ, P. C., CAETANO, N. R. & ESTRADA, R. D., **Análise Espacial e Estatística da Metodologia de Construção do Índice de Exclusão/Inclusão Social: Relativo à Área Urbana de São José dos Campos – SP (Censo IBGE 1991)**, São José dos Campos, SP, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, 2000. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/geopro/exclusao>>. Acesso em: 20/10/2003.

GENOVEZ, P. C., MONTEIRO, A. M., CÂMARA, G. e FREITAS, C. C., **Indicadores Territoriais de Exclusão/Inclusão Social: Geoinformação como Suporte ao Planejamento de Políticas Sociais**. In: ALMEIDA, M. A., CÂMARA, G e MONTEIRO, A. M., Geoinformação em Urbanismo: Cidade Real X Cidade Virtual, São Paulo, SP, Oficina de Textos, 2007.

GOMES, M. A. S. & AMORIM, M. C. C. T., **Arborização e Conforto Térmico no Espaço Urbano: Estudo de Caso nas Praças Públicas de Presidente Prudente (SP)**, Uberlândia, MG, Caminhos de Geografia, Revista on-line, v 4, n 10, setembro 2003. Disponível em:  
<<http://www.caminhosdegeografia.ig.ufu.br/viewarticle.php?id=78&layout=abstract>>. Acessado em: 25/09/2006.

GRANADOS, B. P., BAPTISTA, G, M, M e RIBEIRO, R. J. C., **Desenvolvimento de um Índice Espectral à Análise do Processo Fotossintético da Vegetação - I<sub>fot</sub>**, Brasília, DF, 3º Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, Anais, Universidade Católica de Brasília, 2004.

GRUPO UNIVERSITÁRIO – **Anatomia da Folha**. Disponível em:  
<[http://www.universitario.com.br/celo/topicos/subtopicos/botanica/anatomia\\_vegetal/folha/folha.html](http://www.universitario.com.br/celo/topicos/subtopicos/botanica/anatomia_vegetal/folha/folha.html)>. Acessado em: 10/09/2007.

HADER, I. C. F., RIBEIRO, R. C. S. E TAVARES, A. R. T., **Índices de área verde e cobertura vegetal para as praças do Município de Vinhedo, SP**, Viçosa, MG, Revista Árvore, v 30, n2, pp. 277-282, março-abril, 2006. Disponível em: <  
[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622006000200015&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622006000200015&script=sci_arttext)>. Acessado em: 13/01/2008.

HASSE, J. & LATHROP, R. G., **A Housing-Unit-Level Approach to Characterizing Residential Sprawl**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, V.69, n. 9, p.1021 – 1030, 2003. In: COSTA, S. M. F & SILVA, D. C., Caracterização da Dispersão Residencial (Urban Sprawl) Utilizando Geotecnologias, In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Anais, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007.

HILLIER, B. & HANSON, J., **The Social Logic of Space**, Cambridge: Cambridge University Press, 1984. In: HOLANDA, F., **O Espaço de Exceção**, Brasília, DF, Editora Universidade de Brasília, 2002.

HILLIER, B. *et al.*, **Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement**, **Environment and Planning B**: London, England, Planning and Design, vol. 20, pp. 29-66, 1993.

HILLIER, B., TURNER, A., YANG, T. e PARK, H., **Metric and Topo-Geometric Properties of Urban Street Networks: some convergences, divergences and new results**, Istanbul, Turkey, Proceedings, 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium, pp. 1-22, 12-15 junho 2007.

HOLANDA, F. (org.), **Uma Ponte Para a Urbanidade**, in: **Arquitetura & Urbanidade**, São Paulo, SP, ProEditores Associados Ltda, 2003.

HOLANDA, F. et al., **Eccentric Brasilia**, In: **Space Syntax – III International Symposium – Proceedings**, A. Alfred Taubman College of Architecture and Urban Planning, University of Michigan, Ann Arbor, pp. 531-538, 2001

HOLANDA, F., **O Espaço de Exceção**, Brasília, DF, Editora Universidade de Brasília, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 05/07/2003; 03/01/2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, **ESTATCART – Sistema de Recuperação de Informações Georreferenciada**, Rio de Janeiro, RJ, IBGE, versão 1.1, CD-ROM, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico de 2000. Características da População e dos Domicílios. Resultado do Universo**, Rio de Janeiro, RJ, IBGE, CD-ROM, 2001.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET, Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/observacoes.php>>. Acesso em: 01/05/2008.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES, **Mapa da Pobreza do Paraná**, Curitiba, PR, Secretaria de Estado da Criança e Assuntos da Família, 1997.

JANUZZI, P. M., **Indicadores Sociais no Brasil – Conceitos, Fontes, de Dados e Aplicações**, Campinas, SP, 3ª. Ed., Alínea, 2004.

JAUREGUI, E., **O clima humano das tropicais: um panorama. Internacional Journal of Biometeorology** 35:151-160, 1991. In: GOMES, M. A. S. & AMORIM, M. C. C. T., Arborização e Conforto Térmico no Espaço Urbano: Estudo de Caso nas Praças Públicas de Presidente Prudente (SP), Uberlândia, MG, Caminhos de Geografia, Revista on-line, v 4, n 10, setembro 2003. Disponível em: <<http://www.caminhosdegeografia.ig.ufu.br/viewarticle.php?id=78&layout=abstract>>. Acessado em: 25/09/2006.

JENKS, M. & BURGESS, R., **Compact Cities: Sustainable Urban Forms for Developing Countries**, London, England, Spon Press, 2000.

KILMURRAY, A. **Beyond the Stereotypes**, Social Exclusion, Social Inclusion, Democratic Dialog, volume no 2, novembro, 1995. In: GENOVEZ, P. C, Território e Desigualdades: Análise Espacial Intraurbana no Estudo da Dinâmica de Exclusão/Inclusão Social no Espaço Urbano em São José dos Campos – SP, Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, SP, 2002. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/teses/genovez.htm>>. Acesso em: 20/10/2003.

KOGA, D., **Medida das Cidades Entre Territórios de Vida e Territórios Vividos**. São Paulo, SP, Cortez, 2003.

KVANLI, A. H., GUYNES, C. S., e PAVUR, R. J., **Introduction to Business Statistics – a Computer Integrated, Data Analysis Approach**, St. Paul, Minneapolis, 4 ed., West Publishing Company, 1996.

LAGO, L. C. O que há de novo na clássica núcleo-periferia: a metrópole do Rio de Janeiro In: COSTA, S. M. F & SILVA, D. C., **Caracterização da Dispersão**

**Residencial (Urban Sprawl) Utilizando Geotecnologias**, In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Anais, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007.

LANDSBERG, H. E., **The Climate of Towns**. In: THOMAS, W. E., ec Man's Role in Changing the Face of Earth. The Wenner Gren Foundation Antopological Research. The University of Chicago Press, 1956. In: MONTEIRO, C. A. F. & MENDONÇA, F., **Clima Urbano**, São Paulo, SP, Contexto, 2003.

LEVIN, J. & FOX, J. A., **Estatística para Ciências Humanas**, São Paulo, SP, 9 ed, Prentice Hall, 2004.

LEVINE, D. N., STEPHAN, D., KREHBIEL, T. C. e BERENSON, M. L., **Estatística – Teoria e Aplicação Usando o Microsoft® Excel em Português**, Rio de Janeiro, RJ, 3ª. Ed, LTC, 2005.

LOBODA, C. R. & DE ANGELIS, B. L. D., **Áreas Verdes Públicas Urbanas: Conceitos, Usos e Funções**, Guarapuava, PR, Revista Ambiência, v 1, n 1, pp. 125-139, jan-jun 2005. Disponível em:  
<[http://www.unicentro.br/editora/revistas/ambiencia/v1n1/artigo%20125-139\\_.pdf](http://www.unicentro.br/editora/revistas/ambiencia/v1n1/artigo%20125-139_.pdf)>. Acessado em: 06/01/2008.

LOMBARDO, M. A., **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.

LOMBARDO, M. A., **Vegetação e Clima**, Curitiba, PR, III Encontro Nacional de Arborização Urbana, anais, pp. 1-13, 1990. In: DE ANGELIS, B. L. D., **A Praça no Contexto das Cidades - o Caso de Maringá/PR**, São Paulo, SP, Tese de Doutorado, 2000. Disponível em:  
<[http://www.dag.uem.br/prof/brucagen/material/index\\_pos\\_grad.htm](http://www.dag.uem.br/prof/brucagen/material/index_pos_grad.htm)>. Acessado em: 07/01/2008.

MAGALHÃES, S. F.. **A cidade na incerteza: ruptura e contigüidade em urbanismo**. Rio de Janeiro, RJ: Viana & Mosley; Ed. PROURB, 2007.

MAXWELL, S. **The Meaning and Measurement of Poverty**, Poverty Briefing, Vol. 3, London, ODI, 1999. In: GENOVEZ, P. C, **Território e Desigualdades: Análise Espacial Intraurbana no Estudo da Dinâmica de Exclusão/Inclusão Social no Espaço**

Urbano em São José dos Campos – SP, Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, SP, 2002. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/teses/genovez.htm>>. Acesso em: 20/10/2003.

MEDEIROS, S. S., CECÍLIO R. A., MELO JÚNIOR, J. C. F. e SILVA JÚNIRO J. L. C., **Estimativa e Espacialização das Temperaturas do Ar Mínimas, Médias e Máximas na Região Nordeste do Brasil**, Campina Grande, PB, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v 9, n2, pp. 247-255, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v9n2/v9n2a16.pdf>>. Acessado em: 17/01/2008.

MEDEIROS, V. A. S. & HOLANDA, F. R. B., **Structure And Size: Brazilian cities in an urban configurational world scenario**, Istanbul, Turkey, Proceedings, 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium, pp. 1-12, 12-15 junho 2007.

MENDONÇA, F. & DANNI-OLIVEIRA, I. M., **Climatologia – Noções Básicas e Climas do Brasil**, São Paulo, SP, Oficina de Textos, 2007.

MENESES, P. R. & NETTO, J. S. M. (orgs.), **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos Alvos Naturais**, Brasília, DF, UnB; Planaltina, DF, Embrapa, 2001.

MICROSOFT, **Access Homepage**. Disponível em: <<http://office.microsoft.com/pt-br/access/FX100487571046.aspx>>. Acessado em: 21/01/2008a.

MICROSOFT, **Excel Homepage**. Disponível em: <<http://office.microsoft.com/pt-br/excel/FX100487621046.aspx>>. Acessado em: 21/01/2008b.

MINIPA. Disponível em: <<http://minipa.com.br>>. Acessado em: 23/05/2008.

MONTEIRO, C. A. F. & MENDONÇA, F., **Clima Urbano**, São Paulo, SP, Contexto, 2003.

MOREIRA, M. A., **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**, Viçosa, MG, Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, 3<sup>a</sup> ed, 2005.

MOREIRA, R. C., CASTRO, R. M., ESPOSITO, E. S. e LUCCA E. V. D., **Sensor hiperespectral HSS: sumário das características técnicas**, In: Simpósio

Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, Goiânia, GO, Anais, pp. 4517-4524, 2005. Disponível em: <[http://www.inpe.br/ensino\\_e\\_documentacao/biblioteca.htm](http://www.inpe.br/ensino_e_documentacao/biblioteca.htm)>, Memória Técnico-Científica do INPE, Biblioteca Digital. Acesso em: 27/04/2008.

NAHAS, M. I. P., **Bases Teóricas, Metodologia de Elaboração e Aplicabilidade de Indicadores Intra-urbanos na Gestão Municipal da Qualidade de Vida Urbana em Grandes Cidades: o Caso de Belo Horizonte**, São Carlos, SP, Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, 2002b. Disponível em: <[http://www.ipardes.gov.br/pdf/cursos\\_eventos/governanca\\_2006/gover\\_2006\\_02\\_metod\\_indicadores\\_tese\\_maria\\_nahas.pdf](http://www.ipardes.gov.br/pdf/cursos_eventos/governanca_2006/gover_2006_02_metod_indicadores_tese_maria_nahas.pdf)>. Acessado em: 05/01/2008.

NAHAS, M. I. P., **Indicadores Sociais, Balizadores da Gestão Municipal da Qualidade de Vida Urbana: uma Síntese da Experiência de Belo Horizonte**, Campinas, SP, Seminário sobre Indicadores de Sustentabilidade, PRONEX-NEPO/UNICAMP, 10-11 abril 2000. Disponível em: <[www.nepo.unicamp.br/textos\\_publish/pronex/pronexlivro02/02pronex\\_16\\_Metodologia\\_Construcao\\_Indices.pdf](http://www.nepo.unicamp.br/textos_publish/pronex/pronexlivro02/02pronex_16_Metodologia_Construcao_Indices.pdf)>. Acessado em: 05/01/2008.

NAHAS, M. I. P., **Mapeando a Exclusão Social em Belo Horizonte**, 2002a. Disponível em: <[http://www.virtual.pucminas.br/idhs/01\\_idhs/pobreza03.htm](http://www.virtual.pucminas.br/idhs/01_idhs/pobreza03.htm)>. Acessado em: 05/01/2008.

NAHAS, M. I. P., RIBEIRO, C. A., ESTEVES, O. A., MOSCOVITCH, S. K. e MARTINS, V. L. A. B., **O Mapa da Exclusão Social de Belo Horizonte: Metodologia de Construção de um Instrumento de Gestão Urbana**, Belo Horizonte, MG, Cadernos de Ciências Sociais, v. 7, n 10, PP. 75-88, julho 2000.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION – NASA, **Urban Climatology and Air Quality**, 1999. Disponível em: <[http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/urban/urban\\_heat\\_island.html](http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/urban/urban_heat_island.html)>. Acessado em: 15/01/200.

NUNES, B. F. & KOHLSDORF, N., **Sociologia do Espaço Social de Brasília: O Descontrole Planejado**, Brasília, DF, Série Sociologia nº 174, 1999. Disponível em: <[http://www.unb.br/ics/sol/itinerancias/grupo/brasilmar/espaco\\_social.pdf](http://www.unb.br/ics/sol/itinerancias/grupo/brasilmar/espaco_social.pdf)>. Acessado em: 22/01/2008.

OJIMA, R., **A Produção e o Consumo do Espaço nas Aglomerações Urbanas Brasileiras: Desafios para uma Urbanização Sustentável**, Caxambú, MG, ABEP, Anais, XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 2006. Disponível em: <<http://www.nepo.unicamp.br/vulnerabilidade/?navega=producoes&codigo=63>>. Acessado em: 19/10/2007.

OJIMA, R., **Análise comparativa da dispersão urbana nas aglomerações urbanas brasileiras: elementos teóricos e metodológicos para o planejamento urbano e ambiental**, Campinas, SP, Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, 2007. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000415361>>. Acessado em: 02/01/2008.

OKE, T, **Boundary Layer Climate**. London, Methuen & Co., 1987.

PAVIANI, A (org), **Brasília, Ideologia e Realidade, Espaço Urbano em Questão**, São Paulo, SP, Projeto Editores Associados, 1985.

PEPONIS, J., ALLEN, D., HAYNIE, D., SCOPPA, M. e ZHANG, Z., **Measuring the Configuration of Street Networks: the Spatial profiles of 118 urban areas in the 12 most populated metropolitan regions in the US**, Istanbul, Turkey, Proceedings, 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium, pp. 1-22, 12-15 junho 2007.

PEPONIS, J., **Espaço, Cultura e Desenho Urbano no Modernismo Tardio e Além Dele**, Atenas, Grécia, Athens Center of Ekistics, EKISTICS, vol. 56, n. 334/5, jan-abr. 1989, pp. 93-108. (Tradução: Frederico de Holanda)

PEREIRA, M. N., GONÇALVES, C. D. A. B., SOUZA, I. M., GARCIA, S., PORTELA, A. G., ALMEIDA, C. M., ROSEMBACK, R. e FLORENZANO, T. G., **Uso de Imagens de Satélite como Subsídio ao Estudo do Processo de Urbanização**, São José dos Campos, SP. INPE, 2005. Disponível em: <[http://www.dsr.inpe.br/geu/Rel\\_projetos/Relatorio%20junho%202005\\_15jun.pdf](http://www.dsr.inpe.br/geu/Rel_projetos/Relatorio%20junho%202005_15jun.pdf)>. Acessado em: 01/10/2007.

PILOTTO, J. **Rede Verde Urbana: Um Instrumento de Gestão Ecológica**, Florianópolis, SC, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 2003. Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/Resumo.asp?4684>>. Acessado em: 02/01/2008.

PONZONI, F. J., **Comportamento Espectral da Vegetação**. In: MENESES, P. R. & NETTO, J. S. M. (orgs.), Sensoriamento Remoto: Reflectância dos Alvos Naturais, Brasília, DF, UnB; Planaltina, DF, Embrapa, 2001.

PORTAS, N. **Do Vazio ao Cheio**. Rio de Janeiro, RJ. Caderno de Urbanismo, 2, Secretaria Municipal de Urbanismo, Prefeitura do Rio, 2000, Disponível em: <[http://www2.rio.rj.gov.br/paginas/noticias\\_caderno\\_ed2-1.htm](http://www2.rio.rj.gov.br/paginas/noticias_caderno_ed2-1.htm)>. Acesso em: 20/08/2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE – PMBH, **Mapa de Qualidade de Vida Urbana**. Disponível em: <[http://portal4.pbh.gov.br/pbh/pgESEARCH\\_CENTRO.html?paramIdCont=1144](http://portal4.pbh.gov.br/pbh/pgESEARCH_CENTRO.html?paramIdCont=1144)>. Acessado em: 05/01/2008.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD, **Atlas do Desenvolvimento Humano do Recife**, 2000. Disponível em: <[http://www.pnud.org.br/publicacoes/atlas\\_recife/index.php](http://www.pnud.org.br/publicacoes/atlas_recife/index.php)>. Acessado em: 06/01/2008a.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD, **Atlas de Desenvolvimento Humano de Manaus**, 2000. Disponível em: <[http://www.pnud.org.br/publicacoes/atlas\\_manaus/index.php](http://www.pnud.org.br/publicacoes/atlas_manaus/index.php)>. Acessado em: 06/01/2008b.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD, **Desenvolvimento Humano e IDH**. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/idh>>. Acessado em: 03/06/2005.

PSYCHOLOGICAL STATISTICS. Disponível em: <<http://www.uwsp.edu/psych/stat/6/kurtosis.gif>>. Acessado em: 08/06/2008.

RAHMAN, A. F., GAMON, J. A., FUENTES, D. A., ROBERTS, D., PRENTISS, D. e QIU, H., **Modeling CO<sub>2</sub> Flux of Boreal Forests Using Narrow Band Indices From Aviris Imagery**. Califórnia, EUA, AVIRIS Workshop, JPL/NASA, 2000. Disponível em: <[http://vcsars.calstatela.edu/boreas/aviris00/modeling/faiz\\_aviris\\_paper.htm](http://vcsars.calstatela.edu/boreas/aviris00/modeling/faiz_aviris_paper.htm)>. Acessado em: 26/02/2008.

REIS, N. G. Notas sobre urbanização dispersa e novas formas de tecido urbano. São Paulo: Via das Artes, 2006. In: COSTA, S. M. F & SILVA, D. C., **Caracterização da Dispersão Residencial (Urban Sprawl) Utilizando Geotecnologias**, In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Anais, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007.

RIBEIRO, R. J. C., **Geotecnologia em Apoio à Aplicação de Instrumentos de Política Urbana**. Brasília, DF, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação, 2003.

RIBEIRO, R. J. C., HOLANDA, F. R. B., **Urban Morphology and Thermal Comfort in the Cities**, Delft, Holland, Proceedings, 5<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium, pp. 355-363, 13-17 junho 2005.

RIBEIRO, R. J. C., HOLANDA, F. R. B., ROMERO, M. A. B., BAPTISTA, G. M. M., BIAS, E. S., **O Perfil Urbano e o Comportamento Socioeconômico no DF**, In: Congresso Internacional em Planejamento e Gestão Ambiental, Brasília, DF, Anais, CD-ROM, 2005.

RIGATTI, D. & UGALDE, C. M., **Parts and Whole in Metropolitan Conurbation: the case of Porto Alegre metropolitan area – Brazil**, Istanbul, Turkey, Proceedings, 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium, pp. 1-18, 12-15 junho 2007.

ROMERO, M. B., **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Brasília, DF, Coleção Arquitetura Urbanismo, UnB, 2001.

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**, São Paulo, SP, EDUSP, 1997.

ROUSE, J. W., HAAS, R. H., SCHELL, J. A. e DEERING, D. W., **Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS**, Washington, DC, 3 ERTS

Symposium, NASA SP-351, NASA, v 1, pp. 309-317, 1973. In: MENESES, P. R. & NETTO, J. S. M. (orgs.), Sensoriamento Remoto: Reflectância dos Alvos Naturais, Brasília, DF, UnB; Planaltina, DF, Embrapa, 2001.

RUFINO, I. A. A., TRIGUEIRO, E. B. F., MEDEIROS, V. A. S., **Geoprocessamento e Análise Sintática do Espaço: Estudo das Relações entre Vitalidade Urbana e Preservação Arquitetural no Centro Histórico de Natal**. Curitiba, PR, Anais, GIS Brasil, Mostra de Talento Científico, 14-18 maio 2001.

SCHLUMBERGER – Programa SEED, **Mudanças no Clima – Sol e Mudanças da Temperatura da Terra**. Disponível em:

<[http://www.seed.slb.com/pt/scictr/watch/climate\\_change/causes\\_other.htm](http://www.seed.slb.com/pt/scictr/watch/climate_change/causes_other.htm)>.

Acessado em: 18/01/2008.

SERVIÇO GEOLÓGICO DOS ESTADOS UNIDOS – USGS, **USGS Spectroscopy Lab**. Disponível em: <<http://speclab.cr.usgs.gov/>>. Acessado em: 18/05/2008.

SEZERINO, M. L. & MONTEIRO, C. A. F., **O Campo Térmico na Cidade de Florianópolis: Primeiros Experimentos**. Florianópolis, SC, Revista GEOSUL, nº 9, ano V, primeiro semestre, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, 1990.

SHUL'GIN, I. A. & KLESHNIN, A. F., **Correlation between Optical Properties of Plants Leaves and their Chlorophyll Content**, Doklady Akademii Nauk S.S.S.R., v 125, n 6, 1959. Translation: A.I.B.S. Doklady, v. 125. In: MENESES, P. R. & NETTO, J. S. M. (orgs.), Sensoriamento Remoto: Reflectância dos Alvos Naturais, Brasília, DF, UnB; Planaltina, DF, Embrapa, 2001.

SILVA FILHO, D. F., PIVETTA, K. F. L., COUTO, H. T. Z. e POLIZEL, J. L., **Indicadores de Floresta Urbana a partir de Imagens Áreas Multiespectrais de Alta Resolução**, Piracicaba, SP, Revista Scientia Florestalis, n 67, pp. 88-10, abril, 2005. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr67.asp>>. Acessado em: 08/01/2008.

SORRE, M., **Les fondements de la Geographhie Humaine. (Les Fondaments Biologiques – Le Climat)** Paris, France, Libr. Armand Colin, 1951. In: MONTEIRO, C. A. F. & MENDONÇA, F., **Clima Urbano**, São Paulo, SP, Contexto, 2003.

SOUZA, D. O. & BAPTISTA, G. M. M., **Análise da influência da resolução espacial na determinação das ilhas urbanas de calor em São Paulo, por meio dos sensores ASTER e MODIS.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, Goiânia, GO, Anais, pp. 4525-4530, 2005. Disponível em: <[http://www.inpe.br/ensino\\_e\\_documentacao/biblioteca.htm](http://www.inpe.br/ensino_e_documentacao/biblioteca.htm)>, Memória Técnico-Científica do INPE, Biblioteca Digital. Acesso em: 27/04/2008.

SPOSATI, A., **Cidade, Território, Exclusão/Inclusão Social**, Congresso Internacional de Geoinformação – GeoBrasil, 2000 a. In: GENOVEZ, P. C, **Território e Desigualdades: Análise Espacial Intraurbana no Estudo da Dinâmica de Exclusão/Inclusão Social no Espaço Urbano em São José dos Campos – SP**, Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, SP, 2002. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/teses/genovez.htm>>. Acesso em: 20/10/2003.

SPOSATI, A., **Mapa da Exclusão/Inclusão Social da cidade de São Paulo: dinâmica social dos anos 90**, São Paulo, SP, CDRom, 2000 b. In: GENOVEZ, P. C, **Território e Desigualdades: Análise Espacial Intraurbana no Estudo da Dinâmica de Exclusão/Inclusão Social no Espaço Urbano em São José dos Campos – SP**, Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, SP, 2002. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/teses/genovez.htm>>. Acesso em: 20/10/2003.

SULSOFT, **Portal Brasileiro do ENVI.** Disponível em: < <http://www.envi.com.br/>>. Acessado em: 21/01/2008.

THOM, E.C. **The discomfort index.** Weatherwise (V). 2:57-60, 1959. In: GOMES, M. A. S. & AMORIM, M. C. C. T., **Arborização e Conforto Térmico no Espaço Urbano: Estudo de Caso nas Praças Públicas de Presidente Prudente (SP)**, Uberlândia, MG, Caminhos de Geografia, Revista on-line, v 4, n 10, setembro 2003. Disponível em:

<<http://www.caminhosdegeografia.ig.ufu.br/viewarticle.php?id=78&layout=abstract>>.

Acessado em: 25/09/2006.

UCL, BARTLETT SCHOOL OF GRADUATE STUDIES, **UCL Depthmap: Spatial Network Analysis Software**. Disponível em: < <http://www.vr.ucl.ac.uk/depthmap/>>.

Acessado em: 21/01/2008.

UTAH STATE UNIVERSITY EXTENSION, **On Target Geospatial Seminar**.

Disponível em: <[extnasa.usu.edu/on\\_target/ot\\_tutorials\\_nir.html](http://extnasa.usu.edu/on_target/ot_tutorials_nir.html)>. Acessado em: 10/09/2007.

VALLADARES, G. S., MARIN, F. R., OSHIRO, O. T. e GOUVÊA, J. R. F., **Uso de Imagens de Radar na Estimativa da Temperatura do Ar**, XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Anais, Goiânia, GO, pp. 309-311, 16-21 abril 2005.

Disponível em:

<<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.13.47/doc/309.pdf>>.

Acessado em: 17/01/2008.

VILLAÇA, F., **Espaço Intra-urbano no Brasil**, São Paulo, SP, Studio Nobel: FAPESP: Lincoln Institute, 2<sup>a</sup>. Ed, 2001.