

Jacqueline Alves Vilela

**VARIÁVEIS DO CLIMA URBANO: ANÁLISE DA
SITUAÇÃO ATUAL E PROGNÓSTICOS PARA
A REGIÃO DO BAIRRO BELVEDERE III, BELO
HORIZONTE, MG**

Dissertação apresentada ao Núcleo de Pós-graduação da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Área de Concentração: Conforto Ambiental

Orientadora : Profa. Dra. Eleonora Sad Assis

Co-orientador: Prof. Dr. José Eustáquio Machado de Paiva

**Belo Horizonte
Escola de Arquitetura da UFMG
2007**

FICHA CATALOGRÁFICA

V699v

Vilela, Jacqueline Alves

Variáveis do clima urbano : análise da situação atual e prognósticos para a região do bairro Belvedere III, Belo Horizonte, MG / Jacqueline Alves Vilela - 2007.
213 f. : il.

Orientadora: Eleonora Sad Assis

Co-orientador: José Eustáquio Machado de Paiva

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Arquitetura e clima 2. Arquitetura – Aspectos ambientais 3. Assentamentos humanos – Influência sobre a natureza 4. Belvedere III (Belo Horizonte, MG)
I. Assis, Eleonora Sad II. Paiva, José Eustáquio Machado de III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura IV. Título

CDD : 720. 47

Aos meus pais e ao meu filho Lucas

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não poderia ser realizado sem o apoio dos seguintes órgãos e pessoas, aos quais gostaria de agradecer imensamente:

-À Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, nas pessoas das sras. Eliana Rocha Furtado e Fátima C. D. C. Araújo; Prefeitura Municipal de Nova Lima, na pessoa do sr. Carlos Eduardo Campolina; Vila da Serra Empreendimentos, na pessoa do sr. Hélio Lodi e Centrais Elétricas de Minas Gerais; pelos mapas digitais cedidos e informações sobre aprovação de projetos nas duas prefeituras.

-Ao 5º. Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura, na pessoa do sr. Jorge Luiz Batista Moreira, pelo rastreamento das condições climáticas na época da coleta de dados e pela cessão de dados climáticos.

-À Radio Itatiaia, na pessoa do sr. Severino Dias Carneiro; BH Shopping, na pessoa do sr. Leocádio Amoras e Brasil Telecon, por tornarem possível a instalação das estações medidoras fixas nos locais ideais.

-À Profa. Dra. Léa Cristina Lucas de Souza pelo apoio particular no uso da extensão *3D SkyView do Arcview 3.2*.

-À Profa. Dra. Ana Clara Mourão Moura e aos geógrafos Maysa Araújo, Vladimir Diniz V. Ramos e Renato T. Maia, pelos bem traçados caminhos através do geoprocessamento.

-Ao prof. José Rubens Gonçalves de Souza, do Dep. De Engenharia Mecânica do Centro Federal de Ensino Técnico (CEFET/MG), pelo carinho e grande ajuda na discussão dos resultados;

-Ao Prof. Dr. Sebastião Lira e aos alunos do ESTAT-MG, da Escola de Estatística da UFMG pelo interesse na discussão dos resultados estatísticos.

-Aos professores, funcionários e colegas do Núcleo Pós Graduação e Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo, da Escola de Arquitetura da UFMG, em especial à secretária Renata Albuquerque por tornarem todo este processo possível.

-Aos professores e funcionários do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, pela ajuda constante.

-À Biblioteca da Escola de Arquitetura da UFMG, especialmente aos bibliotecários, Moema Brandão da Silva e Marco Lorena de Queiroz pela minuciosa revisão e normatização do texto.

-À profa. Dra. Eleonora Sad Assis, que me orientou com imensa competência, que me levantou nos momentos difíceis desta caminhada e que vibrou comigo quando das descobertas, pelo apoio e amizade.

-Ao prof. Dr. Jose Eustáquio Machado Paiva, pela orientação correta e precisa, pelo incentivo ininterrupto, pelo gesto amigo e pela imensa atenção.

-À profa. Dra. Roberta Gonçalves Vieira de Souza, por estar sempre presente e pelo constante interesse em me ajudar.

-Às minhas colegas do Laboratório de Conforto Ambiental da EA/UFMG, pela ajuda especializada em tantos momentos e por tornarem esta caminhada mais divertida.

-Ao meu amado filho Lucas, aos meus familiares, especialmente meus pais, Vilma e Vilela, pelo amor e apoio incondicional em todos os momentos de minha vida. Que esta conquista seja de vocês, tanto quanto minha.

-À todos os meus amigos, especialmente à arquiteta Mônica Lacerda Grandini pelo amparo e carinho em todos estes anos nos caminhos da vida.

-A Deus, por tantas graças alcançadas, especialmente pela conclusão desta etapa.

Enfim, a todos que de uma forma ou outra contribuíram na realização desta pesquisa.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar o impacto gerado em uma área urbana, pela aplicação de um modelo de assentamento previsto na legislação dos municípios, sobre determinadas variáveis do clima urbano. O estudo foi desenvolvido através do estabelecimento de uma relação empírica entre os parâmetros climáticos (variáveis de temperatura e umidade relativa) e os parâmetros urbanísticos (massa construída e fator de visão do céu), avaliada em cenários diferentes (existente em 2006 e futuro), como perspectiva de integração entre o planejamento e a climatologia urbanas.

Usando um recorte urbano em franco processo de expansão, situado em uma área limítrofe aos municípios de Belo Horizonte e Nova Lima, MG, partiu-se da hipótese de que, a medida em que, a cidade se verticaliza e se adensa, sua geometria urbana é modificada, o que traz alterações nas variáveis urbanas de [Massa Construída(MC) e Fator de Visão do Céu (FVC)] e consequentemente, alterações nas variáveis climáticas [temperatura (T) e umidade relativa(UR)].

Para estabelecer a comparação entre o comportamento das variáveis envolvidas foram aplicadas as Técnicas de Cenários, gerando dois cenários distintos: o primeiro corresponde à situação da ocupação existente em 2006 e o segundo baseou-se na possibilidade de ocupação máxima permitida pelas Leis de Usos e Ocupação do Solo dos dois municípios. No Cenário 1, foram medidas as variáveis climáticas de temperatura e umidade relativa, bem como levantada a massa construída e o Fator de Visão do Céu existentes em 2006. Um modelo empírico relacionando as variáveis climáticas (T e UR) às variáveis urbanas (MC E FVC) foi gerado. No Cenário 2, futuro, foram simuladas as mesmas variáveis climáticas através desse modelo, tomando-se como parâmetro as novas MC e FVC geradas. Estabeleceu-se uma comparação entre as

mudanças que poderão ocorrer nas variáveis climáticas, relacionando-as às novas condições de adensamento da região.

Os resultados apontam para uma tendência de ocorrer alterações mais significativas nas variáveis climáticas nas áreas onde o adensamento e a verticalização são mais vigorosos, o que pode acarretar um aumento significativo no consumo de energia e uma série de problemas de saúde para a população, que vão além do desconforto térmico. Porém percebe-se que, estatisticamente falando, o FVC tem, no horário e áreas definidas pelo estudo, uma influência maior que a MC sobre as alterações da temperatura e da umidade relativa.

Assim, o procedimento desenvolvido mostrou-se capaz de simular as alterações das variáveis climáticas em função da alteração das variáveis urbanas, integrando assim, o estudo do clima urbano ao planejamento das cidades. Tal ferramenta poderá permitir a comparação entre diferentes soluções do desenho urbano propostas, auxiliando no entendimento da dinâmica da morfologia urbana e da climatologia e contribuindo para o aprimoramento da análise e previsão das condições futuras e poderá ser utilizada para auxiliar os planejadores urbanos nas tomadas de decisão que envolvem o clima urbano.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the impact of an urban development on the variables of the urban climate. The climatic variables involved were air temperature and relative humidity. They were related with the urban fabric variables of construction mass and sky view factor, in order to study the effects of the urban geometry and thermal inertia on the local climate change.

An urban area in development at the border between the cities of Belo Horizonte and Nova Lima, State of Minas Gerais, Brazil, was selected as a study area. This area was divided into two transect path with a total of twenty-four measure points. Data of air temperature and humidity were collected each 3 hours, starting at 3 p.m. during 24h. These data were used to build 2 empirical equations relating climatic variables and urban fabric variables.

Using the techniques of scenarios, the local urban developed was occupation projected to 10 years ahead (2016) the new values of the urban fabric variables were then calculated. Doing so, new estimates of the air temperature and humidity for this future scenario could be made through the empirical equations. These new data were plotted on the 2016 map of land use and occupation allowing the assessment of tendencies of changing climatic variables related to urban development.

The increase of construction density and the arrangement geometry among the buildings were observed as the main aspects to cause changes in the local horizontal spatial distribution of the air temperature and humidity.

This methodology is thought to be useful in urban planning and design as long as a responsible urban climate design is concerned. The method could be applied to evaluate the impact of the urban legislation on environmental aspects of the area, though the comparison among different design solutions.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01	Proposta de desenvolvimento do capítulo de revisão teórica	31
FIGURA 02	Esquema das escalas climáticas e dos layers verticais nas áreas urbanas	37
FIGURA 03	Esquema representativo do perfil da ilha de calor urbana relacionada ao tipo de ocupação	40
FIGURA 04	Processo ideal de elaboração de modelos em relação à realidade	51
FIGURA 05	Ilha de calor na cidade de São Paulo, inverno, às 21 h.	54
FIGURA 06	Ilha de calor na cidade de São Paulo, verão, às 21 h	54
FIGURA 07	Mapa hipsométrico, ventilação urbana e recomendações para o bairro Floresta em Belo Horizonte	55
FIGURA 08	Projeção da hemisfera celeste no plano horizontal	61
FIGURA 09	Diagrama de fatores de forma para superfícies horizontais em projeção estereográfica	61
FIGURA 10	Fotografia com lente “olho de peixe” de um canyon urbano	62
FIGURA 11	Definição da polilinha no software <i>Autocad</i>	62
FIGURA 12	Projeção estereografica	64
FIGURA 13	Projeção estereografica	64
FIGURA 14	Interface do 3D <i>Skyview</i> com dados de entrada	65
FIGURA 15	Visualização de resultados no 3D <i>Skyview</i>	66
FIGURA 16	Exemplo de resultado produzido pelo software <i>Surfer 7.0</i>	69
FIGURA 17	Esquema explicativo para as Técnicas de Cenários	71
FIGURA 18	Localização geográfica de Belo Horizonte, MG	75
FIGURA 19	A localização da área do estudo de caso e a vizinhança	75
FIGURA 20	Projeto para a capital mineira, datado de 1895	78
FIGURA 21	Vista aérea da área de estudo	81
FIGURA 22	Foto região bairro Belvedere III, 1991	82
FIGURA 23	Foto Bairro Belvedere III, 2001	84
FIGURA 24	Foto bairro Belvedere III, Barreira à entrada dos ventos	86
FIGURA 25	Mapa de direção e velocidade dos ventos em Belo Horizonte	87
FIGURA 26	Vista aérea bairros Vila da Serra e Vale do Sereno	88
FIGURA 27	Fotografias bairros Vila da Serra e Vale do Sereno	88
FIGURA 28	Fluxograma metodológico	91
FIGURA 29	Equipamento <i>Termohigrometro</i> digital, marca <i>Salcas</i> , modelo <i>Higrotemp</i>	94
FIGURA 30	Equipamento <i>Termohigrometro Data Logger</i> , marca <i>Hobo</i> , para pontos fixos	94

FIGURA 31	Condição de nebulosidade para os dias 27 e 28/07/2006	95
FIGURA 32	Aparato para fotografia do FVC	99
FIGURA 33	Aparato para fotografia FVC locado no eixo da via	99
FIGURA 34	Ângulos da lente “olho de peixe” utilizada, em projeção estereográfica	100
FIGURA 35	Tela <i>Autocad</i> com foto FVC e polilinha	101
FIGURA 36	Tela <i>Mapinfo</i> com superposição da polilinha sobre o diagrama de fator de forma e cálculo do FVC	102
FIGURA 37	Mapa de zoneamento do Belvedere III	106
FIGURA 38	Conjunto de edifícios já aprovados no bairro Vila da Serra, Nova Lima. Condomínio Grand Líder Olympus	114
FIGURA 39	Tela <i>Arcview</i> 3.2, extensão <i>3DSkyview</i> , apresentando tema de polígonos e observadores com devidos atributos e mapa da área de estudo	116
FIGURA 40	Tela <i>Arcview</i> 3.2, extensão <i>3D scene</i> , apresentando tema de polígonos e observadores em visão 3D da área de estudo	117
FIGURA 41	Tela <i>Arcview</i> 3.2, extensão <i>3DSkyview</i> , apresentando <i>setup</i> para o pto. 8	118
FIGURA 42	Mapa do desenho urbano e classificação de adensamento em 2006, Cenário 1	123
FIGURA 43	Perspectiva do desenho urbano existente em 2006, Cenário 1	124
FIGURA 44	Mapa de localização dos pontos (fixos e móveis) de coleta de dados de temperatura, umidade relativa, FVC e MC, para os dois cenários	126
FIGURA 45	Registro fotográfico dos pontos	127
FIGURA 46	Foto com lente “olho de peixe” e definição da poliline no <i>Autocad</i> /ponto	135
FIGURA 47	Mapa do desenho urbano e classificação de adensamento em 2016, Cenário 2	148
FIGURA 48	Perspectiva do desenho urbano em 2016, cenário 2, com alguns projetos já aprovados.	149
FIGURA 49	Tela <i>Arcview</i> 3.2, extensão <i>3DSkyview</i> , com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO 1=10=A=J	152
FIGURA 50	Tela <i>Arcview</i> 3.2, extensão <i>3DSkyview</i> , com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO 2	153
FIGURA 51	Tela <i>Arcview</i> 3.2, extensão <i>3DSkyview</i> , com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO 3	153
FIGURA 52	Tela <i>Arcview</i> 3.2, extensão <i>3DSkyview</i> , com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO 4	154

FIGURA 53	Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO 5	154
FIGURA 54	Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO 6	155
FIGURA 55	Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO 7	155
FIGURA 56	Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO 8	156
FIGURA 57	Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO 9	156
FIGURA 58	Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO FUMEC	157
FIGURA 59	Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO B	157
FIGURA 60	Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO C	158
FIGURA 61	Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO D	158
FIGURA 62	Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO E	159
FIGURA 63	Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO F	159
FIGURA 64	Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO G	160
FIGURA 65	Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO H	160
FIGURA 66	Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO I	161
FIGURA 67	Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO BHS1	161

FIGURA 68	Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO BHS2	162
FIGURA 69	Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO RD. ITA	162
FIGURA 70	Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o PONTO RFFSA	163
FIGURA 71	3D para o ponto 8	164
FIGURA 72	3D para o ponto 8	164
FIGURA 73	Comparação entre o FVC do Cenário 1 e 2, no ponto 8	165
FIGURA 74	Temperaturas corrigidas , coletadas no dia 27/06/07 às 21h , plotadas sobre mapa de adensamento – Cenário1	168
FIGURA 75	Temperaturas simuladas para 21h, plotadas sobre mapa de adensamento – Cenário 2	169
FIGURA 76	Umidades Absolutas, calculadas para às 21h , plotadas sobre mapa de adensamento Cenário 1	170
FIGURA 77	Umidades Relativas simuladas para 21h, plotadas sobre mapa de adensamento – Cenário 2	171
FIGURA 78	Regressão múltipla: análise do software <i>Statgraphics</i> para $UA=f(FVC,MC)$	197
FIGURA 79	Regressão múltipla: análise do software <i>Statgraphics</i> para $T=f(FVC,MC)$	199

LISTA DE TABELAS

TABELA 01	Escalas horizontais do clima urbano	36
TABELA 02	Escala horizontal do clima urbano	38
TABELA 03	Dados das edificações existentes na área do estudo em 2006	121
TABELA 04	Medidas de temperatura e umidade relativa coletadas e corrigidas para dia 27/07/06 às 21:00 h	131
TABELA 05	Cálculo do volume de concreto por edificação Cenário 1	132
TABELA 06	Cálculo da Massa Construída por ponto- Cenário 1	133
TABELA 07	MC calculada por ponto, para Cenário 1	134
TABELA 08	FVC por ponto para Cenário 1	141
TABELA 09	Fatores para MC no Cenário 1	143
TABELA 10	Dados inseridos no software <i>Statgraphics</i> , para geração da equação de correlação entre as variáveis	144
TABELA 11	Dados dos edifícios que incorporarão o Cenário 2	147
TABELA 12	Tabela de dados e cálculo de volume de concreto - Cenário 2	150
TABELA 13	MC por ponto no Belvedere III, Cenário 2	150
TABELA 14	Massa construída por ponto, cenário 2	151
TABELA 15	FVC por ponto para Cenário 2	165
TABELA 16	Fatores para MC no cenário 2	166
TABELA 17	Dados de T, UR, MC, FVC por ponto, para o cenário 2	167
TABELA 18	Dados das edificações existentes na área do Belvedere III em 2006.	184
TABELA 19	Dados das edificações existentes na área do Vila da Serra em 2006	185
TABELA 20	Dados das edificações existentes na área do Vale do Sereno em 2006	186
TABELA 21	Dados de temperatura e umidade relativa coletadas e corrigidas para o dia 27/07/06 às 15:00 h	187
TABELA 22	Dados de temperatura e umidade relativa coletadas e corrigidas para o dia 27/07/06 às 18:00 h	188
TABELA 23	Dados de temperatura e umidade relativa coletadas e corrigidas para o dia 27/07/06 às 21:00 h	189
TABELA 24	Dados de temperatura e umidade relativa coletadas e corrigidas para o dia 2/07/06 às 06:00 h	190
TABELA 25	Dados de temperatura e umidade relativa coletadas e corrigidas para o dia 28/07/06 às 09:00 h	191
TABELA 26	Dados de temperatura e umidade relativa coletadas e corrigidas para o dia 28/07/06 às 12:00 h	192
TABELA 27	Tabela de cálculo de volume de concreto para o	193

	Cenário 1, Belvedere III	
TABELA 28	Tabela de cálculo de volume de concreto para o Cenário 1, Vila da Serra	194
TABELA 29	Tabela de cálculo de volume de concreto para o Cenário 1, Vale do Sereno	195
TABELA 30	Tabela de cálculo da Massa Construída para o Cenário 1, Belvedere III	196
TABELA 31	Tabela de cálculo da Massa Construída para o Cenário 1, Vila da Serra	196
TABELA 32	Tabela de cálculo da Massa Construída para o Cenário 1, Vale do Sereno	196
TABELA 33	Dados das edificações que incorporarão o cenário 2, na área do Belvedere III, simulados para 2016	201
TABELA 34	Dados das edificações que incorporarão o cenário 2, na área do Vale do sereno, simulados para 2016	202
TABELA 35	Dados das edificações que incorporarão o cenário 2, na área do Vila da Serra, simulados para 2016	203
TABELA 36	Tabela de cálculo de volume de concreto para o Cenário 2, Belvedere III	205
TABELA 37	Tabela de cálculo de volume de concreto para o Cenário 2, Vila da Serra	206
TABELA 38	Tabela de cálculo de volume de concreto para o Cenário 2, Vale do Sereno	207
TABELA 39	Tabela de cálculo da Massa Construída para o Cenário 2, Belvedere III	208
TABELA 40	Tabela de cálculo da Massa Construída para o Cenário 2, Vila da Serra	208
TABELA 41	Tabela de cálculo da Massa Construída para o Cenário 2, Vale do Sereno	208

LISTA DE QUADROS

QUADRO 01	Parâmetros urbanísticos para a área do bairro Belvedere III	106
QUADRO 02	Parâmetros urbanísticos para a área do bairro Vale do Sereno	107
QUADRO 03	Parâmetros urbanísticos para a área do bairro Vila da Serra	108
QUADRO 04	Parte do relatório de fichas de obras/lote da PMBH com projetos aprovados, referente ao bairro Belvedere III, Belo Horizonte, MG	111
QUADRO 05	Parte do relatório de fichas de obras/lote da PMNL, projetos aprovados referentes aos bairros Vila da Serra, Nova Lima, MG	115

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAD – Computer Aided Design
CONAMA – Comissão Nacional do Meio Ambiente
COPAM – Comissão de Política Ambiental
CP – Código de Processamento
FVC – Fator de Visão do Céu
GIS – Geographical Information System
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
LUOS – Lei de Uso e Ocupação do Solo
MA – Modelo de Assentamento
MC – Massa Construída
OMM – Organização Mundial de Meteorologia
PBL - Planetary Boundary Layer
PMBH – Prefeitura Municipal de Belo Horizonte
PMNL – Prefeitura Municipal de Nova Lima
PRODABEL – Empresa de Processamento de Dados de Belo Horizonte
R - Coeficiente de correlação
RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte
SIG – Sistema de Informações Geográficas
SVF – Sky View Factor
UBL – Urban Boundary Layer
UCL – Urban Canopy Layer
ZC – Zona Comercial
ZP – Zona de Proteção
ZR – Zona Residencial
2D – Bidimensional
3D – Tridimensional

LISTA DE SÍMBOLOS

A = Área construída (m^2)

Af = Área total da fração urbana(m^2)

At = Área total construída por terreno(m^2)

Bw = Espessura média do concreto (m)

C1 = Cenário 1(2006)

C2 = Cenário 2 (2016)

Cc = Calor específico da massa construída, à pressão constante - kJ/kgK

CO = Coeficiente de aproveitamento

$\frac{dT_o}{dt}$ = Taxa de mudança da temperatura em relação ao tempo

h = Altura das construções(m)

h = Hora

km^2 = Quilômetro quadrado

m = Metro

m^2 =Metro quadrado

mm =Milímetro

MC = Massa construída

T = Temperatura do ar, ($^{\circ}C$; $^{\circ}K$)

TO = Taxa de Ocupação

UA = Umidade Absoluta

UR = Umidade Relativa

Vc = Volume do concreto (m^3)

γ_c = densidade do concreto = $2400 \text{ kg}/m^3$

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	29
2.1 O clima urbano	31
2.1.1 As variáveis climáticas no contexto urbano	32
2.1.2 As escalas do clima urbano	35
2.1.3 A ilha de calor urbana	38
2.2 As abordagens sobre o clima urbano	40
2.3 Métodos e técnicas na climatologia urbana	49
2.3.1. Observação de dados do recinto urbano	51
2.3.1.1 Investigação das condições das variáveis climáticas (temperatura e umidade relativa)	51
2.3.1.2 Investigação das condições das variáveis urbanas (MC e FVC)	56
2.3.1.2.1 A Massa Construída	56
2.3.1.2.2 O fator de visão do céu (FVC)	59
2.3.2 O tratamento estatístico dos dados: a análise de regressão	67
2.3.3 A relação da Umidade Relativa e da Umidade Absoluta	67
2.3.4 A espacialização dos resultados	68
2.3.5 As Técnicas de Cenário e o planejamento urbano	69
2.3.6 A climatologia e planejamento urbano	74
3 A AREA DO ESTUDO DE CASO	75
3.1 Belo Horizonte	76
3.2 Nova Lima	80
3.3 A área do estudo de caso: Belvedere III, Vila da Serra e Vale do Sereno	81
4 METODOS E TÉCNICAS	90
4.1 A geração do cenário 1	90
4.1.1 Trabalho de campo	90
4.1.1.1 Levantamento para atualização da base cartográfica e cadastro das edificações existentes na área de estudo	92
4.1.1.2 Coleta de dados das variáveis climáticas (temperatura e umidade relativa) da área de estudo	92
4.1.1.3 Coleta de dados da variável urbana massa construída (MC)	98
4.1.1.4 Coleta de dados da variável urbana Fator de visão do céu(FVC)	99
4.1.2 Correlação entre as variáveis climáticas (temperatura e umidade relativa) e as variáveis urbanas (MC e FVC)	103
4.2 Geração do cenário 2	105

4.2.1	Levantamento das Leis de Uso e Ocupação do Solo de Belo Horizonte e Nova Lima	105
4.2.1.1	LUOS de Belo Horizonte/bairro Belvedere III	105
4.2.1.2	LUOS de Nova Lima/bairros Vale do Sereno e Vila da Serra	107
4.2.2	Estudo das tendências	108
4.2.2.1	Área do Bairro Belvedere III	109
4.2.2.2	Área dos Bairros Vila da Serra e Vale do Sereno	111
4.2.3	Determinação da variável urbana massa construída (MC)	115
4.2.4	Coleta de dados da variável urbana Fator de visão do Céu(FVC)	115
4.3	Determinação das novas temperaturas e umidade relativas	118
4.4	Comparação entre os dois cenários	119
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	120
5.1	Resultados do trabalho de campo	120
5.1.1	Resultados do levantamento para atualização da base cartográfica e cadastro das edificações existentes na área de estudo	120
5.1.2	Determinação dos pontos de medição	125
5.1.3	Resultado da coleta de dados das variáveis climáticas (temperatura e umidade relativa) da área de estudo	131
5.1.4	Resultado da coleta de dados da variável urbana massa construída (MC)	132
5.1.5	Coleta de dados da variável urbana Fator de Visão do Céu	135
5.1.6	Correlação entre as variáveis climáticas (temperatura e umidade relativa) e as variáveis urbanas (MC e FVC)	142
5.2	Geração do cenário 2	146
5.2.1	Resultados da nova volumetria gerada a partir da ocupação máxima permitida pelas LUOS e das tendências constatadas para o Cenário 2	146
5.2.2	Determinação da variável urbana massa construída (MC) no Cenário 2	150
5.2.3	Coleta de dados da variável urbana Fator de Visão do Céu no Cenário 2	152
5.3	Determinação das novas temperaturas e umidades relativas	166
5.4	Comparação entre os dois cenários	168
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	174
	REFERÊNCIAS	177
	APÊNDICES	184
APENDICE A	Dados das edificações existentes na área de estudo em 2006	184
APENDICE B	Tabelas dos dados de coleta de temperatura e umidade relativa no dia 27-28/07/2006, correção	187

	linear e cotas altimétricas	
APENDICE C	Tabelas de cálculo do volume de concreto e da Massa Construída para o Cenário 1	193
APENDICE D	Análise de regressão dos dados	197
APENDICE E	Dados das edificações do Cenário 2	201
APENDICE F	Tabelas de cálculo de volume de concreto e Massa Construída do Cenário 2	205
ANEXOS	Comprovante de calibração dos equipamentos utilizados para coleta de dados de temperatura e umidade relativa	209

1 INTRODUÇÃO

A história das cidades começa (SOYA, 2000), bem antes da revolução industrial e mesmo antes da revolução agrícola. Para esse autor, o surgimento do “urbano” se dá quando as primeiras sociedades de colhedores e caçadores se organizam em um espaço centralizado, com relações sociais capazes de gerar produção própria e progresso. Porém, o processo de urbanização ocidental se acelera após a revolução industrial, quando um grande contingente populacional se desloca para as cidades em busca de trabalho. A estrutura das velhas cidades, com precárias condições sanitárias e de habitação, não comporta mais a nova realidade e se torna inconveniente a essa população, que passa a viver em meio a doenças e condições sub-humanas. Os urbanistas modernos progressistas, encarregados de reestruturar as cidades no final do século XIX, passam a buscar então de forma obcecada, os espaços racionais e abertos, capazes de promover a higiene, a ordenação e a segurança das cidades modernas (CHOAY, 1992).

Fruto do longo processo de evolução da sociedade humana e representante mais bem acabada daquelas condições de vida que o homem tem buscado constituir, as cidades vêm se desenvolvendo rapidamente, numa constante transformação; iniciando o século XXI com enormes desafios a superar. Estima-se que a população urbana continuará a crescer, devendo chegar a mais de 60% do total mundial em 2025, segundo as Nações Unidas (OKE, 1986).

O processo de evolução das cidades promoveu transformações, cujas conseqüências repercutem não só no equilíbrio do meio ambiente, como também na qualidade de vida das populações, devido à alta concentração de atividades e densidade construtiva e demográfica. Este processo vem provocando modificações substanciais na paisagem, no balanço de energia e na concentração de poluentes acentuando a escalada nos processos de deterioração ambiental (LOMBARDO, 1985).

No caso das metrópoles brasileiras (CASTRIOTA, 2003), onde se inclui Belo Horizonte, a situação torna-se ainda mais grave, face ao

crescimento descontrolado e ao agrupamento dos problemas sociais, à ocupação desordenada e à ausência de políticas urbanas eficazes para a promoção de um ambiente urbano inclusivo e equilibrado, num cenário onde o adensamento obedece muito mais a interesses especulativos do que aos benefícios sociais.

Muitos pesquisadores já demonstraram que os processos de adensamento e verticalização das áreas urbanas são capazes de provocar impactos sobre o clima urbano, principalmente ao se considerar os fenômenos que acontecem na camada limite ao nível das coberturas (UCL - Urban Canopy Layer). As pesquisas sobre a ilha de calor urbana mostram que a morfologia e a geometria urbanas, as propriedades térmicas dos materiais utilizados nas construções, a proporção entre as áreas construídas e as áreas verdes e a poluição da atmosfera são as principais variáveis envolvidas na alteração do balanço energético local (OKE, 1986). Este ponto de vista põe a geometria urbana e a inércia térmica em evidência e como fatores preponderantes na formação da ilha de calor urbana. Com relação à geometria urbana que pode ser descrita pelo FVC (Fator de Visão do Céu) ou ângulo de obstrução do horizonte em um dado ponto, demonstrou-se que, quanto mais obstruído é um local no meio urbano, menor é a capacidade de troca térmica por radiação (OKE, 1981), o que conseqüentemente, favorece a formação da ilha de calor noturna nas áreas mais adensadas. Com relação à inércia térmica, sabe-se que as construções armazenam parte do calor durante o dia, dissipando-o à noite. Tso et al. (1990) demonstraram a relação entre o aumento da massa construída, a redução nas perdas térmicas convectivas e o aumento de temperatura nos centros urbanos. O modelo proposto por TSO et al (1990) já foi aplicado em cidades tropicais de baixa latitude, como é o caso de Kuala Lumpur (TSO et al, 1996); Maceió (BARBIRATO, 1998) e Belo Horizonte (LIMA et al, 2003). Estes estudos também demonstram uma significativa relação entre o aumento da massa construída e o incremento da temperatura. Apesar de existirem vários estudos elaborados sobre a influência do processo de urbanização sobre o clima, ainda é deficiente a elaboração de estudos da climatologia aplicados ao planejamento urbano, com vistas a

desenvolver metodologias capazes de auxiliar na condução do problema térmico urbano.

Tudo isso aponta para a necessidade de um estudo mais aprofundado acerca do conforto térmico urbano, mediante a relação entre o processo de urbanização e as alterações climáticas, de modo a permitir analisar que conseqüências a alteração da geometria urbana traz ao clima urbano. Ao se determinar as possíveis alterações das variáveis climáticas em um momento futuro, será possível contribuir ainda mais, para uma maior consciência do problema e gerar subsídios que poderão servir de base para a tomada de decisões acerca das cidades. Além disso, será possível instrumentalizar o planejador urbano que se apresenta como agente capaz de intervir no processo de urbanização, redimensionando as ações sobre o planejamento e minimizando os impactos ambientais provocados pelo processo de crescimento das cidades.

Visando contribuir para tal, esta pesquisa teve como objetivo geral:

-Analisar o impacto causado sobre o clima urbano gerado por um assentamento que se desenvolveu baseado na aplicação de um modelo previsto na Legislação de Uso e Ocupação do Solo dos municípios envolvidos, através do desenvolvimento de uma relação empírica entre os parâmetros climáticos (variáveis de temperatura e umidade relativa) e os parâmetros urbanísticos (massa construída e fator de visão do céu), avaliada em cenários diferentes, em uma área urbana continental em franco processo de crescimento. Pretende-se, desta forma, elaborar um procedimento, que integre as variáveis do conforto térmico ao planejamento urbano, para que o mesmo possa vir a ser utilizado como instrumento de análise de impactos ambientais provocados pelo processo de crescimento urbano e como perspectiva de integração entre o planejamento urbano e a climatologia.

Mais especificamente busca-se:

- Analisar, através dos resultados obtidos em campo e em simulação computacional, as variáveis climáticas (temperatura e umidade relativa) e as variáveis urbanas (massa construída e fator de visão do céu) nos vários pontos

adotados e a influência do processo de urbanização sobre as mesmas, na situação existente no ano de 2006;

- Elaborar um cenário futuro para 2016, utilizando-se as Técnicas de Cenários, no sentido de gerar uma nova volumetria com base no aproveitamento máximo permitido pela LUOS (Lei de Uso e Ocupação do Solo) e nas tendências definidas para a área ;

- Simular, tendo em vista a nova massa construída obtida para o cenário futuro, os novos FVC (Fator de Visão do Céu) buscando prever o novo comportamento das mesmas variáveis climáticas, nos mesmos pontos, em 2016, através da correlação entre as variáveis climáticas e as variáveis urbanas estabelecida no cenário de 2006 e aplicada ao cenário futuro.

- Proceder à integração das variáveis climáticas na análise da evolução da malha urbana, objetivando traçar recomendações para a área objeto de estudo, através da avaliação e comparação dos resultados obtidos nas duas primeiras etapas.

A área do estudo de caso situa-se na porção sul da cidade de Belo Horizonte, capital do Estado de Minas Gerais, em uma região limítrofe com o município de Nova Lima. Apresenta uma área de urbanização consolidada, correspondente ao Bairro Belvedere III (Belo Horizonte) e uma área em processo de urbanização acelerada, mas ainda não consolidada representada pelos Bairros Vila da Serra e Vale do Sereno (Nova Lima). Os Bairros tiveram, desde sua aprovação, sua implantação questionada em função da ocupação de alta densidade permitida e da localização proposta sobre a Serra do Curral, patrimônio tombado e área de recarga do Aquífero Belo Horizonte. O Bairro Belvedere III foi desde a sua implantação um sucesso imobiliário e teve sua população dobrada em apenas quatro anos (2000-2004) segundo dados da Associação dos Moradores do bairro Belvedere III. Como praticamente não existem mais lotes para futuras incorporações, o setor imobiliário vê na área vizinha, Vila da Serra e Vale do Sereno, sua saída para expansão urbana. Por sua vez, os Bairros Vale do Sereno e Vila da Serra localizam-se junto à reserva florestal da Mata da Jambreiro e é, segundo Ferreira; Assis (2006), área de entrada dos ventos para a cidade de Belo Horizonte. Com relação à

legislação, o Plano Diretor e a nova Lei de Uso e Ocupação do Solo de Belo Horizonte (Lei 7166/96), apesar de conter alguns avanços (método do “envelope solar” para cálculo dos afastamentos e porções mais abrangentes das áreas verdes), têm recebido algumas críticas de pesquisadores, pois as propostas elaboradas nos estudos preliminares, com o fim de proporcionar melhores condições de conforto ambiental com base no desenho e planejamento urbanos, não foram utilizadas na elaboração da lei atual. Em países da Europa, nos Estados Unidos, Canadá e Japão, por exemplo, a preocupação em incorporar à legislação urbanística, métodos que integrem a variável climática é uma constante.

Entende-se aqui que planejar é determinar objetivos e os meios mais eficazes de alcançá-los no futuro; nesse processo (AMANA KEY, 1995), nada é absolutamente certo, mas deixar tudo ao sabor da incerteza pode provocar uma incapacidade de gerir problemas e até mesmo uma paralisia do sistema gestor, o que pode implicar em grandes prejuízos ambientais e sociais e até mesmo o colapso de algumas áreas.

Pelo exposto, percebe-se que a área de estudo apresenta vários indicativos de problemas relacionados ao conforto térmico urbano com implicações em toda a cidade e região metropolitana. Nesse contexto é importante ressaltar que qualquer intervenção no meio urbano pressupõe como recurso indispensável ao planejamento, a investigação climática. E é sob esse enfoque que se fundamenta e se justifica a presente pesquisa, já que a avaliação das condições de conforto térmico urbano constitui um aporte significativo para o planejamento, tendo em vista as diversas demandas de que se prescinde para viver na cidade. Nesse sentido, conhecer a situação atual e suas possíveis tendências, representa um passo necessário para o balizamento das intervenções urbanas, de modo que o estudo das alterações climáticas e das condições de conforto térmico urbano poderá contribuir para uma melhoria na qualidade de vida dos assentamentos urbanos, na saúde da população e na busca de um equilíbrio ecológico. A busca desse equilíbrio, em termos de melhoria da qualidade físico-ambiental do ambiente urbano, tornou-

se, no século XXI, condição básica para a vida das pessoas e requisito fundamental para a sobrevivência da própria cidade.

Diante da situação exposta partiu-se das seguintes hipóteses:

1- à medida que a cidade se verticaliza e se adensa, sua geometria urbana é alterada. A alteração das variáveis urbanas (Massa Construída(MC) e Fator de Visão do Céu (FVC)) traz conseqüentemente, uma alteração nas variáveis climáticas (temperatura (T) e umidade relativa(UR));

2- estabelecendo-se uma correlação entre as variáveis urbanas e as variáveis climáticas a partir de uma situação pré-estabelecida, pode-se estimar as alterações nas variáveis climáticas em cenários futuros, se fornecidos os novos dados das variáveis urbanas;

3- diante das perspectivas de alteração da geometria urbana da área do recorte adotado é possível que este venha a ter suas condições de conforto térmico comprometidas no futuro. Isso poderá acontecer principalmente nos Bairros Vila da Serra e Vale do Sereno, áreas com grande potencial de adensamento e lindeiras à Serra do Curral e à Mata do Jambreiro;

4- é possível estabelecer um procedimento em que, utilizando-se as Técnicas de Cenários para gerar futuros possíveis e baseando-se nas variáveis urbanas e climáticas atuais, possam ser indicadas alterações das variáveis climáticas de modo a se poder contribuir para a determinação das melhores ou piores possibilidades de expansão urbana, tendo em vista as variáveis do conforto térmico urbano, para ser integrado ao processo de análise de impacto ambiental e à Legislação de Uso e Ocupação do Solo municipal.

A concepção metodológica deste trabalho baseia-se no diagrama elaborado por Echenique (1975), que salienta que os estudos de fenômenos concretos, reais, como é o caso do clima, requerem considerar que os mesmos vão ocorrer sempre na linha do tempo, não sendo possível nessa esfera analisar todo o universo de possibilidades que encerra o assunto. Isto leva à necessidade de se criar modelos que proporcionem um quadro o mais fiel possível da situação abordada; esses modelos precisam estar interligados num processo temporal para que se possa chegar às metas estabelecidas de

integração dos conhecimentos do clima urbano e da dinâmica espacial da cidade.

No Brasil, a maior parte dos trabalhos que envolvem variáveis climáticas, em estudos do clima urbano, focaliza prioritariamente a abordagem descritiva e preditiva dos modelos, dispensando pouca atenção à abordagem das capacidades exploratórias ou de simulação futura, com vistas a gerar subsídios para o planejamento urbano.

Espera-se como resultado desta pesquisa:

-Embasar novas pesquisas, que integrem a climatologia ao planejamento urbano;

-Estimular o desenvolvimento de outros modelos exploratórios em pesquisas que envolvam o desenvolvimento urbano;

-Elaborar um procedimento, que possa ser utilizado como subsídio pelos planejadores urbanos, seja em LUOS ou Códigos de Obra, tendo em vista a preservação de melhores condições de conforto térmico urbano;

Este trabalho inclui ainda mais sete partes. No *Capítulo 2* são apresentadas a revisão bibliográfica e fundamentação teórica, relacionando a geometria urbana, através dos parâmetros FVC e MC às questões do clima urbano e da ilha de calor. O capítulo apresenta também a revisão dos métodos e das técnicas que permeiam a climatologia urbana e a construção dos cenários exploratórios.

O *Capítulo 3* trata da caracterização da área objeto de estudo; apresenta os aspectos geofísicos, perfil climático e do desenvolvimento urbano das cidades de Belo Horizonte e Nova até chegar à área de estudo. Trabalha a caracterização da área de estudo analisando as variáveis envolvidas no uso e ocupação do solo.

O *Capítulo 4* trata dos métodos e das técnicas utilizados no desenvolvimento da pesquisa, descrevendo os passos dos trabalhos de campo e os procedimentos para se determinar as variáveis envolvidas no cenário existente, como também, a simulação destas variáveis no cenário futuro.

No *Capítulo 5*, os resultados dos trabalhos de campo, da montagem dos cenários e das simulações obtidos são apresentados e discutidos. Além

disso, discute ainda a validação do método proposto, fazendo-se algumas considerações.

O *Capítulo 6* trata das conclusões e recomendações, avaliando-se o conjunto dos resultados em termos dos objetivos propostos, as insuficiências e limites, além de sugerir novos temas para trabalhos recorrentes. O *Capítulo 7* disponibiliza a bibliografia consultada.

São apresentadas nos *Apêndices* as várias tabelas de dados utilizadas para a conformação das informações e montagem dos cenários, bem como para a formação da base de dados das variáveis estudadas.

Finalmente, nos *Anexos* são apresentados os laudos de calibração dos equipamentos utilizados para coleta de dados durante a pesquisa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nos últimos dois séculos, assistiu-se no mundo ocidental a um grande impulso no desenvolvimento das cidades, de tal forma que, as áreas urbanas abrigam hoje, a maior parte das atividades sociais, econômicas e culturais da humanidade e concentrando um grande contingente populacional e a maior riqueza do mundo. Isso trouxe fortes desdobramentos e efeitos marcantes sobre o ambiente natural e urbano.

Muitos pesquisadores já demonstraram que este rápido processo de urbanização, que se expressa através do adensamento e verticalização das áreas urbanas, é capaz de provocar impactos sobre o clima urbano, principalmente ao se considerar os fenômenos que acontecem na camada limite ao nível das coberturas (UCL - Urban Canopy Layer) (OKE, 1976). As pesquisas sobre a ilha de calor urbana mostram que a geometria urbana, as propriedades térmicas dos materiais utilizados nas construções, as porções e localização de áreas verdes, a poluição do ar e o calor desprendido no processo de combustão, são as principais variáveis envolvidas na alteração do balanço energético local (OKE, 1986) e, conseqüentemente, responsáveis pela mudança climática local. As alterações no clima urbano podem trazer como conseqüência a elevação da temperatura e a diminuição da umidade, o que pode acarretar um aumento significativo no consumo de energia e uma série de problemas de saúde para a população, que vão muito além do desconforto térmico.

Embora seja reconhecida a importância da aplicação da climatologia ao planejamento urbano, os estudos são ainda fragmentados e, em sua maior parte, enfocam a abordagem descritiva das ilhas de calor e da qualidade do ar, com poucos deles direcionados ao estudo da influência da geometria urbana e à produção de métodos e modelos de simulação exploratória, com vistas a antever condições futuras e subsidiar as tomadas de decisão por parte dos planejadores e gestores urbanos.

Uma metrópole sem planejamento adequado do uso e ocupação do solo, ou com ausência de parâmetros que levem em conta as condições climáticas, sobretudo quando ela cresce a uma velocidade rápida, pode colocar em risco a qualidade de vida dos seus habitantes. No caso das metrópoles brasileiras, destacando-se principalmente São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, o crescimento ocorre com tamanha intensidade que tornam-se fundamentais os estudos básicos para futura intervenção do planejamento urbano (LOMBARDO, 1985). As Técnicas de Cenários trazem a possibilidade de subsidiar análises prospectivas, através de um método disciplinado em que se pode simular possibilidades em um determinado tempo e local, tendo em vista desenvolver intervenções planejadas (MAKRIDAKIS et al., 1983). Nesse sentido, constituem um aporte indispensável nos processos que envolvem complexidade e avaliação de perspectivas futuras, capazes de auxiliar o processo de planejamento, gestão, formulação de políticas públicas e intervenções, os quais requerem contínua avaliação e ajustes no seu direcionamento, ao longo do tempo. Podem assim ser associadas aos estudos da climatologia e do planejamento urbano, como um processo único, constituindo um aporte vigoroso para as análises de impactos.

No caso da revisão bibliográfica e fundamentação teórica levada a cabo neste trabalho, o foco volta-se para a lacuna representada pela interface entre os estudos descritivos e os (raros) estudos de simulação do comportamento do clima urbano e o planejamento e gestão das cidades (FIG. 01).

Após um breve levantamento da conceituação do clima urbano, suas escalas e das variáveis envolvidas, buscou-se primeiramente um levantamento dos resultados das pesquisas mais importantes sobre os fenômenos do clima urbano, especialmente a ilha de calor urbana, tanto aqueles que descrevem e analisam o fenômeno, trabalhando com coleta de dados de estações meteorológicas e mesmo dados empíricos, quanto as pesquisas que tratam de modelização, simulações e correlação de variáveis envolvendo o clima urbano. Posteriormente, buscou-se levantar métodos, técnicas e recursos computacionais que pudessem ser utilizados para estabelecer a interface entre

uma determinada situação atual e uma situação futura, o que, após análise de resultados, fecha o processo, gerando subsídios para as tomadas de decisão dos planejadores e gestores urbanos.

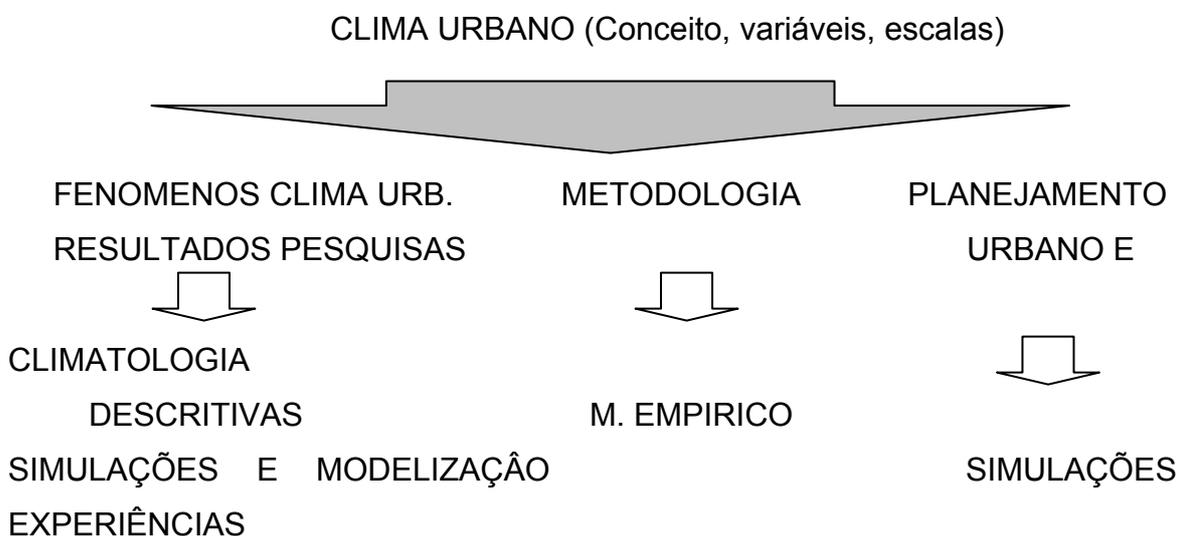


FIGURA 01 - Proposta de desenvolvimento do capítulo de revisão teórica
Fonte: Elaborado pela autora

2.1 O clima urbano

Segundo Romero (2000) o estudo do clima envolve a análise de um conjunto de elementos e fatores. Aos elementos, atribui-se a qualidade de definir, de fornecer os componentes do clima e aos fatores a qualidade de condicionar, determinar e dar origem ao clima. Desta forma, a autora coloca como elementos ou variáveis climáticas a temperatura, a umidade do ar, a precipitação e os movimentos do ar; como fatores climáticos globais, que dão origem ao clima, a radiação solar, a latitude, a altitude, os ventos e as massas de ar e de água e, como fatores climáticos locais, que condicionam o clima, a topografia, a vegetação e as características da superfície do solo. Segundo a autora, os elementos e os fatores atuam em conjunto, sendo cada um deles o resultado da conjugação dos demais e, por isso, a classificação e a tipificação do clima é uma tarefa assaz complexa e difícil.

Por sua vez, Monteiro (1976) trabalha com a definição de Sorre, que aponta a idéia do caráter dinâmico e variado do clima; dentro desse conceito, o clima é característico de uma região e depende dos aspectos geomorfológicos.

O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização. A ação ecológica natural, associada aos fenômenos urbanos, constitui o conjunto complexo de inter-relações que produzem o clima urbano (LOMBARDO, 1985). O clima urbano é a consequência da profunda alteração das propriedades meteorológicas do ar imediatamente acima das cidades (CHANDLER, 1976). Essas alterações relacionam-se com as características térmicas da superfície, a circulação do ar (ventilação) e a poluição atmosférica.

Para Oke (1976), o clima urbano é uma modificação substancial de um clima local, resultado de condições particulares do meio ambiente urbano, seja pela rugosidade do tecido urbano, pela sua ocupação, permeabilidade ou pelas propriedades térmicas dos materiais que o compõem.

2.1.1 As variáveis climáticas no contexto do clima urbano

O clima urbano é composto por uma série de variáveis, que mantêm constante uma relação de causa e efeito entre si, ou seja, qualquer interferência em uma delas afeta diretamente as outras.

Sabe-se, das leis da termodinâmica, que a energia adquirida por um sistema precisa ser liberada do sistema ou armazenada dentro deste mesmo sistema, a fim de ser liberada em um momento posterior (COSTA, 1982). O clima urbano está inserido nesse processo de balanço de energia e a idéia básica é que a radiação solar e o calor antropogênico inseridos no sistema clima urbano devem ser balanceados com uma liberação de calor latente ou sensível, imediatamente, ou ficarem estocados nas superfícies urbanas, para posteriormente serem liberados.

A maior parte da energia inserida no sistema urbano provém do sol, através da radiação solar. A radiação solar é a energia eletromagnética, de onda curta, que atinge a Terra após ser parcialmente absorvida pela camada

da atmosfera. À medida que a radiação penetra na atmosfera terrestre e atinge os edifícios, esta pode também ser refletida em diversos sentidos dentro do recinto urbano. A capacidade de absorção da radiação solar na área urbana depende da refletividade de cada material utilizado nas construções urbanas e da geometria do *canyon* urbano. Assim, as diferentes superfícies das construções podem absorver determinada radiação solar durante o dia, dissipando-a a noite. (FROTA; SCHIFFER, 2003; JOHANSSON, 2006).

O ar que entra em contato com a superfície que obteve ganhos de calor é, por sua vez, aquecido. Quando existe uma diferença de temperatura entre duas áreas, a tendência é a transmissão de calor de uma região para a outra. A transmissão de calor urbano ou trocas térmicas secas pode-se dar por três maneiras diferentes: convecção¹, radiação² ou condução³ (COSTA, 1982; FROTA; SCHIFFER, 2003).

É mais comum que a temperatura diminuía lentamente com um aumento da cota altimétrica, na baixa troposfera. Esse fato, contudo, não impede que em algum trecho da troposfera ocorra uma inversão nesse comportamento, isto é, a temperatura passe a aumentar com a altura, fenômeno denominado inversão térmica. Em escala local, se um poluente é lançado na atmosfera e penetra numa zona de inversão térmica, poderá ficar ali preso, o que dificulta a sua dispersão e coloca o fenômeno da inversão térmica como uma manifestação nociva ao homem, já que agrava o problema da poluição da atmosfera (Vilas-Boas, 1983).

Segundo Varejão-Silva (2000), a transferência de vapor d'água do globo para a atmosfera pode ser causada pela evaporação da água do solo e das superfícies líquidas, além da sublimação do gelo. Este vapor d'água que surge na superfície do globo se mistura ao ar por difusão turbulenta e é transportada pelas correntes aéreas. Ao entrar na atmosfera, o vapor d'água carrega consigo o calor latente, sendo desta forma um eficiente veículo de

¹ Convecção: "Troca de calor entre dois corpos, sendo um deles sólido e o outro fluido (líquido ou gás), por exemplo o vento." (FROTA;SCHIFFER, 2003. p. 32).

² Radiação: "Troca de calor entre dois corpos - que guardam entre si uma determinada distancia qualquer - através de sua capacidade de emitir e de absorver energia térmica" (FROTA; SHIFFER, 2003. p. 33).

transporte de energia de regiões mais aquecidas para regiões mais frias. Do ponto de vista meteorológico a variação da concentração de vapor d'água no ar tem implicações significativas, por influir significativamente no balanço de energia da atmosfera. O conhecimento da quantidade de vapor d'água existente no ar é essencial em vários ramos da vida humana, principalmente nas questões que envolvem a saúde da população.

Segundo Costa (1982) recebe o nome de umidade absoluta do ar o peso de vapor de água contido em cada metro cúbico de mistura gasosa do ar, que é expresso em gramas por metro cúbico de ar (g/m^3). A quantidade de vapor de água que pode conter o ar não é ilimitada, mas depende da pressão de saturação do vapor, que é função da temperatura da mistura. Quando o ar contém o peso máximo de umidade compatível com a sua temperatura, diz-se que ele está saturado. Qualquer nova quantidade de umidade adicionada ao ar saturado aparece em estado líquido, o que constitui as nuvens, a neblina e até mesmo a chuva. A relação entre a quantidade percentual de vapor de água contido na atmosfera (%), em relação à sua capacidade de reter vapor d'água, àquela temperatura é chamada de umidade relativa.

O vento, ou movimentação da atmosfera, é um fluido que se movimenta devido à diferença de pressão atmosférica, fluindo das áreas de alta pressão para áreas de baixa pressão. Possui um deslocamento laminar, de tal forma que tende a continuar movendo-se na mesma direção quando encontra algum obstáculo. Em áreas urbanizadas, o vento pode mudar sua direção e velocidade rapidamente devido a alguns fatores tais como, a conformação da topografia, a distribuição das áreas verdes, a orientação das ruas e altura dos edifícios. Geralmente, a maior rugosidade do tecido urbano provoca a diminuição de sua velocidade e a ocorrência de efeitos aerodinâmicos específicos em determinadas áreas (efeito pilotis, Venturi, de canto, etc). Como consequência, as trocas térmicas por convecção ficam prejudicadas, favorecendo o acúmulo de calor em determinadas áreas do recinto urbano, resultando no efeito da ilha de calor (COSTA, 1982; FROTA; SCHIFFER, 2003; JOHANSSON, 2006).

³ Condução: "T roca de calor entre dois corpos que se tocam ou mesmo partes do corpo que

2.1.2 As escalas do clima urbano

De acordo com Oke (1986), o sucesso de pesquisas focando o clima urbano, depende da apreciação correta do conceito de escala. O mesmo autor (2004) propõe uma estrutura tridimensional para a abordagem dos fenômenos climáticos que ocorrem nas áreas urbanas. Essa estrutura engloba, tanto a escala espacial (horizontal e vertical), quanto a escala temporal, agregando ao conceito de clima uma concepção dinâmica.

Para as escalas espaciais Oke(2004) propõe:

- 1 - Escalas horizontais (TAB 01):

1-a - Microescala: Cada superfície e objeto têm seu próprio microclima e pode influenciar os vizinhos. Microescalas estão relacionadas a edifícios individuais, árvores, ruas, enfim, elementos que estejam livres de influências externas;

1-b -Escala Local: É a escala que caracteriza a paisagem e despreza a influência do microclima. Ideal para o trabalho em área urbana, pois é capaz de permitir analisar o clima de vizinhos com o mesmo tipo de desenvolvimento urbano;

1-c -Mesoescala: Através desta escala pode-se perceber a influência da circulação atmosférica sobre toda a cidade.

TABELA 01

Escalas horizontais do clima urbano

ESCALA	NIVEL URBANO	ESCALA HORIZONTAL
Micro	Canyons urbanos, praças e edifícios.	< 200 m à 300 m
Local	Bairros	de 100 m à 10 km
Meso	Cidades	> 10 km

Fonte: Elaborado pela autora baseado em OKE, 2004

●2 - Escalas verticais (FIG. 02):

Oke (2004) propõe a divisão da PBL (Planetary Boundary Layer), ou camada limite atmosférica⁴, camada foco dos estudos do clima urbano, em dois níveis: a UCL (Urban Canopy Layer), ou camada urbana ao nível das coberturas e a UBL (Urban Boundary Layer), ou camada limite urbana. A primeira abrange a extensão do solo até a altura média dos edifícios do recinto urbano e a segunda abrange desde a camada adjacente à superfície do solo até o nível onde a influência do atrito é nula. A FIG. 02 apresenta a divisão destas camadas e a sua relação com as escalas climáticas propostas por Oke.

⁴ Camada limite atmosférica ou planetária pode ser definida como a faixa contida entre a superfície terrestre e uma determinada altura, a partir da qual o deslocamento das massa de ar tem comportamento diferenciado, livre da ação do atrito entre as camadas de ar e a superfície terrestre. A espessura da camada limite atmosférica e a variação das velocidades verticais do vento dependem do tipo de rugosidade da superfície e podem sofrer alterações no decorrer do dia. No período diurno, como a superfície da Terra é mais quente, há transferência de calor ascendente para a atmosfera, que apresenta temperaturas mais baixas. A noite ocorre o efeito contrário, ou seja, ocorre transferência de calor descendente, da atmosfera mais quente para a Terra mais fria.

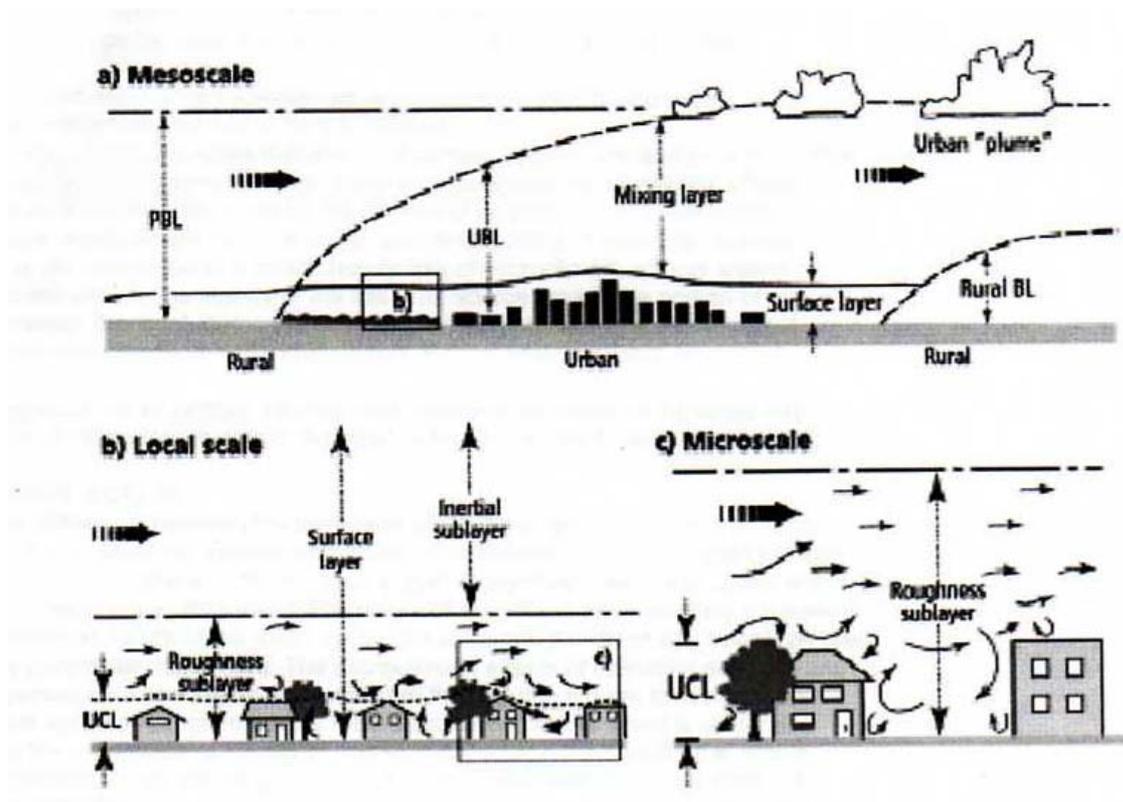


FIGURA 02 - Esquema das escalas climáticas e dos layers verticais nas áreas urbanas. Fonte: OKE, 2004, p. 3.

O prof. Carlos Augusto Monteiro (1976) também defende a idéia de que a definição da escala e abrangência do clima urbano é uma questão básica para se estabelecer os métodos e técnicas no estudo do clima urbano. Considera que essa classificação não é uma tarefa fácil, tendo em vista a variedade espacial que a cidade pode apresentar. Monteiro (1976, *apud* ASSIS, 2000) baseia-se na proposição de Tricart; Cailleux para relacionar uma escala climática às unidades ou graus de urbanização (TAB 2), dando ênfase à escala horizontal, mas deixa de considerar a escala temporal em sua proposta de abordagem.

TABELA 02

Escala horizontal do clima urbano

ESCALA	ESCALA HORIZONTAL
Microclima	< 10 m
Topoclima	Entre 10 e 100 m
Mesoclima	Entre 100 m. e 10 k m
Local	Entre 10 km e 100 km
Sub-regional	Entre 100 km e 1000 km
Regional	Entre 1000 km e 100.000 km
Zonal	> 100.000 km

Fonte: Elaborado pela autora baseado em ASSIS, 2000

- 2 - Escalas temporais:

Considerando que a abordagem climática é tridimensional, além das escalas espaciais, há também a escala temporal onde se percebe a duração dos vários fenômenos em cada escala.

2.1.3 A ilha de calor urbana

Segundo Oke (1982), o fenômeno da “ilha de calor” pode ser analisado como uma “anomalia térmica” característica dos assentamentos urbanos. Esse fenômeno corresponde a um maior aquecimento de uma área urbana em relação ao seu entorno ou a uma área rural, que se intensifica à noite, poucas horas após o pôr do sol, e que é melhor visualizado em dia de ventos calmos e céu claro. Pesquisas diversas (CHANDLER, 1976; LANDSBERG, 1981; OKE, 1982) apontam que o fenômeno é causado por alguns fatores diretamente ligados ao processo de urbanização, sendo os mais importantes a rugosidade do tecido urbano, a geometria urbana, as propriedades térmicas dos materiais utilizados nas construções, as porções e localização de áreas verdes, a poluição do ar e o calor desprendido no processo de combustão. Há de se considerar também o efeito da ventilação,

na medida em que a maior rugosidade do ambiente urbano faz aumentar o atrito do vento com as superfícies construídas e provoca a diminuição de sua velocidade. Como consequência, as trocas térmicas por convecção ficam prejudicadas, favorecendo o acúmulo de calor nos recintos urbanos (ASSIS, 1990). Como já foi levantado, a radiação do sol e as atividades humanas adicionam calor ao sistema urbano, que é armazenado na atmosfera ou nas superfícies dos materiais de construção, de modo que o sistema urbano armazena o calor durante o dia e o libera vagarosamente à noite, caracterizando a ilha de calor urbana (OKE, 1982).

A ilha de calor pode ser melhor visualizada como uma bolha de calor estagnada sobre as áreas mais densas e verticalizadas da cidade (FIG. 03) e tem sido observada em praticamente todo o mundo (EMMANUEL, 2005).

Para Lombardo (1985) é evidente que essas alterações variam de cidade para cidade em virtude da intensidade do uso do solo, do processo de crescimento e das características geo-ecológicas do recinto urbano. A autora coloca também, que este fenômeno contribui de forma decisiva para a alteração do balanço de energia nas cidades. Além disso, o aumento da temperatura e consequente, aumento da precipitação e diminuição da umidade relativa podem provocar o desconforto térmico e prejudicar a saúde dos habitantes.

Desta forma, a ilha de calor é um componente básico dos estudos que lidam com a questão do conforto térmico urbano.

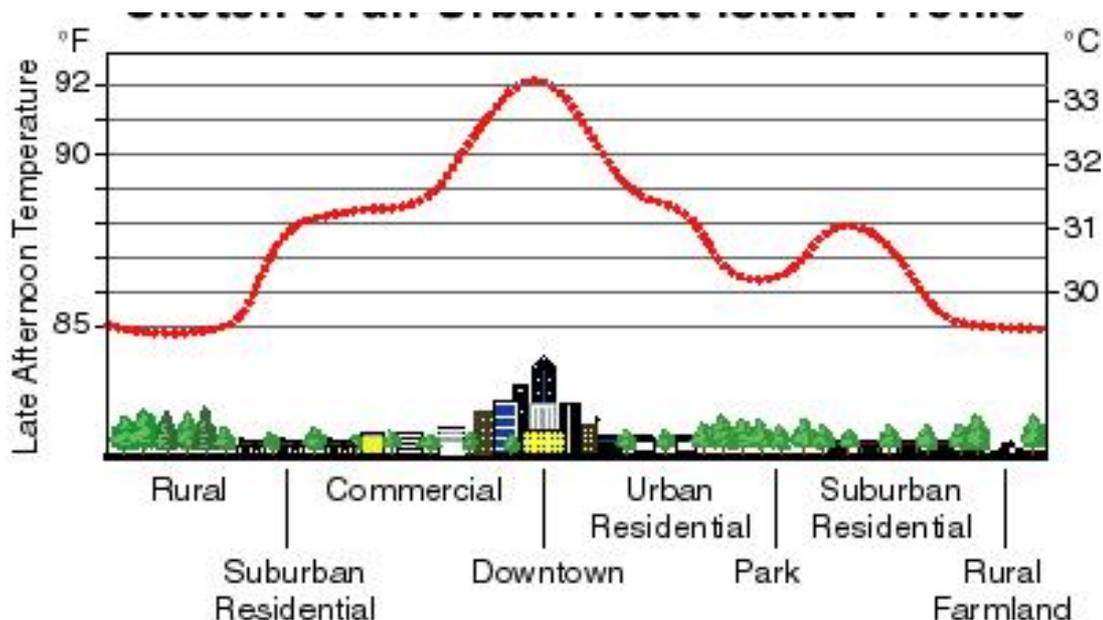


FIGURA 03 - Esquema representativo do perfil da ilha de calor urbana relacionada ao tipo de ocupação.
Fonte: EMMANUEL, 2005, p. 22

2.2 As abordagens sobre o clima urbano

Neste item, pretende-se reunir os estudos mais recentes ou importantes para o objetivo deste estudo de caso, classificados em dois grupos:

- 1- as pesquisas descritivas sobre a ilha de calor urbana ou que demonstraram a alteração climática dentro do recinto urbano;
- 2- as pesquisas que trabalharam com modelagem física, numérica e simulação da ilha de calor, das variáveis climáticas e urbanas ou que correlacionaram estas variáveis.

Segundo Landsberg (1981), o primeiro estudo científico sobre clima urbano foi publicado por Luke Howard, em 1818 e estudava o clima da cidade de Londres. Já naquela época, o pesquisador comparou as temperaturas máximas, medidas na estação meteorológica da cidade, com as medidas da estação meteorológica rural de Kew Gardens e observou que as temperaturas do ar são freqüentemente mais altas na cidade, que na área rural. Em Paris, Renou (1855; 1868, *apud* LANDSBERG, 1981) observou diferenças entre a

cidade e o campo, constatando um retardamento do resfriamento da cidade em relação aos seus arredores. A primeira obra clássica em climatologia urbana foi escrita por Kratzer em 1937 e, a partir daí, esses estudos se multiplicaram, mas se concentravam sempre na distribuição horizontal dos elementos climáticos, na comparação das relações e influência entre o meio urbano e o meio rural e, posteriormente, na influência da dimensão vertical sobre os elementos climáticos (LANDSBERG, 1981).

No final dos anos 60, através de uma maior conscientização da população gerada pelos movimentos denunciadores da poluição do ar, muitos trabalhos sobre a influência da urbanização no clima surgiram incorporando os conceitos de balanço energético e higrológico. Muitos trabalhos importantes foram publicados no início da década de 70, como os de Oke (1974, 1976), Chandler(1976) e Landsberg(1981). Esses autores procederam a uma revisão histórica das pesquisas da climatologia urbana e lançaram as bases conceituais do fenômeno do clima urbano, observando a influência da estrutura urbana de cidades (Londres e Montreal) na mudança climática.

Nas duas últimas décadas do século XX, os trabalhos se concentraram na geração de métodos e técnicas de pesquisa para monitoramento do clima urbano.

Johnson (1985) estudando a influência da estrutura urbana sobre a temperatura na cidade de Birmingham, Inglaterra, observou que as maiores diferenças ocorrem em condições de céu claro e ventos brandos, sendo que a diferença de temperatura praticamente desaparece com o céu encoberto. Realizou sua pesquisa obtendo dados de estações meteorológicas e de 27 pontos distribuídos através de um circuito móvel, abrangendo diferentes usos do solo e altitudes. Concluindo observou que, as maiores taxas de resfriamento e aquecimento entre a área urbana e rural acontecem logo após o nascer e o pôr do sol.

Nasrallah et al (1990) encontraram ilha de calor de apenas 2 °C na cidade do Kuwait, de clima marítimo, quente e seco, e entenderam que este valor foi encontrado em função da influência do Golfo Pérsico.

TSO et al (1990) estudando o efeito da ilha de calor urbana nas cidades tropicais de Singapura (Singapura) e Kuala Lumpur (Malásia) constatou um aumento da temperatura nas duas cidades, apesar das diferenças dos sítios e dos tipos de urbanização. Observou que a cidade de Cingapura pode se beneficiar do efeito das brisas oceânicas na remoção do ar poluído, reduzindo o efeito da ilha de calor e melhorando as condições térmicas locais, enquanto que a cidade de Kuala Lumpur, situada em um vale, tende a sofrer com a poluição do ar gerada pelo meio urbano.

Jauregui (1997) estudando a cidade de Guadalajara, México, encontrou uma diferença significativa de temperatura entre as áreas urbanas e as rurais. Os resultados mostraram que a ocorrência da ilha de calor noturna é mais freqüente (75%) do que a diurna (25%) e que a intensidade máxima da ilha (7,8 °C) ocorreu no mês mais seco (fevereiro). Atribuiu este resultado à alta absorção da radiação solar nas superfícies urbanas comparadas com as áreas rurais. Percebeu também que o valor máximo em relação à umidade relativa acontece à tarde e que continua alto durante à noite. Poucas horas após o amanhecer a umidade começa a cair, chegando à mínima durante a manhã.

Na cidade de Sevilha, Espanha, Coronel; Alvarez (2001) compararam temperaturas dentro dos *canyons* urbanos com temperaturas de regiões fora dos centros urbanos. Encontraram nos *canyons* urbanos temperaturas mais quentes (entre 2 e 3 °C) , à noite e temperaturas mais frias (entre 4 e 8 °C.), durante o dia.

Jonsson; Lindqvist (2005) revisaram treze estudos, dos quais dois foram em climas tropicais quentes e úmidos. Perceberam que a ilha de calor urbana variou de 2 a 5 °C, e que, em geral, as ilhas de calor urbana das cidade tropicais apresentam uma magnitude menor que as das cidades de clima temperado.

A maior parte das pesquisas envolvendo o clima urbano foi realizada em cidades de latitude médias e altas (Europa, América Anglo-saxônica, Japão) onde a urbanização é mais antiga. As pesquisas em cidades de países tropicais e subtropicais ainda são escassas.

No Brasil, em meados da década de setenta, Monteiro (1976; 1986) lançou as bases teóricas e metodológicas da pesquisa em clima urbano no Brasil e procedeu a uma revisão dos estudos sobre a climatologia urbana brasileira.

Em 1985, Lombardo utilizando imagens de satélite e espacializando através de mapas os resultados, comprovou a existência de ilhas de calor na cidade de São Paulo da ordem de 10 °C, entre o centro e a área rural, especialmente entre 15:00 e 21:00 h.

Pezzuto; Labaki; Francisco Filho (2005) por sua vez, avaliaram a distribuição horizontal da temperatura do ar em Campinas, SP. A metodologia utilizada foi a coleta de dados climáticos com medidas móveis e fixas (equipamento tipo HOBO H8) de temperatura do ar em três horários, constatando que as áreas com densidades construídas mais elevadas apresentam temperaturas superiores em comparação com aquelas próximas de áreas verdes. Também verificaram que o método das medidas móveis, ao ser comparado com as medidas fixas, apresentou boa correlação dos dados.

Vidal (1992) estudou as relações existentes entre a morfologia urbana e a distribuição espacial da temperatura do ar da cidade de Natal (RN), caracterizando a ilha de calor urbana. Identificou que a ilha de calor em Natal se manifesta à partir do entardecer, que durante o dia é importante o controle da radiação solar bastante intensa nesta latitude, que a localização do sítio urbano às margens do Oceano Atlântico e do Rio Potengi constitui-se num fator de fundamental importância para amenizar as temperaturas do ar da cidade e, ainda, que existe uma forte relação entre a amplitude térmica e as massas de água e vegetação.

No entanto, ainda hoje, os estudos são, em sua maioria, descritivos, havendo poucas iniciativas de pesquisas que abordam o balanço energético e os modelos preditivos, seja através da modelagem para simulação, seja através de técnicas que permitam simular o futuro, possibilitando, dessa forma, planejar no presente. Porém, algumas importantes pesquisas vêm sendo desenvolvidas e serão abordadas.

Ainda na década de 70, destacou-se o programa METROMEX de pesquisas sobre os problemas teóricos e de modelagem da atmosfera urbana, reunidas em Landsberg (1981).

Oke (1976) propôs a divisão da PBL (Planetary Boundary Layer) em UCL (Urban Canopy Layer) e UBL (Urban Boundary Layer), conforme já citado, abordagem que facilitou grandemente as pesquisas sobre o clima urbano. Também Oke (1981), comparou os resultados obtidos de variação temporal de intensidade em modelo físico, da influência dos parâmetros geometria urbana e admitância térmica, sobre a formação da ilha de calor nas cidades de Montreal e Vancouver (Canadá) e Uppasala (Suécia).

Katzschner(1997) propôs um método para estudo do clima urbano, com vistas a sua aplicação ao planejamento urbano. A metodologia inclui a produção de mapas de uso do solo, altura das edificações, áreas verdes e topografia, bem como a indicação de pontos para medição de variáveis ambientais, realizadas simultaneamente das 6:00 às 21:00 h, em épocas e períodos predefinidos. Esta metodologia foi aplicada em pesquisa na cidade de Salvador (KATZSCHNER; FREIRE; NERY; CARVALHO, 1999). Os resultados apontam que, para cidades tropicais, como Salvador, é importante considerar a ventilação como o fator dominante para a sensação de conforto térmico humano.

Assis (2000) estudou a relação entre a forma urbana e a mudança climática na cidade de Belo Horizonte, mais especificamente a influência da geometria urbana sobre o balanço energético urbano. Utilizou um modelo reduzido para elaborar um método de previsão do comportamento térmico do recinto urbano, com vistas a subsidiar o planejamento urbano. Os resultados da pesquisa mostram que, em área mais verticalizadas, nos horários de 21:00 e 06:00 h, a tendência é a ocorrência de núcleos mais quentes e secos, enquanto, durante o dia, as áreas menos verticalizadas, mais abertas e expostas aos raios solares, são as que têm as maiores temperaturas. Nas áreas mais verticalizadas percebe-se que a amplitude da variação térmica local diminui e é acompanhada por uma diminuição na umidade do ar. Tanto os resultados medidos na área de estudo, quanto naqueles obtidos através do

modelo de simulação se ajustam aos resultados da simulação numérica, a autora conclui que o modelo físico proposto apresenta boa correspondência com a realidade, o que torna o método uma importante ferramenta de avaliação e predição do desempenho térmico de um recinto urbano.

Barbirato (1998) utilizou o modelo de balanço de energia proposto por Tso et al.(1990), que leva em consideração a massa construída por unidade de área para a análise do ambiente térmico na cidade de Maceió (AL), com vistas a auxiliar o planejamento urbano na orientação das diversas tipologias do espaço, no teste de soluções e na previsão de possíveis efeitos térmicos de diferentes usos do solo urbano. A análise mais específica deste procedimento proposto, será discutida adiante, nos itens 2.3.1.2.1 e 4.1.1.3.

Lima; Santos; Assis (2003), utilizaram também o modelo proposto por Tso et al.(1990) para analisar a influência da MC sobre as variáveis climáticas em uma porção urbana na cidade de Belo Horizonte. Os resultados serviram como base de previsão e instrumento para a futura incorporação de parâmetros ambientais para o planejamento urbano.

Andrade; Lopes (1998) incorporaram a utilização de um SIG (Sistema de Informações Geográficas) para estimar as temperaturas em Lisboa com diferentes *layers* de informação correspondendo aos fatores que poderiam explicar a variação climática na cidade. Como exemplo de aplicação da metodologia foram estimadas as temperaturas na superfície, e a partir de uma regressão múltipla, introduziu-se uma série de variáveis urbanas, como dependentes da temperatura. O modelo explica 70% das variações climáticas e pode ser utilizado no planejamento urbano.

Já Souza (2003a) desenvolveu uma rotina de cálculo do FVC, através de uma extensão em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), no *software Arcview 3.2*, que permite simular uma representação espacial e efetuar o cálculo do FVC, dados os polígonos e alturas da área urbana em estudo. Este procedimento será amplamente discutido no item 2.3.1.2.2 e 4.2.4.

Roriz; Barbugli (2005) apresentam um método para calcular variáveis climáticas em zonas urbanas que pode ser aplicado a qualquer cidade, já que

no Brasil apenas 250 cidades têm um sistema regular de registro do clima. Monitoraram uma série de estações fixas (equipamento tipo HOBO) distribuídas em função de diferentes tipologias urbanas, altimetria e revestimento do solo na cidade de Araraquara (SP). Definiram uma malha sobre a área urbana composta por células de 1x1 km devendo cada uma delas conter, pelo menos, um ponto a ser estudado. Com base nas temperaturas dos locais monitorados e nas características urbanas foi possível determinar, através da regressão múltipla, uma equação única que permitiu estimar as temperaturas que ocorreriam nos outros pontos não medidos da cidade e gerar os mapas térmicos típicos.

Johansson (2006), por sua vez, estudou as cidades de Fez no Marrocos e Colombo no Sri Lanka, ambas situadas em áreas de grande desconforto climático (climas quente, seco e úmido respectivamente) e com problemas provocados pelo rápido crescimento da população e expansão urbana acelerada, marcadas ainda pela ineficiência no ordenamento do uso e ocupação do solo. A metodologia incluiu a combinação de medidas de variáveis climáticas nas cidades, simulação numérica através de programa *ENVI-met* e estudos sobre o processo de planejamento urbano adotado. O autor estudou a influência da geometria urbana, ao nível UCL, sobre o conforto térmico, verificando significativas alterações de temperatura entre a cidade e a área rural, como também que, em climas quentes e secos, um desenho urbano com canyons profundos e compactos é desejável, pois promovem o conforto térmico através das sombras, que reduzem a radiação solar incidente sobre as superfícies. Todavia, para as estações frias é desejável incluir ruas largas e espaços abertos para possibilitar o acesso do sol. Além disso a importância desse trabalho é ressaltada por ter possibilitado a integração entre a climatologia urbana e o estabelecimento de diretrizes para o planejamento urbano futuro.

Johnson (1985, *apud* ASSIS, 2000) estudando a influência da estrutura urbana sobre a temperatura na cidade de Birmingham, Inglaterra, encontrou uma correlação negativa entre o FVC e a taxa de resfriamento,

concluindo que a redução do FVC tinha maior impacto sobre a taxa de resfriamento no período noturno.

Park (1986, apud ASSIS,2000) estudou as cidades japonesas e coreanas com população acima de 300.000 habitantes, observando uma correlação linear entre a população e a magnitude da ilha de calor. Analisou também 20 cidades japonesas e observou que uma redução no FVC e nas taxas de permeabilização do solo conjugadas com um aumento da população, provocam um incremento na intensidade da ilha de calor. Além disso Park observou também, que o máximo desenvolvimento do fenômeno da ilha de calor ocorre em condições de céu claro, sem nebulosidade.

Souza (1996), verificando a existência da ilha de calor na cidade de São Carlos (SP) e avaliando a influência da forma urbana sobre a temperatura do ar ao nível do pedestre, obteve como resultado que, apesar da existência da ilha de calor na cidade ser uma verdade, a temperatura do ar ao nível do pedestre tem fraca correlação com a forma urbana. Conclui então que, para a cidade de São Carlos, parece ser mais danoso termicamente aumentar a obstrução de áreas de baixa verticalização, do que otimizar a verticalização de áreas que já se encontram mediantemente verticalizadas, desde que mantido o limite máximo estudado de FVC de 58%.

Souza; Silva (1998) estudaram o impacto ambiental e econômico causado pelo conceito de planejamento compacto, que abordam a concentração de atividades no meio urbano, em cidades brasileiras, tomando os casos das cidades de Araraquara e São Carlos (SP). Concluíram que existem vantagens econômicas com a otimização da infra-estrutura urbana e a redução do transporte público, porém, quanto ao conforto térmico urbano, observaram que a densificação pode causar um impacto menor em áreas já previamente ocupadas do que em áreas desocupadas periféricas. Os resultados apontam que, para um aumento de 30 a 40% de ocupação urbana, verifica-se um aumento na temperatura do ar em torno de 10 °C. Por outro lado, quando a ocupação está entre 40 e 70%, não se verifica um aumento térmico significativo.

Fontes e Mattos (1999) analisaram as variações de temperatura do ar e sua correlação com alguns parâmetros da estrutura urbana, indicadores de uso e ocupação do solo. A pesquisa foi desenvolvida em São Carlos, SP, utilizando também o método das estações moveis. Os resultados entre as análises de regressão linear realizadas entre as temperaturas médias do ar e os parâmetros urbanos, mostram correlações maiores entre temperatura do ar e valores de altitude ($R=0,91\%$) e correlações menores entre temperatura e presença de vegetação e edificações. Contudo, apesar da limitação dos resultados, estes indicam tendência do aumento da temperatura com a redução da vegetação, somados ao aumento da densidade de ocupação.

Duarte (2000) mediu a correlação entre a temperatura do ar e alguns parâmetros de uso e ocupação do solo em uma região de clima tropical continental, usando variáveis de planejamento que podem ser regulamentadas pela legislação municipal, em três faixas de horários. Os resultados mostram que com as variáveis referentes ao espaço construído, o coeficiente de correlação é sempre positivo em relação à temperatura do ar, variando de 0,57 a 0,87 e refletindo a maior influência do espaço construído no período noturno, o que concorda com a teoria da ilha de calor urbana.

Carvalho (2001) explorou as correlações entre atributos da morfologia urbana (FVC, taxa de ocupação, índice de aproveitamento, distancia em relação ao mar e tipo de pavimento) e variáveis climáticas (temperatura, ventilação, umidade relativa e insolação) em João Pessoa (PB). Fez coleta de dados em vários pontos distribuídos pela cidade em três períodos do dia e obteve coeficientes de correlação muito baixas, sendo aproximadamente 60%, abaixo de 0,40. Conclui que, as complexas correlações, apesar de baixas, existem e que variam ao longo do tempo, seguindo um ritmo dependente da relação dessas variáveis com a superfície da Terra e, no caso específico do clima urbano, com a forma da cidade.

Assim, com base nos estudos aqui apresentados, pode-se dizer que as pesquisas sobre a ilha de calor urbana e também aquelas que demonstraram alterações climáticas dentro do recinto urbano podem ser divididas em dois subgrupos com relação à metodologia. No primeiro subgrupo

encontram-se aquelas que compararam medidas tomadas em estações meteorológicas situadas em áreas urbanas e em áreas rurais e, no segundo, as que utilizaram modelos empíricos para coleta de dados climáticos, sejam em estações fixas, sejam em pontos distribuídos através de um transecto na área de estudo. Pode-se dizer também que as variáveis climáticas das cidades situadas em áreas litorâneas têm comportamento diferente, em sua maioria, daquelas situadas em áreas continentais por estarem sujeitas a uma grande influência da ventilação. Alguns estudos já desenvolvem métodos e técnicas capazes de monitorar as alterações climáticas dentro dos recintos urbanos. Outros estudos já trabalharam correlacionando as variáveis climáticas com as variáveis urbanas, mas, em geral, as correlações são muito baixas, tendo em vista que as variáveis ambientais não podem ser controladas, como em laboratório, por exemplo.

Todavia ainda são escassos os estudos focando a modelagem e simulação prospectiva. Segundo Oke(1986), em relatório da Conferência do Clima urbano, que abordou especialmente as áreas de clima tropical, é preciso que haja cada vez mais, estudos básicos com a utilização de técnicas simples, que não requeiram tecnologia sofisticada para seu suporte e que possam vir a subsidiar a tomada de decisão dos planejadores e gestores urbanos.

2.3 Métodos e técnicas na climatologia urbana

A concepção metodológica adotada neste trabalho baseia-se no diagrama elaborado por Echenique (1975) mostrado na FIG. 04. O autor salienta que estudos de fenômenos concretos reais, requerem considerar que os mesmos vão ocorrer sempre na linha do tempo, não sendo possível nessa esfera analisar todo o universo de possibilidades que encerra o assunto, o que leva à necessidade de se criar modelos, que proporcionem um quadro o mais fiel possível da situação abordada. Esses modelos precisam estar interligados num processo temporal para que se possa chegar às metas estabelecidas de integrar os conhecimentos do clima urbano e da dinâmica espacial da cidade.

Para Echenique (1975), os modelos são classificados em quatro tipos:

- 1) Descritivo: envolve o processo de definição e descrição do objeto, além da definição dos objetivos de estudo;
- 2) Preditivo: envolve o processo de observação, tradução e interpretação de dados;
- 3) Exploratório: estabelece uma condição futura, um cenário futuro;
- 4) Planejamento: processo de prova e recomendações.

No Brasil, a maior parte dos trabalhos que envolvem variáveis climáticas focalizam prioritariamente a abordagem descritiva e preditiva dos modelos, dispensando pouca atenção à abordagem das capacidades exploratórias (ASSIS, 2005). As abordagens exploratórias são um aporte essencial e uma ferramenta poderosa de planejamento urbano, uma vez que vêm propiciar um pensamento para o futuro. Constituem um importante subsídio à tomada de decisões estratégicas considerando possibilidades de situações futuras, num processo recorrente de ação, monitoramento e reavaliação, tendo em vista alcançar situações mais adequadas e propícias ao longo do tempo. Assim, os processos de planejamento e gestão urbanos podem ser reavaliados e redirecionados em função da complexa dinâmica que constitui a cidade e que é a própria base de seu desenvolvimento.

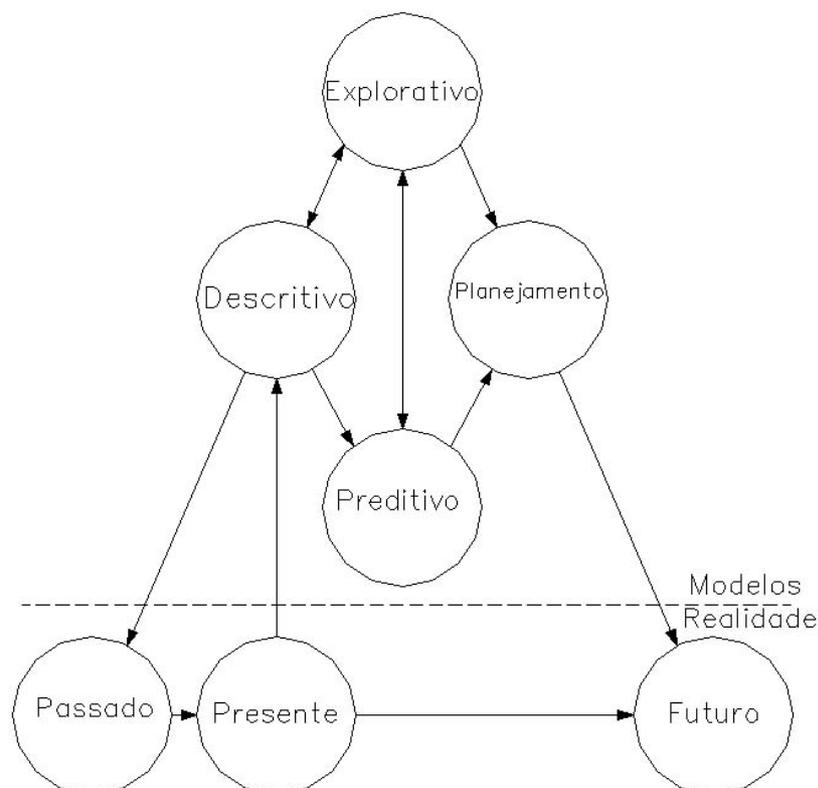


FIGURA 04 - Processo ideal de elaboração de modelos em relação à realidade Fonte: Elaborado pela autora baseado em ECHENIQUE, 1975

2.3.1 Observação de dados do recinto urbano

2.3.1.1 Investigação das condições das variáveis climáticas (temperatura e umidade relativa)

Existe hoje uma grande variedade de equipamentos e metodologias sendo aplicadas nos estudos da climatologia urbana.

Destaca-se a metodologia desenvolvida por Taesler (1986), típica para a pesquisa da ilha de calor, onde são coletados dados de temperatura do ar e umidade relativa em três horários distintos durante 24 horas/dia, pelo menos, em condições de céu claro e baixa velocidade do vento. Tais horários correspondem aos períodos, antes do nascer do sol (05:30 h) o horário mais quente do dia (14:30 h) e após o pôr do sol (20:30 h), para se observar como a

área urbana absorve e irradia calor . Medidas móveis em transectos podem ser utilizadas para amostrar a distribuição horizontal das variáveis climáticas em escala UCL, mas devem ser combinadas com registros contínuos de estações fixas, para se obter índices de correção confiáveis para as medidas móveis.

Segundo Oke (2004), a coleta de dados, relativos ao clima urbano é extremamente complexa, pois as variáveis climáticas estão sujeitas à alterações a todo instante e sobre elas não existe controle. Resultados válidos e representativos podem ser obtidos, apesar da heterogeneidade dos dados que apresentam as cidades, mas isto requer uma série de cuidados especiais. Lembra ainda o autor, que as diretrizes ou recomendações para se proceder aos estudos do clima urbano precisam ser aplicadas com inteligência e flexibilidade, fazendo as seguintes recomendações principais:

a- nos estudos do clima, a correta definição das escalas espaciais e temporais é essencial, pois o posicionamento e exposição dos equipamentos poderá ser totalmente diferente de uma escala para outra;

b- Para selecionar um ponto apropriado para a instalação de uma estação de medição, é preciso definir a potencialidade desse ponto, ou seja, se o ponto é representativo ou “típico” de uma área e capaz de amostrar as características urbanas circundantes de estrutura (edifícios, ruas), cobertura urbana (pavimentação, vegetação), revestimento urbano (materiais de construção e naturais) e metabolismo urbano (calor, água e poluentes advindos das atividades humanas);

c- a pesquisa pode ser refinada, no caso de tomada de medidas de temperatura e umidade, com sensores carregados a pé, de bicicleta ou de carro, por um transcurso com pontos predefinidos dentro da área de interesse. Esses podem ser escolhidos através de fotos, mapas ou percurso a pé;

d- para medições de temperatura e umidade, é preciso evitar que os instrumentos fiquem próximos ou direcionados para fontes de calor e superfícies refletivas. É essencial propiciar a ventilação dos sensores, principalmente quando estes estiverem dentro de compartimentos fechados;

e- a recomendação com relação à altura para tomada de medidas, tanto por estações fixas quanto móveis, é que esteja entre 1,25 e 2,0 m acima do piso;

f- a melhor hora para se fazer as medições é pouco depois do por do sol ou pouco antes do nascer do sol, sempre em dias de calmaria e sem nuvens.

g- o mais importante é fazer uma coleta de dados consciente e que não deixe dúvidas com relação à sua origem e transmissão, para validar as conclusões da análise proposta.

No Brasil, Monteiro (1976) e Tarifa (1977) representaram os elementos climáticos através da plotagem das variáveis climáticas sobre a mancha urbana em projeção horizontal ou sobre perfis da paisagem. No entanto, esta representação parece trazer pouca informação para fins de planejamento, pois não permite a interface da morfologia urbana com as informações climáticas ou informações diretamente aplicáveis ao planejamento urbano.

Lombardo (1985) estudou a ilha de calor em São Paulo e utilizou imagens termais de satélites, plotando isolinhas sobre mapas de uso e ocupação do solo da cidade (FIG. 05 e 06). Incorporou um método capaz de produzir uma interface mais clara entre o fenômeno e sua espacialização sobre a cidade. Com isso foi possível à autora, proceder a um primeiro passo na proposição de soluções para o planejamento urbano.

Katzschner (1997) propõe, também, uma metodologia para a obtenção de dados nos recintos urbanos, mas ressalta a importância das adaptações necessárias à sua aplicação em realidades distintas. Este autor desenvolveu uma metodologia de representação cartográfica das características ambientais locais, através de mapas, que integram quantitativa e qualitativamente as informações sobre topografia, uso e ocupação do solo, rugosidade do tecido urbano, vegetação, temperatura do ar e ventilação.

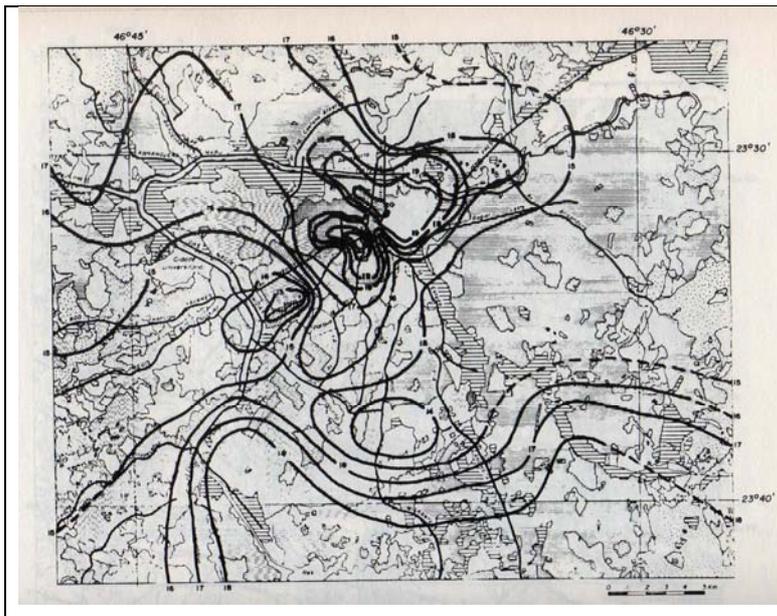


FIGURA 05- Ilha de calor
Na cidade de São Paulo, no dia 13/08/82 (inverno), às 21 h.
Fonte: LOMBARDO, 1985, p. 152

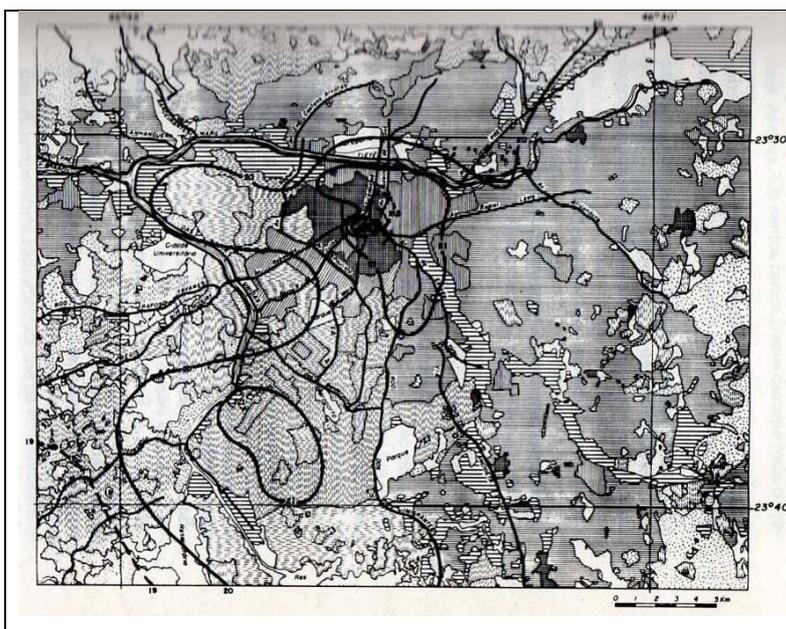


FIGURA 06- Ilha de calor
Na cidade de São Paulo, no verão, às 21 h.
Fonte: LOMBARDO, 1985, p. 161

Katzschener (1997) pontua ainda, que o mais importante é saber identificar quais as variáveis que irão pesar nos resultados, para que se possa determinar o grau de influência desta variável na alteração climática local.

Mendonça, Assis (2003), aplicaram um procedimento para o estudo e previsão das alterações climáticas em uma porção urbana na cidade de Belo Horizonte, a partir das propostas de Lombardo (1985), Assis (1990) e Katzschner (1997). Analisaram sobre mapas de dados geo-morfológicos, de uso do solo, características de ocupação, ventilação urbana, temperatura e

umidade, as alterações climáticas (FIG. 07). Como resultado gerou-se um mapa-síntese que define áreas que necessitam de mudanças no seu desenvolvimento de forma a amenizar o impacto da ocupação sobre o clima urbano.

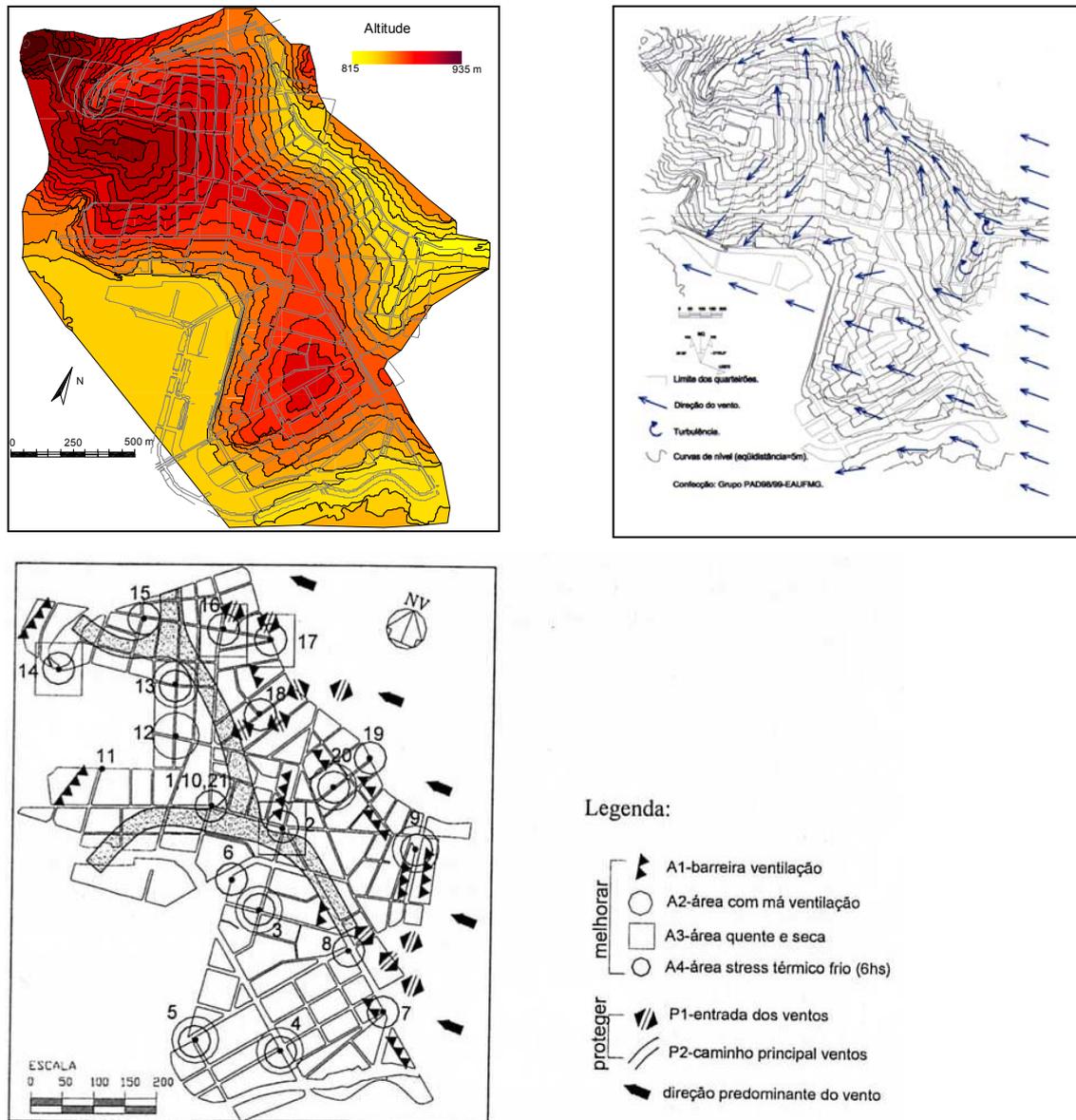


FIGURA 07 - Mapa hipsométrico, ventilação urbana e recomendações para Bairro floresta em Belo Horizonte. Fonte: MENDONÇA; ASSIS, 2003, p. 49,61.

Esses procedimentos têm possibilitado, através da elaboração dos diversos mapas que contêm os dados geo-morfológicos e de ocupação urbana, uma fácil interpretação e a interface dos dados por parte dos planejadores

urbanos, pois quando espacializados na cidade, se faz possível verificar as interferências entre os fenômenos climáticos e a morfologia urbana.

2.3.1.2 Investigação das condições das variáveis urbanas (MC e FVC)

Esta etapa da pesquisa utilizou basicamente dois modelos numéricos desenvolvidos por pesquisas anteriores, realizadas no Brasil. O primeiro modelo foi aplicado por Barbirato (1998) na cidade de Maceió (AL) e ajustou o modelo de balanço energético desenvolvido por Tso et al (1990) à realidade da cidade. A autora relacionou o parâmetro urbano, massa construída à variável climática de temperatura do ar. O segundo modelo foi desenvolvido por Souza (2003a), através de uma extensão no *software* GIS Arcview 3.2 e pode ser utilizado para a representação espacial e cálculo do FVC de um dado recinto urbano, permitindo relacioná-lo a possíveis alterações nas variáveis do conforto térmico.

2.3.1.2.1 A massa construída (MC)

A forma de ocupação e crescimento das cidades gerou mudanças ambientais e graves conseqüências ao meio ambiente, especialmente ao clima. A massa construída das cidades (edificações, pavimentação) produz alterações na paisagem natural e influencia de maneira definitiva na formação da ilha de calor urbana, já que esta está ligada, conforme já descrito, às propriedades térmicas dos materiais utilizados e à rugosidade do tecido urbano.

Existem, na literatura técnica muitos modelos matemáticos que relacionam as características das superfícies urbanas à determinação do clima. Muitos estudos importantes foram elaborados com base no entendimento do conceito de balanço de energia urbano, visando sua aplicação, entre outras áreas, ao planejamento urbano.

Segundo Barbirato (1998), citando Kalandra et al.⁵(1980, p. 791), o balanço de energia de uma superfície urbana permite um melhor conhecimento do clima urbano e é representado por “[...] fluxos de energia através do volume solo – construções – ar, até uma altura onde as trocas de calor vertical são desprezíveis para o período de interesse”. Coloca, ainda, que o balanço de energia da superfície depende de diversos fatores, como umidade, propriedades térmicas e temperatura das superfícies, da atmosfera e do solo; velocidade do vento; rugosidade da superfície, entre outros.

Tso et al (1990), propuseram um modelo para análise do ambiente urbano que incorpora o efeito da massa construída ao balanço de energia da superfície. Barbirato (1998) indica este modelo como o mais apropriado para estudos das condições climáticas típicas e simulações do comportamento térmico de frações urbanas pelos seguintes motivos:

1-Tso et al (1990), demonstraram a relação entre o aumento de massa construída, a redução nas perdas térmicas convectivas e o aumento de temperatura nos centros urbanos de Kuala Lumpur, Malásia, cidade de baixa latitude;

2- o modelo não requer medições e instrumentos sofisticados para a obtenção dos parâmetros requeridos;

3- o modelo prevê a variação da temperatura do ar devido à massa construída, parâmetro importante para o profissional de arquitetura, urbanismo e engenharia;

4-o modelo de balanço de energia aborda explicitamente o efeito do armazenamento de energia das construções e do ar com o solo;

5- o modelo permite a simulação de situações futuras;

6-os resultados obtidos por Tso et al (1990) foram considerados satisfatórios.

O princípio do modelo de Tso et al. (1990) é que a massa construída consiste de um plano homogêneo, avolumétrico, mas capaz de armazenar energia térmica à taxa de:

⁵ KALANDA, B.D; OKE, T.R; SPITTLEHOUSE, D.L.Suburban energy balance estimates for Vancouver, B.C., using the Bowen ratio – energy balance approach. American Meteorological Society, v. 19, p.791-802.

$$M = MC \times Cc \times \frac{dT_o}{dt} \quad \text{Equação [1]}$$

Onde:

M = armazenamento de energia térmica (Kw/m²)

MC = Massa construída por unidade de área (Kg/m²)

Cc = calor específico da massa construída, à pressão constante(kJ/kg.K)

$\frac{dT_o}{dt}$ = Taxa de mudança da temperatura em relação ao tempo

Para o cálculo da massa construída típica por unidade de área, Tso et al. (1990) admitiram que essa é constituída, unicamente, de concreto para facilitar a estimativa, já que as suas características térmicas são similares às de outros materiais de construção.

Assim, o cálculo da Massa Construída por unidade de área (MC) é calculada com base na equação:

$$MC = \frac{V_{ct} \times \gamma_c}{A_f} \quad \text{Equação [2]}$$

Onde:

γ_c = densidade do concreto = 2400 kg/m³

V_{ct} = Volume do concreto (m³)

A_f = área total da fração urbana (m²)

Inicialmente, calcula-se o volume de concreto das construções por unidade de terreno (V_{ct}) no raio determinado pela equação seguinte:

$$V_{ct} = (Per \times h \times Ec1) + (Apr \times NI \times Ec2) \quad \text{Equação [3]}$$

Onde:

Per = perímetro da edificação (m)

h = altura da edificação (m)

Ec1 = Espessura média do concreto nas construções, adotado como 0,20 m. para as paredes externas.

Apr = projeção da edificação (m²)

NI = número de lajes +1

Ec2 = Espessura média do concreto nas construções, adotado como 0,10 m. para as lajes.

Tso et al (1990) definem na escala vertical da camada limite urbana ao nível das coberturas, o raio de abrangência igual a 300m e estimaram a massa construída de 700 kg/m² para desenvolver o modelo para a cidade de Kuala Lumpur. Já Lima; Santos; Assis (2003) definem em Belo Horizonte o raio de abrangência dos pontos, na escala vertical igual a escala horizontal , ou seja , 300 m.

2.3.1.2.2 O fator de visão do céu (FVC)

A geometria urbana das cidades é caracterizada por um elemento repetitivo chamado de *canyon* urbano, que é definido como um espaço tridimensional, formado por uma rua e os edifícios que a ladeiam. Os *canyons* urbanos restringem a visão do céu, caracterizada pelo FVC (Fator de Visão do Céu), causam reflexões múltiplas da radiação solar e restringem o movimento do vento. A temperatura das superfícies esta intimamente ligada à geometria do *canyon* urbano, independentemente da localização em relação ao centro da cidade (EMMANUEL, 2005). Demonstrou-se que, quanto mais obstruído é um local no meio urbano, menor é a capacidade de troca térmica por radiação (OKE, 1986), o que, conseqüentemente, favorece a formação da ilha de calor noturna nas áreas mais adensadas.

Segundo Souza (1996), na medida em que é alterada a morfologia urbana e verticalizadas as superfícies, existem, paralelamente, um aumento de absorção à radiação solar, uma diminuição de transferência de calor por convecção e há uma redução na perda de calor por ondas longas. A autora afirma também existir uma grande lacuna de informações sobre a ordem de grandeza dessas alterações nas cidades brasileiras e que é importante considerar a geometria urbana como elemento decisivo para o balanço de energia dos recintos urbanos.

O FVC, ou ângulo de obstrução do horizonte, ou ainda no inglês *Sky View Factor* (SVF), é um parâmetro adimensional que indica uma relação geométrica entre a Terra e o céu e que representa a relação entre a área de céu obstruída e a área total da abóbada celeste visível. A unidade do FVC considera a abóbada celeste como um importante fator determinante da perda de calor por ondas longas, de modo que, a capacidade de resfriamento do recinto urbano está relacionada à obstrução do horizonte. Assim, quanto maior a capacidade de visão do céu, maior a capacidade de resfriamento. Esta característica espacial urbana estabelece uma das mais importantes causas da ilha de calor urbana (OKE, 1982). Apesar de ser um valor numérico, o FVC é resultante de relações tridimensionais do espaço urbano (*canyon* urbano) e pode ser graficamente visualizado.

Aos elementos que se interpõem entre o céu e o ponto analisado dá-se o nome de obstrução. As obstruções podem ser naturais, como é o caso do relevo e da vegetação; ou artificiais, como é o caso das edificações. Novas edificações construídas irão sempre alterar a relação entre o céu visível e obstruído.

Souza (1997) descreve o método geométrico utilizado para cálculo do fator de forma, onde a hemisfera celeste é projetada no plano horizontal e os círculos de altitude e raios de azimute definem a posição de um dado ponto P (FIG 08). Apresenta também um diagrama com os fatores de forma calculados, cuja somatória (FIG. 09) é igual a 10.000, de forma que o resultado obtido deve ser dividido por 100 para que o fator de forma seja percentual. A projeção estereográfica das edificações, que formam o *canyon* urbano, deve

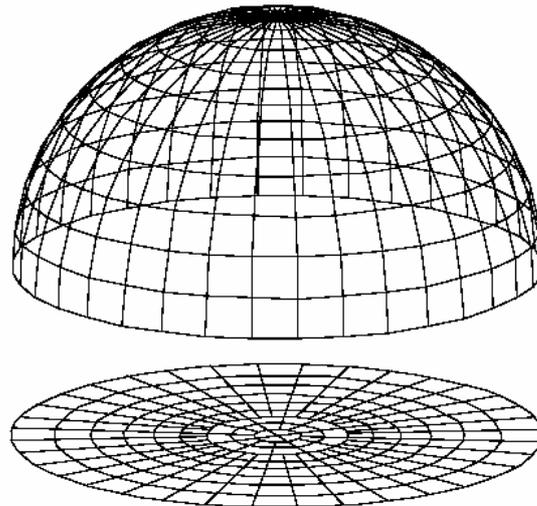


FIGURA 08 – Projeção da hemisfera celeste no plano horizontal
 Fonte : SOUZA , 2004, p. 61

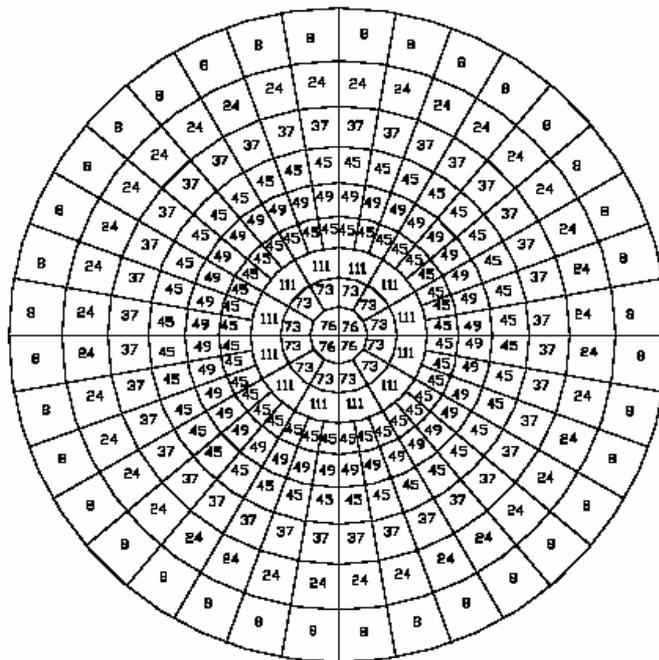


FIGURA 09 – Diagrama de fatores de forma para superfícies horizontais
 em projeção estereográfica
 Fonte : SOUZA, 2004,p. 61

ser projetada sobre o Diagrama de Fator de Forma e os valores relativos ao canyon devem ser somados.

Para facilitar a operação deste cálculo matemático Lima; Santos e Assis; (2003) desenvolveram uma metodologia envolvendo dois *softwares* para adequação e cálculo das células do fator de forma, desde que se possua uma foto retirada com lente tipo “olho-de-peixe” do *canyon* urbano em estudo (FIG. 10). Desenha-se no *software Autocad* a hemisfera contendo todas as células do fator de forma (FIG. 11) e importa-se a imagem retirada da área de estudo com a lente “olho-de-peixe”. Depois de superpostas as imagens, através de uma polilinha fechada, traça-se o contorno do céu visível na foto inserida (FIG. 10 e 11). Posteriormente, exporta-se o arquivo *Autocad* para o *software Mapinfo*, em extensão “.dxf” e associa-se em tabela do programa o valor do atributo correspondente à cada célula do fator de forma. O *software Mapinfo* é capaz de calcular a área dentro do polígono determinado pela polilinha e atribuir os valores das células do fator de forma, mostrando como resultado a relação entre o céu visível e o céu obstruído, ou seja, o FVC no ponto dado.



FIGURA 10 – Fotografia com lente “olho de-peixe” de um *canyon* urbano.
Fonte: Arquivo pessoal da autora

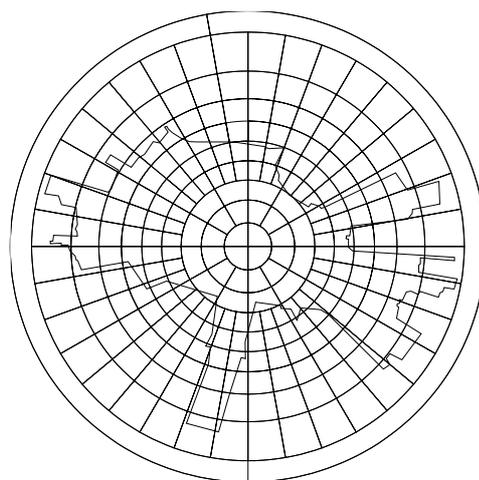


FIGURA 11 – Definição da polilinha no *software Autocad*
Fonte: Arquivo pessoal da autora

Por sua vez, Souza(2003a) desenvolveu uma ferramenta que permite simular a representação espacial e efetuar o cálculo do FVC, independente da existência de um fotografia executada com lente “olho-de-peixe” ou da existência das próprias edificações, o que vem possibilitar a criação e visualização de cenários virtuais ou futuros. Criou dentro de um ambiente SIG,

uma extensão para o *software Arcview*, versão 3.2, denominada *3dSkyview*, capaz de armazenar e manipular informações geográficas em três dimensões. Assim, a partir de uma base de dados 2D, o usuário é capaz de simular várias situações, visualizar e calcular os possíveis FVC.

O *ArcView* versão 3.2 é um SIG com interface gráfica destinada a integrar dados espaciais à atributos tabulados, com o objetivo de gerar a visualização de mapas e novas tabelas. Possui a extensão 3D Analyst que torna o programa capaz de criar superfícies, interpretar alturas no eixo Z e modelar superfícies em 3D. A extensão 3D Scene permite gerar e manipular superfícies em 3D. A partir da correta atribuição de dados tabulados é possível então, efetuar inúmeras operações em 3D e visualizá-las.

Para entender o funcionamento e os resultados da extensão criada por Souza (2003a) é necessário compreender as relações espaciais e a geometria das projeções ligadas ao FVC. A superfície da Terra é representada por uma série de linhas imaginárias, que são denominadas latitudes e longitudes, compondo um sistema de coordenadas de paralelos e meridianos. Existem vários tipos de projeção para representar graficamente objetos em um plano. Souza (2003a) levou em consideração as projeções que permitem estabelecer relações espaciais entre a Terra e o céu na determinação do FVC. A projeção ortográfica é aquela que utiliza os pontos contidos no hemisfério celeste imaginário e projeta-os no plano horizontal, mantendo perpendicularidade entre as linhas de projeção e o plano do observador. Na projeção estereográfica (FIG. 12) os conceitos de zênite (ponto mais alto da abóbada celeste) e nadir (ponto diametralmente oposto ao zênite) são importantes. Na projeção estereográfica, qualquer ponto projetado para a abóbada celeste, estará projetado no interior do círculo de projeção no plano horizontal (FIG.13). A extensão *3dSkyView* é capaz de gerar as projeções ortográficas e estereográficas de um ponto dado, porém a projeção mais indicada para o trabalho que envolve as relações do céu com a Terra, como é o caso do FVC é a projeção estereográfica.

Para o cálculo do FVC em *ArcView* 3.2, Souza (2003a) que teve como princípio básico “[...] a sobreposição espacial de uma malha estereográfica

de pontos da bóveda celeste sobre a projeção estereográfica da camada intra-urbana em plano horizontal” (SOUZA, 2003a, p. 52).

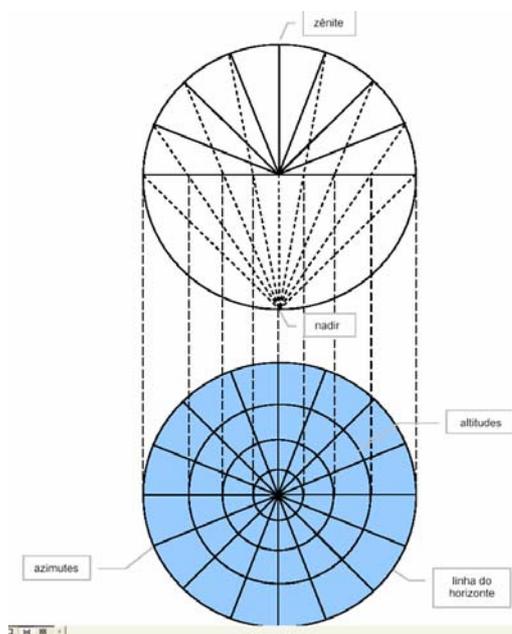


FIGURA 12 – Projeção estereográfica
Fonte: SOUZA, 2003a, p. 32

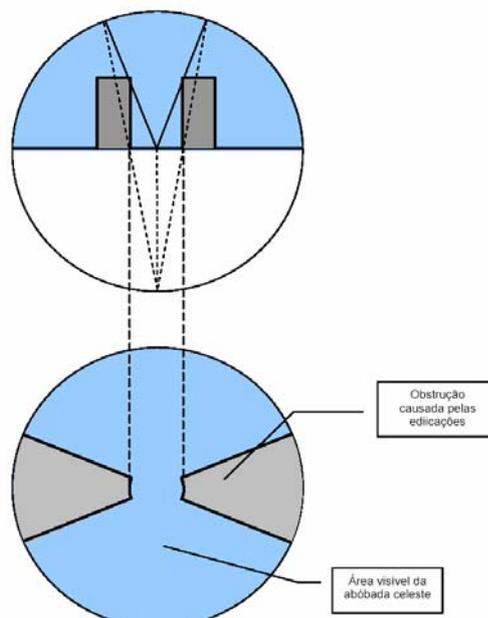


FIG. 13 – Projeção estereográfica
Fonte: SOUZA, 2003a, p.37

Souza (2003a) estabeleceu uma rotina de entrada de dados e passos a serem seguidos para a obtenção do FVC:

- 1- montagem da planta contendo as informações de implantação da área de estudo em geral (ruas, quadras), das edificações (conformações, limites), localização dos observadores e curvas de nível digitalizadas em formato *Autocad*. É necessário que as edificações estejam representadas por polígonos e os observadores estejam em posição central em relação ao canyon urbano;
- 2- composição da planilha de atributos referentes às alturas das edificações e cotas de implantação das edificações;
- 3- composição da planilha de atributos referentes às alturas dos observadores (tomada como 1m) e cotas de implantação dos observadores;

- 4- estabelecimento do raio desejado para as projeções estereográficas e ortográficas.

A tela principal para entrada desses dados é apresentada na FIG. 14, a seguir.

Complete data to be processed:

Process Information

Process Name:

Work Directory: e:\nea\POSDOC\daniel\3DSKYVIEW\pr1

Orthographic Net File:

Observer Information

Theme: Observador.shp X: 0.00565

Z Attribute: ... Y: 0.02927

Elevation Attribute: ... Z: 0.015

Elevation: 0

Polygons Information

Theme: Poligonos.shp Polygon Number: 56

Z Attribute: ...

Elevation Attribute: ...

Projection Circle Radius

R =

FIGURA 14 – Interface do 3D Skyview com dados de entrada
Fonte: SOUZA, 2003a, p. 90

Após o processamento dos dados, ao final, é possível obter-se os seguintes resultados (FIG. 15):

- 1- cálculo do FVC;
- 2- projeção estereográfica da cena;

- 3- projeção ortográfica da cena;
- 4- visualização da cena em 3D.

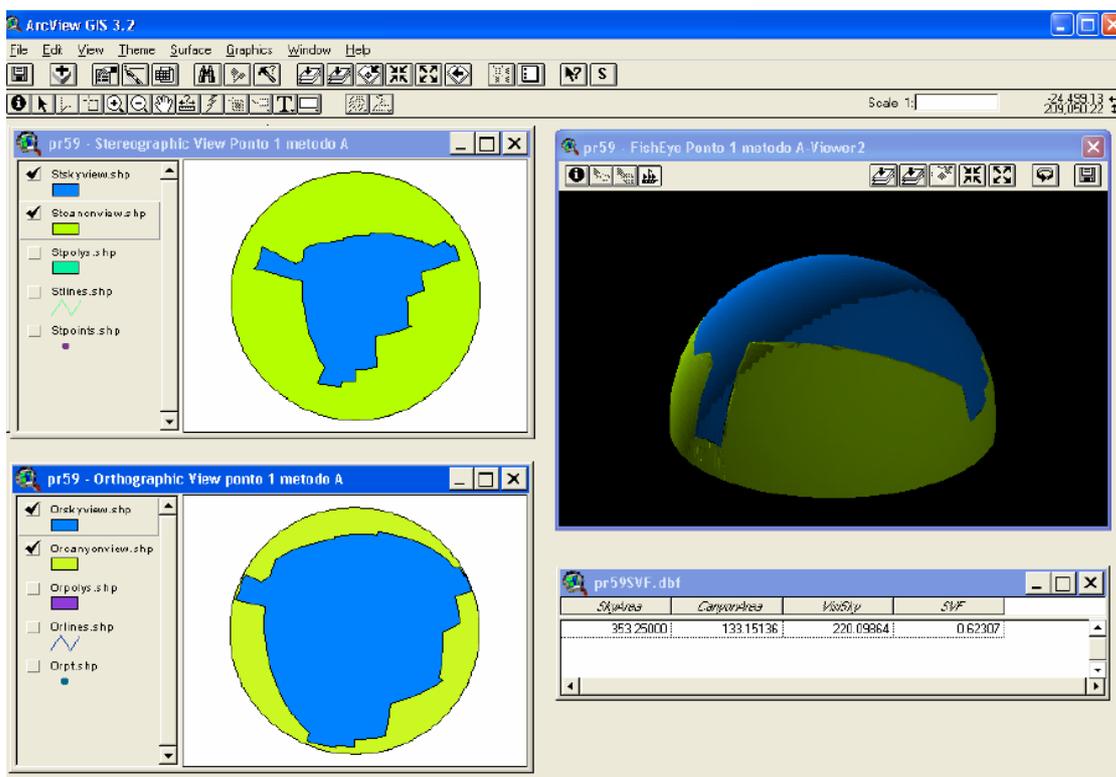


FIGURA 15 – Visualização de resultados no 3D Skyview
Fonte: SOUZA, 2003a, p.91

A ferramenta desenvolvida por Souza (2003a) tem uma série de vantagens e benefícios para os trabalhos de planejamento urbano. Em primeiro lugar, dispensa o uso da câmera fotográfica com lente tipo “olho-de-peixe”, de custo bastante elevado, tem grande precisão e tem um tempo de simulação rápido, o que otimiza os resultados. O FVC é um parâmetro urbano com influência decisiva nas condições de conforto térmico urbano e assim, precisa ser quantificado. Com esta ferramenta é possível estabelecer a integração entre as variáveis ambientais e o complexo problema urbano

2.3.2 O tratamento estatístico dos dados: a análise de regressão

Como foi apresentado no primeiro capítulo um dos objetivos deste estudo é estabelecer uma relação entre os parâmetros climáticos (variáveis de temperatura e umidade) e os parâmetros urbanísticos (massa construída e fator de visão do céu), como perspectiva de integração entre o planejamento urbano e a climatologia.

Sob o ponto de vista estatístico, quando duas ou mais variáveis estão inerentemente relacionadas, é possível explorar a natureza desta associação. A análise de Regressão tem por objetivo investigar esta relação e descrevê-la com uma equação que possa ser usada para predições (WONNACOTT, 1985).

A Regressão Múltipla deve ser utilizada quando se deseja pesquisar o efeito simultâneo de vários fatores X e Z sobre Y, mesmo quando os dados provém de um estudo observacional. Pode ser descrita pela equação:

$$Y = \alpha + \beta X + \gamma Z \quad \text{Equação [4]}$$

Para que seja possível averiguar a correlação entre a variável resposta e as demais variáveis disponíveis no banco de dados, são feitas suposições através dos diagramas de dispersão. As suposições, então, são confirmadas calculando-se um coeficiente de correlação. Para averiguar se o parâmetro estimado é significativo, o *p-valor* deve ser menor que o nível de significância estabelecido, em geral, 5%.

Neste estudo, a obtenção dos resultados se dará através do software estatístico *Statgraphics*, versão 15.

2.3.3 A relação da Umidade Relativa e da Umidade Absoluta

Pode-se perceber pela observação de uma carta psicrométrica qualquer, que as variáveis de temperatura e umidade absoluta têm relação linear ou diretamente proporcional em um ponto psicrométrico qualquer, o que não acontece com a variável umidade relativa. Deste modo, para a

interpolação de dados usando um software gerador de superfícies parece mais pertinente utilizar variáveis que guardem entre si uma relação linear. Assim será necessário a partir dos dados coletados de umidade relativa calcular a umidade absoluta nos pontos.

Allucci (1992) apresenta a seguinte equação para relacionar a UA à UR, dados a Pressão Atmosférica (P_{atm} em mmHg) e calculada a Pressão de Saturação (P_{sat}), a partir da temperatura (T):

$$UA = \frac{UR}{100} \times \frac{622 \times P_{sat}}{P_{atm} - P_{sat}} \quad \text{Equação [5]}$$

Onde:

$$P_{atm} \text{ (mmHg)} = P_{atm} \text{ (hPascal)} \times 760 / 1013,2$$

$$P_{sat} = 663,5 \times e^{(T \times 0,064)} \times 0,075 \text{ (mmHg)}, \text{ se } T < 25^{\circ}\text{C} \quad \text{Equação [6]}$$

$$P_{sat} = 830,7 \times e^{(T \times 0,0553)} \times 0,075 \text{ (mmHg)}, \text{ se } T \geq 25^{\circ}\text{C} \quad \text{Equação [7]}$$

2.3.4 A espacialização dos resultados

O *Surfer 7.0* é um software gerador de superfícies que permite a interpolação de dados coletados sobre uma malha espacial. A interpolação destes dados pode ser feita nas coordenadas X, Y e Z. O *Surfer 7.0* pode produzir mapas de contorno com os resultados exibidos de várias formas (linhas, sólidos, gradientes de cores ou hachuras diferenciadas) e permite também, que dois ou mais mapas sejam sobrepostos uns sobre os outros, o que é de fundamental importância quando se deseja avaliar a interferência de uma variável sobre a outra. A figura 16 é um exemplo de resultado produzido pelo *Surfer 7.0*.

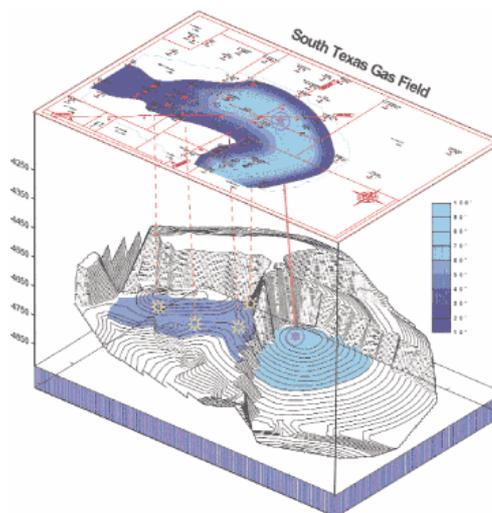


FIG 16 –Exemplo de resultado produzido pelo software Surfer 7.0
 Fonte : BOSS INTERNATIONAL, 2007

2.3.4 As Técnicas de Cenários e o planejamento urbano

As Técnicas de Cenários (SOUZA, 1999) foram criadas no sentido de se possibilitar trabalhar com as questões da previsibilidade e vêm adquirindo destaque cada vez maior dentre as ferramentas ligadas ao planejamento e à gestão, por poderem ser utilizadas em praticamente qualquer situação que envolva tomada de decisão. Cenários podem ser usados para identificar sinais precoces de problemas, avaliar a robustez de competências, gerar opções estratégicas melhores e avaliar o perfil de risco e retorno das opções (AMANA KEY, 1995).

Para Lopes (2001), o objetivo principal das Técnicas de Cenários é permitir a utilização de pontos fortes, desenvolvendo potencialidades e o confronto entre ameaças de um determinado sistema. Perscrutando-se possibilidades é possível definir melhores ações no presente, com base na capacidade evolutiva do sistema em estudo.

Souza (2003b) estabeleceu claras diferenças entre as várias formas de se falar do futuro. Definiu expectativa como sendo uma atitude automática de antecipação, presente em todos os animais superiores; conjectura, como um intento consciente de representar o que é, foi ou será; profecia, como uma

conjectura em larga escala com relação ao futuro; prognose, como uma conjectura informada, mas prisioneira de dados empíricos imediatos e de senso comum e predição, como uma previsão baseada em teorias e dados científicos. Desta forma concluiu que somente a predição é científica.

Mas o problema básico das predições convencionais (cartesianas, lineares, extrapolativas) é a sua conformidade ao paradigma da simplificação, o que as tornam falaciosas diante dos problemas sociais. Cenários, ao contrário das predições, não seguem qualquer receita formal ou aplicação de fórmulas matemáticas. O esforço desta metodologia consiste em agregar ingredientes dificilmente formalizáveis, mas com consistência lógica e sintonia com a realidade, possibilitando simulações bastante flexíveis, onde alguns fatores são enfatizados em função de sua maior chance de ocorrência. Cenários constituem uma metodologia científica (MAKRIDAKIS et al, 1983; SOUZA, 1999) de fundamental importância para apoiar decisões estratégicas, inclusive as que envolvem as ciências sociais, como é o caso das cidades. Neles cada objeto específico demandará um certo grau de adaptação metodológica, em função dos seus aspectos singulares, da realidade particular em questão (SOUZA, 1999).

Makridakis et al. (1983) defendem a idéia de que as Técnicas de Cenários são um método disciplinado de imaginar futuros possíveis, simplificando uma avalanche de dados ao levar em conta um número limitado de situações possíveis. Simulam uma realidade possível em um determinado tempo e em determinado local. Utilizam-se de um conjunto bem definido de suposições, construindo alternativas possíveis para que se possa desenvolver uma concepção imaginativa de possibilidades futuras que podem ser ajustadas ao longo do tempo, referenciando-se na verdadeira existente, nos fatores, nas variáveis atuantes e nas tendências constatadas, a fim de desenvolver intervenções planejadas. Desta forma, as Técnicas de Cenários representam uma ferramenta poderosa de predição das condições possíveis, que poderão ser modificadas no presente mediante o reconhecimento prévio das mesmas.

È importante neste caso perceber (SOUZA, 1999) que construir cenários não significa tentar “prever” o futuro, como se a história fosse possível

de determinação, mas sim apenas “simular” possíveis desdobramentos sem a preocupação de quantificar probabilidades e sem se restringir a identificar apenas um único desdobramento esperado. A FIG. 17 representa as etapas metodológicas necessárias para a elaboração de cenários:



FIG. 17 - Esquema explicativo para as Técnicas de Cenários

Fonte: POMPEU; PAIVA , 1999, p.09

Cenários podem ser (SOUZA, 1999): tendenciais se representam apenas uma antevisão do problema diante de um desdobramento específico esperável do quadro atual; alternativos se operam com vários quadros de situações possíveis a partir de diferentes interferências junto ao quadro atual; e de contraste (ou normativos) se fazem intervir, explicitamente, na dimensão desejada. A força da construção dos cenários está justamente quando a simulação considera estas diversas alternativas e, principalmente, quando os quadros desejados são explicitados e discutidos entre os diversos atores envolvidos. É de fundamental importância para a construção de cenários que tratem das situações sociais, uma absorção, logicamente consistente do material empírico e uma feliz conjugação das escalas temporais e espaciais (o recorte do objeto), de modo a viabilizar uma investigação consistente.

Em linhas gerais, o procedimento consiste basicamente, em iniciar o estudo por uma análise da situação atual, na qual se encontra a realidade, para a qual serão elaborados os cenários. Posteriormente, faz-se um estudo da relação existente entre as variáveis, suas ocorrências, combinações e

possíveis influências de umas sobre as outras. Com estes resultados, formulam-se os cenários e selecionam-se os mais prováveis. Quanto maior for o número de informações e dados, maior será a fundamentação teórica e a firmeza para se definir os cenários possíveis e mais próximos da realidade. Dessa forma é possível formar múltiplas alternativas e, assim, orientar a tomada de decisão, diminuindo o grau de incertezas e evitando gastos desnecessários.

Souza (1999) propõe uma metodologia mais detalhada para a construção de cenários:

1 – identificar o quadro atual e suas raízes históricas: é sobre este alicerce que se poderá refletir sobre tendências e possibilidades evolutivas. Três aspectos devem ser ressaltados na composição do quadro atual: a situação econômica, a situação política e a dinâmica demográfica;

2 – construir o cenário tendencial: é o momento de iniciar a construção dos cenários, principiando pelo cenário tendencial mais provável. A primeira providência para sua construção é o estabelecimento de premissas ou hipóteses a serem testadas pelo próprio processo histórico. Em seguida, a tendência a ser apontada deve fazer referência ao nível de crescimento dos conflitos sociais e à fragmentação do tecido sócio-político-espacial. É imperativo estabelecer nesta etapa a referência temporal e o horizonte de prognose. Hipóteses diferentes deverão ser levadas em conta, pressupondo escolhas entre diversas alternativas mutuamente excludentes;

3 – construir cenários alternativos: imaginando que o cenário tendencial é um cenário de larga probabilidade de ocorrência, é sempre importante propor alguns cenários alternativos. Deve-se evitar propor muitos cenários alternativos, o que tornaria a interpretação pesada. Dois cenários alternativos, adversos ao tendencial, são capazes de oferecer suficiente flexibilidade prognóstica;

4 – calibrar os cenários tendenciais e alternativos, conforme as particularidades locais: cada caso é um caso. Devem ser levados em consideração os fatores sociais e culturais envolvidos nos cenários e as diferenças regionais e locais;

5 – concluir e tirar lições de um devir imaginário: especular sobre o futuro é, nas ciências sociais, ainda mais arriscado, mesmo em se utilizando uma metodologia prudente como é o caso das Técnicas de Cenários. Todavia é realmente necessário correr tal risco, pois é preciso subsidiar cientificamente os cursos de ações a serem selecionados para se enfrentar os desafios do desenvolvimento sócio-espacial, seja em que escala for.

Subsidiar cientificamente as ações para enfrentar os desafios do século XXI, não significa apenas preparar boas análises e bons diagnósticos, mas também elaborar bons prognósticos, afinal o objetivo de todo planejamento é modificar o quadro atual para melhor. Isto compreende intervenções no quadro atual, de um lado, para evitar novas situações indesejáveis, e de outro, para tirar partido das situações favoráveis futuras. No que diz respeito às nossas cidades, este aporte científico de apoio às decisões é mais que necessário, é urgente e prioritário (SOUZA, 2003b). A partir da delimitação de uma área de estudo, é possível levantar as características físicas, topográficas, ambientais, de ocupação do solo, enfim, mapear todas as variáveis que interessem ao estudo. Posteriormente, se pode estabelecer indicativos de demandas e de possibilidades econômicas, sociais, políticas, ambientais, que atingem a população e a área de estudo. Aplicando-se uma matriz de correlação entre as variáveis e as possibilidades/demandas, ou seja, baseando-se nas condições do presente, constituir possibilidades futuras, definindo os cenários possíveis e mais próximos da realidade. Desta forma é possível formar múltiplas alternativas e assim diminuir o grau de incertezas ao se tomar as decisões de intervenção urbana. Este método garante uma organização consciente do espaço e conseqüentemente, possibilita aumento na qualidade de vida da população, proteção das áreas de interesse histórico e ambiental.

Desta forma, as Técnicas de Cenários são um importante instrumento para o processo de planejamento, gestão, políticas públicas e intervenções urbanas.

2.3.5 A climatologia e o planejamento urbano

Embora seja reconhecida a importância da climatologia para ser aplicada ao planejamento urbano, os estudos são ainda fragmentados. Na Alemanha parte da idéia básica de planejar com o clima, através do conceito de “clima ideal urbano”. Dentro deste conceito, as informações sobre o clima urbano são integradas às informações geo-morfológicas e de uso do solo do recinto urbano. Este conceito não define atributos da forma urbana, mas descreve as condições de qualidade do clima que a cidade deve cumprir para satisfazer as condições de conforto térmico e pureza do ar, além de funcionar como instrumento para o planejamento urbano (KATZCHENER, 1997).

“Mudar a cidade é uma tarefa coletiva” (SOUZA, 2003, p. 518). Neste contexto coloca-se a climatologia aliada aos instrumentos de previsibilidade, como forma interdisciplinar de conhecer, ou antever a influência da morfologia urbana no comportamento térmico dos espaços e como um aporte essencial e uma ferramenta poderosa de planejamento e gestão urbanos, uma vez que vêm propiciar um pensamento sobre o futuro, que permitirá a tomada e refinamento das decisões estratégicas no presente.

3 A ÁREA DO ESTUDO DE CASO

A área do estudo de caso está situada na porção sul do município de Belo Horizonte, MG, na divisa com o município de Nova Lima (FIG. 18 e 19). A área está predominantemente assentada sobre a Serra do Curral e se caracteriza geologicamente pela presença das camadas de itabirito no terço superior da serra e pela presença de rochas pouco resistentes ao intemperismo, como os dolomitos e os filitos dolomíticos na parte inferior da mesma serra (SILVA, 2002). O sopé da Serra do Curral corresponde a importante área de recarga para o principal aquífero da cidade, o Aquífero Belo Horizonte. As cotas altimétricas variam de 1.060 à 1.160 m. Apresenta uma vigorosa expansão urbana, fruto da especulação imobiliária no eixo sul da capital mineira.

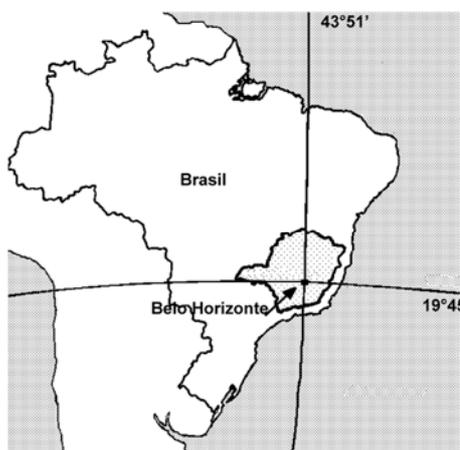


FIGURA 18 – Localização geográfica de Belo Horizonte, MG

Fonte: ASSIS, 2000

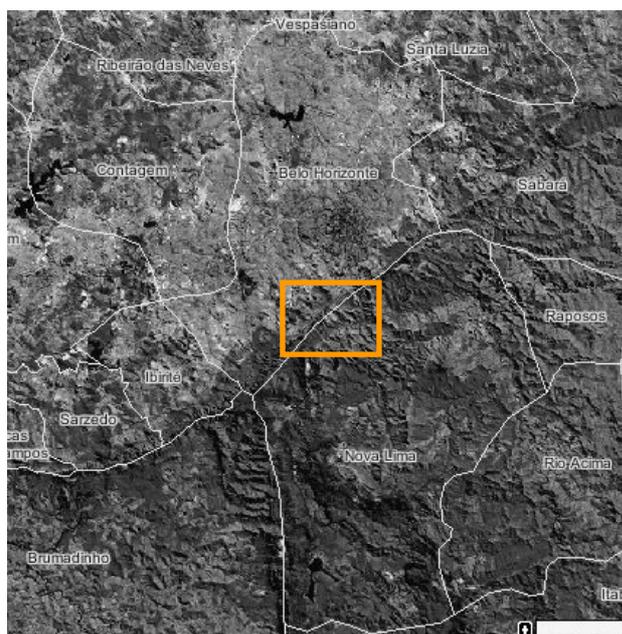


FIGURA 19 – A localização da área do estudo de caso e a vizinhança.

Fonte : SEMAD, 2007

3.1 Belo Horizonte

A localização da cidade de Belo Horizonte corresponde a 19° 55' de latitude sul e 43° 56' de longitude oeste. Segundo estimativa fornecida pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em 2006 a cidade possuía uma população estimada em 2.399.920 habitantes ocupando uma área de 332 km². Tem altitude média de 875 m e pode-se encontrar no município duas formações geomorfológicas: a depressão Sanfranciscana e o quadrilátero ferrífero (SILVA,2002). A maior parte do município localiza-se na Depressão Sanfranciscana e o limite sul corresponde à Serra do Curral, que se caracteriza pela presença das camadas de Itabiritos siliciosos recobertos por carapaça ferruginosa de alta permeabilidade (SILVA, 2002), onde se localiza a área de estudo. O clima é classificado, segundo a classificação de Köppen, como Cwa (tropical de altitude), com verões quentes e chuvosos e invernos bem marcados com temperaturas brandas. Segundo as Normais Climatológicas, a média anual de chuvas é de 1.490 mm, com 80% distribuídos entre outubro e março. Segundo Ferreira; Assis (2006), os ventos em Belo Horizonte têm velocidade média de 1,5 m/s e direção predominantemente leste, desviando-se a nordeste próximo à barreira da Serra do Curral.

A capital mineira foi inaugurada em 1897 e teve seu projeto fortemente influenciado pelos ideais positivistas que caracterizaram o urbanismo europeu no século XIX. A cidade foi implantada sob a mística da racionalidade, da eficiência, da ordenação, e se caracteriza por uma vontade quase obcecada em promover a higiene e o embelezamento urbano, ao mesmo tempo que deveria servir de espelho onde se refletissem as grandezas do Estado (MAGALHÃES; ANDRADE, 1988).

Desde os primeiros estudos de viabilidade para a instalação da nova capital mineira (ANDRADA, 1985), houve uma intensa preocupação com as condições naturais. O local a ser escolhido deveria possuir as melhores condições naturais de salubridade em relação à posição geográfica, à altitude,

à topografia, à natureza do solo e à climatologia. Em relatório apresentado por Aarão Reis, em 1893, este descreve Belo Horizonte da seguinte forma:

[...]à vantajosa posição local, [...] acresce ainda a circunstância de, assente sobre a bacia do Ribeirão Arrudas, apresentar a localidade,[...] a bella fôrma de um vasto e amplo amphitheatro, aberto para o oriente, como para receber desde cedo os benéficos raios solares , e encostando-se ao sul, à Serra do Curral, que a protege contra os ventos frios e humidos[...]Bello Horizonte offerece clima temperado,[...] com inverno seco e confortável; atmosphaera, pura; solo, enxuto, não contendo matéria orgânica em decomposição; ventos, sêccos, [...]nevoeiros, leves no inverno[...] (REIS, 1893, p. 5-33).

Embora a escolha de Belo Horizonte seja vista pelos historiadores como um “arranjo político” (ASSIS, 1995), a defesa da localidade foi feita em nome de valores científicos, encarados como os únicos verdadeiros e onde o clima e a topografia locais exerceram grande influência na defesa da decisão.

O projeto de Aarão Reis (BARRETO, 1995) para a nova capital, executado pela Comissão Construtora, organizou o espaço do município em três zonas distintas e concêntricas (FIG. 20):

1- Zona Urbana: limitada pela Avenida do Contorno, com ruas dispostas ortogonalmente e recortadas pelas avenidas principais dispostas diagonalmente. Nesta área estava prevista a localização de toda a estrutura de administração, política, lazer e transportes, além da assistência médica e de educação;

2- Zona Suburbana: circundando a área urbana e formada por ruas de desenho irregular;

3- Zona Rural: nesta zona estavam localizados os sítios, que tinham como objetivo suprir a área urbana de produtos alimentícios e outros gêneros.

Magalhães; Andrade (1989) consideram que esta racionalização baseada no caráter científico, levou conseqüentemente a uma ordenação, uma setorização do espaço urbano que assumiu uma forma geométrica, encerrada dentro da Avenida do Contorno. Assim, percebe-se, já nesta época, uma preocupação em considerar que algumas áreas, tais como matadouros, o cemitério e alguns tipos de indústrias, deveriam se localizar fora da chamada Zona Urbana e a sotavento, para não comprometer a qualidade do ar da

cidade. Nos primeiros anos de sua implantação, Belo Horizonte se caracterizou pela excelência de seu clima sempre ameno, que foi comparado ao clima de Campos do Jordão, propícios aos tratamentos de doenças respiratórias.

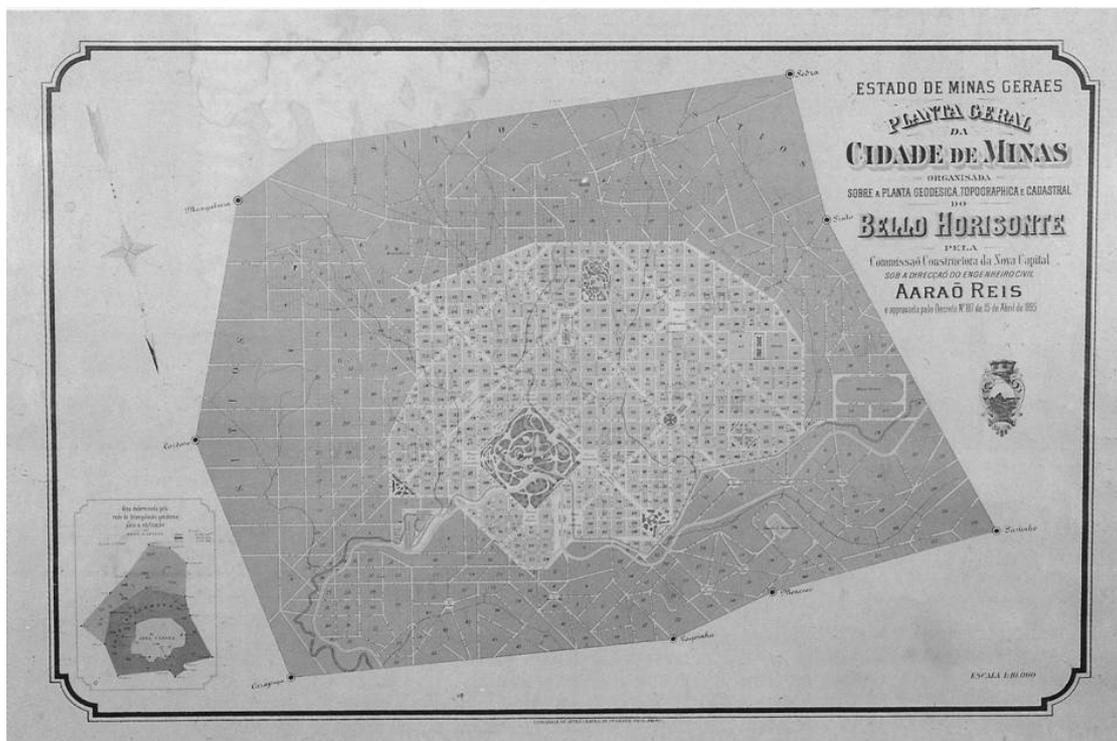


FIGURA 20 - Projeto para a capital mineira, datado de 1895
Fonte: BARRETO, 1995

Observando-se o projeto de implantação da cidade (VILLAÇA, 1998), percebe-se que a quase totalidade das zonas urbana e suburbana localizam-se ao sul do Ribeirão Arrudas e da ferrovia que ladeava o principal curso d'água – o Ribeirão Arrudas. Os primeiros moradores da cidade (funcionários públicos estaduais) pertenciam à classe média e residiam no bairro dos Funcionários. Quando a cidade começa a se expandir e chegam os primeiros burgueses (funcionários de alto escalão, comerciantes e alguns industriais), estes se instalam na mesma faixa pioneira, ou seja, na zona sul da cidade. Desta forma, desde o início do funcionamento da cidade, as classes sócio-econômicas média e alta ocupam a parte planejada ao sul da cidade, expulsando para fora da Avenida do Contorno, em direção ao norte, para além do Ribeirão Arrudas, as camadas mais populares. Villaça (1998) diz ainda,

que várias tentativas foram elaboradas pelo governo para desviar ou modificar o sentido de ocupação da região sul pelas classes de alta renda, como é o caso da criação da Pampulha em 1940, mas, segundo o autor, a população de alta renda não abandona sua direção de crescimento, mesmo quando a ação do setor imobiliário e do Estado tentam demovê-la disso. Desta forma – conclui o autor - a burguesia mineira instalou-se no local que combinava qualidade dos sítios naturais com facilidade de deslocamento e melhor infraestrutura, não se importando definitivamente com a qualidade dos solos e a topografia das encostas da Serra.

Segundo Andrada (1985), nos anos 70 a cidade já tinha esbarrado na Serra do Curral, com o surgimento dos bairros Mangabeiras e Belvedere, ambos situados nas franjas desta serra. Esses dois bairros apresentam várias restrições perante a legislação municipal de uso e ocupação do solo e também ambiental, permitindo assentamentos estritamente residenciais. São também desde sua implantação um sucesso imobiliário. No início da década de 80, a implantação do BH Shopping no cruzamento da Avenida Raja Gabaglia, BR-356 e MG-030, confirmou a região sul de Belo Horizonte e o eixo da BR-356 como área de ocupação da população de alta renda, trazendo ainda, para a MG-030, um outro eixo de expansão em direção a Nova Lima.

O avanço da ocupação urbana na direção sul é uma mancha sem retorno. Uma tentativa de contenção desta expansão, em direção à Serra do Curral, é traduzido no tipo de zoneamento e nas características adotadas para os bairros Belvedere I e II. Estes bairros foram aprovados como espaços para ocupação de uma parte privilegiada da população de renda alta, com lotes de pelo menos 1.000 m². O zoneamento caracterizado como ZR2 (Zona Residencial 2), teve o modelo de assentamento enquadrado no MA-1, cujas características prevêem edificações destinadas a habitação permanente, compreendendo uma habitação por lote ou conjunto de lotes (Lei 4034/85) com residências unifamiliares de, no máximo, dois pavimentos. Como resultado, esses bairros apresentam uma ocupação horizontal, menos agressiva, embora já houvessem questionamentos sobre sua proximidade com a Serra do Curral.

3.2 Nova Lima

A localização da cidade de Nova Lima corresponde aos 19° 59' de latitude sul e 43° 50' de longitude oeste. Segundo estimativa fornecida pelo IBGE, em 2006 o município possuía uma população estimada em 73.247 habitantes em uma área de aproximadamente 428 km². O município possui características que o diferenciam dos outros da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e que o tornam estratégico, especialmente para Belo Horizonte, tanto pela preservação ambiental e pelas reservas hídricas, quanto pelo seu potencial como área de expansão.

Com relação à urbanização, Nova Lima, enquanto processo de criação e desenvolvimento de organismos urbanos, pode ser considerada peculiar em relação aos processos das outras cidades que compõem a RMBH. Esta peculiaridade está relacionada ao fato do município de Nova Lima ter vivenciado, a partir de 1834, a experiência da atividade mineradora, capitaneada pela Mineração Morro Velho, que foi elemento fundamental para a forma diferenciada de desenvolvimento da cidade. O progresso da atividade mineradora acabou por implicar também na concentração de grandes áreas territoriais em mãos destas companhias mineradoras, que as utilizam de acordo com interesses próprios. Atualmente, tendo em vista o desaquecimento da exploração mineral, as mineradoras vêm redirecionando suas atividades para a urbanização, consolidando a expansão do eixo sul da RMBH sob a forma de grandes condomínios voltados para as classes média-alta e alta, ampliando consideravelmente a área urbanizada do município e a conurbação metropolitana.

3.3 A área de estudo: Belvedere III, Vila da Serra e Vale do Sereno

O recorte urbano adotado está situado dentro dos Bairros Belvedere III, Vila da Serra e Vale do Sereno, envolvendo a porção sul do município de Belo Horizonte e parte do município de Nova Lima (FIG. 21).



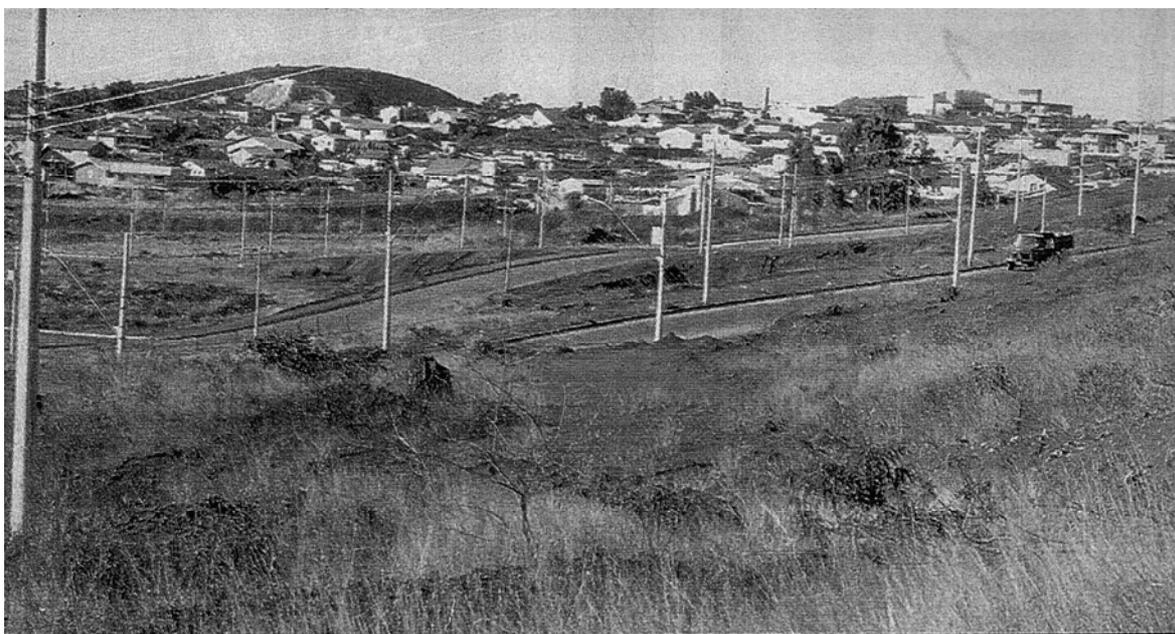
FIGURA 21 - Vista aérea da área de estudo

Fonte: Elaborado pela autora baseado em GOOGLE EARTH, 2007

Os bairros que contém o recorte urbano escolhido têm as seguintes características:

1) Bairro Belvedere III: área de urbanização consolidada da cidade de Belo Horizonte. O loteamento surgiu em 1988, quando foi aprovado pela

Prefeitura de Belo Horizonte o CP 216-13-M (Código do Processamento). Na época a CEZ (Comissão Especial de Zoneamento) estabeleceu para o Belvedere III, o mesmo zoneamento do Belvedere I e II, ou seja, ZR2 (Zona Residencial 2), que permitia apenas a instalação de edificações destinadas a residências unifamiliares e equipamentos de uso institucional (escolas, igrejas, hospitais, etc). Somente nas quadras lindeiras à MG-030 seria admitido o uso comercial e de serviços, com baixa volumetria (FIG. 22).



localização privilegiada, o terreno vem sendo há anos alvo de acirrada briga judicial

FIGURA 22 - Foto região bairro Belvedere III, 1991
Fonte : ESTADO DE MINAS, 1994

Todavia o loteamento teve seu modelo de assentamento alterado em função de interesses econômicos e não se avaliou o impacto que esta nova implantação traria ao entorno e às variáveis ambientais. A seguir historia-se brevemente este processo.

O Prefeito Municipal não acatou o parecer da CEZ e assinou na própria planta apresentada pelos empreendedores a alteração do zoneamento da área do Belvedere III, adicionando o zoneamento ZR4 (Zona Residencial 4), que admitia o uso multifamiliar vertical de alta densidade e, nos quarteirões próximos ao BH Shopping, o zoneamento ZC-3 (Zona Comercial 3), que

permitia a ocupação vertical para o uso comercial, de serviços e até indústria de médio porte não poluente. Tudo isso demonstra a radicalidade e a agressividade da transformação efetivada na região, fruto de uma verdadeira batalha entre o poder público e os agentes imobiliários, numa nítida contraposição entre o interesse público e os interesses privados. Empresários da construção civil recorreram judicialmente e, através do “mandato judicial” no. 000051903-3 de 29/06/95, excluíram a área do Belvedere III da área de tombamento da Serra e ratificaram os zoneamentos ZR-4 e ZC-3. O setor imobiliário viu no bairro Belvedere III um “novo Eldorado”, pois a região agregava espetacular localização dentro da cidade, clima ameno e a excelente vista das montanhas da Serra do Curral. Em 1996, a nova LUOS (lei 7166, de 26/12/96) fixa novos critérios e categorias de zoneamento para toda a cidade e põe fim às divergências em relação ao Belvedere III, estabelecendo um zoneamento específico para o bairro denominado ZP-3 (Zona de proteção 3), com parâmetros urbanísticos mais restritivos. No Art.7º. da Lei 7166/96, as ZP-3 são definidas como regiões sujeitas a critérios urbanísticos especiais, por serem regiões em processo de ocupação, sujeitas a maior controle visando à proteção ambiental e à preservação paisagística. A mudança na lei determinou menores taxas de ocupação e coeficiente de aproveitamento e com maiores afastamentos laterais e de fundo. A taxa de permeabilização mínima passou a ser de 30%. Porém, todas estas alterações vieram tardiamente e não significaram qualquer melhoria na qualidade de vida da cidade ou do bairro, pois já naquele momento a verticalização e a impermeabilização dos solos, já se encontravam prejudicialmente definidos (FIG. 23).



FIGURA 23 - Foto Bairro Belvedere III, 2001
Fonte: REVISTA ENCONTRO IMOBILIÁRIO, 2004

Segundo Ferreira (2003), observa-se, entre outras, uma série de irregularidades no processo de aprovação do novo zoneamento:

1-não houve consulta à Comissão Especial de Zoneamento da Prefeitura;

2-o Prefeito Sérgio Ferrara lançou o zoneamento na planta da própria empresa, sem timbre da PMBH, o que não dá nenhuma garantia de que o ato foi praticado quando Ferrara estava ainda em exercício;

3-desrespeito à Resolução do CONAMA nº. 01/86, pois não houve licenciamento da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, para esta área de relevante interesse ambiental; foram atropelados os estudos técnicos para a aprovação do bairro;

4-no projeto inicial de parcelamento da área não foi respeitado o mínimo de 15% da área total parcelada exigido por lei, referente às áreas verdes. A autora aponta que apenas 3,07% da área verde apresentada é passível de ser computada no percentual exigido, pois foram computadas áreas como faixa de domínio, etc;

5-desrespeito à Lei 4.771/65, que diz respeito à supressão da vegetação da Serra do Curral;

6-desrespeito à Lei Federal 6766/79, que diz respeito à preservação de áreas verdes;

7-desrespeito à Lei Municipal 4.043/85, no que diz respeito à obediência ao planejamento municipal;

8- desrespeito ao decreto 32.017/90, que diz respeito à proteção de manancial da bacia do Cercadinho;

9-desrespeito à Deliberação Normativa nº. 20/97 do COPAM, que reza que a porção montante da bacia do Cercadinho, que tem seu enquadramento definido como Classe Especial, “não deve ser ocupada”, tendo em vista a proteção dos recursos hídricos.

Segundo alguns autores (CORTIZO, 2002; FERREIRA, 2003; SILVA, 2002), a implantação e a mudança de zoneamento do bairro Belvedere III determinou a verticalização e o adensamento do bairro e trouxe uma série de problemas:

1- Cortizo (2002) identificou que, devido ao aumento no número de vagas e ao volume de veículos gerados, o bairro Belvedere III contribuiu de maneira decisiva para a situação crítica detectada pelo estudo do BHTRANS em 1995. Este RITU (Relatório de Impacto no Trânsito Urbano) aponta a interseção da MG-030 com o acesso ao bairro Belvedere III, como trecho classificado como “F”, ou seja, é uma via que se encontra abaixo dos valores da capacidade⁶, caracterizando um quadro de deterioração para a operação de um fluxo de tráfego. Deve-se lembrar que esse estudo levou em consideração apenas fatores de comércio (compras no BH Shopping) e não considerou o motivo “residencial” advindo do bairro Belvedere III e dos bairros de Nova Lima.

2- Ferreira (2003) estuda e demonstra que o impacto paisagístico dessa ocupação vertical é de grande magnitude, pois a construção dos

⁶ Segundo a terminologia adotada pelo RITU, via abaixo dos valores da capacidade significa que a largura da via é menor do que o trânsito a ela designado, ou seja, para suportar e dar vazão ao volume de trânsito a via deveria ser mais larga.

espigões promoveu a ruptura da visão da Serra do Curral, patrimônio tombado;

3- Ferreira (2003) coloca também que a implantação do bairro Belvedere III determinou a contaminação da Lagoa Seca e, conseqüentemente, da bacia do Cercadinho, pois esta recebe toda a água pluvial oriunda do bairro Belvedere III e do BH Shopping;

4- Silva (2002) demonstrou o rebaixamento do nível do lençol freático, devido à redução das zonas de recarga dos aquíferos. Coloca, ainda, que a principal zona de recarga do Aquífero de Belo Horizonte coincide com as áreas de afloramento das formações metasedimentares no sopé da Serra do Curral;

5.- Cortizo (2002) aponta que o bairro Belvedere III está em uma posição que talvez possa provocar um forte impacto na direção e velocidade dos ventos predominantes, que entram pela depressão da serra limítrofe dos municípios de Belo Horizonte e Nova Lima, hipótese confirmada por Ferreira; Assis (2006) em seu estudo que desenvolveu uma representação das condições médias de direção e velocidade dos ventos do município de Belo Horizonte, considerando a influência da topografia local (FIG. 24 e 25).



FIGURA 24 - Foto bairro Belvedere III, barreira à entrada dos ventos
Fonte : arquivo pessoal da autora

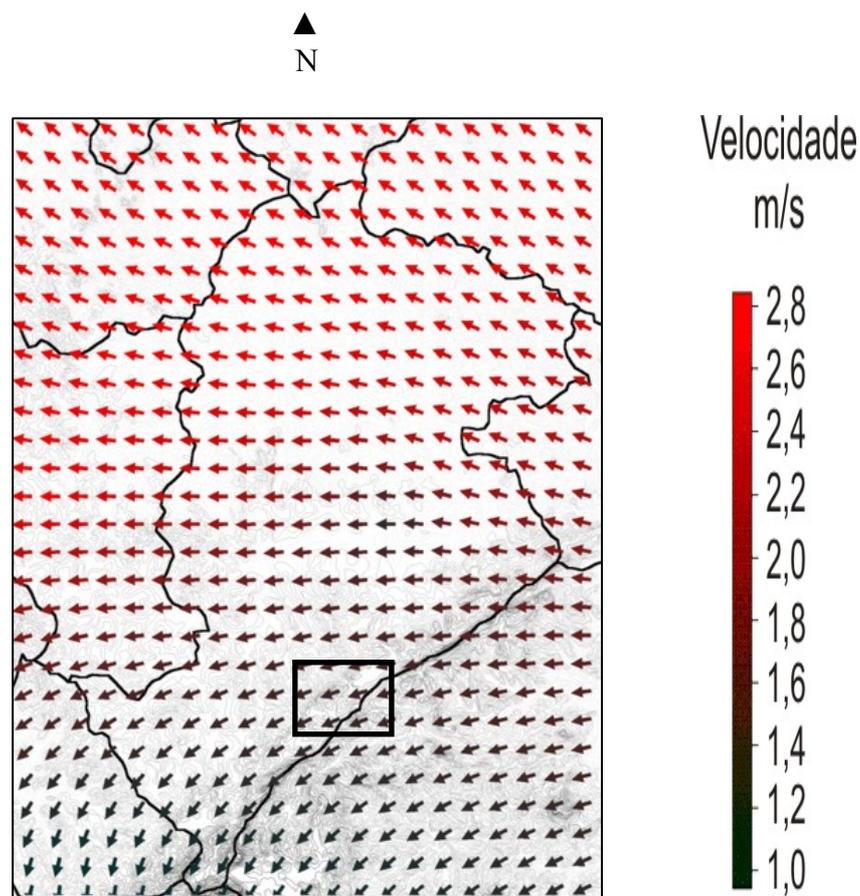


FIGURA 25 - Mapa da direção e velocidade predominante dos ventos em Belo Horizonte e região da área de estudo.

Fonte : Ferreira, Assis (2006)

2) Bairro Vila da Serra: este loteamento pertencente ao município de Nova Lima, foi aprovado em 1981 e sofreu modificações em 1982 (FIG. 26 e 27). Possui um total de 197 lotes que perfazem uma área de 984.803,00 m². e está classificado no zoneamento ZE-1 (Zona Especial - 1).

3) Bairro Vale do Sereno: área de urbanização não consolidada, pertence ao município de Nova Lima, tendo sido aprovado em 1966 e tendo sofrido modificações em 1979 (FIG. 27). Possui 947 lotes e uma área de 735.000,00 m². Foi aprovado na vigência do Decreto Federal 58, com destinação “residencial”, sendo hoje classificado como ZR-2 (Zona residencial 2) e ZC-2 (Zona comercial 2). É visto pelo mercado imobiliário como “o

próximo alvo”, a “bola da vez” depois da ocupação do bairro Belvedere III (FIG. 26);



FIGURA 26 - Vista aérea bairros Vila da Serra e Vale do Sereno
Fonte: REVISTA ENCONTRO IMOBILIÁRIO-2007

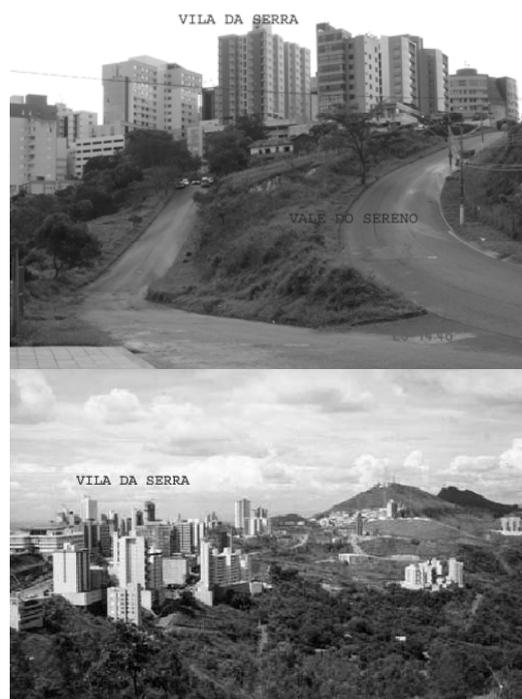


FIGURA 27 - Fotografias bairros Vila da Serra e Vale do Sereno
Fonte: Arquivo pessoal da autora

Enfim, a área do estudo de caso foi escolhida por se tratar de uma área localizada em região de interesse ambiental (nas franjas da Serra do Curral), pelas políticas urbanas dos municípios que permitiram e permitem o adensamento, privilegiando a especulação imobiliária. Além disso, esse recorte contém áreas consolidadas e áreas ainda em processo de consolidação urbanística, que constituem importantes alvos da especulação imobiliária.

Do ponto de vista da escala climática, esta área poderia ser classificada, tomando como referência Monteiro (1976), como MESOCLIMA. Todavia, no presente trabalho optou-se pela classificação definida por Oke (2004), ESCALA LOCAL e NÍVEL UCL, considerados mais adequados para abranger o estudo de uma área (bairros e vizinhança) dentro de uma cidade, pois, nesta classificação, as escalas espacial e temporal estão associadas de

forma tridimensional e assim capazes de proporcionar uma melhor análise do ambiente urbano, quando se pretende analisar a influência da geometria urbana sobre o clima urbano. Assim, o recorte adotado poderá dar uma boa sinalização da situação das variáveis do clima urbano, podendo propiciar estudos tendo em vista gerar instrumentos de avaliação de impactos para cenários futuros.

4 MÉTODOS E TÉCNICAS

Neste capítulo serão apresentados os métodos, as técnicas, a instrumentação, materiais e recursos de *softwares*, utilizados nos trabalhos de campo, na atualização da base cartográfica e no levantamento das variáveis urbanas (FVC e MC) e climáticas (temperatura e umidade relativa), na montagem dos cenários (C1, existente em 2006 e C2, futuro em 2016) e no tratamento dos dados. O fluxograma da FIG. 28, a seguir, busca propiciar uma visão geral do processo.

4.1 A geração do cenário 1

O Cenário 1 tem como objetivo identificar o quadro atual em que se encontra a área de estudo. Este quadro propicia avaliar a situação existente em 2006, identificar tendências e possibilidades futuras, acerca das condições das variáveis urbanas e climáticas servindo também de base para a construção do Cenário 2.

4.1.1 Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo foram desenvolvidos em duas etapas: a primeira diz respeito à elaboração de uma base cartográfica atualizada da área de estudo, com o levantamento do traçado urbano atual e das variáveis urbanas, MC e FVC e das edificações existentes em 2006. A segunda etapa diz respeito ao levantamento de dados das variáveis climáticas, temperatura e umidade relativa, que caracterizarão as alterações no conforto térmico da área, depois de simuladas no cenário futuro.

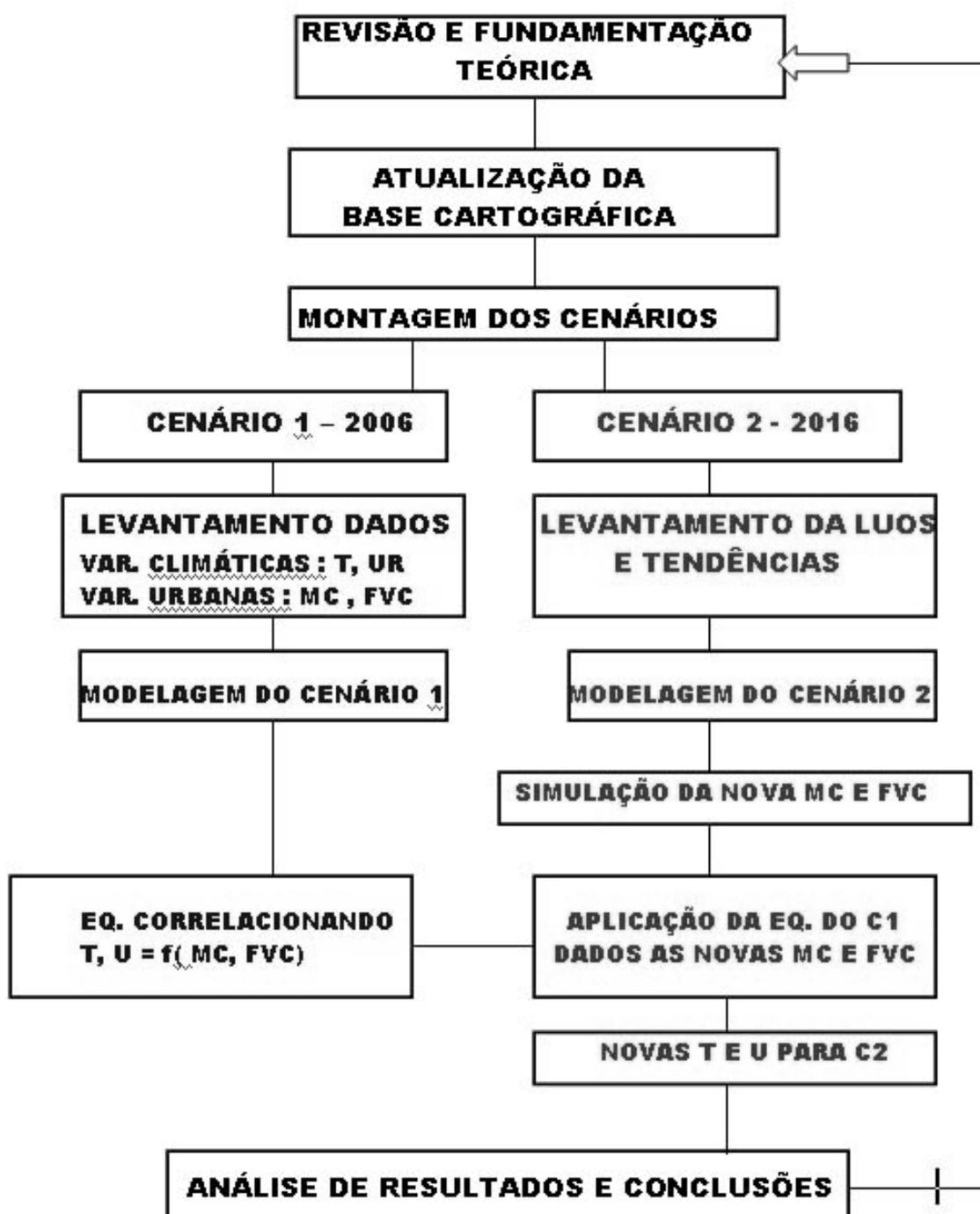


FIGURA 28 - Fluxograma metodológico. Fonte: Arquivo pessoal da autora

4.1.1.1 Levantamento para atualização da base cartográfica e cadastro das edificações existentes na área de estudo

Para produzir a base cartográfica foram utilizados o mapa digital (1989) e a vista aérea (1999) fornecidos pela PRODABEL (Processamento de Dados de Belo Horizonte), sobrepostos em formato *Autocad*. Para a área pertencente ao município de Nova Lima, foi utilizado o mapa, também digitalizado, em formato *Autocad*, fornecido pela empresa Vila da Serra Empreendimentos, já que a PMNL não possuía, até aquela data, levantamento de sua área urbanizada em arquivo digital.

Como boa parte da área já havia sofrido alterações consideráveis nos últimos dez anos, foi realizado um levantamento em campo para registrar as alterações do traçado urbano, as configurações dos lotes, as alturas e as projeções dos edifícios em cada lote da área. Tudo isso foi feito através de observações “in loco” e sobreposição dos mapas já descritos em formato *Autocad* sobre o *software* GOOGLE EARTH (2006) com ajuste da escala. Todos os dados de área dos lotes, projeção das edificações, área construída, taxa de ocupação e número de pisos da situação edificada existente em 2006 foram armazenados e são apresentados no apêndice 1. O mapa base da área de estudo é apresentado no item 5.1.1, no capítulo de resultados e no APÊNDICE A.

4.1.1.2 Coleta de dados das variáveis climáticas (temperatura e umidade relativa) da área de estudo

Conforme levantado no capítulo de revisão teórica, o trabalho de coleta de dados em campo foi realizado em dia típico de inverno, ou seja, um dia de céu claro, nenhuma nebulosidade e calmaria (OKE, 2004). Dessa forma, os dados coletados constituem uma boa amostragem do processo de trocas térmicas predominantemente por radiação, o que habilita considerar os resultados como tendência de comportamento térmico da área.

A área foi dividida em dois circuitos fechados (1 e 2), cada qual compreendendo vários pontos de coleta de medidas. Procurou-se escolher pontos de coleta de dados de acordo com o estabelecido pela revisão bibliográfica, com as seguintes características:

- 1- que fossem significativos para os resultados;
- 2-que estivessem em cota altimétrica dentro de um intervalo de 100 m, para que fossem garantidos os termos de comparação climática ;
- 3-que abrangessem toda a tipologia existente na área e que pudessem sinalizar para o entorno que ali acontecia;
- 4-pontos que permitissem um percurso rápido e mais racional em relação ao trânsito local;
- 5-que estivessem situados sempre no meio do quarteirão e em pontos que distassem menos de 300m entre sí.

Foi escolhido um ponto comum aos dois circuitos para trabalhar como referência para a distribuição posterior do erro de leitura, já que a coleta dos dados nos pontos do transecto, não poderia ser feita simultaneamente em todos os pontos. Além disto, distribuíram-se pontos em áreas periféricas à área de estudo para se evitar distorções e extrapolações nos resultados.

As medições foram feitas num período de 24 horas, sempre de três em três horas (15:00h, 18:00h, 21:00h, 06:00h, 09:00h e 12:00h). Cada corrida de coleta de dados nos dois circuitos durou em média 60 minutos, começando sempre meia hora antes daqueles horários estabelecidos e terminando sempre meia hora depois, para que as diferenças não fossem tão grandes conforme indica a literatura especializada (KATZSCHENER, 1994; ASSIS, 2000). Buscou-se com isto uma melhor amostragem dos dados de temperatura e umidade relativa, para a determinação das condições do conforto térmico local.

Para coletar os dados de temperatura e umidade relativa nos pontos dos circuitos 1 e 2 foi utilizado o equipamento *Termohigrometro* digital, marca *Salcas*, modelo *Higrotemp* (FIG. 29).

Além dos pontos dos dois circuitos descritos acima, estabeleceram-se quatro pontos fixos, que foram monitorados através do equipamento *Termohigrometro Data Logger*, marca *Hobo*, modelo U12 (FIG. 30). O

equipamento foi protegido por caixa de madeira, com pintura branca, com placa de isopor situada entre a parede de fixação e a caixa de madeira e perfurada de forma a permitir a ventilação do equipamento interno. Foi fixado a uma altura de 1,5 metros, conforme indica a literatura e programado para colher os dados de temperatura e umidade relativa a cada 30 minutos, durante as 24 horas que coincidiram com a corrida nos circuitos.



FIGURA 29 - Equipamento Termohigrometro digital, marca Salcas, modelo Higrotemp.
Fonte: Arquivo pessoal da autora

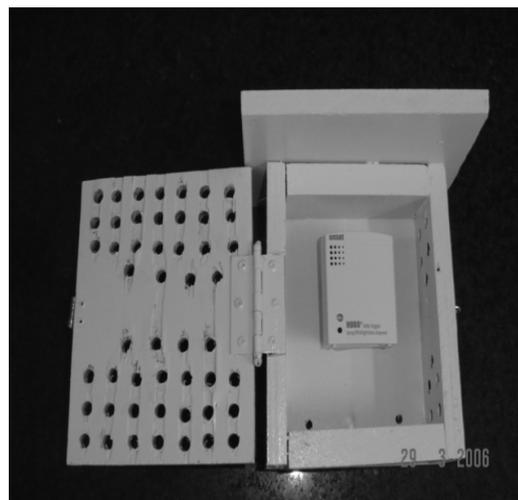


FIGURA 30 - Equipamento Termohigrometro Data Logger, marca Hobo, para pontos fixos.
Fonte: Arquivo pessoal da autora

Coletou-se também, através do equipamento GPS, marca *Garmin*, modelo *e-Trex Summit*, as cotas de implantação dos pontos de coleta de dados e as coordenadas UTM de cada ponto.

Os pontos de coletas de dados foram registrados e fotografados e são apresentados no capítulo de resultados no item 5.1.2.

Foram feitas três pesquisas exploratórias para o trabalho de campo, realizadas nos dias 23/02/2006, 09/03/2006 e 31/05/2006 com o objetivo de estabelecer o tempo gasto para coletar os dados em cada circuito e proceder a alguns ajustes com relação aos pontos, aos equipamentos que estavam sendo utilizados e ao trânsito local, já que se dependia das condições do tempo estarem favoráveis.

A outra coleta de dados de temperatura e umidade relativa, nos pontos móveis e fixos, foi realizada no dia 27/07/2006 em condições de céu claro, nenhuma nebulosidade e calmaria, sempre à sombra. Esta coleta teve início às 15:00 h do dia 27/07/06 e terminou às 12:00 h do dia 28/07/06, pois segundo Assis (2000), esta característica da coleta de dados possibilita um melhor monitoramento das condições de céu claro e nenhuma nebulosidade. No período que antecedeu à coleta de dados e durante sua realização, houve também um monitoramento das condições climáticas que contou com a ajuda do 5º. Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia, principalmente no que diz respeito à nebulosidade. A seguir apresenta-se na FIG. 31 a imagem de satélite que demonstra a condição de nebulosidade no Estado de Minas Gerais nos horários de coleta de dados.



FIGURA 31a – Condição de nebulosidade, dia 27/07/06 às 15:00 h

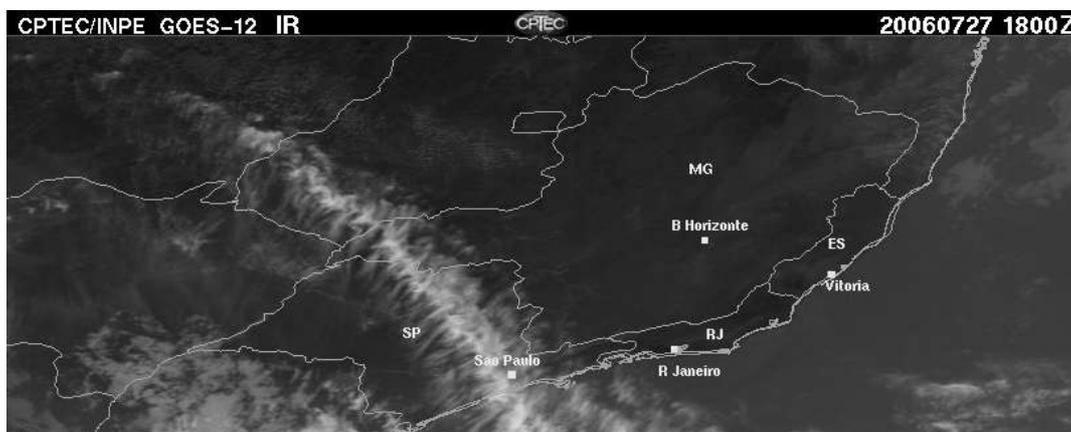


FIGURA 31b–Condição de nebulosidade, dia 27/07/06 às 18:00h
(continua)

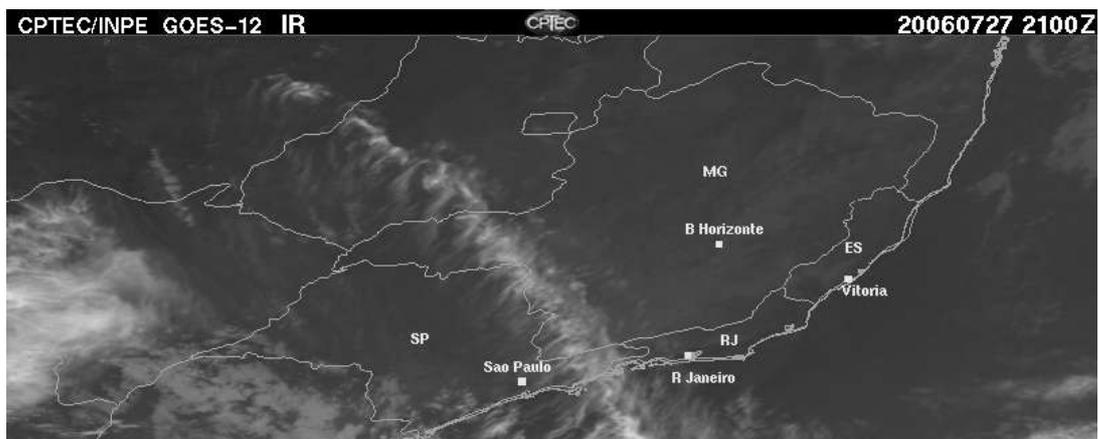


FIGURA 31c – Condição de nebulosidade, dia 27/07/06 às 21:00 h

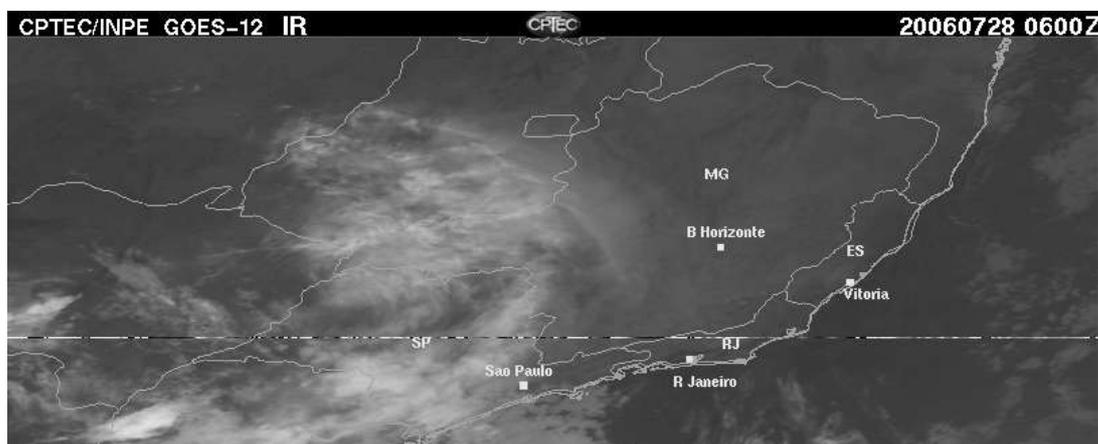


FIGURA 31d – Condição de nebulosidade, dia 28/07/06 às 06:00 h

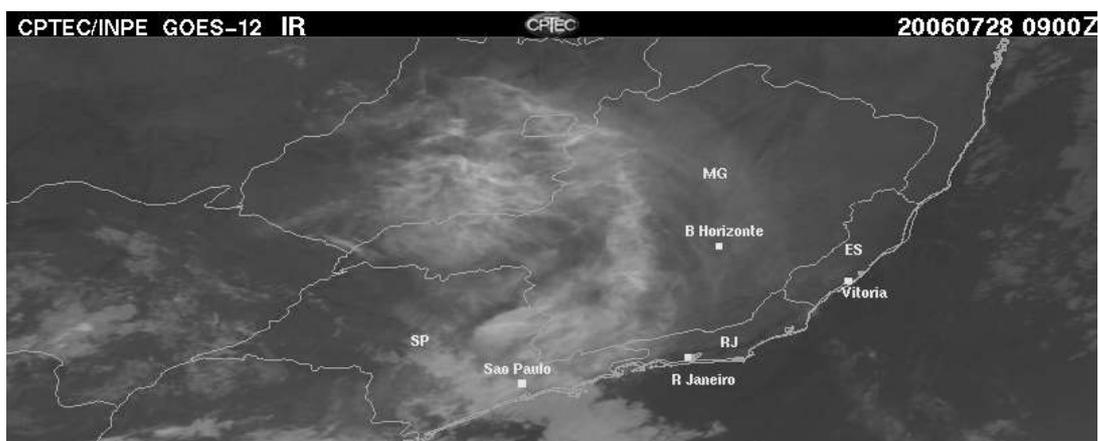


FIGURA 31e – Condição de nebulosidade, dia 28/07/06 às 09:00 h(contínua)



FIGURA 31f – Condição de nebulosidade, dia 28/07/06 às 12:00 h(conclusão)

FIGURA 31 – Condição de nebulosidade para os dias 27 e 28/07/2006
Fonte : INMET- 5°. DISTRITO, 2006

Os resultados do dia 27 e 28/07/06 foram os únicos considerados para a correlação das variáveis climáticas com as urbanas e serão apresentados junto aos resultados e APÊNDICE B.

Primeiramente foram tabulados todos os dados nos pontos correspondentes (móveis e fixos), nos devidos horários. Posteriormente, os dados coletados nesse dia foram tratados através da correção linear, já que, conforme abordado, não é possível fazer a medida simultânea de todos os pontos, no caso das medidas tomadas em um transecto. Na correção linear, todos os pontos extremos de cada circuito foram corrigidos para os valores do ponto comum tomado como referência e, posteriormente, distribuindo-se igualmente para todos os pontos a diferença encontrada para os valores extremos. Os resultados da correção linear também são apresentados no APÊNDICE B.

Duas novas exploratórias de coleta de dados foram feitas nos dias 28/03/07 e 12/04/07, visando ampliar as informações sobre a base de dados, porém, apesar da previsão de tempo estável, no horário de 9:00 h já existiam nuvens sobre a área de estudo e o procedimento teve que ser abortado.

4.1.1.3 Coleta de dados da variável urbana massa construída (MC)

Para o cálculo da MC, levou-se em consideração que os elementos de rugosidade do meio urbano são principalmente suas construções (edificações). Foram então, levantados os dados de todas as edificações existentes na área de estudo no ano de 2006. Foram levantados “in loco”, os dados de área total dos lotes, área de projeção das edificações, altura, afastamentos e perímetro e, posteriormente, calculado o volume de concreto das edificações, conforme as equações 2 e 3 descritas no capítulo de revisão bibliográfica.

Considerou-se todas as construções compostas por concreto, devido às propriedades térmicas semelhantes a outros materiais de construção comuns (TSO et al, 1990), espessura de 0,10 m para as lajes e 0,20 m para as paredes externas. Considerou-se para o cálculo da altura das edificações, o pé-direito igual a 2,90 m somados à espessura da laje de 0,10 m , totalizando uma altura média de pavimento igual a 3,00 m.

Como se viu no Capítulo 2, Tso et al (1990) definiram o raio vertical da camada limite atmosférica ao nível das coberturas em 300 m para os trabalhos com o clima urbano mas, no caso deste estudo, o raio de abrangência de cada ponto foi arbitrado em 150 m, por ser a parcela urbana limitada em apenas 665.000 m².

Definidos os volumes de concreto por edificação e os raios de abrangência por ponto, procedeu-se à execução de uma tabela que relacionou, a somatória do volume de concreto das edificações que multiplicada pela densidade do concreto e dividido pela área da fração urbana (A_f), do círculo de raio igual a 150 m resultou na MC por ponto. O resultado do cálculo dos volumes de concreto e da MC por ponto será apresentado no APÊNDICE C e junto aos resultados no item 5.1.4.

4.1.1.4 Coleta de dados da variável urbana Fator de Visão do Céu(FVC)

Para a coleta das imagens necessárias para o cálculo do FVC foi utilizada a câmera fotográfica, marca *Nikon*, modelo *Coolpix 5400*, com resolução 2592x1944 *pixels*, acoplada à lente tipo “olho-de-peixe”, marca *Nikon*, modelo FC-E9, a qual produz imagens em projeção estereográfica. Para a utilização do equipamento foi montada caixa (FIG. 32) com 20 cm de altura, provida de bússola e nível de cantoneira, a fim de evitar distorções nas fotos. As fotos foram tiradas sempre no eixo da via pública, niveladas e orientadas no sentido norte (FIG. 33).



FIGURA 32 - Aparato para fotografia do FVC

Fonte: Arquivo da autora



FIGURA 33 - Aparato para fotografia FVC locado no eixo da via

Fonte: Arquivo da autora

As fotografias com a lente “olho de peixe” foram tiradas em dia nublado, posterior à coleta de dados, para que não houvesse possibilidade de reflexão das superfícies urbanas nas fotografias.

Para levantar quais eram os ângulos da lente “olho de peixe” utilizada, foi feito cone de papel que continha a marcação de todos os ângulos. Posteriormente feito um *layer/arquivo* em *Autocad*, contendo os ângulos da lente da máquina utilizada, transferidas em projeção estereográfica para o fator de forma (FIG. 34), de modo que, ao se inserir a fotografia retirada com esse

equipamento, fosse possível, através da sobreposição, obter uma imagem em verdadeira grandeza e projeção estereográfica do ponto desejado.

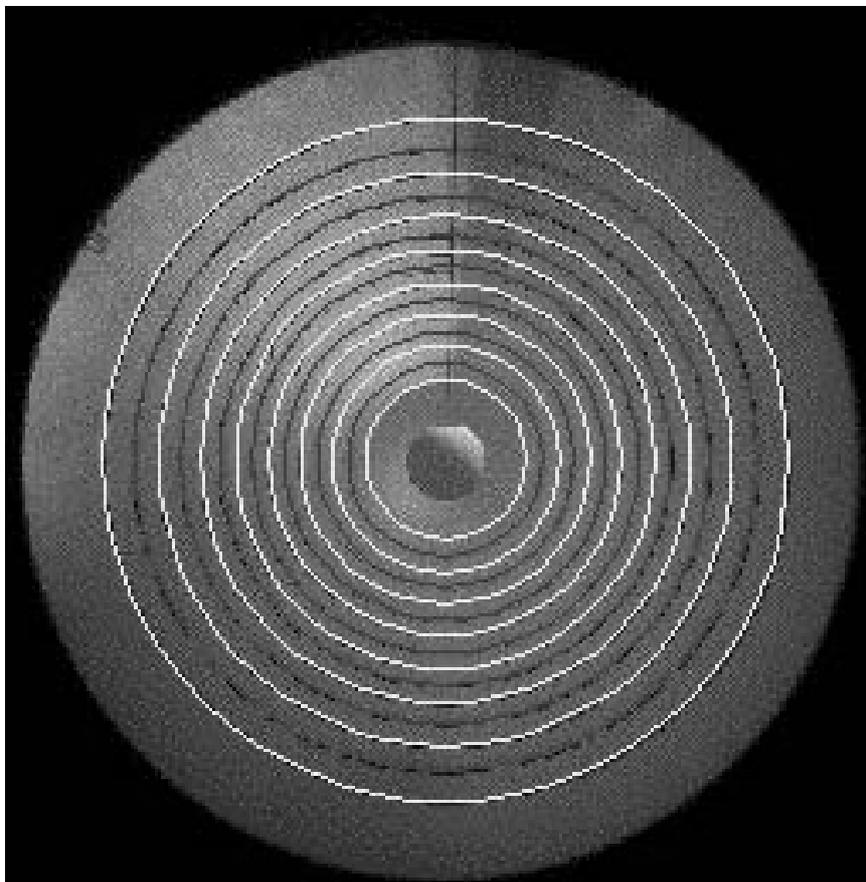


FIGURA 34 - Ângulos da lente “olho de peixe” utilizada, em projeção estereográfica

Fonte: Arquivo pessoal da autora

No programa *Autocad* importou-se a foto do FVC tirada no ponto, como uma imagem tipo raster e sobre a mesma desenhou-se a polilinha correspondente ao contorno da obstrução causada pela geometria urbana, sempre fechada e para cada ponto. Gravou-se, então, este *layer*, como uma imagem do tipo “.dxf,” no *software Autocad R12* (FIG. 35).

Foram consideradas, na marcação da polilinha do programa *Autocad*, a obstrução do céu causada pela vegetação, pela Serra do Curral em alguns pontos e pela própria configuração do terreno.

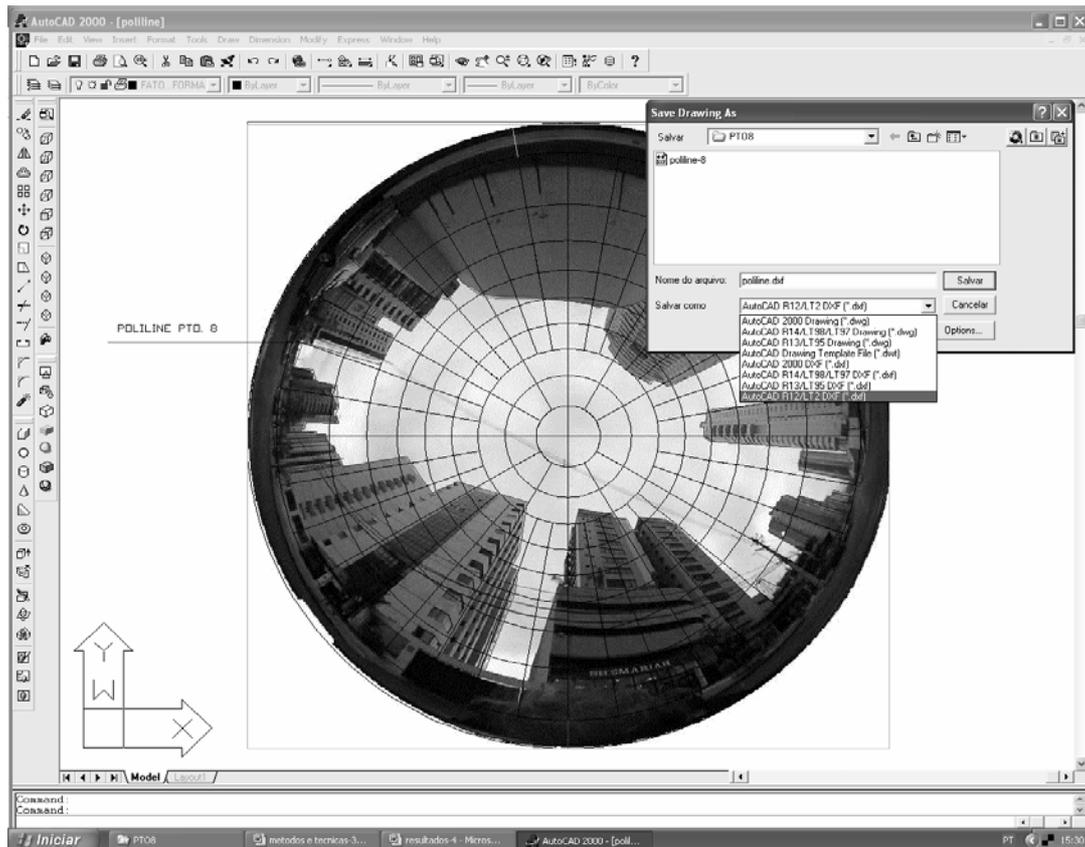
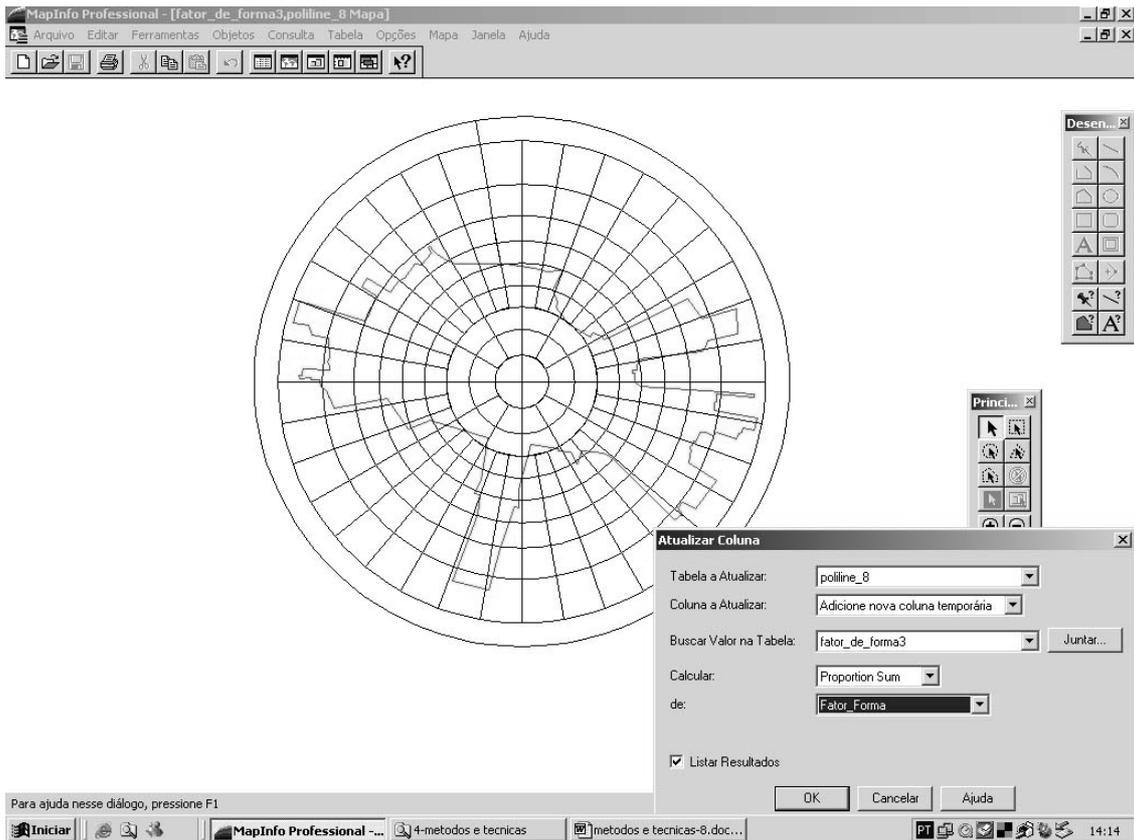


FIGURA 35 -Tela *Autocad* com foto FVC e polilinha
 Fonte: Arquivo pessoal da autora

O terceiro passo foi abrir dentro do *software Mapinfo* o arquivo “.dxf “ sobre a base do fator de forma em formato *Mapinfo* (FIG. 36) onde, preliminarmente, foram colocados em tabela de atributos todos os valores das células do fator de forma (SOUZA, 1997).



The screenshot shows the MapInfo Professional interface with a table displayed. The table has two columns: ID and PropSomaDeFator_F. The table contains one row of data.

ID	PropSomaDeFator_F
1	6.013,29

FIGURA 36 - Tela *Mapinfo* com superposição da polilinha sobre o diagrama de fator de forma e cálculo do FVC.
Fonte: Arquivo pessoal da autora

Assim foram calculados todos os valores do FVC, para cada ponto, compondo o Cenário 1, sempre em projeção estereográfica. Os resultados são exibidos no Capítulo 4, que se refere aos resultados.

4.1.2 Correlação entre as variáveis climáticas (temperatura e umidade) e as variáveis urbanas (MC e FVC)

Para se estabelecer a correlação existente entre as variáveis climáticas (temperatura e umidade) e as variáveis urbanas (MC e FVC), foi utilizado o método estatístico de análise de regressão. Este processo estatístico é o ideal para ser usado quando se deseja pesquisar o efeito simultâneo de várias variáveis, principalmente quando os dados provêm de um estudo observacional (WONNACOTT, 1985). Com este intuito, foi utilizado o *software Statgraphics*, versão 15. Adotaram-se como variáveis dependentes ou variáveis resposta, as variáveis climáticas e como variáveis independentes ou covariáveis, as variáveis urbanas.

Todavia, como já levantado na revisão bibliográfica, as variáveis de temperatura e umidade absoluta tem relação linear ou diretamente proporcional em um ponto psicrométrico qualquer, o que não acontece com a variável umidade relativa. Desta forma, para gerar a equação de correlação e fazer a interpolação dos dados no *software Surfer 7.0*, foram utilizadas as equações 5 e 6 (modelo de Alucci, 1992) dada a pressão atmosférica ($P_{atm}=913,50$ hPascal = 685,22 mmHg) fornecida pela Estação Climatológica Principal de Belo Horizonte, 5^o. Distrito.

Todas as bases de dados de cada horário foram tratadas pela análise de regressão e observou-se que, como já previsto na revisão bibliográfica, as correlações representativas do fenômeno da ilha de calor acontecem após o pôr do sol. No caso deste estudo o horário das 21 horas foi o que mostrou as melhores correlações e equações mais coerentes para o fenômeno da ilha de calor sendo assim o escolhido para ser trabalhado.

Nem todos os pontos de coleta de dados foram utilizados, pois percebeu-se que alguns deles introduziam uma grande alteração nos resultados, sendo por isso retirados da amostra pontos com as seguintes características:

- 1- Que estivessem em áreas de influência de correntes de ventilação;

2- Que estivessem em áreas limítrofes ao percurso (estes pontos são utilizados para evitar distorções na interpolação feita pelo software de geração de superfícies);

3-Que estivessem em áreas de MC muito pequena e alto FVC já que a hipótese baseia-se na influência da alteração destas variáveis urbanas sobre as variáveis climáticas.

Observa-se ainda que deve haver diferença de comportamento térmico naqueles pontos onde há concentração de grandes massas de vegetação; neste trabalho eles coincidiram com os pontos limítrofes.

Em seguida foram inseridos os dados climáticos por horário de coleta e os dados urbanos já calculados e encontrados para o Cenário 1. Foram montadas várias combinações de entrada de dados (variando conjunto de pontos em horários de coleta variados) para que fosse possível analisar os resultados de forma mais clara e estabelecer uma equação de correlação de múltiplas variáveis que melhor representasse a situação do estudo.

A partir do momento em que foi definida a equação através da regressão múltipla, foi feito também uma análise das variáveis urbanas e climáticas, duas a duas, através da regressão linear, para se confirmar os resultados obtidos na regressão múltipla.

O *software Statgraphics 15* possibilita visualizar, dentro de seus resultados, o coeficiente de correlação representado por R e o valor de P_{valor} , que corresponde ao nível de significância da correlação, dentro de um intervalo de confiança adotado de 95%.

Desta forma, e conforme mostram os resultados no item 5.1.6, ficaram definidas as equações que correlacionam T e UA em função da MC e FVC no Cenário 1. Na etapa seguinte buscou-se definir os novos valores da MC e FVC do Cenário 2, para que aplicando a equação de correlação do Cenário 1 seja possível obter as novas temperaturas e umidades relativas no Cenário 2.

Todos os resultados incluindo as equações serão mostrados no Capítulo 4.

4.2 A geração do Cenário 2

Para a geração do Cenário 2, cenário tendencial mais provável, foram estabelecidas algumas premissas:

1-considerar a situação de ocupação máxima permitida pelas LUOS dos dois municípios;

2-incluir os projetos já aprovados pelas prefeituras locais, tais como projetados, mas ainda não edificados em 2006;

3-considerar que as novas edificações contemplariam o mesmo padrão sócio-econômico amostrado no Cenário 1;

4-adotar como referência temporal e horizonte de prognose os próximos 10 anos, ou seja, o ano de 2016;

5-consideradas também, as diferenças de implantação, tipologia e uso do solo, por quadra, dentro da área de estudo.

4.2.1 Levantamento das Leis de Uso e Ocupação do Solo de Belo Horizonte e Nova Lima

4.2.1.1 LUOS de Belo Horizonte/bairro Belvedere III

A LUOS (Lei de Uso e Ocupação do Solo, lei 7166/96) e o Plano Diretor de Belo Horizonte, aprovados em 1996, ainda em vigor no ano de 2006, têm como objetivo “[...] o ordenamento do município e o cumprimento das funções sociais da propriedade, assegurando o bem-estar dos munícipes” (BELO HORIZONTE, 1996, p.23). A LUOS, instrumento básico da política de desenvolvimento urbano do município de Belo Horizonte tem alguns avanços em relação à anterior (lei 4034/85), pois além de exigir taxas de permeabilização mínimas de 20%, estabelece afastamentos maiores, calculados de acordo com a altura das edificações. Por outro lado, permitiu mesclar diversos usos e ocupações sobre o território municipal, o que determinou o adensamento de algumas áreas.

Segundo a LUOS de Belo Horizonte, a área de estudo situada dentro do bairro Belvedere III está classificada como da ZP-3 (Zona de Proteção 3) que é conforme a lei 7166/96, região em processo de ocupação, que será controlado visando a proteção ambiental e a preservação paisagística(FIG. 37).

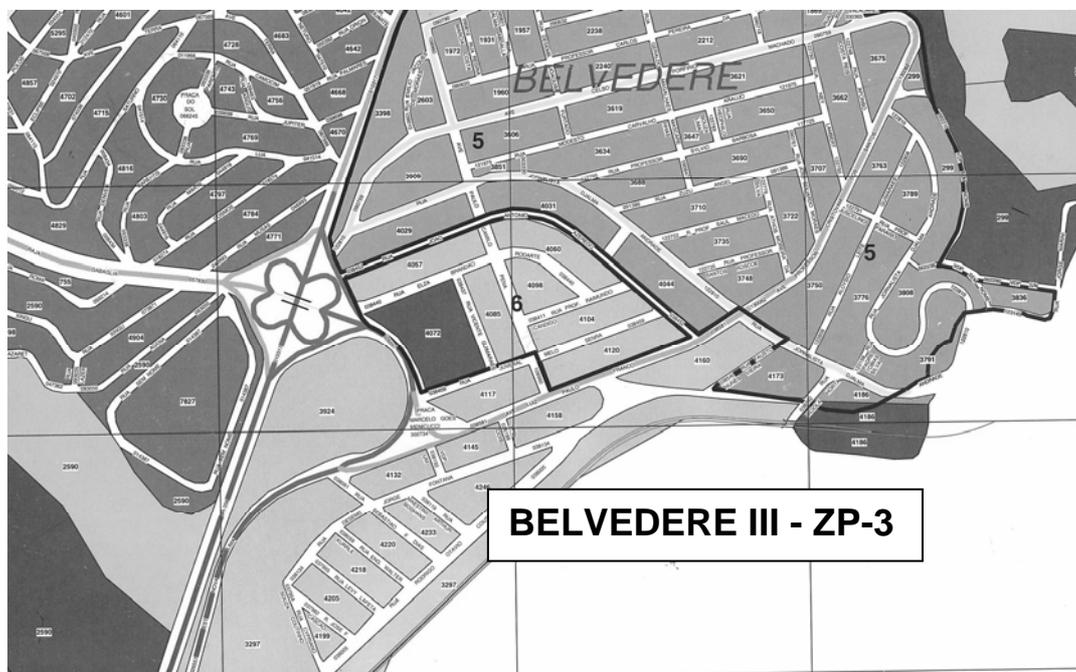


FIGURA 37 - Mapa de zoneamento do Belvedere III
Fonte: BELO HORIZONTE, 1996, p. 54.

Para a área foram determinados os seguintes parâmetros urbanísticos, de acordo com o QUADRO 01.

QUADRO 01
Parâmetros urbanísticos para a área do bairro Belvedere III

BELVEDERE III LEI 7166/96		OCUPAÇÃO MÁXIMA PERMITIDA				
Taxa de permeabiliz	Uso	Tx Ocup	Coef Aprov.	Af. Frontal	Af. Lateral	Af. Fundos
30%	Res. Mult.	0,50	1,50	3,00	Af=2,3+H-12	Af=2,3+H- 12
					4	4

Fonte: Elaborado pela autora baseado em BELO HORIZONTE, 1996.

4.2.1.2 LUOS de Nova Lima/bairros Vale do Sereno e Vila da Serra

Segundo a LUOS de Nova Lima, a área correspondente às quadras 1,2 3,4, 5, 6 e 9 (área de estudo) do bairro Vale do Sereno estão classificadas como ZC-2 (Zona Comercial 2), a qual permite, como modelos de aproveitamento máximo, os modelos de assentamento MA-20 (uso misto) e MA-4 (uso multifamiliar vertical). Para a área foram determinados os seguintes parâmetros urbanísticos, conforme o QUADRO 02.

O bairro Vila da Serra está classificado como ZE-1 (Zona Especial 1) a qual permite, como modelos de aproveitamento máximo, os modelos de assentamento MA-4, ME4A, ME12, ME20 e ME20-A. Para a área foram determinados os seguintes parâmetros urbanísticos de acordo com o QUADRO 03.

QUADRO 02
Parâmetros urbanísticos para a área do bairro Vale do Sereno

VALE DO SERENO - ZC-2 QUADRAS 1,2,3,4,5,6,9				OCUPAÇÃO MÁXIMA PERMITIDA				
LEIS 1.068/83, 1306/91, 1.396/93 e 1402/93 e 1474/96								
Modelo de assentamento	Uso	Área lote mínima	Ttx ocup	Coef. Aprov	Af. Frontal	Af. Lateral	Af. Fundos	
MA-4	Res. Mult.	200	0,60	1,80	3,00	1,50	1,50	
MA-20	Misto	200	0,60	2,00	3,00	1,50	1,50	
LEI 1693/2001 - PARA TERRENOS LINDEIROS À ALAMEDA DA SERRA-QUADRAS 1, 4								
Modelo de assentamento	Uso	Area lote mínima	Tx ocup	Coef. Aprov	Af. Frontal	Af. Lateral	Af. Fundos	Area min un. Res.
ME-4	Res. Mult.	1800	0,60	2,00	3+7(via)	1,50	1,50	180
	Res. Mult.							
ME-20	Res. Mult.	1800	0,60	1,20	3+7(via)	1,50	1,50	100
	Misto							
	Misto							
	Misto							
	Misto		0,60	2,40	3+7(via)	1,50	1,50	200
	Misto		0,60	2,00	3+7(via)	1,50	1,50	140
	Misto		0,60	1,80	3+7(via)	1,50	1,50	100

Fonte: Elaborado pela autora baseado em NOVA LIMA,

QUADRO 03
Parâmetros urbanísticos para a área do bairro Vila da Serra

VILA DA SERRA – ZE-1		OCUPAÇÃO MÁXIMA PERMITIDA						
LEI 1693/2001 - PARA TERRENOS LINDEIROS À ALAMEDA DA SERRA – QUADRAS E,M,Q,G,F								
Modelo de assentamento	Uso	area lote mínima	tx ocup	CA	Af. Fr	Af. La	Af. Fundos	area min un. Res.
ME-4A	Res. Mult	3000	0,60	2,00	3+7(via)	1,50	1,50	180
	Res. Mult	3000	0,60	1,50	3+7(via)	1,50	1,50	140
ME-20A	Misto	5000	0,60	2,40	3+7(via)	1,50	1,50	200
	Misto	5000	0,60	2,00	3+7(via)	1,50	1,50	140
LEI 1306/91								
USO	Quadras	area lote mínima	tx ocup	CA	Af. Fr	Af. Lat	Af. Fund	Modelo
Multifam. Vert. Com., Serv., U. Col	F,G,H,J,I,N,O,	4000	0,4	2	5	3	3	ME-4
	B,C,D,E,F M,N,O	3000	0,6	1,8	5	3	5	ME-12
Com., Serv., resid, Instituc.	F,N	5000	0,6	2,4	5	3	3	ME-20
LEIS 1.068/83, 1306/91, 1.396/93 e 1402/93 e 1474/96								
Modelo de assentamento	Uso	Área lote mínima	Ttx ocup	Coef. Aprov	Af. Frontal	Af. Lateral	Af. Fundos	
MA-4	Res. Mult.	200	0,60	1,80	3,00	1,50	1,50	
MA-20	Misto	200	0,60	2,00	3,00	1,50	1,50	

Fonte: Elaborado pela autora baseado em NOVA LIMA,

4.2.2 Estudo das tendências

Para a determinação das tendências de ocupação da área foram analisados, na situação existente em 2006, além dos parâmetros urbanísticos (taxa de ocupação, projeção e número de pisos), as características da ocupação existente, tais como, aproveitamento dos terrenos e as tipologias mais utilizadas. Toda a análise observou a setorização por quadra, visando um melhor entendimento da situação local.

Assim, de acordo com as tabelas apresentadas no APÊNDICE A, podem ser detectadas as seguintes tendências:

4.2.2.1 Área do Bairro Belvedere III

a) quanto à taxa de ocupação: os terrenos correspondentes às quadras 71,72,73,74,76 e 83, junto à av. Luis Paulo Franco, que é uma via arterial e permite ocupação por comércio e serviços, têm taxa de ocupação entre 13 e 36% . Já os terrenos correspondentes às quadras 75,77,78,79,80,81 e 82, que se encontram afastados da via arterial e, portanto, próximos à cumeada da Serra do Curral, têm taxa de ocupação abaixo de 10%. Dessa forma, ocorrem maiores taxas de ocupação junto à via arterial e menores junto à cumeada da serra;

b) quanto à projeção das edificações: as edificações construídas junto à via arterial têm área de projeção entre 544 e 885 m². Já as edificações construídas junto à cumeada da Serra têm área de projeção entre 180 e 360 m². Assim, as maiores projeções acontecem também junto à via arterial;

c) quanto ao número de pisos: se avaliados os edifícios existentes até 2006, o número de pisos das edificações varia entre 12 e 27, nas quadras próximas da cumeada da Serra, ou seja, as de número 75, 77, 78, 79,80, 81 e 82. Já as quadras lindeiras à via arterial tem entre 12 e 23 pisos. A verticalização é uma variável comum às duas áreas já destacadas dentro da área do Belvedere III;

d)quanto às áreas dos terrenos: os terrenos dos empreendimentos situados próximos à via arterial têm áreas que variam entre 2000 e 4000 m². Já aqueles afastados da via arterial, que ocupam o colo norte da cumeada da Serra, têm área superior a 4000 m². Percebe-se neste caso, que a associação de lotes é uma tendência forte, já que o lote-base do bairro tem uma área de 528 m²;

e)quanto à tipologia: de acordo com a LUOS, a via arterial permite a associação dos usos comercial, nos andares inferiores e residencial multifamiliar, nos andares superiores, correspondendo às quadras que têm

ligação física com a avenida arterial. Já as edificações situadas nas quadras situadas entre a via arterial e a cumeada da Serra têm destinação residencial multifamiliar.

Assim, pode-se dizer que no Bairro Belvedere III, encontram-se duas áreas distintas, correspondendo uma às quadras lindeiras à av. Luis Paulo Franco e a outra àquelas quadras situadas entre a via arterial e a cumeada da Serra. A diferença básica entre as duas áreas é o uso comercial permitido junto à via arterial que propiciou edificações com projeções maiores, ocupadas pelo comércio. Pode-se considerar que as tendências mais fortes detectadas quanto ao bairro Belvedere III são a associação de lotes e a edificação de uma torre residencial com pequena projeção e maior liberação do solo áreas de lazer e um paisagismo extremamente sofisticado. Os edifícios têm alto padrão de acabamento e se destinam às classes econômicas mais altas.

O bairro Belvedere III tem seu processo de urbanização praticamente consolidado, pois, em sua grande maioria os edifícios ainda não executados em 2006, época do levantamento da pesquisa, já tinham seus projetos aprovados, conforme levantamento e dados cedidos pela GEPROEX (Gerência de Processos e Expedientes) da PMBH, exemplificado no QUADRO 04.

QUADRO 04
 Parte do relatório de fichas de obras/lote da PMBH com projetos aprovados,
 referente ao bairro Belvedere III, Belo Horizonte, MG

projeto	alvara	processo	dv processo	lotes	quarteirao	dt aprovação	area projecao	area permeave	num pavimenta
0000444	000000000	0101730593	22	007	011	19930309	00020835	0000000	00000002
0000510	000000000	0102241393	44	008	021	19930330	00015280	0000000	00000002
0000762	000000000	0103129493	48	011	050	19930512	00023181	0000000	00000002
0000769	199306310	0103251693	3	015	042	19930518	00023394	0000000	00000002
0000885	199307657	0103762893	14	017	062	19930607	00026064	0000000	00000002
0001164	199309414	0104762593	52	001 002	033	19930713	00052458	0000000	00000002
0001230	000000000	0104907193	73	002	042	19930719	00012103	0000000	00000002
0001983	199316311	0108457193	24	026	063	19931209	00019289	0011002	00000002
0002096	199402140	0100584894	41	002	055	19940126	00031048	0000000	00000001
0002190	199400807	0100312394	28	027	063	19940117	00023160	0000000	00000002
0002609	199405056	0101958594	2	013A	054	19940322	00017046	0000000	00000002
0002610	199405058	0101958794	38	013D	054	19940324	00019434	0000000	00000002
0002773	199405501	0102213794	50	021	011	19940407	00015235	0000000	00000003
0002856	199406965	0103057394	57	005	027	19940509	00016917	0000000	00000002
0003135	199409140	0104195094	0	025	063	19940617	00022507	0000000	00000003
0003314	199407442	0109269691	93	017 018 019	045	19911223	00043850	0000000	00000002
0003835	199412018	0105987594	6	003	053	19940826	00025766	0000000	00000001
0004225	199416504	0108736494	74	013	052	19941118	00027049	0000000	00000002
0004406	199416719	0108837294	20	007	033	19941130	00026124	0000000	00000002
0004447	199417770	0109490494	22	002	008	19941228	00016939	0000000	00000002
0005008	199501727	0100969395	30	001	046	19950203	00025270	0000000	00000002
0005372	200405987	0101727204	8	025	024	20040401	00019729	0013594	00000002
0006146	199509684	0106503095	69	017	009	19950720	00021000	0000000	00000002
0006448	199512887	0108166095	8	018	009	19950914	00009331	0000000	00000009
0007694	199609721	0104610196	79	029 030	071	19960530	00102678	0000000	00000003
0008323	199620380	0111316896	79	003	072A	19961204	00021297	0002477	00000002
0008823	000000000	0000000000		007 008	072	20030523	00079098	0000000	00000017
0008956	199709675	0111682996	45	007 008 016 017	073	19970626	00043971	0000000	00000014
0009059	199703184	0111874796	53	001 018	074	19970312	00027916	0000000	00000033
0009066	199910383	0106386999	13	003 004 020 021	073	19990630	00198663	0000000	00000017
0009283	199718545	0111992496	82	009 010	083	19971216	00144444	0000000	00000015
0009309	199709442	0111993896	97	001 003 002	065	19970624	00031436	0000000	00000012
0009399	200406404	0102670204	38	012 013	072	20040506	00034010	0000000	00000016
0009426	199710493	0112043096	50	005 006 018 019	073	19970714	00061851	0000000	00000002
0009596	199705926	0111351696	53	013C	054	19970423	00019738	0000000	00000002
0010483	199718244	0111102597	21	030	062	19971209	00022561	0016039	00000003
				004	060	19980724	00032031	0022197	00000003

Fonte : GEPROEX - Gerência de Processos e Expedientes da PMBH, 2006

4.2.2.2 Área dos Bairros Vila da Serra e Vale do Sereno

a) quanto à taxa de ocupação e à projeção das edificações: os terrenos correspondentes às quadras Q e E, situados entre a Alameda da Serra e a cumeada da Serra, têm, em sua maioria, alta taxa de ocupação e grande projeção, que respeitam apenas os limites de afastamentos laterais, frontais e fundos. Alguns edifícios chegam a estar colados nas divisas. Os edifícios localizados nas quadras G e J têm configuração muito próxima daqueles edificadas no Belvedere III, apresentando pequena taxa de ocupação e projeção, variando entre 0,12 e 0,46 e liberando a área do pilotis para grandes e sofisticadas áreas de lazer;

b) quanto ao número de pisos : nos edifícios existentes até 2006, o número de pisos não variam muito de quadra para quadra. O número de pavimentos varia sempre entre 5 e 15 andares, tendo em média 9 andares.

Apenas as quadras G e J têm um edifício com 17 andares e outro com previsão de 24 andares, respectivamente. Existem também edificações residenciais, institucionais e pequenos restaurantes com 1 ou 2 pavimentos, que não constituem uma característica forte, em virtude de estarem implantados há muitos anos e dos terrenos permitirem uma ocupação bem maior que a estabelecida na edificação antiga existente;

c) quanto às áreas dos terrenos: os terrenos situados entre a Alameda da Serra e a cumeada da Serra caracterizam-se pela associação de dois ou mais lotes, com áreas variando entre 1665 e 7759 m². Os terrenos situados entre a Alameda da Serra e o vale, também se caracterizam pela associação de dois ou mais lotes, porém com áreas menores que variam entre 371 e 1800 m² para as quadras 1 e 4 do Vale do Sereno e áreas maiores, que variam entre 1069 e 11523 m² para a quadra G do Vila da Serra. Quanto às áreas situadas no vale, estas estão praticamente desocupadas, porém, pode-se dizer que predominam as edificações situadas em um só lote ou associação de dois lotes;

d) quanto à tipologia: nos terrenos lindeiros à Alameda da Serra é permitido o uso misto, ou seja, a associação dos usos comercial, serviço e residencial, que podem ocorrer juntos ou separadamente. Na quadra E predominam os usos de serviço institucional e hospitalar. Já nas quadras Q, 1 e 4, também lindeiras a Alameda da Serra, predomina o uso comercial, algumas vezes associado ao residencial multifamiliar e na quadra G, também lindeira à Alameda da Serra a característica são edifícios residenciais multifamiliares, muito parecidos com os edificadas no Belvedere III. Quanto ao vale, predomina o uso residencial multifamiliar, com andares múltiplos.

Desta forma, pode-se dizer que, nos Bairros Vila da Serra e Vale do Sereno, encontram-se quatro áreas distintas, correspondendo a primeira, à quadra E com forte uso de serviço (escolas e hospitais) e grandes áreas de projeção; a segunda, as quadras 1, 4, e Q, lindeiras à av. Alameda da Serra, de uso comercial, também com grandes projeções e andares múltiplos; a terceira área correspondente à quadra G com edifícios de andares múltiplos e pequena

área de projeção e a quarta área correspondendo ao vale praticamente desocupado, com predominância de pequenos lotes com projeção e aproveitamento máximos.

Os bairros Vila da Serra e Vale do Sereno têm seu processo de urbanização ainda não consolidado e constitui uma região em franco processo de expansão. Como esta área é vista como foco principal do mercado imobiliário, depois da ocupação quase que total do Belvedere III, as maiores alterações estão previstas para esta região. A tendência é a repetição do modelo adotado no Belvedere III com pequena projeção e liberação de área do pilotis para lazer. Dentro desta tendência, foi aprovado o empreendimento *Grand Líder Olympus*, que prevê dentro do bairro Vila da Serra, quadra P, a construção de nove torres de apartamentos com 24 andares, com grande área de lazer. O projeto paisagístico tem uma apresentação cenográfica, quase “hollywoodiana”, e não trabalhou com as espécies nativas da região. A implantação será gradativa, sendo inicialmente implantados apenas três torres das nove previstas (FIG. 38).

Os demais edifícios ainda não executados em 2006 na área de estudo e que já tinham projetos aprovados pela PMNL, foram cadastrados no Cenário 2, conforme dados cedidos pela da PMNL e exemplificado no QUADRO 5.

Desta forma, os edifícios que virão incorporar o Cenário 2, foram gerados segundo as tabelas apresentadas no APÊNDICE D, onde se destacam aqueles já aprovados pela PMBH e PMNL e aqueles gerados segundo as tendências constatadas neste item e têm a configuração das figuras 47 e 48 apresentadas nos resultados .



FIGURA 38 - Conjunto de edifícios já aprovados no bairro Vila da Serra, Nova Lima. Condomínio Grand Líder Olympus.
Fonte: REVISTA ENCONTRO IMOBILIÁRIO, 2006, p.06-12.

QUADRO 05

Parte do relatório de fichas de obras/lote da PMNL, projetos aprovados referentes aos bairros Vila da Serra, Nova Lima, MG.

Nº Processo		Assunto	Inscrição Cadastral	Título
01762/1993		102-INFORMACOES BASICAS/APROV. DE PROJ. AQUITETONICO	01705/151/0439-001	01-APROVAÇÃO INICIAL
PREFEITURA MUNICIPAL DE NOVA LIMA Sistema de Expansão Urbana Relação de Projetos Arquitetônicos Cód(s) Bairro: 0078; Nome Bairro: VILA DA SERRA; Quadra: 0000G; Aprovados Data: 23/01/2006 Hora: 10:24 Página: 1				
PROPRIETÁRIO(S) PROJ.: MENDES JUNIOR EDIFICACOES LTDA -				
IMÓVEL:				
Área do Terreno:	1037 m ²	Quadra: 0000G	Lote: 0009/010,011,012	Zona: ZE-01
Endereço(s): ALM DA SERRA, 1074 - VILA DA SERRA / Existente				
PREFEITURA / APROVAÇÃO:				
Nº do Desenho:	004734	Data da Aprovação:	11/11/1993	Data de Cancelamento:
EDIFICAÇÕES:				
Área de Projeção:	1051.19 m ²	Área a Descontar:	0.00 m ²	Coef. Aproveitamento:
Área a Construir:	8774.50 m ²	Área Líquida Total:	17103.12 m ²	Taxa de Ocupação:
Área Construída:	0.00 m ²	Área a Demolir:	0.00 m ²	Nº(s) da Edificação(ões):
Área Bruta Total:	17103.12 m ²	Nº de Pisos:	15	Nº da Unidade:
MODELO / USO:				
Uso:	02-RESIDENCIAL MULTIF.	Serviço:	0.00 m ²	
Modelo:	ME-04	Residencial:	17103.12 m ²	Industrial:
		Comercial:	0.00 m ²	Institucional:
				0.00 m ²

Fonte : Setor de obras da PMNL, 2006

4.2.3 Determinação da variável urbana Massa Construída (MC)

Para o cálculo da MC determinou-se, mais uma vez, a projeção, o perímetro, a área da fração urbana e a altura das edificações geradas no Cenário 2, através das equações 02 e 03 e levando-se em consideração os mesmos parâmetros construtivos das edificações do Cenário 1.

Com o novo levantamento de dados do Cenário 2 e tomando-se novamente o raio horizontal arbitrado em 150 m, determinou-se a nova MC somando-se as edificações do Cenário 1 com as do Cenário 2, conforme apresentado no APÊNDICE E.

4.2.4 Coleta de dados da variável urbana Fator de visão do céu(FVC)

Como não é possível obter-se o FVC para o Cenário 2, através da utilização da câmera com a lente olho-de-peixe, devido a virtualidade deste Cenário, optou-se pela utilização do *software* GIS *Arcview*, versão 3.2, conforme item 2.3.1.2.2 da revisão bibliográfica. Este *software* possui uma extensão denominada *3DSkyView*, que permite simular a representação espacial e efetuar o cálculo do FVC a partir de um modelo virtual da área de estudo.

Partiu-se de uma representação bidimensional do Cenário 2, onde todas as projeções das edificações foram desenhadas em forma de polígonos fechados, em formato *Autocad*, versão 2000, gravada em extensão “.dxf”, *Autocad*, versão 12. Importou-se este arquivo para o *software* tipo GIS, *Envi*, onde foram salvos os atributos em forma de vetor, com projeção UTM, SAD 69, zona 23, sul. Exportou-se, então, este arquivo para o *Arcview*, versão 3.2, com extensão “.shp” (shape), como arquivos “polígonos.shp”, “polilinhas.shp.” e “observadores.shp”.

Dentro do *Arcview* 3.2, foram abertos os *layers* polígonos, polilinhas e observadores “.shp”, que foram deixados ativos para que a área de estudo apareça para o trabalho. A partir daí, criou-se dois temas de trabalho

(observadores e polígonos), onde se editou em tabela, os atributos ou valores relativos aos temas. No caso do tema polígonos, atribuiu-se os valores das alturas e cotas altimétricas de cada edificação, já numerada pelo *software*. Já no caso do tema observadores, atribuiu-se os valores de altura, neste caso definida como 1 m e a cota altimétrica de cada observador, conforme FIG.39. Através da extensão *3D Analyst* e *3D Scene* foi possível criar um modelo tridimensional de toda a área de estudo contendo os temas em estudo, conforme apresentados na FIG. 40.

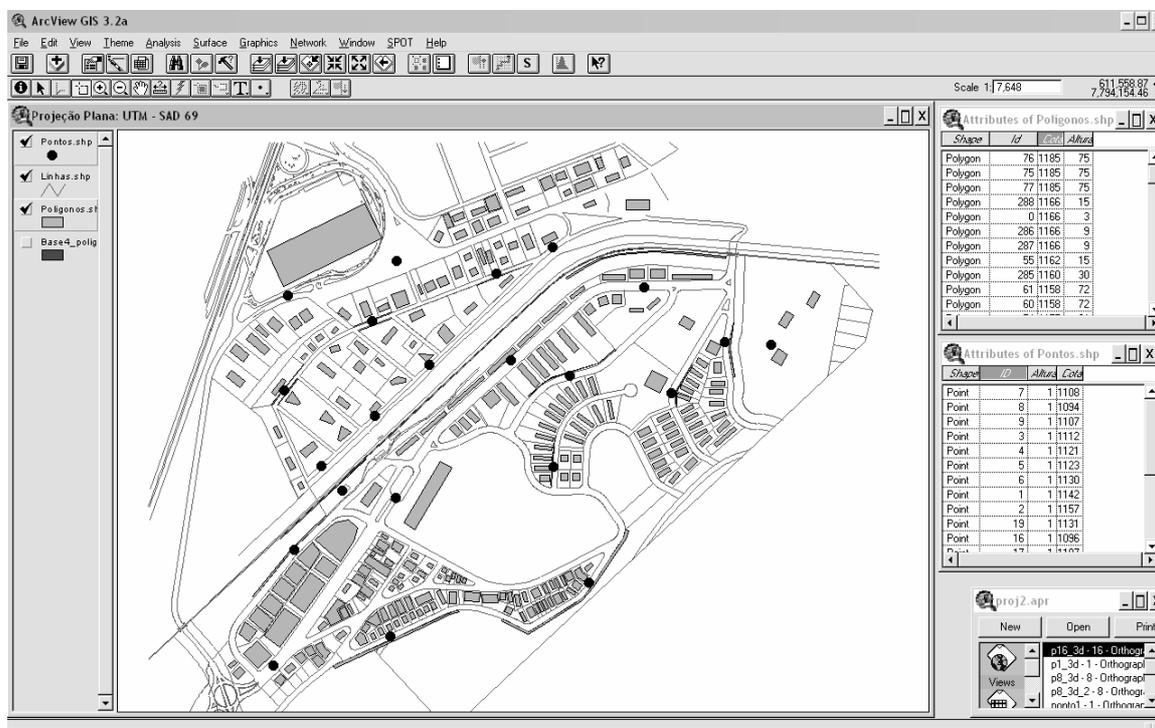


FIGURA 39 - Tela Arcview 3.2, extensão *3DSkyview*, apresentando tema de polígonos e observadores com devidos atributos e mapa da área de estudo.
Fonte : arquivo pessoal da autora

A partir do momento em que ficaram prontos os temas com os devidos atributos inseridos, abriu-se a extensão *3DSkyview*  para *setup*, ou seja, entrada de valores, conforme Fig.41. É possível, além de determinar o valor do

FVC no ponto, gerar a representação 2D das projeções estereográfica e ortográfica e também a vista em 3D.



FIGURA 40 - Tela *Arcview* 3.2, extensão *3D scene*, apresentando tema de polígonos e observadores em visão 3D da área de estudo.
Fonte : arquivo pessoal da autora

No caso da área de estudo, foi necessário definir algumas “superfícies equivalentes” para representação dos volumes da Serra do Curral e da Mata do Jambreiro, existentes no Cenário 1. Este procedimento se fez necessário e imprescindível, pois, neste caso, o que se pretende é uma posterior comparação entre os dois cenários.

Assim foram gerados os FVC para o Cenário 2 e os resultados são apresentados no Capítulo 5.

Complete data to be processed:

Process Information
 Process Name: Work Directory: C:\ok9

OrthoNet Data
 Alfa Step: Beta Step: Max Beta (1-90): Max View Angle (1-360):

Observer Information
 Theme: Pontos.shp Observers Number: 1
 ID Attribute: Height Attribute: Elevation Attribute:
 Time Zone: Latitude Attribute: Longitude Attribute:

Polygons Information
 Theme: Poligonos.shp Polygons Number: 26
 ID Attribute: Height Attribute: Elevation Attribute:
 Use only polygons that are closer the observer than

Projection Circle Radius
 R =

Tabular and 2D Outputs:
 SVF Table Stereographic View Orthographic View

3D Outputs:
 3D View SunPath

Process Cancel

FIGURA 41-Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, apresentando setup para o pto. 8

Fonte : arquivo pessoal da autora

4.3 Determinação das novas temperaturas e umidade relativas

A partir do momento em que se têm determinadas as equações de correlação das variáveis climáticas (T e UA) em função das variáveis urbanas, no Cenário 1 e se obtém, através do Cenário 2, as novas MC e FVC é possível determinar as novas temperaturas e umidades absolutas, por ponto. Os resultados das novas temperaturas e umidades, determinadas em função das novas MC e FVC são mostrados no item 5.3.

4.4 Comparação entre os dois cenários

Para comparar as variáveis climáticas dos dois cenários foi utilizado o *software Surfer 7.0*, que permite analisar espacialmente os resultados conforme levantado na revisão bibliográfica. Foram inseridos os dados climáticos coletados no Cenário 1, sobre o mapa de adensamento do mesmo cenário e, posteriormente, os dados climáticos simulados para o Cenário 2, sobre o mapa de adensamento deste cenário.

Cabe lembrar que foi preciso extrapolar os dados obtidos no ponto RFFSA, situado na cumeada da Serra do Curral, em 10 pontos, através da curva de nível deste ponto, para caracterizar esta barreira física tão significativa. Os resultados são apresentados no item 5.4.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados gerados através dos métodos e técnicas utilizados nos trabalhos de campo com atualização da base cartográfica e levantamento das variáveis urbanas (FVC e MC) e climáticas (temperatura e umidade relativa), na montagem dos cenários (C1, existente em 2006 e C2, futuro em 2016), na correlação estabelecida entre variáveis urbanas e climáticas, e na simulação das mesmas variáveis no cenário futuro, bem como discutidos os limites dos resultados.

5.1 Resultados do trabalho de campo

5.1.1 Resultados do levantamento para atualização da base cartográfica e cadastro das edificações existentes na área do estudo de caso

Primeiramente foram montadas as tabelas, produto do levantamento “in loco” da situação existente em 2006, com os dados de área do lote, área de projeção das edificações, taxa de ocupação, número de pisos e tipologia para melhor visualizar e armazenar os dados. Um exemplo pode ser visto na TAB.03 e a série completa deste levantamento se encontra no APÊNDICE A. A partir das tabelas foi gerado o mapa-base da FIG. 42, que contém o desenho urbano existente em 2006, com uma legenda de classificação em relação à condição de adensamento. Posteriormente, foi montada uma perspectiva (FIG.43), para melhor ilustrar a situação da área de estudo em 2006, ou seja, o Cenário 1.

TABELA 03
Dados das edificações existentes na área do estudo em 2006

QUADRA 78 BELVEDERE III					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
1,2,20	1764,01	140	res. Vert.	17	0,08
3 a 6	2112	240	res. Vert.	10	0,11
7 a 9	1584	165	res. Vert.	14	0,10
10 a 13	2363,02	200	res. Vert.	10	0,08
14a19	3168	204	res. Vert.	15	0,06
MEDIAS	2198,21	189,80	res. Vert.	13,20	0,09
QUADRA 79 BELVEDERE III					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
1a7e19a20	5.825,04	330	res. Vert.	17	0,06
8 a 14	3915,53	240	res. Vert.	5	0,06
15 a 18	2112	234	res. Vert.	14	0,11
MEDIAS	3.950,86	268,00	res. Vert.	12,00	0,08
QUADRA G VILA DA SERRA					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
1	1.108,00	150	res.vert.	12	0,14
2,43	2.006,00	930	res.vert.	12	0,46
3,4,41,42	4.238	0		0	
5,38,39,40	4.222	0		0	
6,7,36,37	1.069	0		0	
8,9,34,35	4.187,00	0		0	
10a12,31a33	5.543,00	0		0	
13,14,28a30	6.324,00	0		0	0,32
15a17	3.748,00	1200	res.vert.	11	
18a27	11.523,00	320	res.vert.	41	0,03

(continua...)

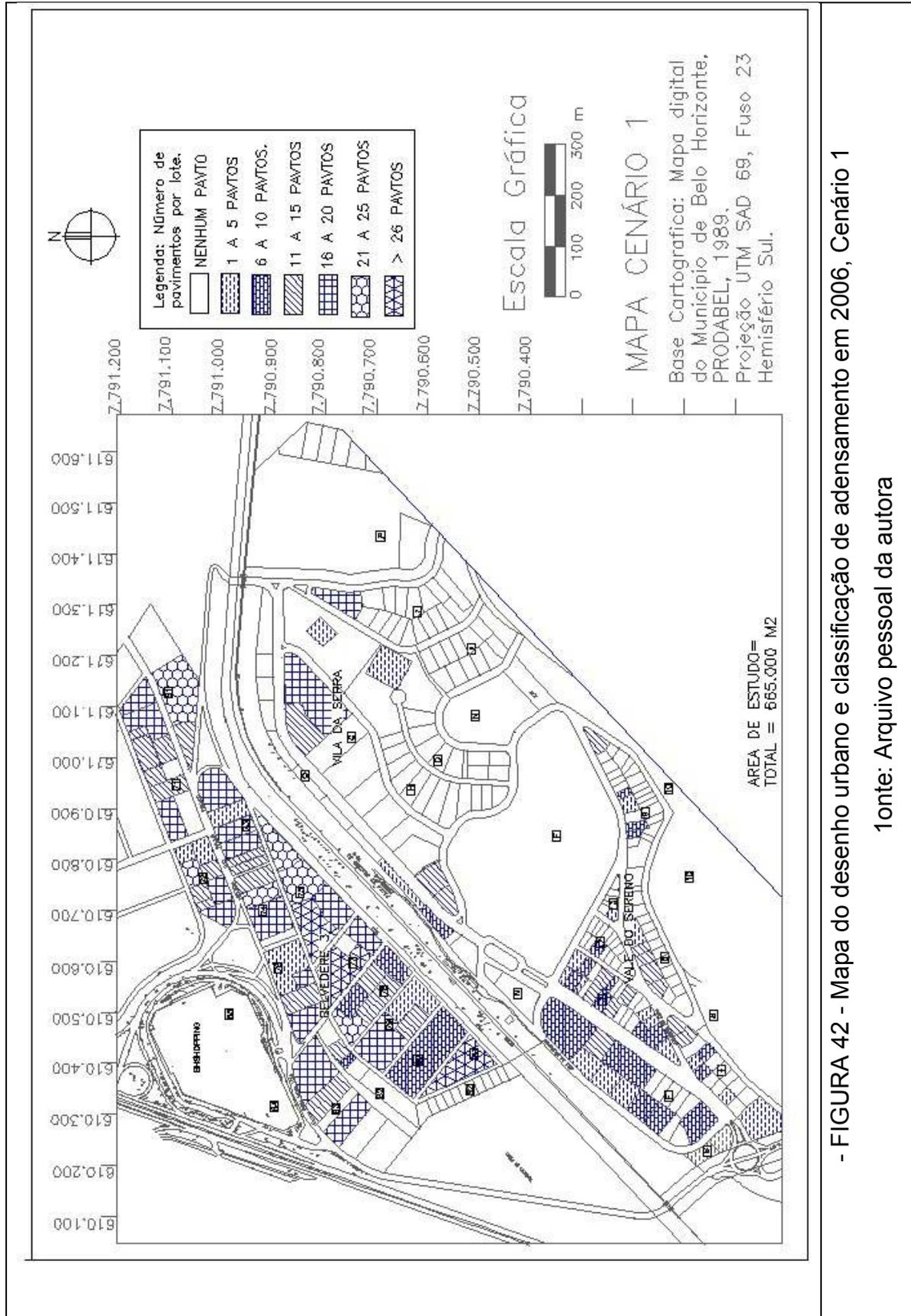
(conclusão)

QUADRA	9 VALE DO SERENO				
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx. Ocup.
1		0		0	
3	2580	0		0	
5	580	0		0	
6	683	198	res. Vert	7	0,29
7	824	238,5	res. Vert	9	0,29
8	963	0		0	
10	1499	391	com.	3	0,26
11	477	180	res. Vert	9	0,38
12	470	0		0	
13	564	0		0	
14	541	0		0	
15	440	296,4	res. Vert	3	0,67
16	429	0		0	
17,18,19	1421	210	res. Vert	12	0,15
20	428	0		0	
21	670	0		0	
22	395	0		0	
23	600	0		0	
24	663	0		0	
25	370	0		0	
26	381	0		0	
27	364	0		0	
28	393	0		0	
29	770	0		0	
30	440	0		0	
31	812	0		0	
32	392	0		0	

Lotes desocupados

Fonte : Arquivo pessoal da autora

De acordo com os resultados, pode-se dizer que o bairro Belvedere III, já tem seu processo de adensamento praticamente consolidado e que apesar de ser um bairro novo, possui poucos lotes não edificadas. O contrário acontece com os bairros Vila da Serra e Vale do Sereno que, com exceção das áreas lindeiras à avenida Alameda da Serra, tem grande parte de sua área desocupada.



- FIGURA 42 - Mapa do desenho urbano e classificação de adensamento em 2006, Cenário 1

Fonte: Arquivo pessoal da autora

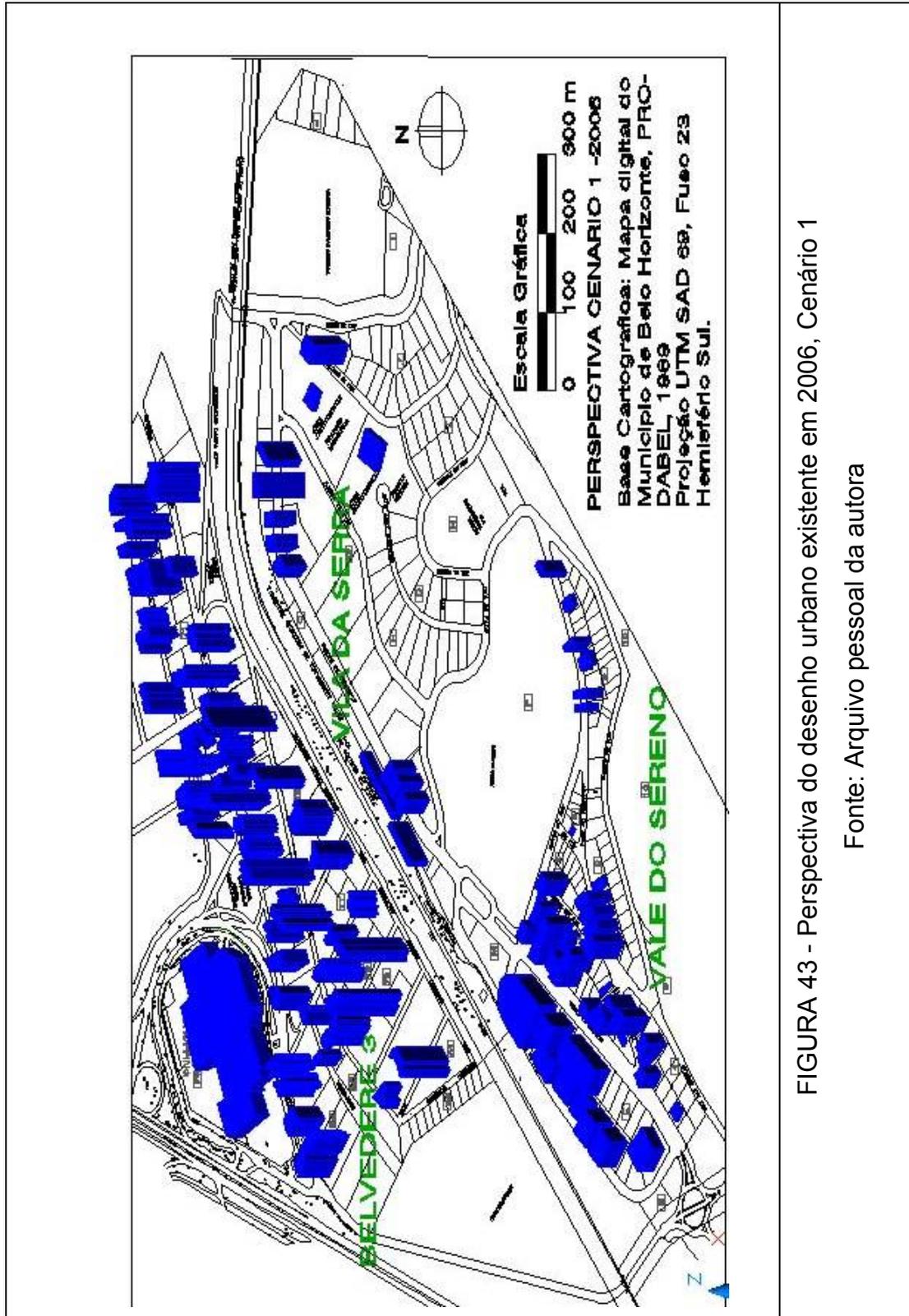


FIGURA 43 - Perspectiva do desenho urbano existente em 2006, Cenário 1

Fonte: Arquivo pessoal da autora

5.1.2 Determinação dos pontos de medição

De acordo com a revisão teórica e as características para cada ponto determinadas no capítulo de Métodos e Técnicas, foram distribuídos 18 pontos de tomadas de medidas através de transecto. Nove pontos, representados por letras estavam compreendidos dentro do circuito 1 (região dos bairros Vale da Serra e Vale do Sereno) e mais nove pontos representados por números estavam compreendidos dentro do circuito 2 (Bairro Belvedere III).

Além dos pontos de medidas móveis, instalaram-se quatro estações de medição fixa, sendo dois na fachada sul do BH Shopping, um na fachada sul do bloco de administração da empresa Brasil Telecon e um ponto na fachada sul do bloco de controle das torres da Rádio Itatiaia, os dois últimos pontos citados situados na cumieira da Serra do Curral.

Escolheu-se o Ponto A(=J=1=10), situado na av. Alameda da Serra, como ponto comum, por estar em posição intermediária aos dois circuitos

A rota percorrida entre os pontos observados obedece à ordem seqüencial dos números e letras a eles referentes.

A FIG. 44 mostra a localização de todos os pontos no mapa-base e a FIG. 45 mostra o registro fotográfico de cada um destes pontos móveis e fixos escolhidos para que o leitor tenha uma visão geral dos pontos e do entorno.

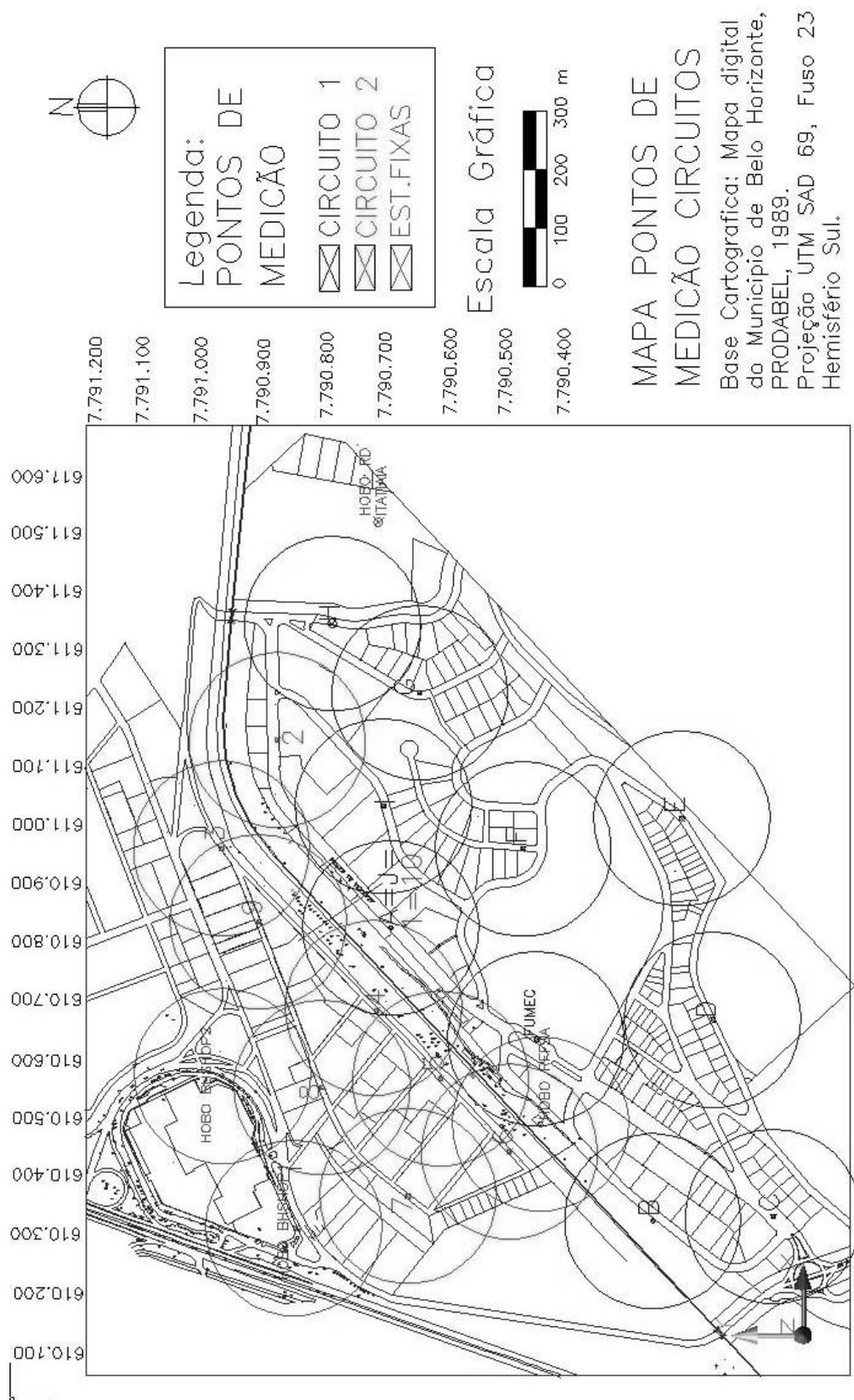


FIGURA 44 - Mapa de localização dos pontos (fixos e móveis) de coleta de dados de temperatura, umidade relativa, FVC e MC, para os dois cenários. Fonte : Arquivo pessoal da autora



Ponto A=J=1=10



Ponto Fumec



Ponto B



Ponto C



Ponto D



Ponto E

FIGURA 45a- Registro fotográfico dos pontos de medição (continua...)



Ponto F



Ponto G



Ponto H



Ponto I



Ponto J=1=10



Ponto 2

FIGURA 45b- Registro fotográfico dos pontos de medição (continua...)



Ponto 3



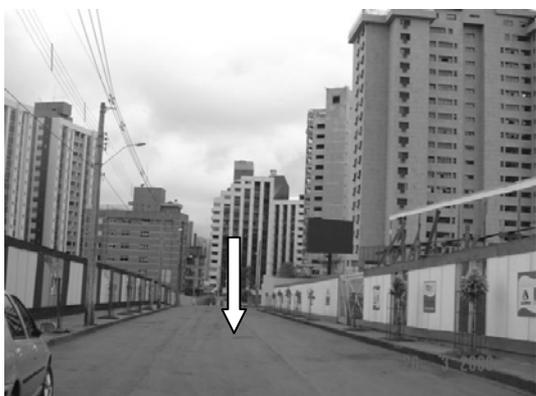
Ponto 4



Ponto 5



Ponto 6



Ponto 7



Ponto 8

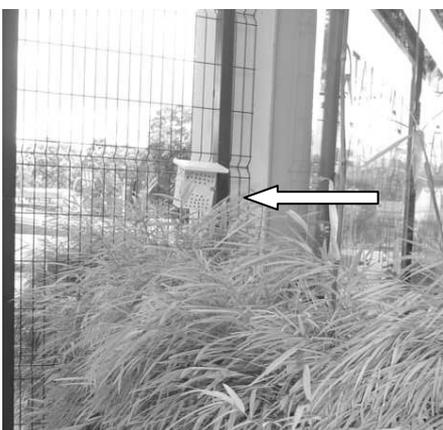
FIGURA 45c - Registro fotográfico dos pontos de medição (continua...)



Ponto 9



Ponto BH Shopping 2



Ponto BH Shopping 1



Ponto RFFSA



Ponto Rádio Itatiaia

FIGURA 45 - Registro fotográfico dos pontos de medição
Fonte : arquivo pessoal da autora

5.1.3 Resultado da coleta de dados das variáveis climáticas (temperatura e umidade relativa) da área de estudo

A coleta de dados de temperatura e umidade relativa, nos pontos móveis e fixos já determinados, foi realizada nos dias 27 e 28/07/2006 em condições de céu claro, nenhuma nebulosidade e calmaria. Esta coleta de dados teve início às 15:00 h do dia 27/07/06 e terminou às 12:00 h do dia 28/07/06. Os dados medidos, a cota altimétrica e as coordenadas UTM de cada ponto móvel e fixo dos circuitos 1 e 2 são mostrados no APÊNDICE B e exemplificados na TAB. 04.

TABELA 04
Medidas de temperatura e umidade relativa coletadas e corrigidas no dia
27/07/06 às 21:00 h

DATA 27/07/2006		HORA 21:00 h								
CIRCUITO 1-BAIRRO VILA DA SERRA E VALE DO SERENO										
PONTO	HORA	TEMP.	Corr.lin	T corr	UR	Corr lin	UR corr.	X	Y	Cota
A	20:40	22,6	1,40	21,20	32,5	4,10	36,60	610.840	7.790.707	1142
FUMEC	20:43	23,4	1,26	22,14	31,5	3,69	35,19	610.629	7.790.473	1146
B	20:45	21,9	1,12	20,78	32,6	3,28	35,88	610.312	7.790.244	1166
C	20:48	21,9	0,98	20,92	32,8	2,87	35,67	610.277	7.790.042	1144
D	20:50	22,3	0,84	21,46	33,5	2,46	35,96	610.660	7.790.154	1108
E	20:53	19,9	0,70	19,20	34,5	2,05	36,55	610.996	7.790.208	1087
F	20:57	22,3	0,56	21,74	35,6	1,64	37,24	610.936	7.790.454	1096
G	21:02	21,9	0,42	21,48	35,9	1,23	37,13	610.197	7.790.622	1107
H	21:06	21,0	0,28	20,72	35,7	0,82	36,52	611.311	7.790.801	1148
I	21:09	21,8	0,14	21,66	36,9	0,41	37,31	610.991	7.790.699	1131
J	21:12	21,2	0,00	21,20	36,6	0,00	36,60	610.840	7.790.707	1142
CIRCUITO 2 -BAIRRO BELVEDERE III										
PONTO	HORA	TEMP.	Corr.lin	T corr	UR	Corr lin	UR corr.	X	Y	Cota
1	21:12	21,2	0,000	21,20	36,6	0,00	36,6	610.840	7.790.707	1142
2	21:15	20,4	0,033	20,37	36,0	0,00	36,0	611.157	7.790.884	1157
3	21:18	23,0	0,066	22,93	34,3	0,00	34,3	610.953	7.790.967	1112
4	21:20	20,5	0,099	20,40	37,2	0,00	37,2	610.676	7.790.719	1121
5	21:22	21,6	0,132	21,47	36,3	0,00	36,3	610.549	7.790.602	1123
6	21:25	20,7	0,165	20,54	36,1	0,00	36,1	610.413	7.790.492	1130
7	21:27	20,2	0,198	20,00	35,1	0,00	35,1	610.380	7.790.657	1108
8	21:30	23,0	0,230	22,77	33,8	0,00	33,8	610.532	7.790.796	1094
9	21:33	22,4	0,264	22,14	34,3	0,00	34,3	610.722	7.790.860	1107
10	21:39	21,5	0,300	21,20	36,6	0,00	36,6	610.840	7.790.707	1142
BHS1	21:00	19,9			43,0			610.306	7.790.894	1066
BHS2	21:00	21,1			36,9			610.564	7.791.017	1069
ITA	21:00	18,3			44,4			610.534	7.790.517	1154
RFFSA	21:00	19,0			43,2			611.557	7.790.897	1185

Fonte : Arquivo pessoal da autora

Houve uma diferença nos valores dos dados de temperatura e umidade relativa no retorno ao ponto para a segunda e a terceira coleta de dados, já

que não é possível fazer a medida simultânea de todos os pontos, no caso das medidas tomadas em um transecto. Desta forma, aplicou-se uma correção linear (ASSIS, 2000) distribuindo-se igualmente para todos os pontos dos circuitos, a diferença encontrada na medida de retorno do ponto comum $A=J=1=10$.

5.1.4 Resultado da coleta de dados da variável urbana Massa Construída

De acordo com a metodologia adotada, foram montadas as planilhas apresentadas no APÊNDICE C e exemplificadas nas TAB. 05 e 06, para o cálculo do volume de concreto (m^3) e posteriormente, da massa construída por área (kg/m^2), de acordo com as equações 2 e 3. No caso do raio de 150 m adotado, a área correspondente é de $70.650 m^2$.

TABELA 05
Cálculo do volume de concreto por edificação - Cenário 1

QUADRA	82					
LOTE No.	Area Proj(No. Pisos	Altura	Perimetro	Vol. Laj	Vol. Fach	Vol. Concr. total(m3)
1 e 2	0					
3 a 8	0					
9 a 12	0					
13 a 19	0					
20 e 21	0					
22	136 8	23,2	50	108,8	232	340,8
23 e 24	324 13	37,7	52	421,2	392,08	813,28
25 e 26	0					

Fonte: Arquivo pessoal da autora

TABELA 06
Cálculo da Massa Construída por ponto – Cenário 1

BAIRRO	PONTO	Vol. Concr(m3)	Densid Concr	Area (m2)	MC (Kg/m2)
Belvedere III	3	12042,66	2400	70650	409,09
Belvedere III	4	11268,40	2400	70650	382,79
Belvedere III	5	5310,16	2400	70650	180,39
Belvedere III	6	3289,44	2400	70650	111,74
Belvedere III	7	14455,00	2400	70650	491,04
Belvedere III	8	20580,36	2400	70650	699,12
Belvedere III	9	18413,65	2400	70650	625,52
	BHSH1	15153,96	2400	70650	514,78
	BHS2	15870,34	2400	70650	539,12
	Rd. ITA	0	2400	70650	0,00
	RFESA	4427,92	2400	70650	150,42

Fonte : Arquivo pessoal da autora

Desta forma, foram encontrados os valores da TAB 07 para a MC por ponto no Cenário 1.

De acordo com o esperado, os valores para MC do circuito correspondente à área do bairro Belvedere III têm massa construída significativamente maior que as encontradas na área correspondente aos bairros Vila da Serra e Vale do Sereno. Se comparados aos resultados de MC estimados por Tso et al.(1990) para a cidade de Kuala Lumpur de 700Kg/m^2 , pode-se dizer que os valores encontrados para a área de estudo, embora coerentes, estão em sua grande maioria abaixo desta estimativa, o que nos leva a entender que a cidade de Kuala Lumpur tem um volume de concreto e conseqüente um adensamento maior do que a situação estudada.

TABELA 07
MC calculada por ponto, para Cenário 1

<i>BAIRRO</i>	<i>PONTO</i>	<i>MC – C1</i>
Vila da Serra	A=J=1=2	118,87
Vila da Serra	FUMEC	56,19
Vila da Serra	B	766,08
Vila da Serra	C	167,98
Vale do Sereno	D	330,01
Vale do Sereno	E	88,12
Vila da Serra	F	0,00
Vila da Serra	G	33,23
Vila da Serra	H	26,50
Vila da Serra	I	264,74
Vila da Serra	2	253,85
Belvedere III	3	409,09
Belvedere III	4	382,79
Belvedere III	5	180,39
Belvedere III	6	111,74
Belvedere III	7	491,04
Belvedere III	8	699,12
Belvedere III	9	625,52
Belvedere III	BHS1	514,78
Belvedere III	BHS2	539,12
Vila da Serra	RD. ITA	0,00
Belvedere III	RFFSA	150,42

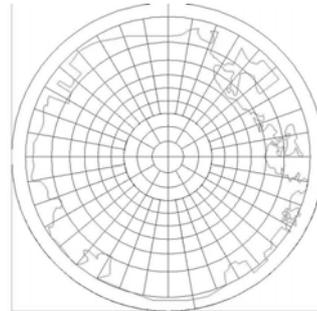
Fonte: Arquivo pessoal da autora

5.1.5 Coleta de dados da variável urbana Fator de Visão do Céu

De acordo com a metodologia adotada, foram gerados as seguintes imagens e polilinhas (FIG. 46) e posteriormente calculado o FVC através do software *Mapinfo*, por ponto:



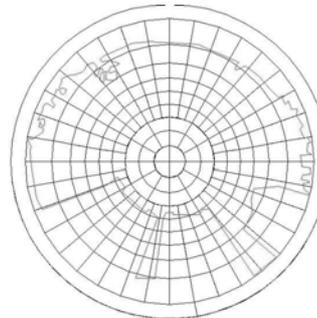
PONTO 1=10=A=J



PONTO 1 - POLILINE



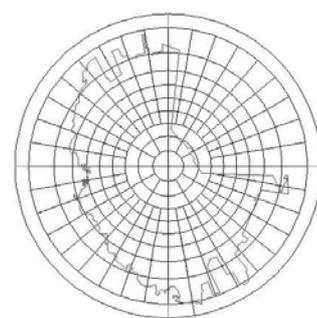
PONTO 2



PONTO 2- POLILINE



PONTO 3

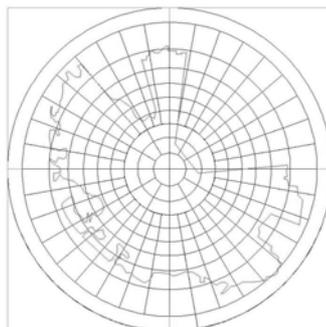


PONTO 3- POLILINE

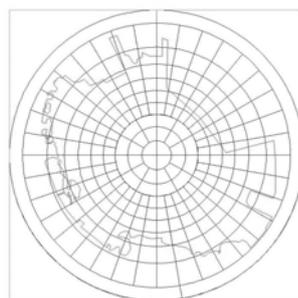
FIGURA 46a– (continua...)



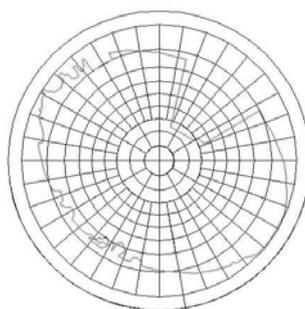
PONTO 4

PONTO 4 - *POLILINE*

PONTO 5

PONTO 5 - *POLILINE*

PONTO 6

PONTO 6 - *POLILINE*

PONTO 7

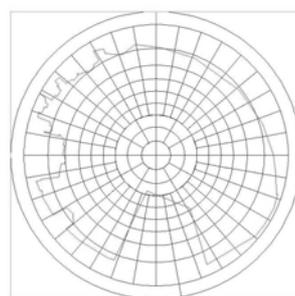
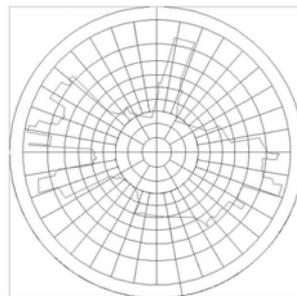
PONTO 7 - *POLILINE*

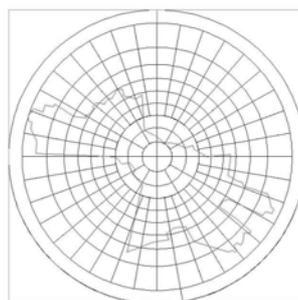
FIGURA 46b– (continua...)



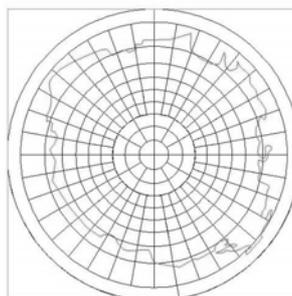
PONTO 8

PONTO 8 - *POLILINE*

PONTO 9

PONTO 9 - *POLILINE*

PONTO B

PONTO B - *POLILINE*

PONTO C

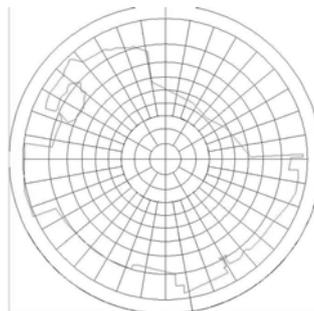
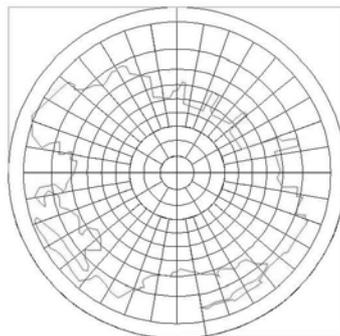
PONTO C - *POLILINE*

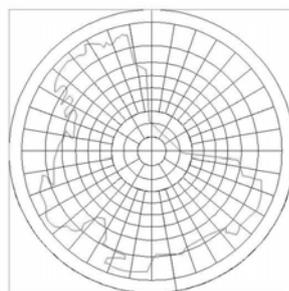
FIGURA 46c- (continua...)



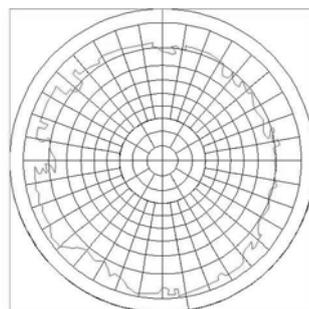
PONTO D

PONTO D - *POLILINE*

PONTO E

PONTO E - *POLILINE*

PONTO F

PONTO F - *POLILINE*

PONTO G

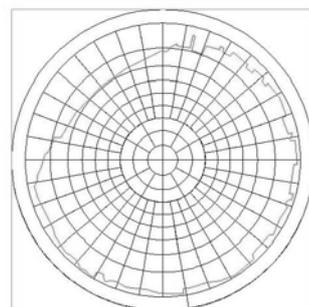
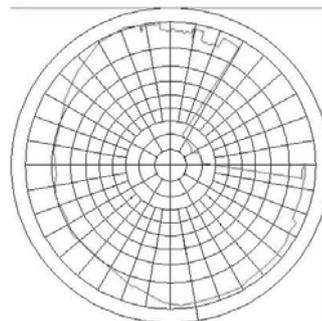
PONTO G - *POLILINE*

FIGURA 46d- (continua...)



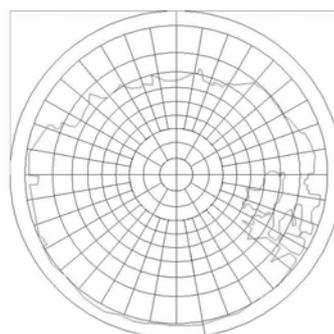
PONTO H



PONTO H - POLILINE



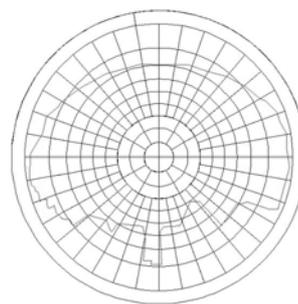
PONTO I



PONTO I - POLILINE



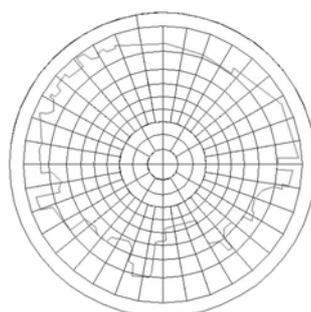
PONTO BHS 1



PONTO BHS 1 - POLILINE



PONTO BHS 2



PONTO BHS 2 -

FIGURA 46e- (continua...)

POLILINE

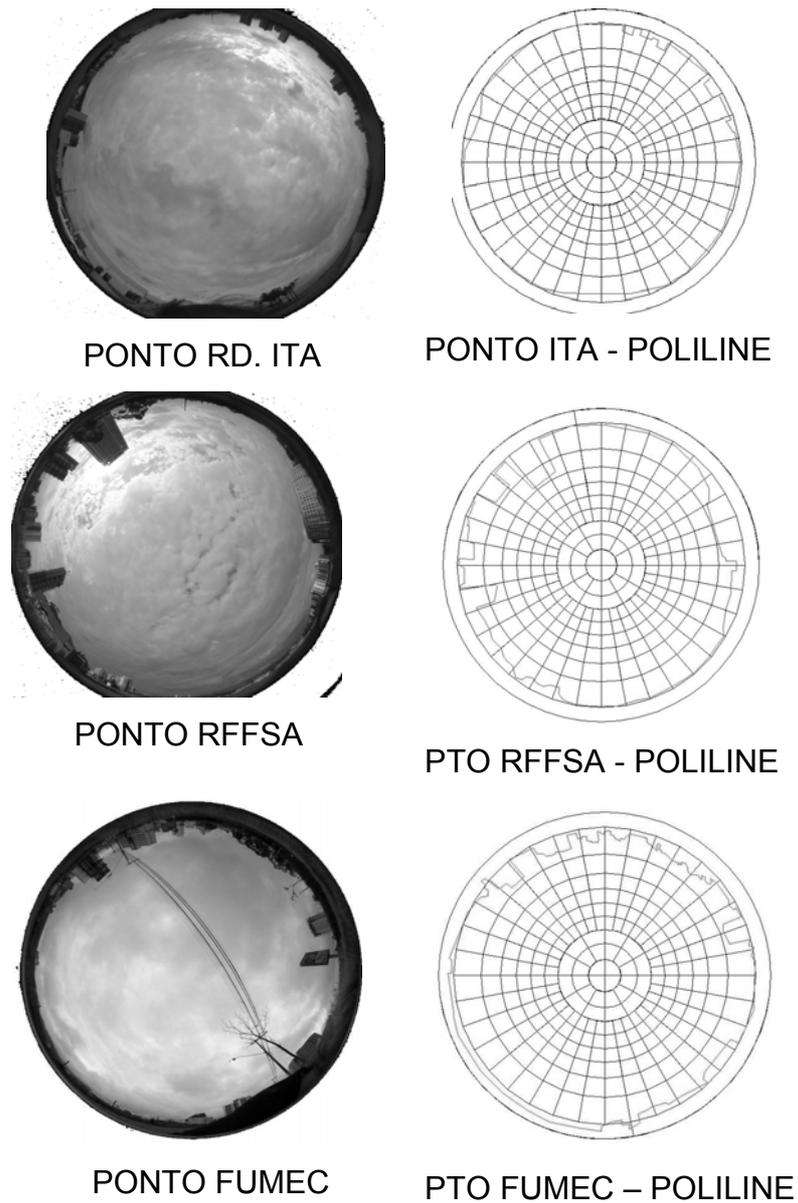


FIGURA 46 - Foto com lente “olho de peixe” e definição da poliline no *Autocad/ponto*
Fonte: Arquivo pessoal da autora

Desta forma, foram encontrados os seguintes fatores de visão do céu(FVC), por ponto, para o Cenário 1(TAB. 08):

TABELA 08
FVC por ponto para Cenário 1

<i>BAIRRO</i>	<i>PONTO</i>	<i>FVC- C1</i>
Vila da Serra	A=J=1=2	0,97
Vila da Serra	FUMEC	0,98
Vila da Serra	B	0,96
Vila da Serra	C	0,85
Vale do Sereno	D	0,84
Vale do Sereno	E	0,73
Vila da Serra	F	0,96
Vila da Serra	G	0,97
Vila da Serra	H	0,82
Vila da Serra	I	0,93
Vila da Serra	2	0,79
Belvedere III	3	0,73
Belvedere III	4	0,71
Belvedere III	5	0,84
Belvedere III	6	0,85
Belvedere III	7	0,87
Belvedere III	8	0,60
Belvedere III	9	0,47
Belvedere III	BHS1	0,85
Belvedere III	BHS2	0,84
Vila da Serra	RD. ITA	0,98
Belvedere III	RFFSA	0,94

Fonte: Arquivo pessoal da autora

É importante ressaltar que as fotos com a lente “olho de peixe” nos pontos não foram feitas no dia da coleta de dados de temperatura e umidade relativa e sim em um dia nublado para que o contraste entre o céu e as edificações fosse mais nítido, evitando também reflexões da luz solar nas fachadas dos edifícios, o que poderia comprometer a qualidade das fotos. Além

disso, para o cálculo do FVC, foram considerados os volumes que representam as matas e a Serra do Curral, que são obstruções com relação à visão do céu. Esta consideração não poderá ser abstraída, quando do cálculo simulado do FVC no Cenário 2. Apesar disso, conforme esperado, os maiores valores para o FVC são encontrados na área correspondente aos bairros Vila da Serra e Vale do Sereno, área praticamente desabitada em 2006 e os menores no Belvedere III, área de ocupação praticamente consolidada.

5.1.6 Correlação entre as variáveis climáticas (temperatura e umidade) e as variáveis urbanas (MC e FVC)

Devido a disparidade na magnitude das variáveis MC (por exemplo, 409,09 para o ponto 3) e FVC (0,73 para o mesmo ponto 3) foi feito primeiramente uma parametrização da variável MC, admitindo-se que o maior valor do FVC arbitrado em 1200 kg/m^2 corresponderia ao fator 1,0. Desta forma a TAB. 09 apresenta os valores calculados e o fator admitido para a MC no Cenário 1.

Outro aspecto considerado na correlação foi a qualidade dos pontos obtidos. Foram feitos vários testes para selecionar os pontos a serem considerados para a correlação, evitando-se obter um fator de correlação (R) muito baixo. Os pontos retirados da amostra, após esta análise foram:

1-Os pontos situados na fronteira da área de estudo (D e E) utilizados para evitar distorção na interpolação do *software* gerador de superfícies. Muitos desses pontos estão também próximos a áreas de mata, assim a característica de FVC está associada a outro tipo de material que não uma massa construída, distorcendo os resultados;

2-Os pontos que sofriam influência de correntes de vento canalizado alterando as medidas de T e UR, ou seja, pontos 2, 3, F, B, C, H e I;

3-Os pontos com MC muito pequena, pois o modelo desenvolvido por Tso et al.(1990) admite área tipicamente urbana, ou seja, pontos FUMEC, F e G. O ponto A, que foi usado para a correção das medidas dos circuitos, foi

retirado desta parte do processamento de dados por apresentar também, uma massa construída muito pequena.

TABELA 09
Fatores para MC no Cenário 1

PONTO	MC-C1	FATOR
A	118.87	0.10
FUMEC	56.19	0.05
B	766.08	0.64
C	167.98	0.14
D	330.01	0.28
E	88.12	0.07
F	0.00	0.00
G	33.23	0.03
H	26.50	0.02
I	264.74	0.22
2	253.85	0.21
3	409.09	0.34
4	382.79	0.32
5	180.39	0.15
6	111.74	0.09
7	491.04	0.41
8	699.12	0.58
9	625.52	0.52
BHS 1	514.78	0.43
BHS 2	539.12	0.45
RD ITA	0.00	0.00
RFFSA	150.42	0.13

Fonte: Arquivo pessoal da autora

Quando observadas as correlações que envolvem os pontos situados no Vale do Sereno e Vila da Serra, estas são muito baixas, pois a área é praticamente desocupada e sofre intensa influência da Mata do Jambreiro, área adjacente. Já para os pontos situados no Belvedere III, as correlações são muito boas, se analisadas de acordo com a fundamentação teórica deste trabalho. Desta forma, além do fato de se estar trabalhando com variáveis ambientais, sobre as quais não se tem controle, como em um laboratório, por exemplo, é preciso considerar que a área possui um desenvolvimento morfológico muito distinto, o que influencia os resultados.

Ao se eliminar os pontos pelo motivos acima descritos, o estudo ganhou na qualidade dos dados, fator importante quando se trabalha com uma série pequena de dados.

Estabeleceu-se então a correlação entre os dados climáticos coletados nos pontos do Belvedere III (pontos 4, 5, 6, 7,8 e 9) e os pontos das estações fixas (BHS1,pto. 31; BHS2, pto. 32; RFFSA, pto.51 e Radio Itatiaia, pto. 41), no horário de 21h , que melhor caracteriza o fenômeno da ilha de calor urbana. Desta forma, foram utilizados da amostra inicial de 22 pontos, apenas 10 pontos, que mostraram ser mais significativos para os resultados.

Assim, apresenta-se abaixo a TAB. 10, que contém os dados inseridos no software *Statgraphics 15* para gerar a equação da regressão múltipla entre as variáveis climáticas e urbanas.

TABELA 10
Dados inseridos no software *Statgraphics*, para geração da equação de correlação entre as variáveis

PONTO	T-C1	UR- C1	UA-C1	MC-C1	FVC-C1
4	20,40	37,20	3,49	0,32	0,71
5	21,47	36,30	3,95	0,15	0,84
6	20,54	36,10	3,55	0,09	0,85
7	20,00	35,10	5,86	0,41	0,87
8	22,77	33,80	4,56	0,58	0,60
9	22,14	34,30	4,25	0,52	0,47
BHS 1	19,90	43,00	7,13	0,43	0,85
BHS 2	21,10	36,90	6,62	0,45	0,84
RD ITA	18,30	44,40	6,63	0,00	0,98
RFFSA	19,00	43,20	6,75	0,13	0,94

Fonte: Arquivo pessoal da autora

A análise de regressão múltipla elaborada pelo software *Statgraphics* e as equações geradas são apresentadas no APENDICE D. As equações (7 e 8) geradas para o Cenário 1 são destacadas abaixo :

$$T = 24,7296 - 5,80921 \times FVC + 0,933171 \times FMC \quad \text{Equação [7]}$$

$$UA = -4,71425 + 10,369 \times FVC + 5,8156 \times FMC \quad \text{Equação [8]}$$

Onde:

T= Temperatura corrigida no ponto;

UA = Umidade Absoluta calculada a partir das equações 5 e 6

FVC = Fator de Visão do Céu no ponto

FMC= Fator Massa Construída no ponto

No Apêndice D nota-se que o coeficiente de correlação para a equação 7 é de 69,87% e que o P_{valor} da análise de variância para o modelo é de 0,015, portanto, menor que o nível de significância de 0,05 e por isso, temos evidências de que o modelo é bem ajustado. Foi observado no teste de correlação que a variável FVC é mais significativa para o modelo que a variável FMC. Observa-se, no caso da equação 7, que quanto maior o FVC, menor será a T e quanto maior a FMC, maior será a T, o que está coerente com os resultados das medições e da revisão bibliográfica.

No Apêndice D nota-se que o coeficiente de correlação para a equação 8 é de 60,73% e que o P_{valor} da análise de variância para o modelo é de 0,0388, portanto, menor que o nível de significância de 0,05. Temos, assim, evidências de que o modelo é bem ajustado. Foi também observado no teste de correlação que a variável FVC é mais significativa para o modelo que a variável FMC.

Os resultados da análise de regressão múltipla demonstram que, estatisticamente, o FVC tem, no horário e áreas definidas pelo estudo, uma influência maior que a FMC sobre as alterações da temperatura e da umidade. Neste sentido, cabe lembrar que o modelo desenvolvido por Tso et al (1990), foi aplicado nas cidades de Kuala Lumpur e Maceió, sendo que a primeira tem clima equatorial e a segunda, clima tropical quente e úmido. Ambas são cidades litorâneas com grande umidade relativa e influência das brisas marítimas. Devido a essa condição geográfica, o sol tem uma trajetória quase que perpendicular aos edifícios e ao solo. Já Belo Horizonte tem clima tropical de altitude e, no período da coleta de dados (inverno), a umidade relativa é extremamente baixa. Além disso, a trajetória solar e a incidência da radiação são diferenciadas durante o ano e também diferente das cidades onde o modelo foi aplicado. Apesar do resultado do modelo obtido por Tso et al.

(1991) ter sido considerado satisfatório, foram feitas algumas simplificações tais como, temperatura padrão para o solo, fração de evaporação na superfície, que habilitam o modelo a ser usado em ambientes tipicamente urbanos, o que não é o caso da área adotada nesta pesquisa, uma vez que contém áreas adensadas (Bairro Belvedere III) e áreas desocupadas (Bairro Vale do Sereno principalmente), lindeiras a uma mata nativa, ou seja, um ambiente ainda muito diferenciado de um ambiente urbano típico. Porém, as limitações do modelo não invalidam o seu uso e permitiram, neste caso, a avaliação das variáveis climáticas de forma coerente.

De qualquer forma, é importante ressaltar que, também no caso do fenômeno urbano, a umidade parece ter uma baixa relação com a massa construída e pode ter uma relação maior com a presença das áreas de alta densidade arbórea, como é o caso das áreas lindeiras à Mata do Jambreiro. Todavia, a influência das massas de vegetação não é objeto deste estudo.

As baixas correlações encontradas já eram esperadas e estão de acordo com a revisão bibliográfica (ANDRADE, LOPES, 1998; FONTES, MATTOS, 1999; DUARTE, 2000; CARVALHO, 2001; RORIZ, 2005). Apesar da análise dos dados de outros horários de coleta terem apresentado melhores correlações, o que se procurou foram as equações mais coerentes em relação ao fenômeno climático e que pudessem correlacionar os dois cenários.

5.2 GERAÇÃO DO CENÁRIO 2

5.2.1 Resultados da nova volumetria gerada a partir da ocupação máxima permitida pelas LUOS e das tendências constatadas para o cenário 2

Analizados os parâmetros urbanísticos para a ocupação máxima da área de estudo e as tendências constatadas para o Cenário 2, item 4.2.2, elaborou-se as tabelas apresentadas no APÊNDICE E e exemplificadas na TAB. 11, onde foram cadastrados os projetos já aprovados pelas prefeituras locais, se tabulou os dados de área dos lotes, projeção das novas edificações,

taxa de ocupação, tipologia e número de pisos do cenário 2 e foi simulada a nova volumetria, baseada nos dados da LUOS.

Posteriormente foi gerado o mapa-base (FIG. 47) e perspectiva (FIG. 48) do Cenário 2, que contém as projeções das edificações e uma legenda de classificação em relação à condição de adensamento no Cenário 2. Junto à perspectiva foram anexadas algumas imagens de projetos já aprovados e ainda não edificados na área para que se tenha idéia da proporção dos empreendimentos. O Cenário 2, tal como permite as LUOS e conforme a tendência detectada, desenvolveu-se sobre a idéia de verticalização e adensamento da área de estudo.

TABELA 11
Dados dos edifícios que incorporarão o Cenário 2

BAIRRO BELVEDERE III		PROJETOS APROVADOS E TX DE OCUPAÇÃO MÁXIMA									
CENARIO 2											
		Projetos gerados conforme Técnica de Cenários									
		Projetos aprovados na PBH									
QUADRA	82										
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Area/um	Nova Proj	Novo CA	Altura	Af Lat	Projeção
1 e 2	1192,00	160	res. Vert.	12	0,13	140	596	1788	32,41	7,4	16x10
3 a 8	3168,00	290	res. Vert.	17	0,09	140	1584	4752	47,52	11	29x10
9 a 12	2483,00	290	res. Vert.	23	0,12	140	1241,5	3724,5	63,8	15,25	29x10
13 a 19	4216,00	420	res. Vert.	24	0,10	199	2108	6324	66,7	16	42x10
20 e 21	1112,00	140	res. Vert.	13	0,13	115	556	1668	34,55	7,9	14x10
23 e 24	1112,00	324	res. Vert.	14	0,29		556	1668	37,7		18x8
25 e 26	1.104,00	150	res. Vert.	12	0,14		552	1656	32,02	7,3	15x10
BAIRRO VILA DA SERRA		PROJETOS APROVADOS E TX DE OCUPAÇÃO MÁXIMA									
CENARIO 2											
		Projetos gerados conforme Técnica de Cenários									
		Projetos aprovados na PBH									
QUADRA	E										
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Aea/um	Nova proj.	Novo CA	Projeção		
3,4,5,6,7	5032	3000	Hospital	4	0,60		3019,2	9057,6	40x75		
32,33	2126	860	Escola	5	0,40		1275,6	3826,8	30x30		
QUADRA	F										
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Aea/um	Nova proj.	Novo CA	Projeção		
1	102.762	4832,2	Escola	14	0,05		61657,2	184971,6	160x30		

Fonte: Arquivo pessoal da autora

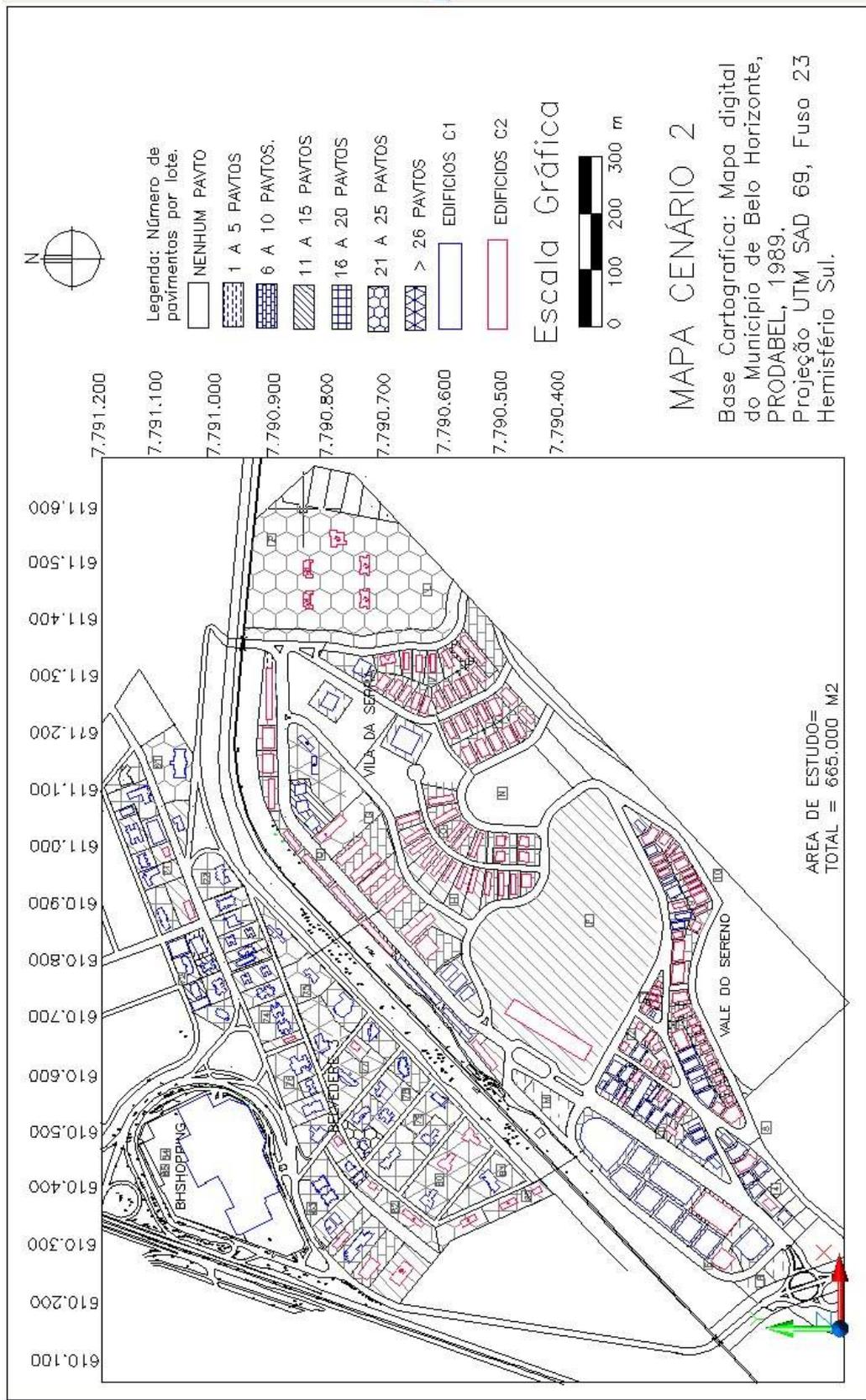


FIGURA 47- Mapa do desenho urbano e classificação de adensamento em 2016, Cenário 2

Fonte : Arquivo pessoal da autora

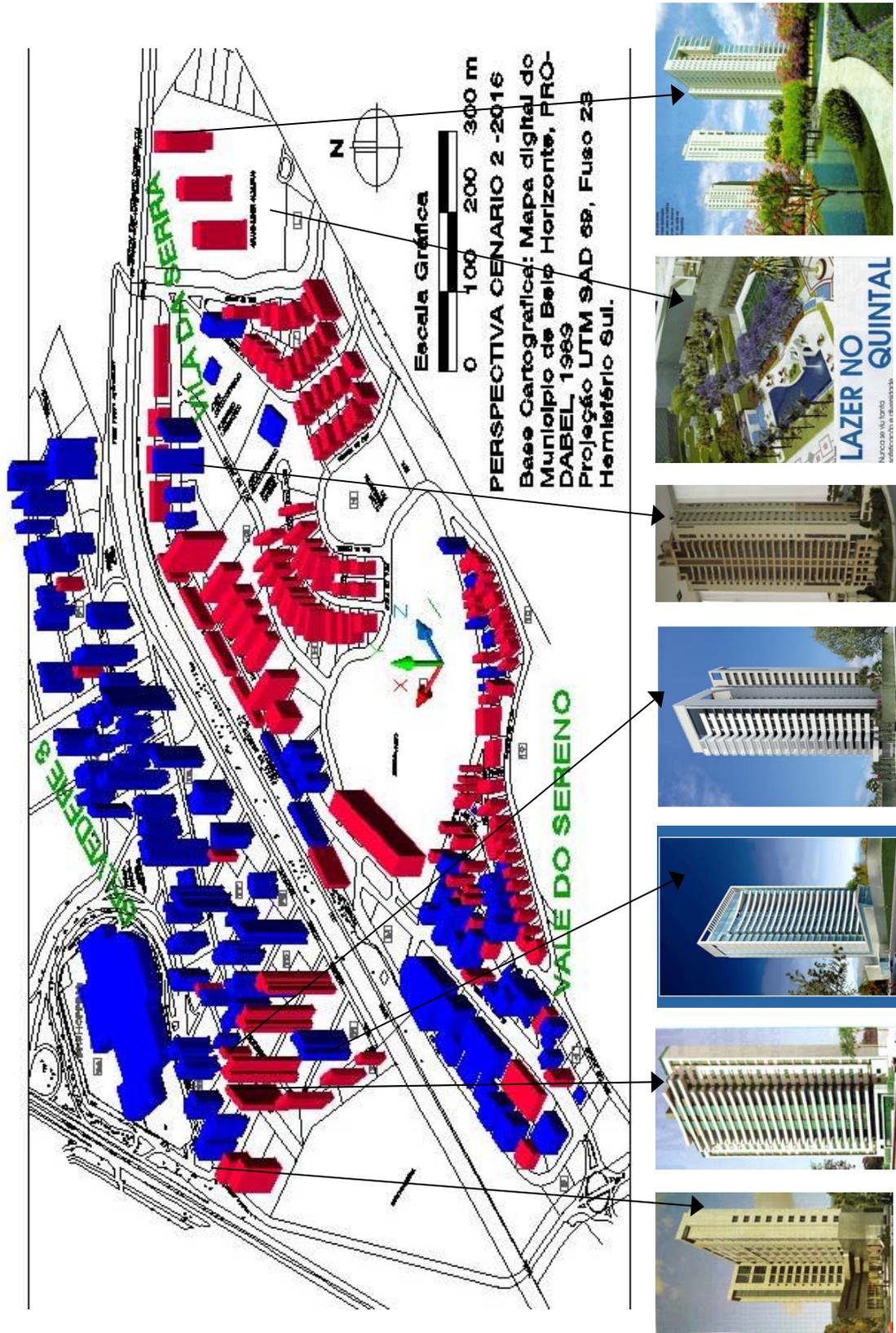


FIGURA 48 - Perspectiva do desenho urbano em 2016, cenário 2, com alguns projetos já aprovados.
 Fonte : Arquivo pessoal da autora; REVISTA ENCONTRO, 2007

5.2.2 Determinação da variável urbana massa construída (MC) no cenário 2

De acordo com a metodologia indicada foram levantadas as MC para o Cenário 2 apresentadas no APÊNDICE F e um exemplo encontra-se nas TAB. 12 e 13.

TABELA 12
Tabela de dados e cálculo de volume de concreto - Cenário 2.

QUADRA	82						
LOTE No.	Area Proj(No. Pisos	Altura	Projeção	Vol. Laj	Vol. Fach	Vol. Concr. total(m3)
1 e 2	160	12	34,8	52	192	361,92	553,92
3 a 8	290	17	49,3	78	493	769,08	1262,08
9 a 12	290	23	66,7	78	667	1040,52	1707,52
13 a 19	420	24	69,6	104	1008	1447,68	2455,68
20 e 21	140	13	37,7	48	182	361,92	543,92
22	136	8	23,2	50	108,8	232	340,8
23 e 24	324	14	40,6	52	453,6	422,24	875,84
25 e 26	150	12	34,8	50	180	348	528

Fonte: Arquivo pessoal da autora

TABELA 13
MC por ponto no Belvedere III, Cenário 2

BAIRRO	PONTO	Vol.Conc (kg/m2)	Dens Conc	Area	MC
Belvedere I	3	15481,78	2400	70650	525,92
Belvedere I	4	11770,48	2400	70650	399,85
Belvedere I	5	9691,20	2400	70650	329,21
Belvedere I	6	11384,32	2400	70650	386,73
Belvedere I	7	27215,28	2400	70650	924,51
Belvedere I	8	23844,48	2400	70650	810,00
Belvedere I	9	20277,49	2400	70650	688,83
Belvedere I	BHS1	16861,92	2400	70650	572,80
Belvedere I	BHS2	18041,82	2400	70650	612,89
Vila da Se	Rd ITA	15830	2400	70650	537,75
Belvedere I	RFFSA	8973,84	2400	70650	304,84

Fonte: Arquivo pessoal da autora

Foram encontradas as seguintes massas construídas, por ponto, para o Cenário 2:

TABELA 14
 Massa construída por ponto, cenário 2

<i>BAIRRO</i>	<i>PONTO</i>	<i>MC – C2</i>
Vila da Serra	A=J=1=2	596,05
Vila da Serra	FUMEC	481,76
Vila da Serra	B	851,40
Vila da Serra	C	253,30
Vale do Sereno	D	1183,30
Vale do Sereno	E	331,00
Vila da Serra	F	658,29
Vila da Serra	G	588,42
Vila da Serra	H	750,62
Vila da Serra	I	960,89
Vila da Serra	2	539,22
Belvedere III	3	525,92
Belvedere III	4	399,85
Belvedere III	5	329,21
Belvedere III	6	386,73
Belvedere III	7	924,51
Belvedere III	8	810,00
Belvedere III	9	688,83
Belvedere III	BHS1	572,80
Belvedere III	BHS2	612,89
Vila da Serra	RD. ITA	537,75
Belvedere III	RFFSA	304,84

Fonte: Arquivo pessoal da autora

Observa-se que as massas construídas das áreas dos bairros Vila da Serra e Vale do Sereno, praticamente se igualam à área do Belvedere III no cenário 2, superando em 30% dos casos, a estimativa elaborada por Tso et al.(1990) para a cidade de Kuala Lumpur de 700Kg/m^2 . Isso mostra a permissividade das LUOS dos dois municípios com relação ao adensamento da área.

5.2.3 Coleta de dados da variável urbana Fator de Visão do Céu no cenário 2

Depois de inseridos os atributos dos temas polígonos e observadores no software Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, foi possível calcular e representar tridimensionalmente os FVC no cenário 2, por ponto. No caso desta área de estudo, vale lembrar que foi necessário definir algumas “superfícies equivalentes” que representarão os volumes da Serra do Curral e da Mata do Jambreiro, existentes no Cenário 1. Desta forma, os resultados são, por ponto, os mostrados a seguir nas FIG 49 à 70:

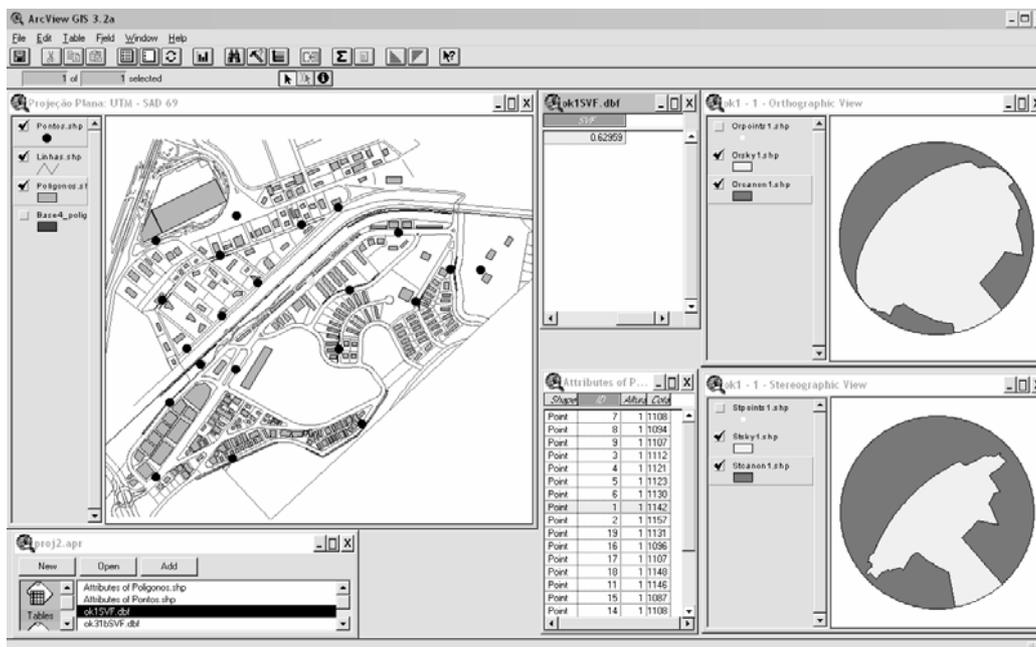


FIGURA 49 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PONTO 1=10=A=J**.

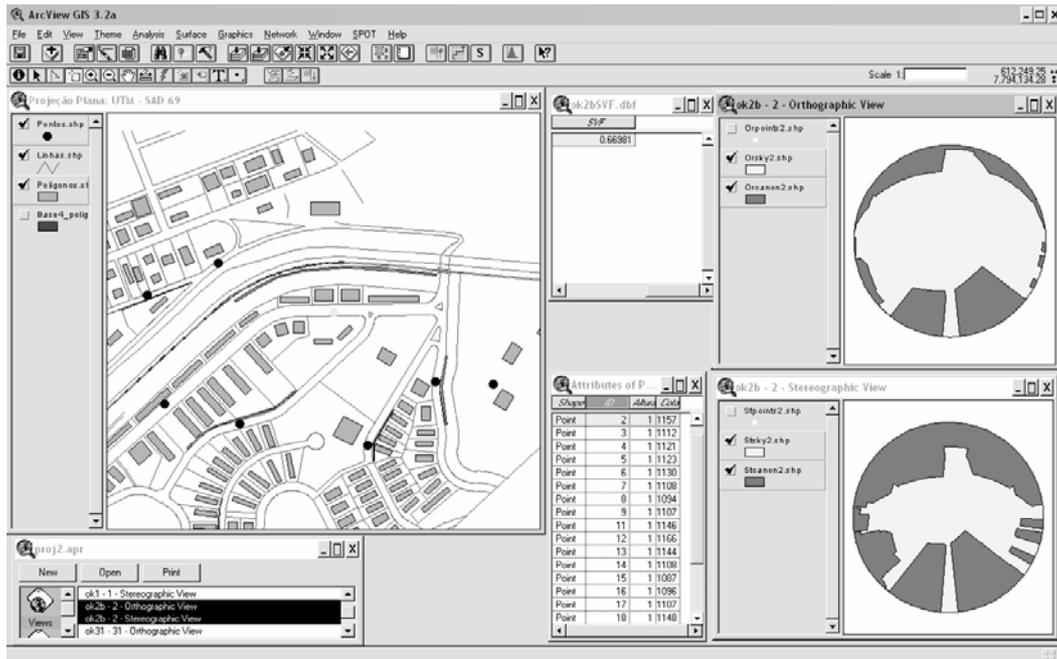


FIGURA 50 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PONTO 2**

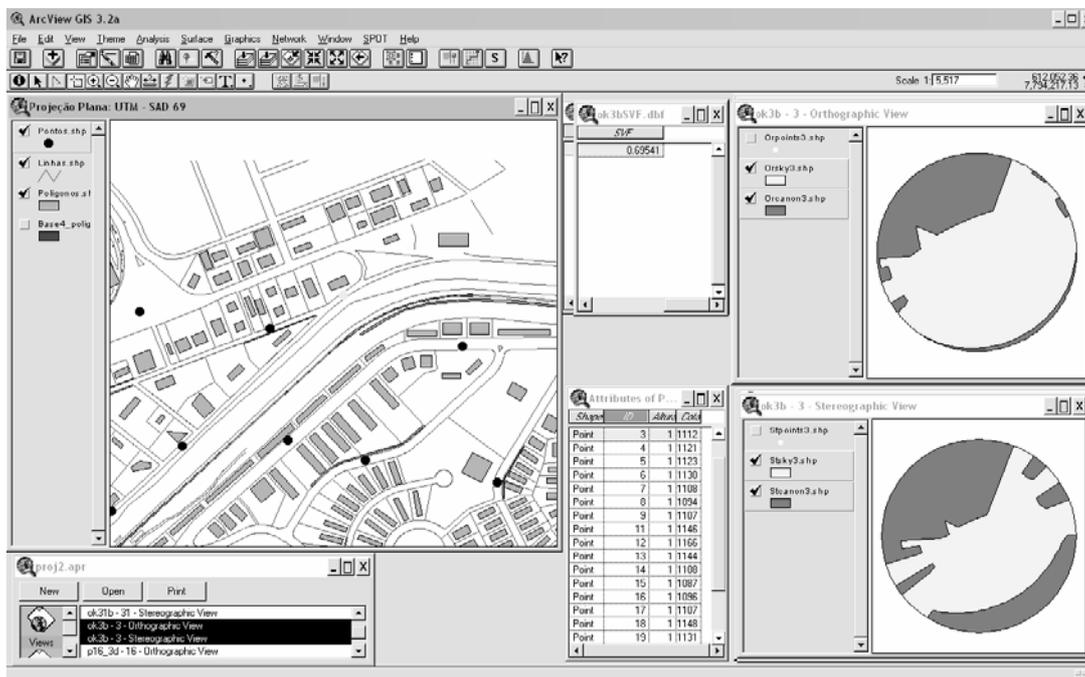


FIGURA 51 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PONTO 3**

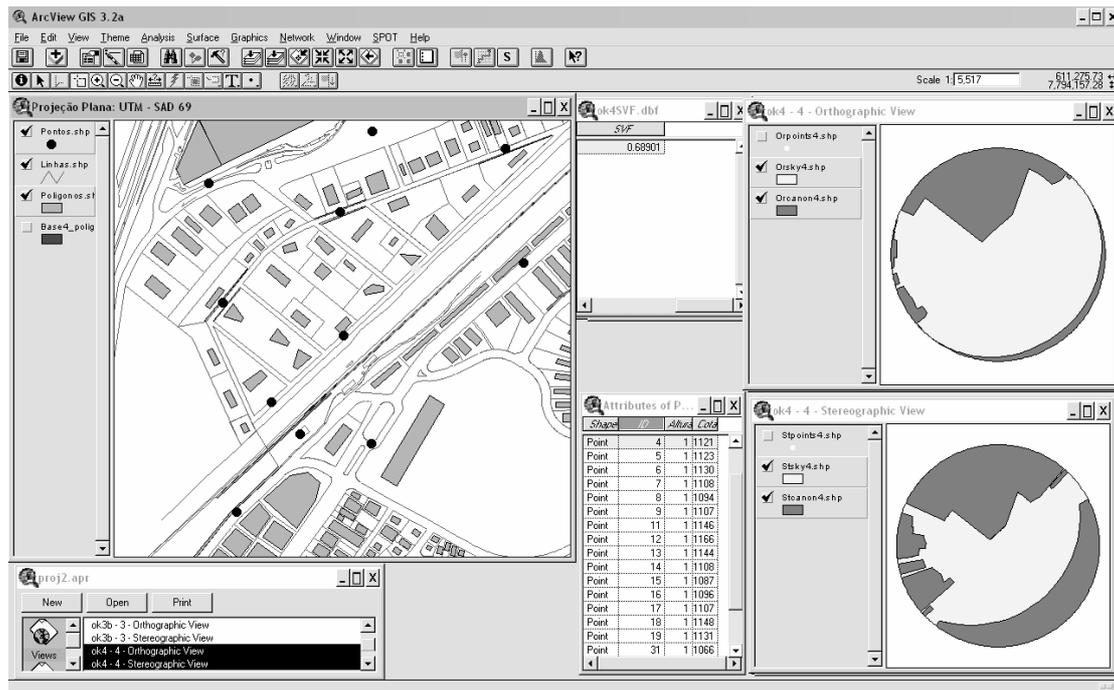


FIGURA 52 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PONTO 4**

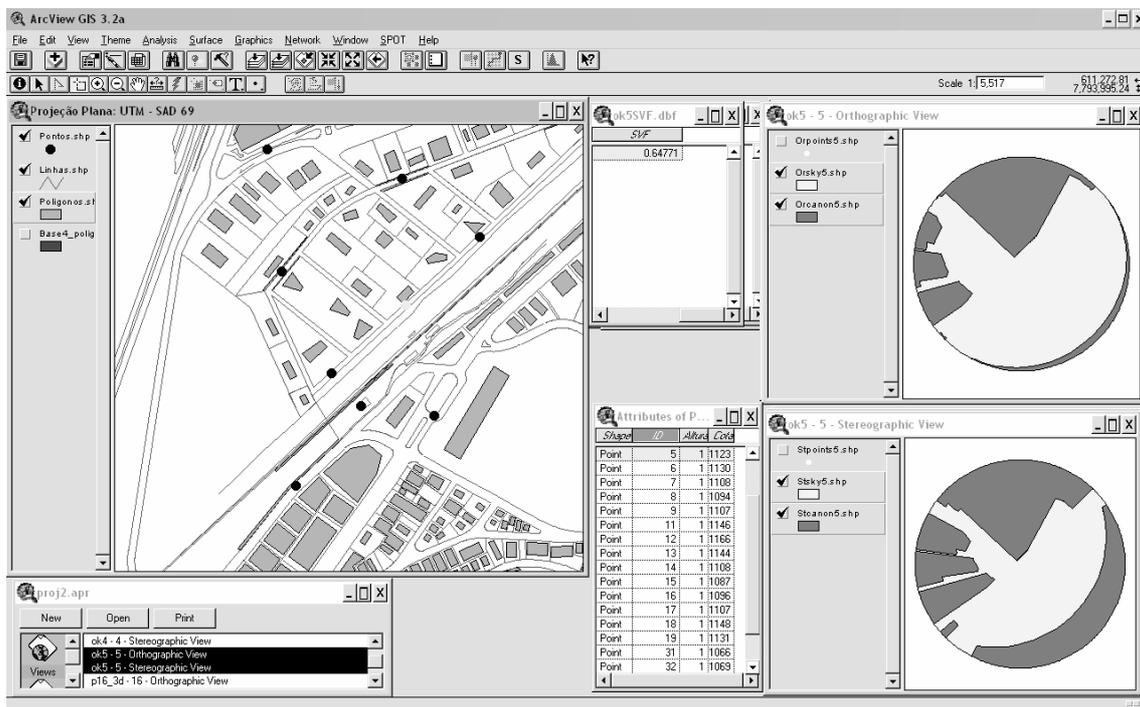


FIGURA 53 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PONTO 5**

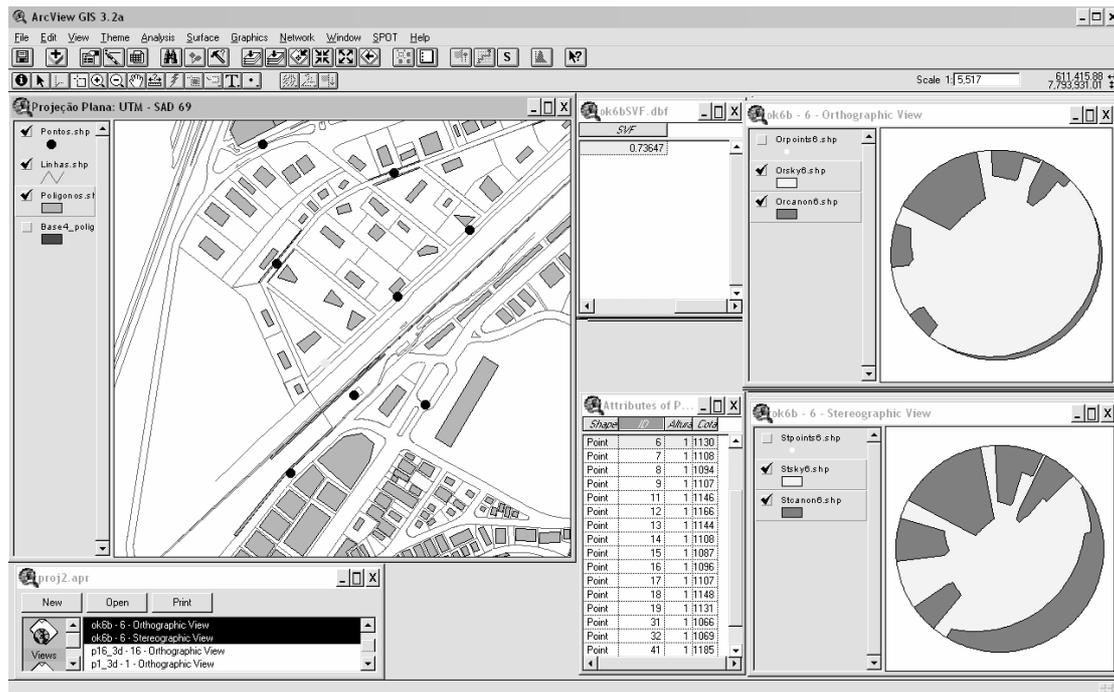


FIGURA 54 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PONTO 6**

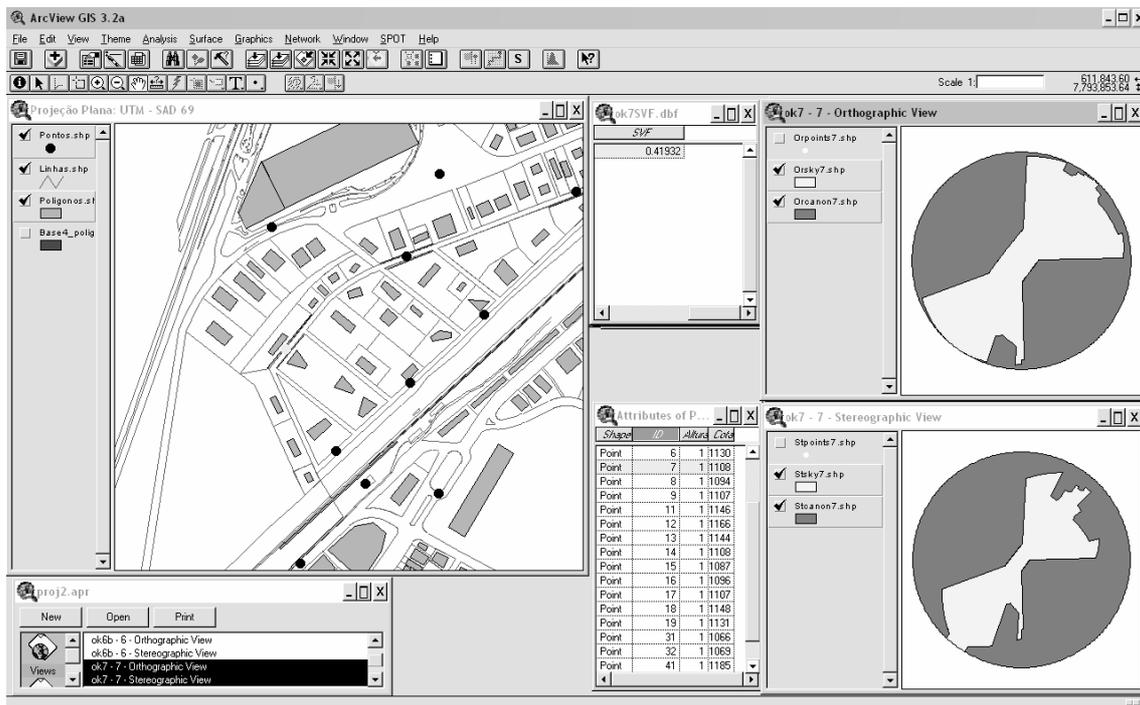


FIGURA 55 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PONTO 7**

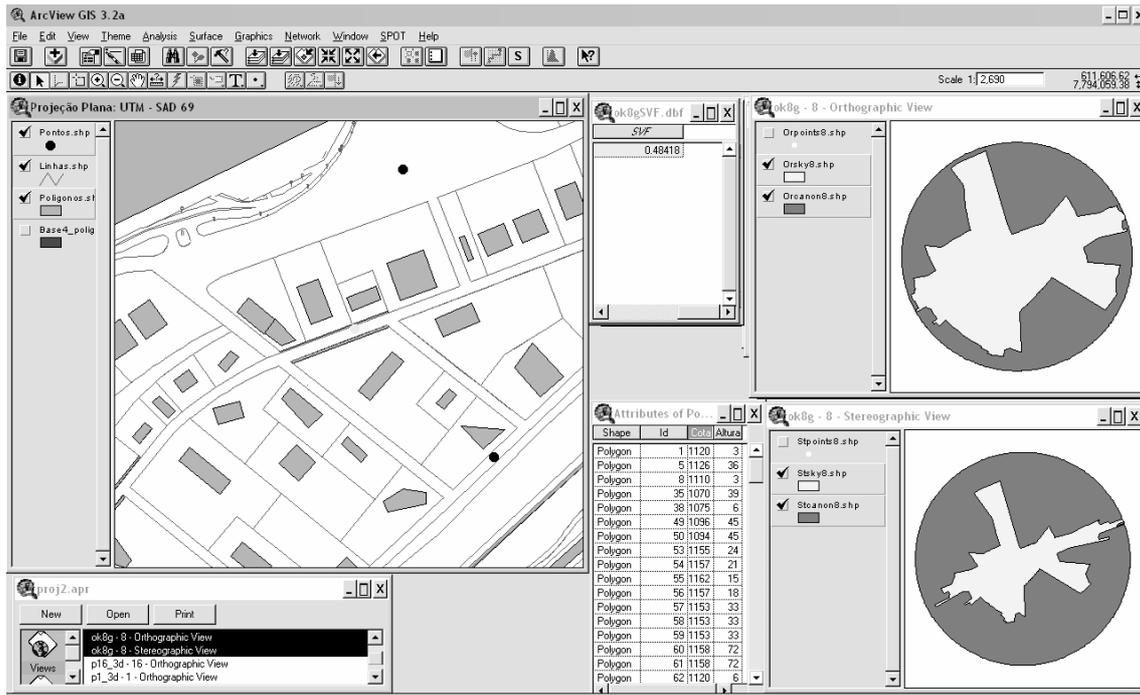


FIGURA 56 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PONTO 8**

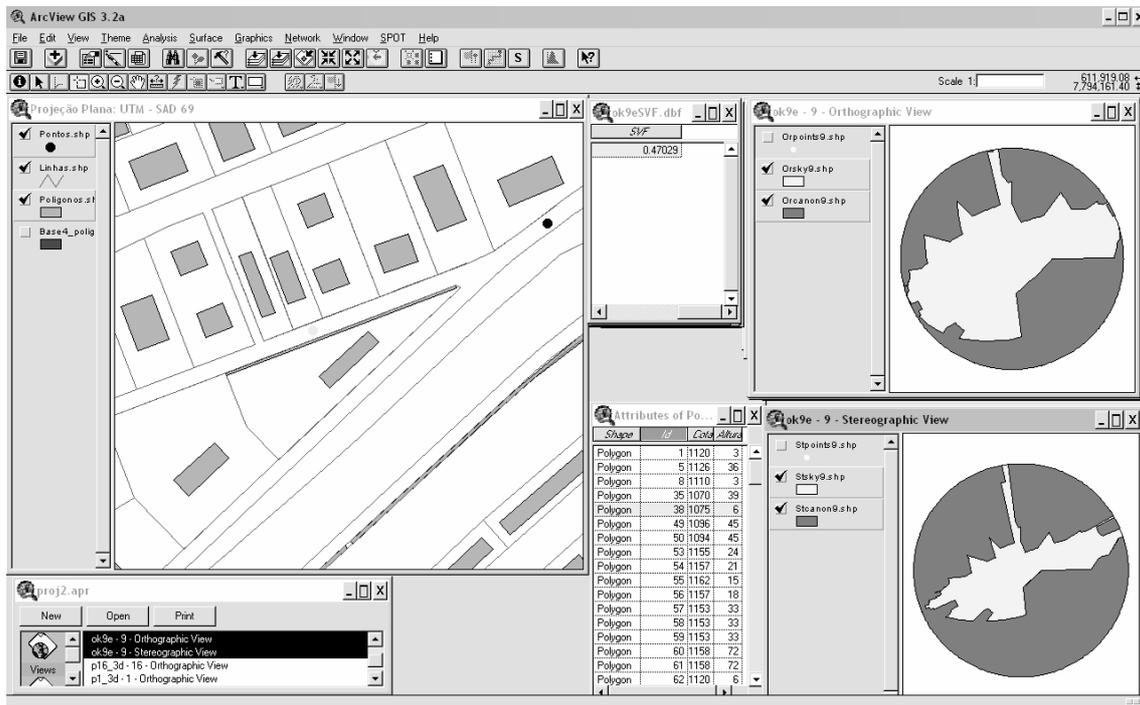


FIGURA 57 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PONTO 9**

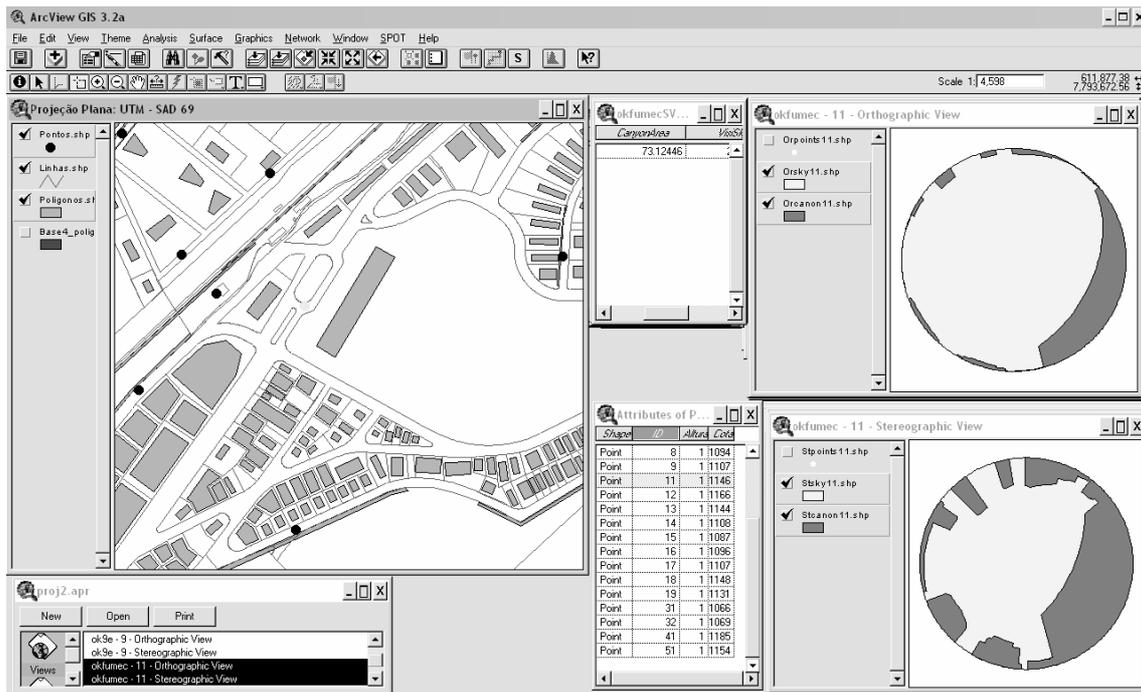


FIGURA 58 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PUNTO FUMEC**

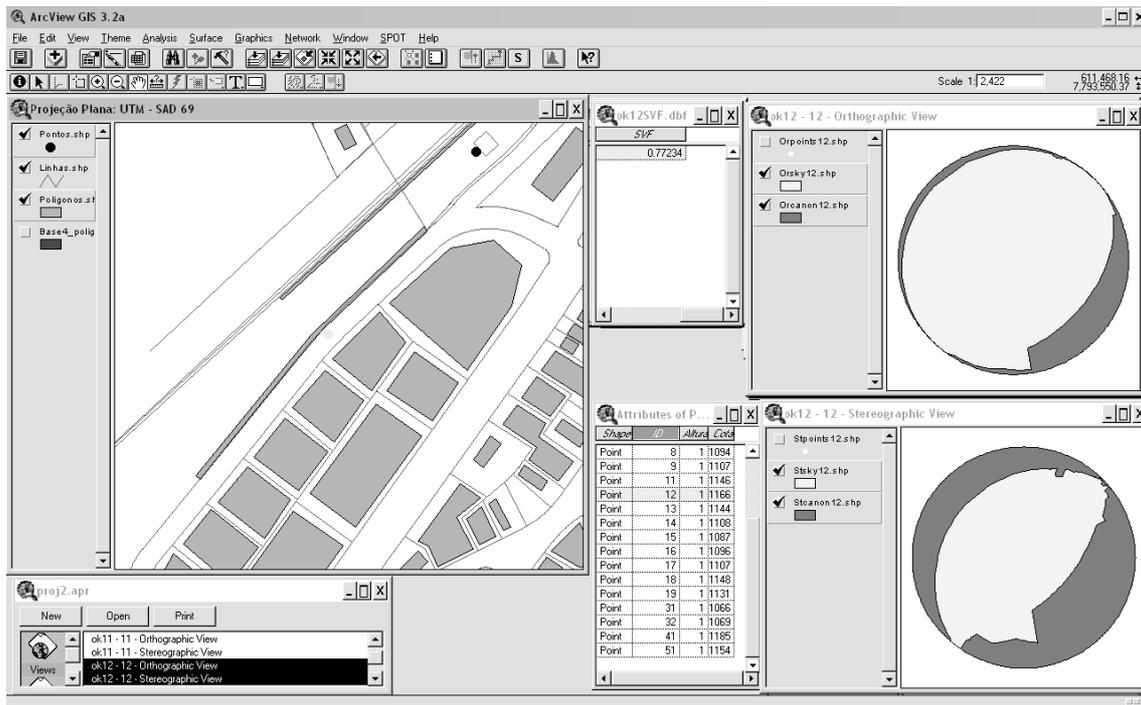


FIGURA 59 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PUNTO B**

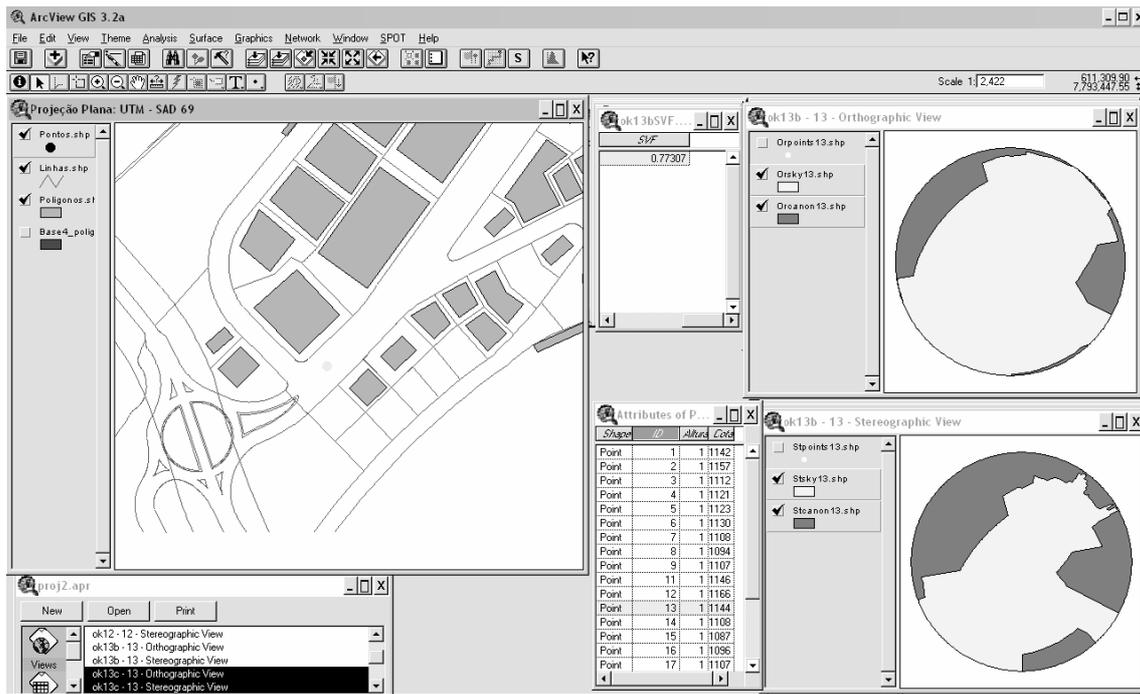


FIGURA 60 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PONTO C**

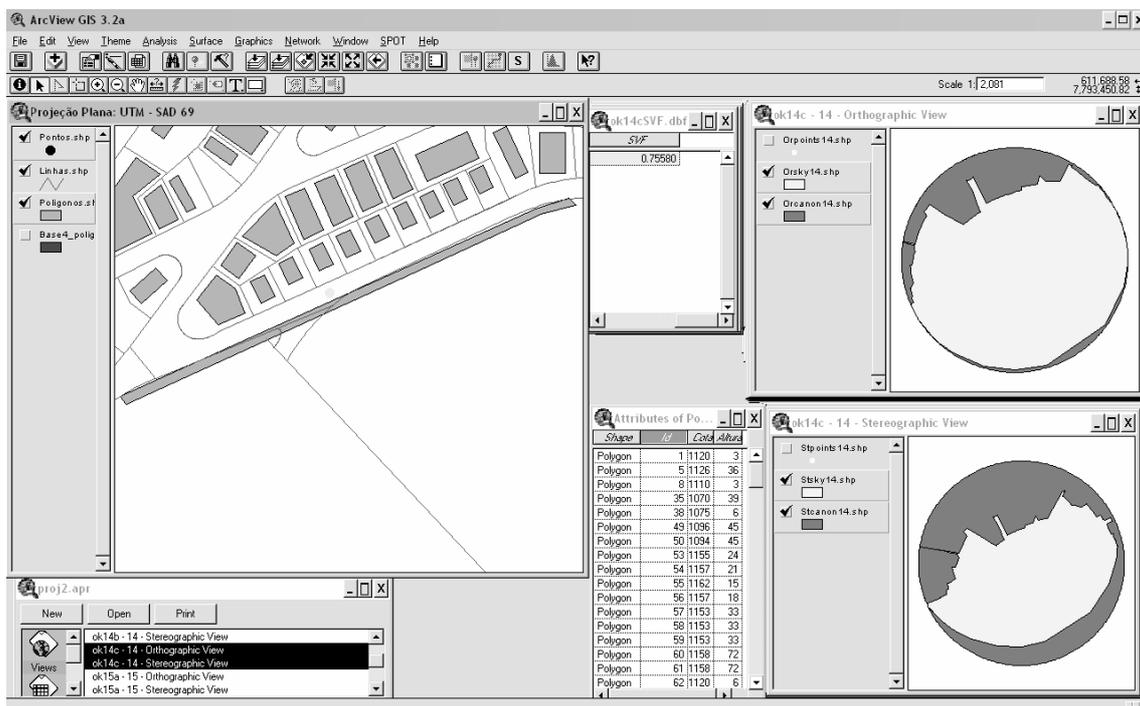


FIGURA 61 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PONTO D**

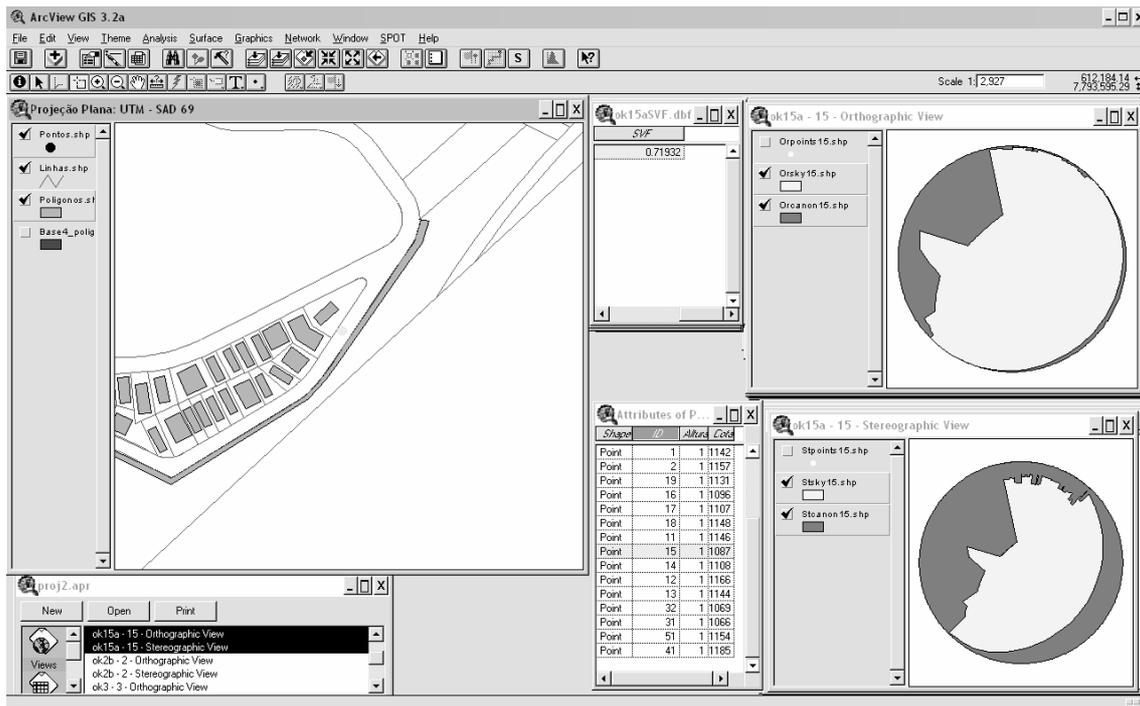


FIGURA 62 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PONTO E**

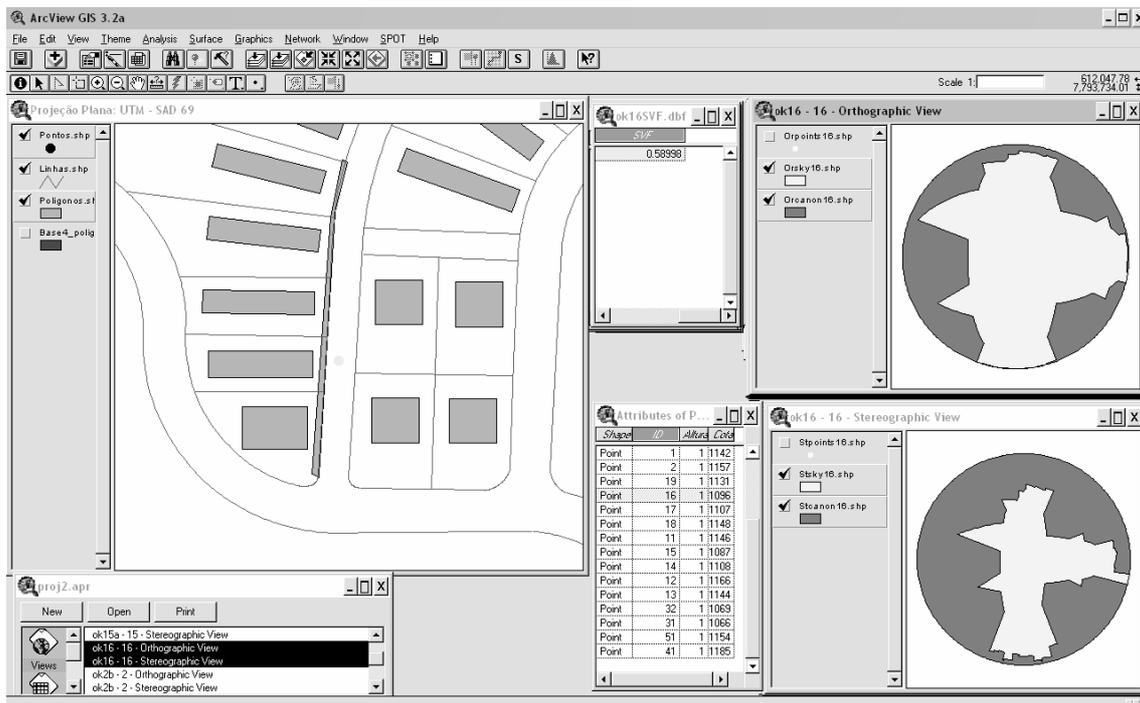


FIGURA 63 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PONTO F**

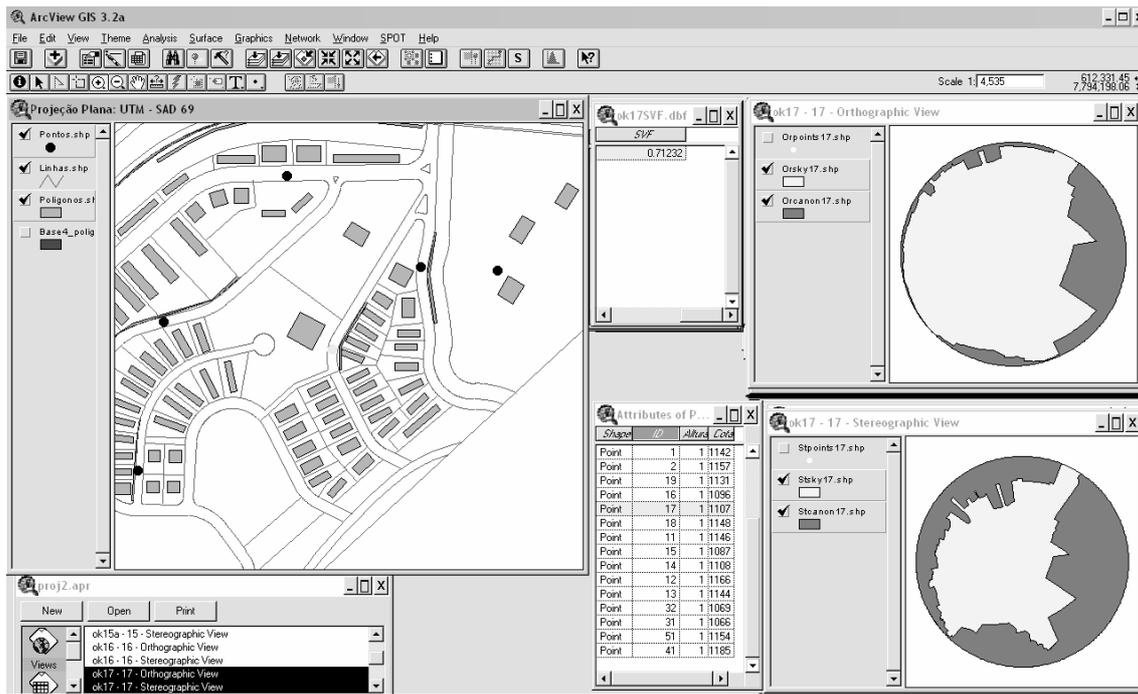


FIGURA 64 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PONTO G**

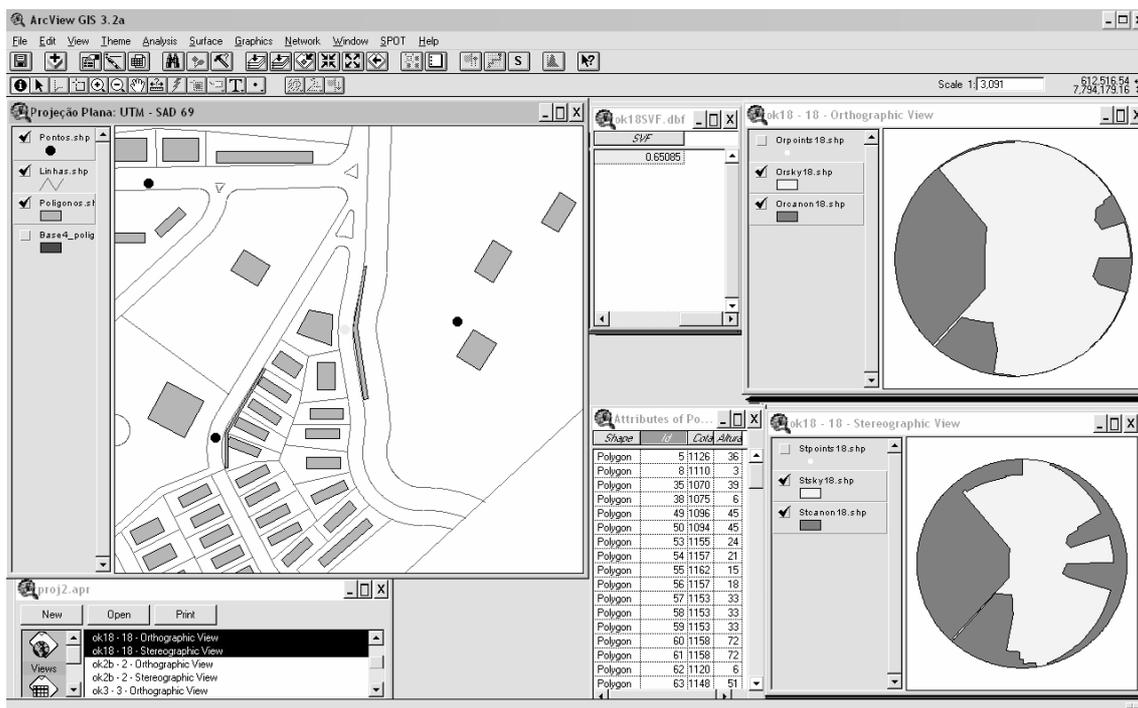


FIGURA 65– Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PONTO H**

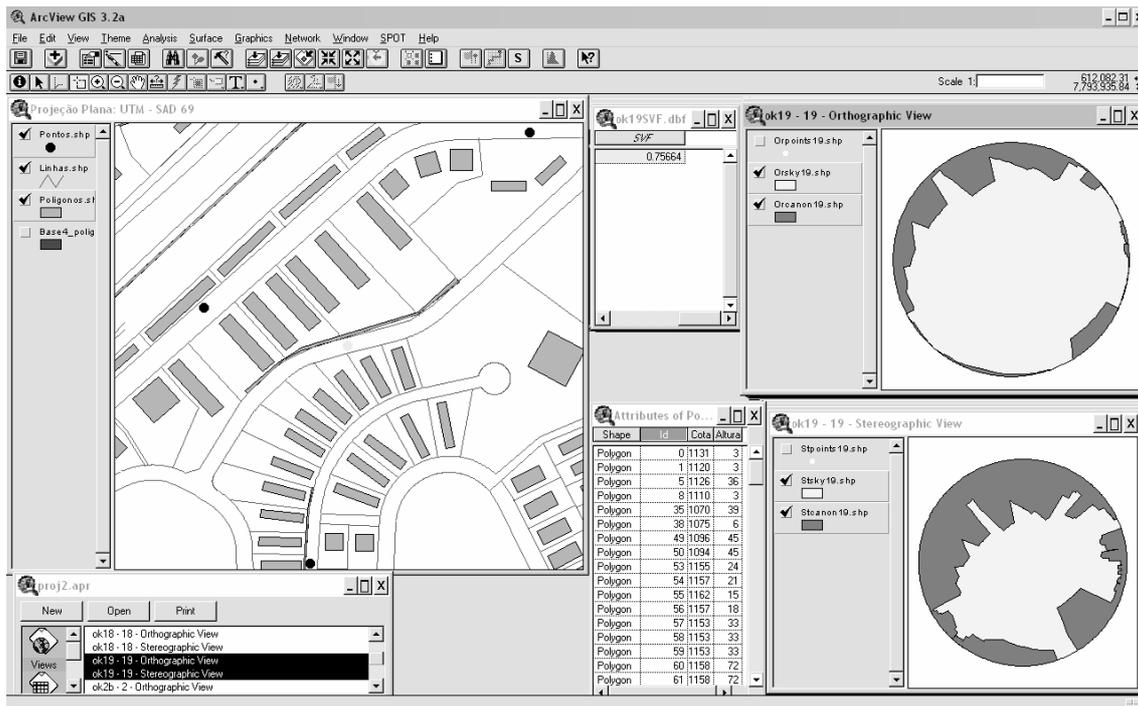


Figura 66 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PONTO I**

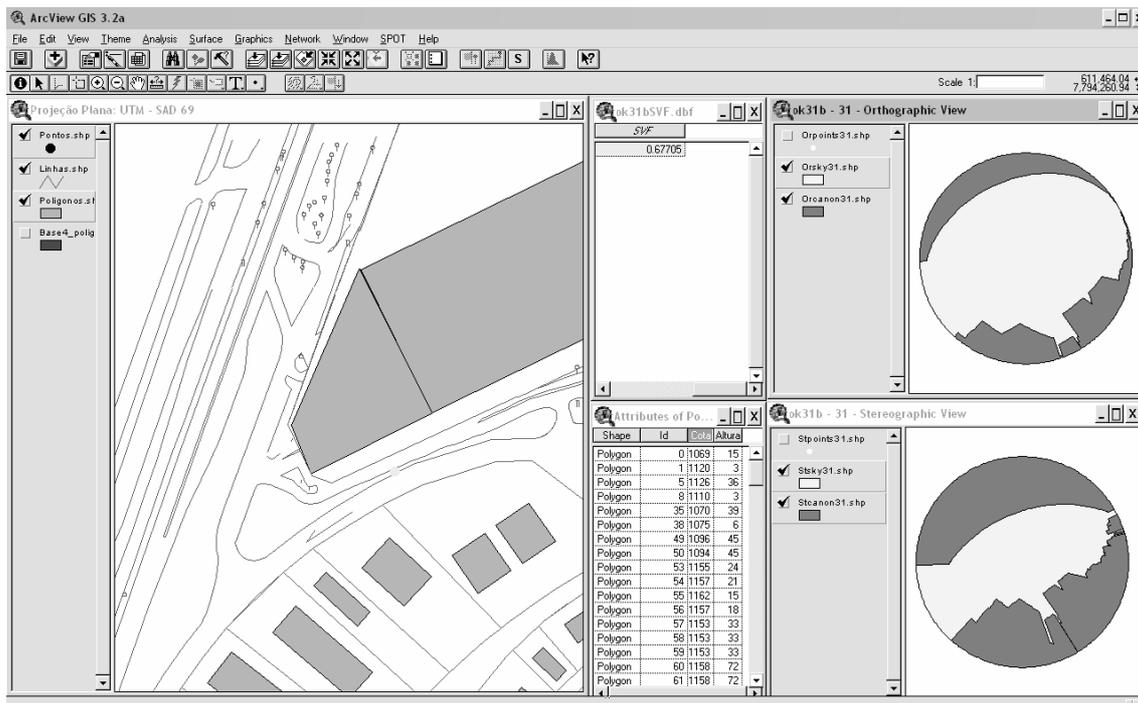


FIGURA 67 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PONTO BHS 1**

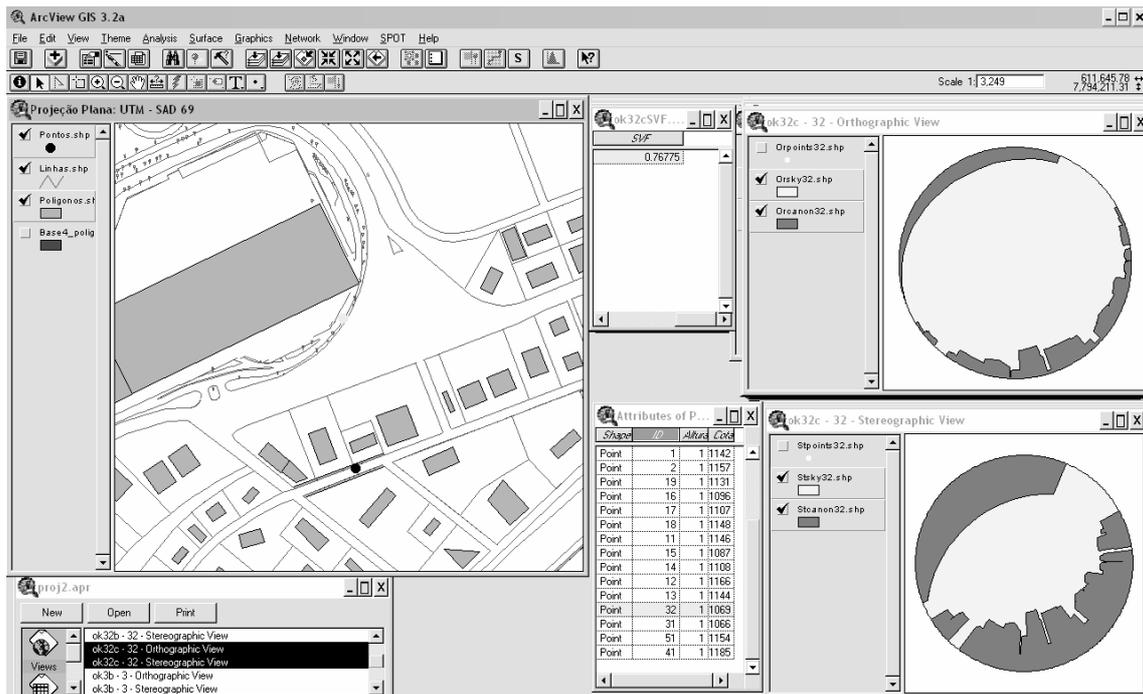


FIGURA 68 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **PONTO BHS 2**

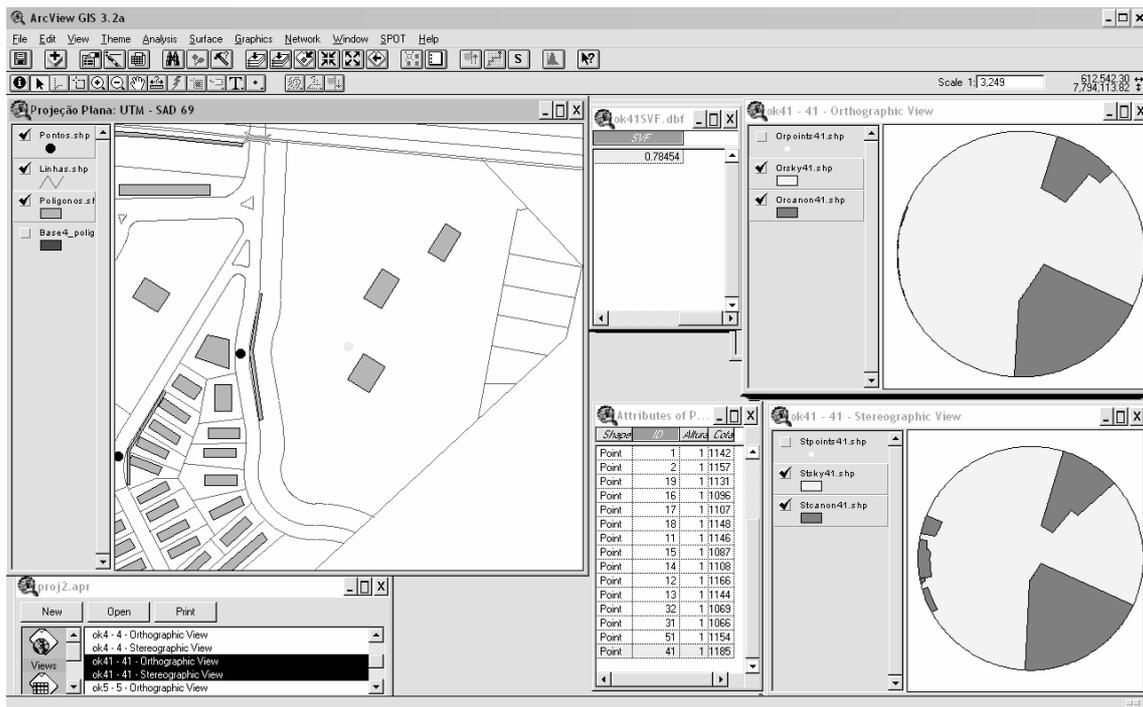


FIGURA 69 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **RD. ITATIAIA**

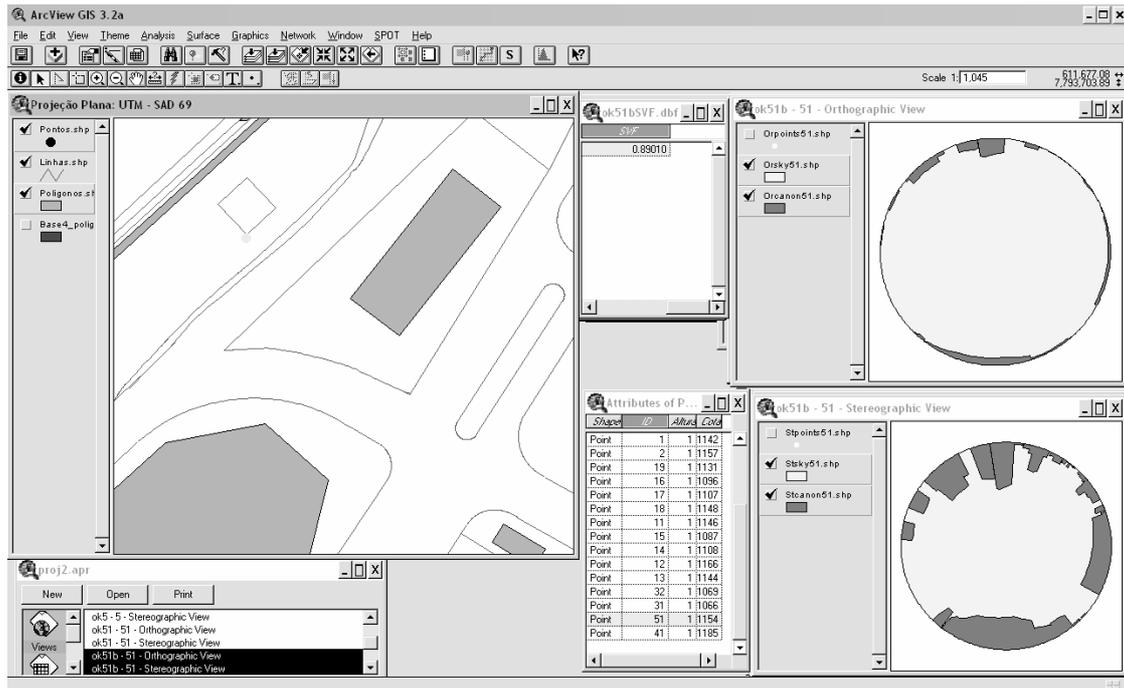


FIGURA 70 – Tela Arcview 3.2, extensão 3DSkyview, com mapa do cenário 2 e projeção ortográfica, estereográfica e valor do FVC para o **RFFSA**.
Fonte das FIG. 49 a 70: Arquivo pessoal da autora

As FIG. 71 e 72 mostram a vista da projeção estereográfica utilizada em 3D gerada pela extensão 3dSkyView para o ponto 8.

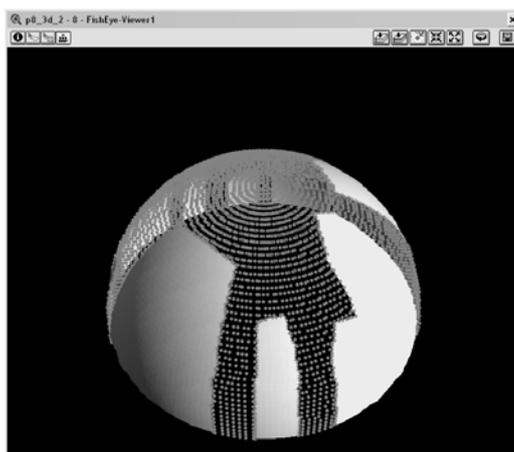


FIGURA 71- 3D para o ponto 8
Fonte: Arquivo pessoal da autora

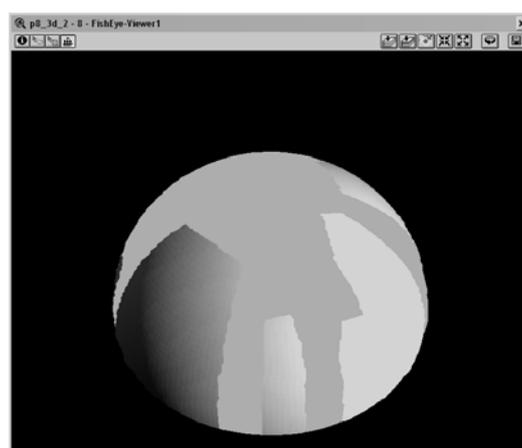


FIGURA 72 – 3D para o ponto 8
Fonte: Arquivo pessoal da autora

Para checar os resultados obtidos no cálculo do FVC nos Cenários 1 e 2 e também a precisão da extensão 3DSkyView, criada por Souza (2003a), foi

feita uma comparação de imagens do ponto 8, o qual tem a menor alteração morfológica, pois no Cenário 1 este ponto já tem sua urbanização praticamente definida com pouquíssimas áreas vizinhas passíveis de ocupação (FIG. 73).

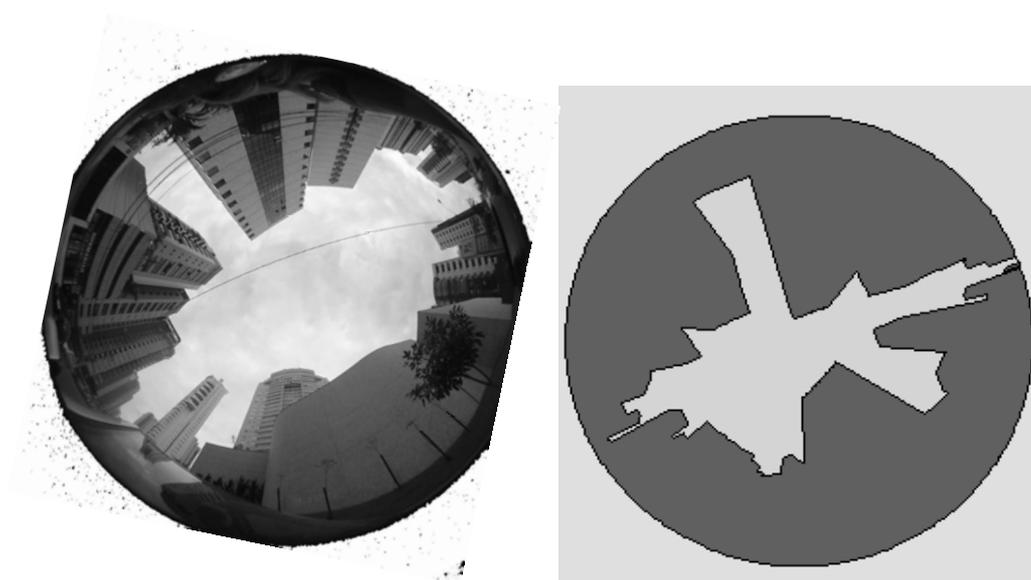


FIGURA 73 – Comparação entre o FVC do Cenário 1 e 2, no ponto 8.
Fonte: Arquivo pessoal da autora

Percebe-se na FIG. 73 a coerência entre as duas imagens o que valida, mais uma vez, o uso da extensão 3DSkyView para o cálculo do FVC, mesmo quando este é virtual.

Foram encontrados os seguintes FVC, por ponto, para o Cenário 2(TAB.15):

TABELA 15
FVC por ponto para Cenário 2

<i>BAIRRO</i>	<i>PONTO</i>	<i>FVC</i> – <i>C2</i>
Vila da Serra	A=J=1=10	0,63
Vila da Serra	FUMEC	0,75
Vila da Serra	B	0,77
Vila da Serra	C	0,77
Vale do Sereno	D	0,74
Vale do Sereno	E	0,72
Vila da Serra	F	0,60
Vila da Serra	G	0,71
Vila da Serra	H	0,65
Vila da Serra	I	0,76
Vila da Serra	2	0,67
Belvedere III	3	0,70
Belvedere III	4	0,69
Belvedere III	5	0,65
Belvedere III	6	0,74
Belvedere III	7	0,42
Belvedere III	8	0,48
Belvedere III	9	0,47
Belvedere III	BHS1	0,68
Belvedere III	BHS2	0,77
Vila da Serra	RD. ITA	0,78
Belvedere III	RFFSA	0,89

Fonte: Arquivo pessoal da autora

5.3 Determinação das novas temperaturas e umidades relativas

Determinadas as equações de correlação das variáveis climáticas (T e UA) em função das variáveis urbanas, no cenário 1 e obtidos, através do cenário 2, as novas MC e FVC foi possível determinar as novas temperaturas e umidades relativas, por ponto. Cabe lembrar, que as equações 6 e 7 que serão aplicadas, foram determinadas para o horário das 21:00 h, que melhor caracteriza o fenômeno da ilha de calor urbana e que para a aplicação dos dados de massa construída à equação, foi feita nova parametrização admitindo-se que o maior valor corresponderia ao fator 1,0. Desta forma a TAB. 16 apresenta os valores reais e o fator admitido para a MC no Cenário 2.

TABELA 16
Fatores para MC no cenário 2

PONTO	MC-C2	FATOR
A	596.05	0.50
FUMEC	481.76	0.40
B	851.4	0.71
C	252.3	0.21
D	1183.3	0.99
E	331	0.28
F	658.29	0.55
G	588.42	0.49
H	750.62	0.63
I	960.89	0.80
2	539.22	0.45
3	525.92	0.44
4	399.85	0.33
5	329.21	0.27
6	386.73	0.32
7	924.51	0.77
8	810	0.68
9	688.83	0.57
BHS 1	572.8	0.48
BHS 2	612.89	0.51
RD ITA	537.75	0.45
RFFSA	304.84	0.25

Fonte: Arquivo pessoal da autora

As novas temperaturas e umidades relativas para o cenário 2 serão apresentadas na TAB. 17 a seguir:

TABELA 17

Dados de T, UR, UA, MC, FVC por ponto, para o cenário 2

BAIRRO	PONTO	T-C1	UR-C1	UA-C1	MC-C1	FVC-C1	MC-C2	FVC-C2	T-C2	UA-C2
Vila da Serra	A	21.20	36.60	5.87	0.10	0.97	0.50	0.63	21.53	4.64
Vila da Serra	FUMEC	22.14	35.19	6.76	0.05	0.98	0.40	0.75	20.75	5.34
Vila da Serra	B	20.78	35.88	6.30	0.64	0.96	0.71	0.77	20.92	7.30
Vila da Serra	C	20.92	35.67	5.81	0.14	0.85	0.21	0.77	20.45	4.46
Vale do Sereno	D	21.46	35.96	6.15	0.28	0.84	0.99	0.74	21.35	8.56
Vale do Sereno	E	19.20	36.55	5.79	0.07	0.73	0.28	0.72	20.80	4.32
Vila da Serra	F	21.74	37.24	6.66	0.00	0.96	0.55	0.60	21.76	4.62
Vila da Serra	G	21.48	37.13	6.83	0.03	0.97	0.49	0.71	21.06	5.43
Vila da Serra	H	20.72	36.52	6.24	0.02	0.82	0.63	0.65	21.54	5.58
Vila da Serra	I	21.66	37.31	6.87	0.22	0.93	0.80	0.76	21.06	7.72
Vila da Serra	2	20.37	36.00	3.48	0.21	0.79	0.45	0.67	21.26	4.79
Belvedere III	3	22.93	34.30	4.64	0.34	0.73	0.44	0.70	21.07	5.03
Belvedere III	4	20.40	37.20	3.49	0.32	0.71	0.33	0.69	21.03	4.33
Belvedere III	5	21.47	36.30	3.95	0.15	0.84	0.27	0.65	21.21	3.58
Belvedere III	6	20.54	36.10	3.55	0.09	0.85	0.32	0.74	20.73	4.79
Belvedere III	7	20.00	35.10	5.86	0.41	0.87	0.77	0.42	23.01	4.02
Belvedere III	8	22.77	33.80	4.56	0.58	0.60	0.68	0.48	22.57	4.10
Belvedere III	9	22.14	34.30	4.25	0.52	0.47	0.57	0.47	22.53	3.42
Belvedere III	BHS 1	19.90	43.00	7.13	0.43	0.85	0.48	0.68	21.22	5.05
Belvedere III	BHS 2	21.10	36.90	6.62	0.45	0.84	0.51	0.77	20.73	6.17
Vila da Serra	RD ITA	18.30	44.40	6.63	0.00	0.98	0.45	0.78	20.62	5.92
Belvedere III	RFFSA	19.00	43.20	6.75	0.13	0.94	0.25	0.89	19.80	5.96

□ Fonte: Arquivo pessoal da autora

5.4 Comparação entre os dois cenários

Assim, plotou-se as variáveis climáticas sobre os mapas de adensamento dos dois cenários. Os resultados são os que se apresentam nas FIG. 74,75,76 e 77:

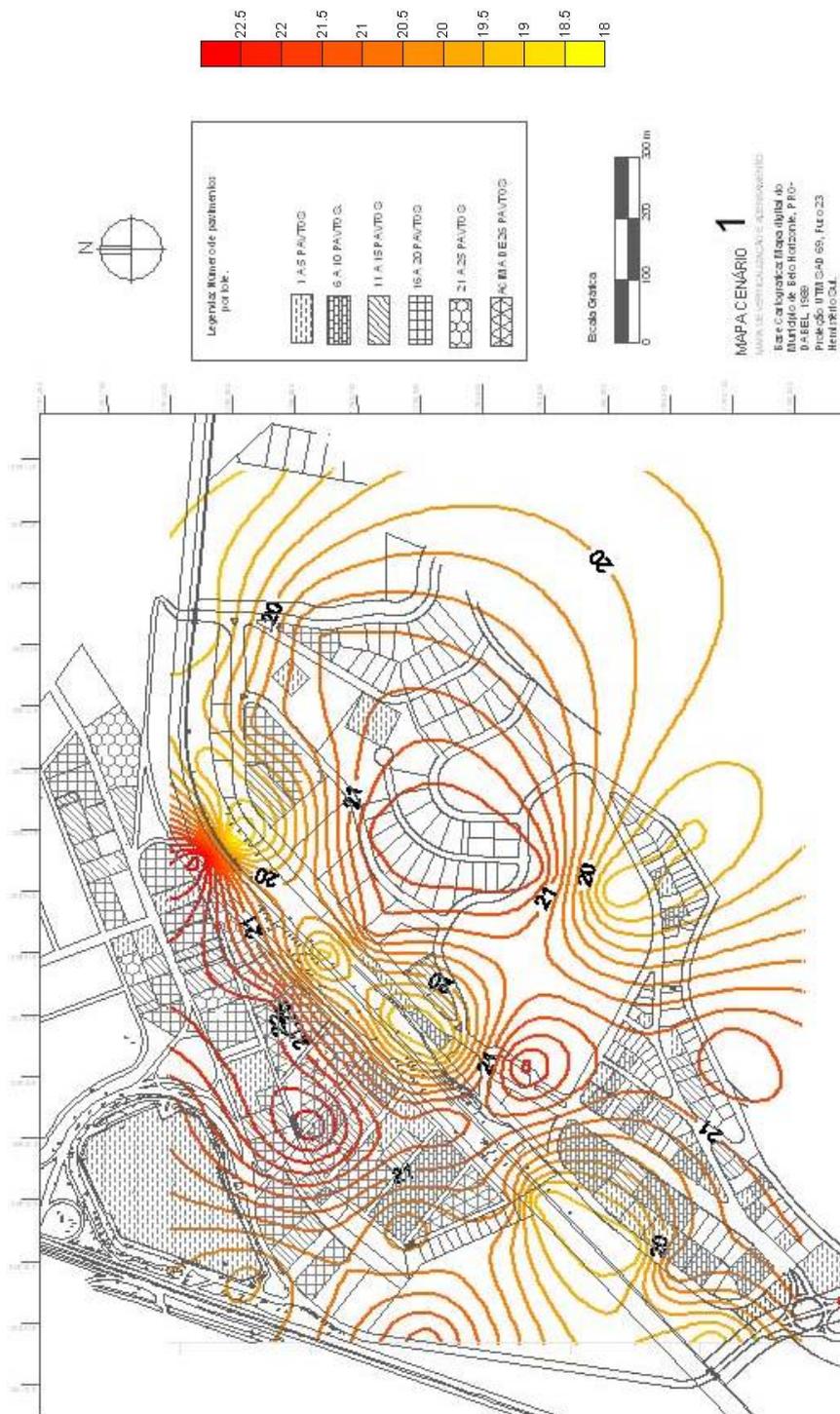


FIGURA 74— Temperaturas corrigidas , coletadas no dia 27/06/07 às 21h , plotadas sobre mapa de adensamento – Cenário 1
 Fonte: Arquivo pessoal da autora

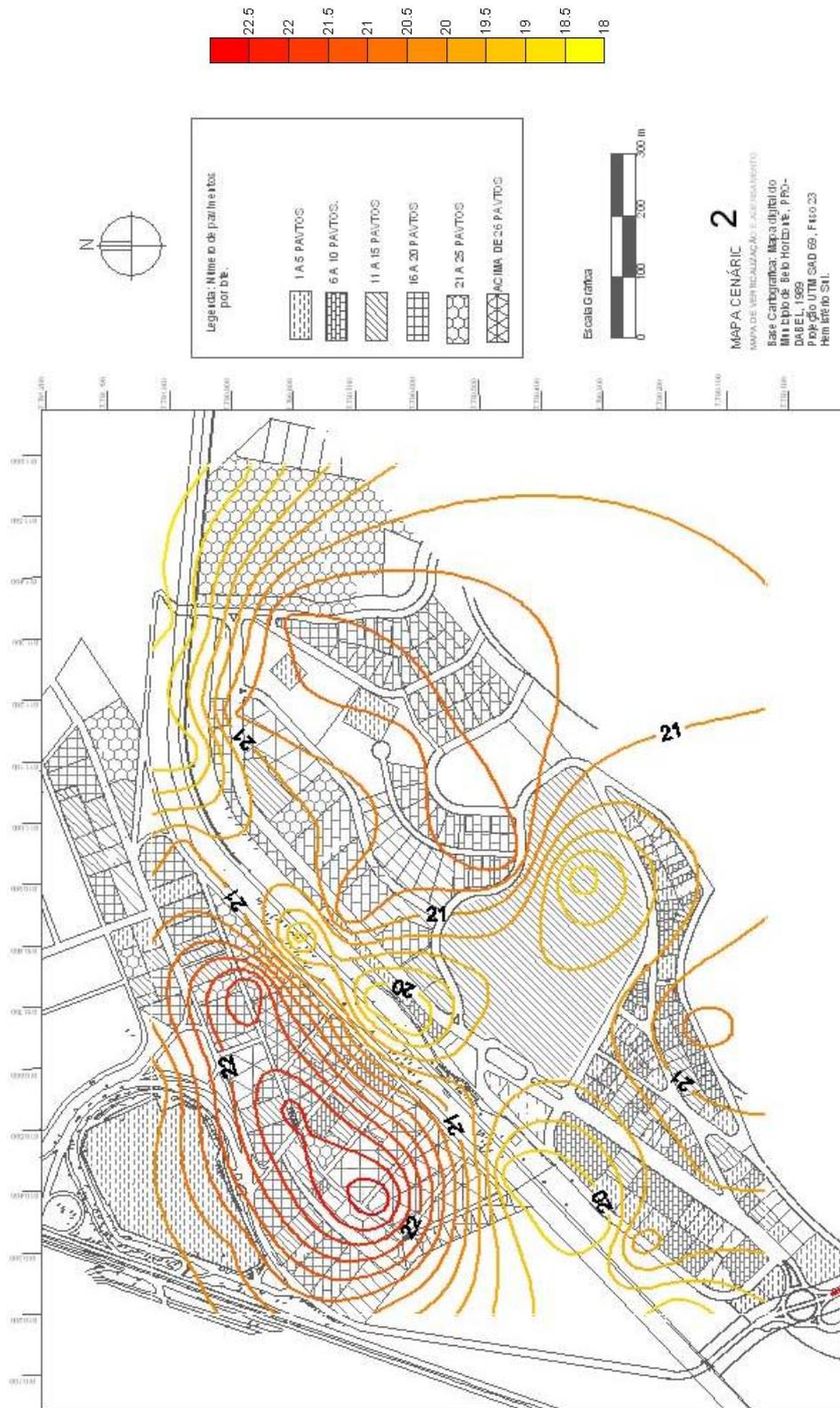


FIGURA 75 - Temperaturas simuladas para 21h, plotadas sobre mapa de adensamento – Cenário 2
 Fonte: Arquivo pessoal da autora



FIGURA 76 – Umidades Absolutas, calculadas para às 21h , plotadas sobre mapa de adensamento Cenário 1

Fonte: Arquivo pessoal da autora

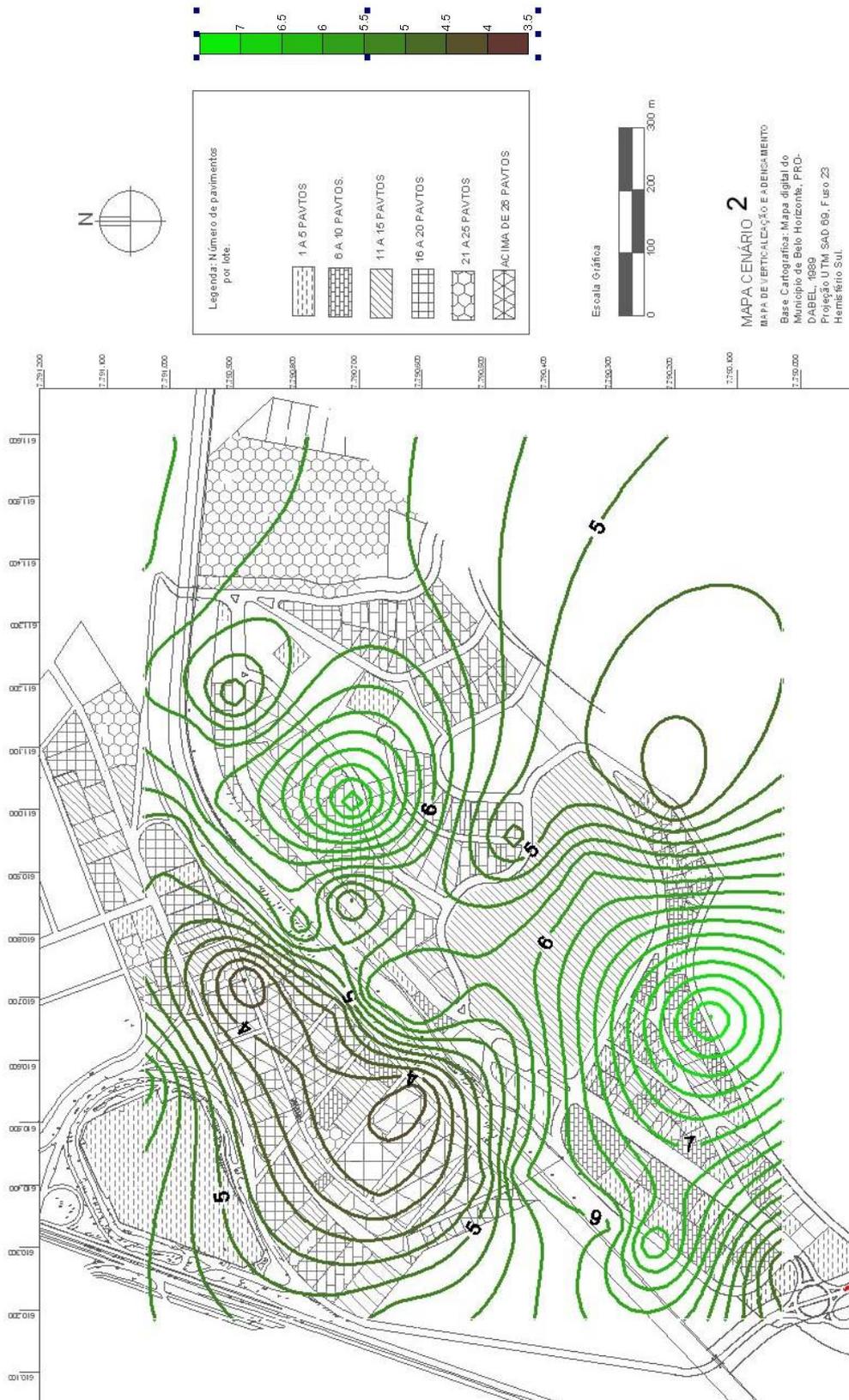


FIGURA 77 – Umidades Relativas simuladas para 21h, plotadas sobre mapa de adensamento – Cenário 2
 Fonte: Arquivo pessoal da autora

Ao se observar os mapas que contém a espacialização dos resultados, percebe-se :

- Com relação à temperatura, esta tem sua amplitude diminuída de 4,63 °C (18,30 °C a 22,93 °C) para 3,22 °C (19,80°C a 23,02°C) havendo um aumento médio de 1,05 °C na temperatura do ar. Porém o resultado mais significativo é percebido no Belvedere III onde a isolinha correspondente a temperatura de 22°C desloca-se a esquerda, que possuía temperaturas mais baixas, acompanhando o adensamento da única região dentro da área do bairro que se encontrava, em 2006, ainda não totalmente edificada e aberta à entrada de ventos. Vale lembrar que as edificações aí simuladas já possuíam aprovação na PMBH e que em setembro de 2007 a grande maioria já estava em fase de acabamento. Com relação a área do Vale do Sereno e da Vila da Serra percebe-se um aumento geral da temperatura, inclusive nas áreas verdes lindeiras à Mata do Jambreiro e à Serra do Curral. A isolinha de 21,5°C se concentra sobre a área das quadras I, J e P onde a alteração do adensamento é mais intensa.

-Com relação à umidade, esta também tem sua amplitude diminuída de 10,60% (33,80% a 44,40%) para 8,17% (31,51% a 39,68%), concentrando-se também nas umidades mais baixas. No Cenário 1, percebe-se uma concentração da baixa umidade na área mais adensada do Belvedere III e junto ao complexo de edifícios de 25 andares junto à av. Alameda da Serra e as umidades mais altas junto às áreas verdes, ou seja, Serra do Curral, Mata do Jambreiro e serra onde se localizava a Rádio Itatiaia. No cenário 2, a mancha tende a se distribuir de forma mais uniforme sobre a área, mas percebe-se que as áreas junto a Serra do Curral e Mata do Jambreiro têm a umidade diminuída. Esta diminuição da umidade acontece também na nova área de adensamento do Belvedere III (quadras 80, 81 e 82) e junto à nova área de adensamento dos bairros Vale do Sereno e Vila da Serra (quadras I, J, P, 9, 5).

De um modo geral, as áreas com maior adensamento do cenário 1 para o cenário 2 são as que sofrem as maiores alterações das variáveis climáticas, como se percebe na plotagem dos resultados.

Foram encontrados em alguns pontos mostrados na TAB. 17 alguns valores isolados de temperatura do ar e umidade inesperados e incoerentes

inicialmente, pois a temperatura diminui e a umidade aumenta no cenário 2. Neste caso é importante lembrar que as equações que determinaram o valor das variáveis climáticas, como visto, conseguem explicar 69,87% dos casos da temperatura e 60,73% dos casos da umidade absoluta. O ponto com maior diferença é o Ponto FUMEC que apresenta um erro de 13,43%, dentro do erro admitido pela equação. Todavia, o resultado na plotagem dos dados sobre o mapa de adensamento é bastante significativo para possíveis intervenções urbanas.

Percebe-se, também, pelos resultados, que é confirmada a hipótese do incremento da temperatura e da diminuição da umidade com o aumento da MC e diminuição do FVC, o que pode acarretar um aumento significativo no consumo de energia, pelo desconforto térmico, além de uma série de problemas de saúde para a população, que vão além do desconforto térmico. Porém não há uma piora generalizada nas condições climáticas e fica claro que, para as condições estudadas, o FVC tem uma influência maior que a MC. Parece ser mais uma questão ligada à morfologia urbana do que ao adensamento. Percebe-se, por exemplo, que a quadra J (Vila da Serra), que no Cenário 1 é uma área verde e que no Cenário 2 abriga as três torres de 25 andares (Grand Líder Olympus, FIG.38) não sofre grandes alterações com relação à umidade (relacionada aqui à MC), o que permite aqui considerar que o arranjo entre os edifícios e a permeabilidade morfológica que eles impõem, talvez seja o fator mais importante para se manter as condições ambientais favoráveis.

É importante colocar, que o estudo trabalha com um modelo empírico que se mostrou capaz de ser aplicado ao planejamento urbano. É uma ferramenta que pode indicar o impacto provocado pelo adensamento urbano e os melhores arranjos urbanos. Não se trata de um modelo de previsão climatológica extremamente preciso e sim de um modelo para ser aplicado ao planejamento urbano. Desta forma, os dados coletados em um dia típico, porém anômalo no ano, não invalidam o estudo, significativo para o planejamento das cidades.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho teve como objetivo analisar o impacto sobre o clima urbano, gerado em uma área urbana em franco processo de crescimento, através do desenvolvimento de uma relação empírica entre os parâmetros climáticos (variáveis de temperatura e umidade relativa) e os parâmetros urbanísticos (massa construída e fator de visão do céu), avaliada em cenários diferentes, presente e futuro, como perspectiva de integração entre o planejamento urbano e a climatologia.

O levantamento dos dados de todas as variáveis climáticas e urbanas envolvidas possibilitou a determinação das condições, climáticas e urbanas, do Cenário 1 (2006) no local e também uma comparação destes dados obtidos com os dados dos modelos adotados e das referências. O estabelecimento do Cenário 2 foi feito aplicando-se as Técnicas de Cenários, tendo como base a ocupação máxima permitida pelas LUOS das duas cidades envolvidas. O Cenário 2 (2016) sugere uma visão futura das condições de adensamento da área, permitindo uma estimativa da alteração das variáveis climáticas. Demonstrou-se assim, neste trabalho, a viabilidade do uso das Técnicas de Cenários e do procedimento adotado como instrumento de avaliação e dos efeitos da ocupação de uma área urbana.

As contribuições originais deste trabalho foram o uso das Técnicas de Cenários aplicada sobre a LUOS a uma condição futura possível, o cálculo da MC real existente em uma área urbana e a comparação entre o FVC existente e o futuro nesta mesma área. Além disto, o trabalho associou em um mesmo modelo empírico a relação entre as variáveis climáticas e as variáveis urbanas.

No caso estudado observou-se que:

a- a influência do FVC parece ser maior que a da MC para este tipo climático;

b- as correlações entres as variáveis são mais baixas que aquelas encontradas em estudos experimentais controlados, o que mostra a necessidade de uma coleta mais extensa e sistemática de dados;

c- o adensamento previsto parece provocar uma expansão das áreas com temperatura do ar relativamente mais altas e umidades relativamente mais baixas;

d- o impacto da verticalização das construções parece estar mais ligado ao arranjo geométrico dos edifícios, sendo o afastamento entre eles(permeabilidade aos recursos ambientais) um importante aspecto na alteração das variáveis climáticas e nas condições da ilha da calor urbana;

e- as ferramentas integradas para gerar modelos exploratórios de futuro, como as Técnicas de Cenários e a extensão 3DSkyView mostraram um grande potencial para analisar a impacto de paisagens urbanas geradas pela legislação sobre as condições ambientais e, especificamente, sobre a mudança climática local.

A condição climática ideal (céu claro e sem nuvens) impossibilitou a coleta de dados em outras estações climáticas, o que possibilitaria a comparação dos dados durante o ano. Seria também desejável que o período de coletas de dados fosse estendido em uma mesma amostra, para melhorar a base de dados, o que também não foi possível devido às condições climáticas. Os modelos utilizados também apresentam limitações, conforme já discutido no Capítulo 5, porém essas limitações não invalidam o seu uso; pelo contrário, elas vêm, neste sentido, reforçar a motivação de estudos para o seu aprimoramento e o aumento da confiabilidade numérica.

Recomenda-se assim, para os trabalhos futuros:

a- que na escolha dos pontos de coleta de dados estes sejam distribuídos no maior número possível, pois os mesmos podem apresentar distorções nos resultados sendo necessário sua retirada da amostra;

b- que as coletas de dados sejam feitas em um período mais estendido para melhorar a base de dados;

c- que os pontos sejam distribuídos em áreas urbanas “típicas” no caso do uso do modelo proposto por Tso et al.(1990) e que o mesmo seja adaptado para a condição climática da área específica;

Desta forma, é importante dar continuidade a este estudo incorporando algumas extensões:

a- empregar o procedimento desenvolvido neste trabalho para avaliar as novas LUOS e Planos Diretores elaborados através do Estatuto das Cidades e possíveis alterações nas LUOS já existentes;

b- criar projetos de regulamentação que organizem o espaço urbano a partir da avaliação térmica dos diversos espaços urbanos;

c- utilizar o procedimento aqui desenvolvido em outras áreas da cidade para comparar os resultados;

d- incorporar ao estudo, novas variáveis urbanas tais como, ventilação urbana, precipitação, radiação, etc;

e- incorporar ao estudo, novos cenários futuros tais como, cenário que incorpore à morfologia urbana o conceito de Envelope Solar;

f - relacionar a alteração das variáveis climáticas e urbanas com o aumento do gasto de energia e possível utilização da energia solar.

Este trabalho foi desenvolvido através de um modelo de simulação empírico, mas, apesar dos limites, foi capaz de fornecer tendências de comportamento e previsões de alterações climáticas para a área, tendo em vista a alteração da MC e do FVC. Além disso, desenvolveu um procedimento que é capaz de simular as alterações das variáveis climáticas em função da alteração das variáveis urbanas, integrando assim, o estudo do clima urbano ao planejamento das cidades. Tal ferramenta poderá auxiliar no entendimento da dinâmica da morfologia urbana e da climatologia, já que contribui para o aprimoramento da análise e previsão das condições futuras e poderá ser utilizada para auxiliar os planejadores urbanos nas tomadas de decisões que envolvem o clima urbano.

Espera-se que este estudo tenha contribuído, mais uma vez, para mostrar a importância em aliar o estudo da climatologia ao planejamento urbano e que no futuro os planejadores possuam uma série de ferramentas capazes de fazer do mundo um lugar melhor para se viver.

REFERÊNCIAS

ALUCCI, M. P. *Conforto térmico, conforto luminoso e conservação de energia elétrica: procedimentos para desenvolvimento e avaliação de projeto de edificações*. (Tese, doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

AMANA, K.. Usando cenários para refinar o pensamento estratégico na empresa. In: *Management Update: a vanguarda do conhecimento em administração*. São Paulo: Publicações Amaná, 1995.

ANDRADA, M. F.C. *Notas sobre a evolução urbana de Belo Horizonte*. Belo Horizonte:[s.n] ,1985. Cópia xerográfica.

ANDRADE, H.; LOPES, A.. *A utilização de um SIG para a estimação das temperaturas em Lisboa*. Madri:Parteluz, 1998.

ASSIS, E. S. *Mecanismos de desenho urbano apropriados à atenuação da ilha de calor urbana : análise de desempenho de áreas verdes em clima tropical*. (Dissertação, Mestrado em arquitetura e urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990.

ASSIS, E. S. *Impactos da forma urbana na mudança climática: método para previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano*. (Tese, doutorado em arquitetura e urbanismo) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2000.

ASSIS, E.S. *O plano de Belo Horizonte em fins do século XIX: o enunciado e o visível*. (Monografia Curso de pós-graduação em arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

ASSIS, E.S. *Método integrado de análise climática para arquitetura aplicado à cidade de Bel Horizonte, MG*. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ENCAC – ELACAC. Anais... São Pedro, 2001.

ASSIS, E.S. *A Abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória*. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ENCAC – ELACAC. Anais...Maceió, 2005.

BARBIRATO, G. M. *Aplicação de modelo de balanço de energia para análise do ambiente térmico urbano de Maceió -AL*.(Tese, doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental).Faculdade de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

BARRETO, A. *Belo Horizonte: memória histórica e descritiva*. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 1995, v.1: História Antiga, v.2: História média.

BELO HORIZONTE, Prefeitura Municipal. *Legislação urbanística do município de Belo Horizonte: Plano diretor, parcelamento e ocupação do solo urbano*. Belo Horizonte: PMBH, 1996

BELO HORIZONTE, GEPROEX. [*Relatório de fichas de obras/lote da PMBH com projetos aprovados, referente ao bairro Belvedere III, Belo Horizonte, MG*] . Belo Horizonte: PMBH, 2006.

BOSS INTERNATIONAL, *Surfer 7.0 and new*, 2007. Disponível em: <<http://www.bossintl.com>>. Acessado em 09 set 2007.

CASTRIOTA, L. B. *Urbanização Brasileira - Redescobertas*. Belo Horizonte: C/Arte, 2003.

CARVALHO, H.J.M.de. *Metodologia para a análise das interações entre a forma urbana e o clima: aplicação a uma cidade litorânea com baixa latitude*. (Tese, doutorado em arquitetura e urbanismo). Faculdade de arquitetura e urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

CHANDLER, T. J. *Urban Climatology and its relevance in urban design*. Geneva: WMO, 1976. (Technical Note 149)

CHOAY, F. *Urbanismo: Utopias e realidades*. São Paulo: Perspectiva, 1992.

CORONEL, J.F.; ALVAREZ,S. Experimental work and analysis of confined urban spaces. In: *Solar Energy*, n. 70(3), 2001. p.263-273

CORTIZO, E.C. *Mecanismos de avaliação ambiental: Estudo de caso Belvedere III, município de Belo Horizonte*. (Mestrado em Geografia). Pontifícia Universidade Católica de MG, Belo Horizonte, 2002.

COSTA, E.C. *Arquitetura Ecológica: condicionamento térmico natural*. São Paulo: Editora Edgar Bücher, 1982.

DUARTE, D. *Padrões de Ocupação do Solo e Microclimas Urbanos na Região de Clima Tropical Continental*. (Tese, doutorado em arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ECHENIQUE, M. Modelos: una discusión, In: MARTIN, L. MARCH L.; ECHENIQUE M. *La estructura del espacio urbano*. Barcelona: G. Gili, 1975, p. 235-248.

EMMANUEL, M. R. *An Urban Approach to Climate-Sensitive Design: Strategies for the tropics*. New York: Spon Press, 2005

FERREIRA, D. G.; ASSIS, E.S. Natural Ventilation in urban áreas: the case of Belo Horizonte city, Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, 2006, Göteborg – Preprints ...Göteborg: UrbanClimate Group; Dep. Geoscience; Göteborg University, 2006, v-1, p. 623-626.

FERREIRA, M.B. *A Proteção do Patrimônio Natural Urbano: Estudo de caso sobre a Serra do Curral*. (Dissertação, Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

FONTES, M.S.G.C.; MATTOS, A. *Análise da correlação entre temperatura do ar e elementos da estrutura urbana, na cidade de São Carlos, SP*. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Anais...Fortaleza, 1999.

FROTA, A.B.; SHIFFER, S.R. *Manual de conforto Térmico*. São Paulo: Editora Nobel, 2003.

GOOGLE EARTH.[*Imagem digital do mapeamento de Belo Horizonte*], 2006. Disponível em < <http://www.googleearth.com>>. Acessado em : maio 2007

INMET-Instituto Nacional de Meteorologia [*Dados de nebulosidade*]. Belo Horizonte: 5º. Distrito, 2006.

JÁUREGUI, E. Heat island development in México City. *Atmospheric Environment*. Oxford, England, 1997, p. 3821-3831.

JOHANSSON, E. *Urban Design and Outdoor Thermal Comfort in Warm Climates: Studies in Fez and Colombo*. Suecia : Grahns Tryckeri AB, 2006.

JOHNSON, D.B. Urban modification of diurnal temperature cycles in Birmingham. U.K., *Journal of Climatology*, 1985. p. 221-225.

JONSSON, P; LINDQVIST.S., Differences in urban heat island development between a coastal and an inland city in Africa. *Submitted to International Journal of Climatology*, 2005.

JORNAL ESTADO DE MINAS. *Associação acusa a PBH de omissão no processo*. Belo Horizonte, 21 ago 1994.

KATZSCHNER, L. *Urban Climate Studies as tools for urban planning and architecture* In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Anais... Salvador, 1997.

KATZSCHNER, L.; FREIRE, T.; NERY, J.; CARVALHO, L. *Urban climate study f Salvador. Thermal Confort Pattern*. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Anais...Fortaleza, 1999.

LANDSBERG, H. E. *The urban climate*. New York: Academic Press, 1981.

LIMA, H. G.; SANTOS, I. G.; ASSIS, E. S. *Influência da geometria urbana e da inércia térmica na alteração do clima urbano: uma abordagem preditiva*. In: Encontro NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENCAC. *Anais...* Curitiba, 2003.

LOMBARDO, M. A. *Ilha de calor nas metrópolis – o exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1985.

LOPES, R. *O mundo construído*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2001

MAKRIDAKIS, S. *et al. Forecasting: methods and applications*. 2 ed., New York: John Wiley, 1983.

MAGALHÃES B. A.; ANDRADE R. F. *Belo Horizonte: um espaço para a república* Belo Horizonte: UFMG, 1988.

MENDONÇA, R; ASSIS, E.S. Conforto térmico: estudo de caso do bairro Floresta de Belo Horizonte, MG. *Ambiente Construído*, v. 3, n.3, p.45-63, 2003.

MONTEIRO, C.A.F. *Teoria e clima urbano*. (Tese, livre- docência em Geografia). Faculdade de Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

MONTEIRO, J. C. F. Some aspects of the urban climate of tropical South America: the Brazilian conditions. *Technical Conference on Urban Climatology and Its Application with Special Regard to Tropical Areas: Proceedings...*, Geneva, WMO, No. 652, 1986. p.166-197

NASRALLAH, H.A.; BRAZEL, A.J.; BALLING, R.C. Analysis of the Kuwait City urban heat island. *International Journal of Climatology*, v. 10, 1990. p. 401-405.

NOVA LIMA (MG). Prefeitura Municipal. *Lei do Uso e Ocupação do Solo*:Nova Lima:PMNL,1983

NOVA LIMA (MG). Setor de Obras [*Relatório de fichas de obras/lote da PMNL, projetos aprovados referentes aos bairros Vila da Serra, Nova Lima, MG*] Nova Lima: PMNL, 2006

OKE, T. R. The distinction between canopy and urban layer urban island. *Atmosphere* v-14, 1976. p.268-277

OKE, T. R . *Review of Urban Climatology 1968-1973*. Geneva:WMO, 1974. (Technical note 383)

OKE, T. R . *Review of Urban Climatology 1974-1978*. Geneva:WMO, 1979. (Technical note 169)

OKE, T. R. Canyon Geometry and the noturnal urban heat island: comparison of scale model and field observation. *International Journal of Climatology*, v-1, 1981. p. 237-254

OKE, T. R.. The Energetic basic of the urban heat island. *Quartely Journal of Royal Meteorological Society*, v-108, 1982. p. 1-24

OKE, T. R. *Boundary layer climates*. New York: Methuen & Co., 1982

OKE, T. R. *The technical conference on urban climatology and its applications with special regard to tropical areas*. México, 1984, Proceedings. Genova, World Meteorological Organization (WMO, no. 652), 1986.

OKE, T. R. *Initial Guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites*. World Meteorological Organization, Geneva, 2004.

PEZZUTO, C. C.; LABAKI, L. C.; FRANCISCO FILHO, L.L. *Distribuição horizontal da temperatura do ar em uma região central na cidade de Campinas, SP*. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Anais...Maceió, 2005.

POMPEU, M.; PAIVA, J.E.M. *A utilização das técnicas de cenários em uma área piloto no município de Belo Horizonte*. (Monografia curso de especialização) Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999, p. 09.

REIS, A. Relatório apresentado a S. Ex. o DR. Affonso Penna. *Comissão de Estudos: Localidades Indicadas para a Nova Capital*. Rio de Janeiro : Imprensa Nacional, 1893.

REVISTA ENCONTRO IMOBILIÁRIO. Belo Horizonte: Bandeirantes, jun 2004, ago 2006 , maio 2007

ROMERO, M. A. B. *Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano*. São Paulo: Pro- Editores, 2000. 2ª. Edição

RORIZ, M.; BARBUGLI, R. *Mapeamento das temperaturas do ar na cidade de Araraquara, SP, Brasil*. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Anais...Maceió, 2005.

SEMAD- MG. Secretaria Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento sustentável. *[A localização da área do estudo de caso e a vizinhança]*, Belo Horizonte, 2006. Disponível em: < <http://www.siam.mg.gov.br>>. Acessado em 15 set 2007.

SILVA, H. A. da. *Mapeamento geológico, avaliação geológico-geotécnico e proposta de reabilitação de áreas degradadas por movimentos de massa e*

erosão, com uso de técnicas de bioengenharia nos bairros Belvedere e Olhos D'água. (Dissertação, mestrado em Geografia). Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, *Belo Horizonte*, 2002.

SAMPAIO, A. H. L. *Correlações entre o uso do solo e ilhas de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador*. (Dissertação, Mestrado em geografia). Faculdade de Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981.

SOUZA, L. C. L. *Influência da geometria urbana na temperatura do ar ao nível do pedestre*. (Tese, doutorado em engenharia). Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

SOUZA, L. C. L. *Determinação e representação do fator de visão do céu através de um SIG 3D*. (Tese, Livre-docência em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo) Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, Bauru, S.P., 2003a.

SOUZA, M. L. Para pensar o futuro das metrópoles brasileiras. Notas epistemológicas e metodológicas sobre a construção de cenários. In: *Novos estudos de geografia urbana*. Salvador: UFB, 1999.

SOUZA, M. L. *Mudar a Cidade: Uma Introdução ao Planejamento e à Gestão Urbanos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003b.

SOUZA, R.V.G. *Iluminação Natural em edificações: cálculo de iluminâncias internas – desenvolvimento de ferramenta simplificada*. (Dissertação de mestrado em Engenharia civil). Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

SOUZA, R.V.G. *Desenvolvimento de modelos matemáticos empíricos para a descrição dos fenômenos de iluminação natural externa e interna*. (Tese de doutorado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004

SOYA, E. W. *Postmetropolis: Critical studies of city and regions*. Oxford: Malden Blackwell, 2000. p. 19-70.

TARIFA, J.R. Análise comparativa da temperatura e umidade na área urbana e rural de São José dos Campos(SP), Brasil. *Geografia*, 2, 1977. p. 59-80

TEIXEIRA, R. P. V. B. *et al. Prognóstico para o bairro Floresta: aplicação da técnica dos cenários*. (Monografia, Programa de Aprimoramento Discente). Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

TSO, C. P. et al. An improvement to energy balance model for urban thermal environment analysis. *Energy and Buildings*, no. 14, p. 143-152., 1990.

TSO, C. P. A survey of urban heat island studies in two tropical cities. *Atmospheric Environment*, v.30, n.3, 1996. p. 507-519

VAREJÃO-SILVA, M.A. *Meteorologia e Climatologia*. Brasília: INMET, Gráfica e Editora Stilo, 2000.

VIDAL, R.D.M. *Influência da morfologia urbana nas alterações da temperatura do ar na cidade de Natal (RN)*. ANAIS DO I ENCONTRO DE PROFESSORES DE CONFORTO AMBIENTAL, João Pessoa, 1992.

VILAS-BOAS, M. *Controle do Ambiente em Arquitetura*. Brasília: CAPES, 1983

VILLAÇA, F. *Espaço Intra-urbano no Brasil*. São Paulo: Studio Nobel: FAPESP: Lincoln Institute, 1998.

WONNACOTT, R.J.; WONNACOTT, T.H. *Fundamentos de estatística*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1985

APÊNDICES

APÊNDICE A Dados das edificações existentes na área de estudo em 2006

TABELA 18 - Dados das edificações existentes na área do Belvedere III em 2006.

APENDICE 1-a						Existente 2006					
CENÁRIO 1						BELVEDERE III					
Lotes desocupados											
QUADRA 61						QUADRA 77					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(n)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
1	994,44		300 res. Vert.	13	0,30	1a4,11a16	56651,17		340 res. Vert.	27	0,01
2A6,23A27	5430,18		1326 res. Vert.	21	0,24	7 a 10	2332		240 res. Vert.	19	0,10
MEDIAS	3212,31		813 res. Vert.	17	0,27	5 e 6	1056		0	0	0,00
QUADRA 71						QUADRA 78					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(n)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
1,2,33,34,35	2640	0		0	0,00	1,2,20	1764,01		140 res. Vert.	17	0,08
3,4,5,6,7	2640		468 res. Vert.	19	0,18	3 a 6	2112		240 res. Vert.	10	0,11
8,9,31,32	2112		560 res. Vert.	15	0,27	7 a 9	1584		165 res. Vert.	14	0,10
10,11	1056		345 res. Vert.	12	0,33	10 a 13	2363,02		200 res. Vert.	10	0,08
12,13,14,15	2112		680 res. Vert.	13	0,32	14a19	3168		204 res. Vert.	15	0,06
16	528		264 res. Vert.	15	0,50	MEDIAS	2198,21		189,80 res. Vert.	13,20	0,09
17,18,22a25	2640		666 res. Vert.	20	0,25	QUADRA 79					
19,20,21	2211		675 res. Vert.	19	0,31	LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(n)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
26,27,28	1584		760 res. Vert.	15	0,48	1a7e19a20	5,825,04		330 res. Vert.	17	0,06
30,29	1056		0	0	0,00	8 a 14	3915,53		240 res. Vert.	5	0,06
MEDIAS	1857,9		552,25 res. Vert.	16	0,33	15 a 18	2112		234 res. Vert.	14	0,11
QUADRA 72						QUADRA 80					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(n)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
1	528		264 res. Vert.	13	0,50	1a5, 20	3.168,00		240 res. Vert.	8	0,08
2,3	1056		330,75 res. Vert.	12	0,31	6a9,16a19	4224,00		0 -	0	0,00
4,5,6	1584		416 res. Vert.	21	0,26	10a15	2180,48		0	0	0,00
7,8	1056		500 com.	2	0,47	MEDIAS	3.190,83				
9,10,11	1584		540 com.	2	0,34	QUADRA 81					
12,13	1056		396 res. Vert.	13	0,38	LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(n)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
14,15,16	1584		486 res. Vert.	21	0,31	1 a 7	4.606,43		345 res. Vert.	24	0,07
17	860,15		273 com.	17	0,32	MEDIAS	4.606,43		345 res. Vert.	25	0,07
MEDIAS	1163,52		400,72 > res. Ver	12,63	0,36	QUADRA 82					
QUADRA 73						QUADRA 83					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(n)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
1,23	1.082,88		120 res./com	15	0,11	1 e 2	1192,00		0	0	0,00
2,22	1.056,00		120 res./com	13	0,11	3 a 8	3168,00		0	0	0,00
3,4,20,21	2.112		240 res./com	20	0,11	9 a 12	2483,00		0	0	0,00
5,6,18,19	2.112		400 res./com	17	0,19	13 a 19	4216,00		0	0	0,00
7,8,16,17	2.112		360 res. Vert.	1	0,17	20 e 21	1112,00		0	0	0,00
9 a 15	4.287,78		270 res./com	16	0,06	22	568,00		136 res. Vert.	8	0,24
MEDIAS	2.127,11		251,67 res./com	13,67	0,13	23 e 24	1112,00		324 res. Vert.	13	0,29
QUADRA 74						QUADRA 84					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(n)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
1,18	1056	0		0	0,00	1,2,3	4050		0	0	0,00
2a5,14a17	4224		960 res./com	18	0,23	4,5	2905		0	0	0,00
6,7,12,13	2112		450 res./com	25	0,21	6,7	2690,5		1220 hotel	17	0,45
8,9,10,11	2112		222,75 res./com	14	0,11	8	1210		0	0	0,00
MEDIAS	2816		544,25 res./com	19	0,181937	10,9	2707		688 res./com	14	0,25
QUADRA 75						QUADRA 85					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(n)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
1a 4,26,27	3865,75		288 res. Vert.	28	0,07	11,12,13,14	3398		748 res.vert.	18	0,22
5a8,18a21	4609,66		200 res. Vert.	22	0,04	MEDIAS	2826,75		885,33 res/com	16,33	0,31
9 a 17	4974,59		248 res. Vert.	24	0,05	QUADRA 76					
22 a 25	2442,4		135 res. Vert.	16	0,06	LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
MEDIAS	3973,1		217,75 res. Vert.	22,5	0,055754	1,2,3,20	2322		535,5 com.	16	0,23
QUADRA 76						QUADRA 86					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	4,5,19,18	2112		594 com.	14	0,28
1,2,3,20	2322		535,5 com.	16	0,23	6a15	5280		945 com.	17	0,18
4,5,19,18	2112		594 com.	14	0,28	16,17	1056		288 res/com.	3	0,27
6a15	5280		945 com.	17	0,18	MEDIAS	2692,5		590,63 com.	12,50	0,24
16,17	1056		288 res/com.	3	0,27						
MEDIAS	2692,5		590,63 com.	12,50	0,24						

Fonte: Arquivo pessoal da autora

TABELA 19 - Dados das edificações existentes na área do Vila da Serra em 2006

APENDICE 1-b						Existente em 2006					
CENÁRIO 1						VILA DA SERRA					
lotes desocupados											
QUADRA B						QUADRA I					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
1	1564	240 com.		1	0,15	1	1000	0		0	
2	1530	512 com.		1	0,33	2	1139	0		0	
QUADRA E						QUADRA J					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
1,2,34	3296	1260 Escola		7	0,38	3	1222	0		0	
3	1032	0		0		4	1200	0		0	
4	1000	0		0		5	1440	0		0	
5	1000	0		0		6	1249	0		0	
6	1000	0		0		7	1080	0		0	
7	1000	0		0		8	1104	0		0	
8a12	5000	4500 Hospital		9	0,90	9	1008	0		0	
13a14	2000	2000 Hotel		12	1,00	10	1056	0		0	
15a21	7759	7759 Hospital		10	1,00	11	1244	0		0	
22 a 27	6265	1957 Hospital		3	0,31	12	1125	0		0	
28,29	2059	990 Escola		6	0,48	QUADRA O					
30,31	2070	2120 Hospital		6	1,02	LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
32	1085	0		0		1,21	2188	0		0	
33	1041	0		0		2	1029	0		0	
QUADRA F						3	1060	0		0	
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	4	1000	0		0	
1	102.762	0		0		5	1008	0		0	
QUADRA G						6	1088	0		0	
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	7	1082	0		0	
1	1.108,00	150 res.vert.		12	0,14	8	1060	0		0	
2,43	2.006,00	930 res.vert.		12	0,46	9	1050	0		0	
3,4,41,42	4.238	0		0		10	1046	0		0	
5,38,39,40	4.222	0		0		11	1065	0		0	
6,7,36,37	1.069	0		0		12,13,14	3386	0		0	
8,9,34,35	4.187,00	0		0		15	1013	120 res. Vert.		17	0,12
10a12,31a33	5.543,00	0		0		16	1066	0		0	
13,14,28a30	6.324,00	0		0		17	1083	0		0	
15a17	3.748,00	1200 res.vert.		11	0,32	18	0	0		0	
18a27	11.523,00	320 res.vert.		41	0,03	19	0	0		0	
QUADRA H						QUADRA M					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
1	1195	0		0		1	1.087,00	0		0	
2	1010	0		0		2	1025	0		0	
3	1058	0		0		3	1148	0		0	
4	1135	0		0		4	1176	0		0	
5	1990	0		0		5	1334	0		0	
6	1994	0		0		6	1476	0		0	
7	1875	0		0		7	1483	0		0	
8	2039	0		0		8	1642	0		0	
9	2100	0		0		9	1738	0		0	
10	2303	0		0		QUADRA P					
11	2248	0		0		LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
12	1510	0		0		1	4175	2500 Estacionan		1	0,60
13	20214	512 escola		3	0,03	QUADRA Q					
14	19485	126 escola		2	0,01	LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
QUADRA I						1	2680	0		0	
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	2	1665	645 com.		9	0,39
1	2680	0		0		3	2007	957 com.		5	0,48
2	1665	645 com.		9	0,39	4	1475	0		0	
3	2007	957 com.		5	0,48	5	1503	0		0	
4	1475	0		0		6	1570	0		0	
5	1503	0		0		7	1570	0		0	
6	1570	0		0		8	1470	0		0	
7	1570	0		0		9	1660	0		0	
8	1470	0		0		10	1510	0		0	
9	1660	0		0		11	1550	0		0	
10	1510	0		0		QUADRA R					
11	1550	0		0		LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
QUADRA J						1	2195	0		0	
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	QUADRA L					
1	2195	0		0		LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
QUADRA K						1	2195	0		0	
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	QUADRA M					
1	2195	0		0		LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
QUADRA L						1	3.122,00	0		0	
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	2	2654	0		0	
1	2195	0		0		3	2119	0		0	
QUADRA M						4	2100	0		0	
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	5	2100	0		0	
1	3.122,00	0		0		6	2100	0		0	
2	2654	0		0		7	2.918,00	0		0	
3	2119	0		0		RD ITATIA	59.450,00	0		0	
4	2100	0		0		QUADRA N					
5	2100	0		0		LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
6	2100	0		0		1	2195	0		0	
7	2.918,00	0		0		QUADRA O					
RD ITATIA	59.450,00	0		0		LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
QUADRA N						1	2195	0		0	
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	QUADRA P					
1	2195	0		0		LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
QUADRA O						1	3.122,00	0		0	
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	2	2654	0		0	
1	2195	0		0		3	2119	0		0	
QUADRA P						4	2100	0		0	
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	5	2100	0		0	
1	2195	0		0		6	2100	0		0	
QUADRA Q						7	2.918,00	0		0	
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	RD ITATIA	59.450,00	0		0	
1	2195	0		0		QUADRA R					
QUADRA R						LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	1	2195	0		0	
1	2195	0		0		QUADRA S					
QUADRA S						LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	1	2195	0		0	
1	2195	0		0		QUADRA T					
QUADRA T						LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	1	2195	0		0	
1	2195	0		0		QUADRA U					
QUADRA U						LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	1	2195	0		0	
1	2195	0		0		QUADRA V					
QUADRA V						LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	1	2195	0		0	
1	2195	0		0		QUADRA W					
QUADRA W						LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	1	2195	0		0	
1	2195	0		0		QUADRA X					
QUADRA X						LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	1	2195	0		0	
1	2195	0		0		QUADRA Y					
QUADRA Y						LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	1	2195	0		0	
1	2195	0		0		QUADRA Z					
QUADRA Z						LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	1	2195	0		0	
1	2195	0		0		QUADRA AA					
QUADRA AA						LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	1	2195	0		0	
1	2195	0		0		QUADRA AB					
QUADRA AB						LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	1	2195	0		0	
1	2195	0		0		QUADRA AC					
QUADRA AC						LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	1	2195	0		0	
1	2195	0		0		QUADRA AD					
QUADRA AD						LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	1	2195	0		0	
1	2195	0		0		QUADRA AE					
QUADRA AE						LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	1	2195	0		0	
1	2195	0		0		QUADRA AF					
QUADRA AF						LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	1	2195	0		0</	

TABELA 20 - Dados das edificações existentes na área do Vale do Sereno em 2006

APENDICE 1-C					
CENÁRIO 1		VALE DO SERENO		Existente 2006	
lotes desocupados					
QUADRA 1					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup
1	463	122,5	com	2	0,26
2,3	720	425	res/com	10	0,59
4	360	243	com	3	0,68
5	360	0		0	
6,7,27A29	1800	1050	res./vert	12	0,58
8,9	732	484,5	com	8	0,66
10,11,22,23	1444	1083	com	11	0,75
12	360	0		0	
13	360	0		0	
14	366	0		0	
15,16	1049	1750	com	9	1,67
17	705	205	com	1	0,29
18	380	312	com	5	0,82
19	371	146,25	com	2	0,39
20	360	0		0	
21	360	0		0	
24	360	0		0	
25	360	0		0	
26	360	196	res. Vert	6	0,54
30	360	0		0	
31	780	371,25	res.vert	10	0,48
32	790	446,5	res.vret	2	0,57
QUADRA 2					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	
1	475	0		0	
2	380	0		0	
3	639	396	res.vert.	11	0,62
4,5	740	0		0	
6	427	0		0	
7	737	0		0	
8	364	87,5	res. Horiz.	1	0,24
9	368	0		0	
10	368	0		0	
11	400	0		0	
12	560	0		0	
13	360	0		0	
14	360	0		0	
15	430	0		0	
QUADRA 3					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	
1	405,00	0		0	
2	596,00	148,4	com.	1	0,25
3	525	0		0	
4	465	0		0	
5	520	0		0	
6					
QUADRA 4					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx. Ocup.
4	728	436,8	com.	2	0,60
5,6	1250				
7	740	444	com.	9	0,60
8	670	402	com.	4	0,60
9,13	1181				
10,12	1187	712,2	res. Vert.	14	0,60
11	795	477	com.	12	0,60
14	760	456	res. Vert.	10	0,60
QUADRA 5					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx. Ocup.
1		0		0	
2		0		0	
3	755	594	res. Vert	15	0,79
4	1288	784	res. Vert	11	0,61
6	845	392	res. Vert	11	0,46
7	853	392	res. Vert	1	0,46
8,9,10	1823	0		0	
11	1256	0		0	
12	1425	0		0	
15	623	0		0	
16	633	0		0	
17	620	0		0	
18	600	0		0	
19	590	0		0	
20	586	0		0	
21	560	0		0	
22	595	0		0	
QUADRA 9					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx. Ocup.
1		0		0	
3	2580	0		0	
5	580	0		0	
6	683	198	res. Vert	7	0,29
7	824	238,5	res. Vert	9	0,29
8	963	0		0	
10	1499	391	com.	3	0,26
11	477	180	res. Vert	9	0,38
12	470	0		0	
13	564	0		0	
14	541	0		0	
15	440	296,4	res. Vert	3	0,67
16	429	0		0	
17,18,19	1421	210	res. Vert	12	0,15
20	428	0		0	
21	670	0		0	
22	395	0		0	
23	600	0		0	
24	663	0		0	
25	370	0		0	
26	381	0		0	
27	364	0		0	
28	393	0		0	
29	770	0		0	
30	440	0		0	
31	812	0		0	
32	392	0		0	
QUADRA 4					
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx. Ocup.
4	728	436,8	com.	2	0,60
5,6	1250				
7	740	444	com.	9	0,60
8	670	402	com.	4	0,60
9,13	1181				
10,12	1187	712,2	res. Vert.	14	0,60
11	795	477	com.	12	0,60
14	760	456	res. Vert.	10	0,60

Fonte: Arquivo pessoal da autora

APÊNDICE B Tabelas dos dados de coleta de temperatura e umidade relativa no dia 27-28/07/2006, correção linear e cotas altimétricas

TABELA 21 - Medidas de temperatura e umidade relativa coletadas e corrigidas para o dia 27/07/06 às 15:00 h .

DATA 27/7/2006

HORA 15:00 h

CIRCUITO 1-BAIRRO VALE DO SERENO E VILA DA SERRA

PONTO	HORA	TEMP.	Corr.lin	T corr	UR	corr.lin	UR corr	X	Y	Cota	
FUMEC	A	15:00	28,7	0,500	28,3	22,4	0,100	22,3	610.840	7.790.707	1142
		15:02	28,0	0,045	28,0	23,5	0,009	23,5	610.629	7.790.473	1146
	B	15:05	30,4	0,040	30,4	22,7	0,008	22,7	610.312	7.790.244	1166
	C	15:07	30,0	0,035	30,0	22,5	0,007	22,5	610.277	7.790.042	1144
	D	15:10	30,1	0,030	30,1	24,8	0,006	24,8	610.660	7.790.154	1108
	E	15:13	26,5	0,025	26,5	22,8	0,005	22,8	610.996	7.790.208	1087
	F	15:16	28,9	0,020	28,9	24,0	0,004	24,0	610.936	7.790.454	1096
	G	15:18	29,7	0,015	29,7	22,6	0,003	22,6	610.197	7.790.622	1107
	H	15:21	29,8	0,010	29,8	22,4	0,002	22,4	611.311	7.790.801	1148
	I	15:25	29,7	0,005	29,7	22,5	0,001	22,5	610.991	7.790.699	1131
J	15:29	28,3	0,000	28,3	22,3	0,000	22,3	610.840	7.790.707	1142	

CIRCUITO 2-BAIRRO BELVEDERE III

PONTO	HORA	TEMP.	Corr.lin.	Temp	UR	corr.lin.	UR corr	X	Y	Cota
1	15:29	28,3	0,000	28,3	22,3	0,000	22,3	610.840	7.790.707	1142
2	15:31	27,8	0,144	27,9	21,8	0,167	21,6	611.157	7.790.884	1157
3	15:33	27,3	0,288	27,6	22,7	0,333	22,4	610.953	7.790.967	1112
4	15:36	26,8	0,432	27,2	23,4	0,499	22,9	610.676	7.790.719	1121
5	15:39	28,5	0,576	29,1	23,5	0,664	22,8	610.549	7.790.602	1123
6	15:42	27,1	0,720	27,8	24,1	0,831	23,3	610.413	7.790.492	1130
7	15:45	26,4	0,864	27,3	24,4	0,997	23,4	610.380	7.790.657	1108
8	15:48	25,9	1,008	26,9	24,2	1,163	23,1	610.532	7.790.796	1094
9	15:57	26,6	1,152	27,8	23,5	1,329	22,2	610.722	7.790.860	1107
10	16:00	27,0	1,300	28,3	23,8	1,500	22,3	610.840	7.790.707	1142
BHS1	15:00	20,8		20,8	31,7		31,7	610.306	7.790.894	1066
BHS2	15:00	22,9		22,9	28,7		28,7	610.564	7.791.017	1069
ITAT	15:00	19,4		19,4	32,6		32,6	610.534	7.790.517	1154
RFFSA	15:00	19,8		19,8	24,5		24,5	611.557	7.790.897	1185

Fonte: Arquivo pessoal da autora

TABELA 22 - Medidas de temperatura e umidade relativa coletadas e corrigidas para o dia 27/07/06 às 18:00 h .

DATA 27/07/2006

HORA 18:00 h

CIRCUITO 1 -BAIRRO VILA DA SERRA E VALE DO SERENO

PONTO	HORA	TEMP.	Corr.lin	T corr	UR	Corr.lin	UR Corr	X	Y	Cota
A	17:29	25,1	2,000	23,1	27,6	4,600	32,2	610.840	7.790.707	1142
FUMEC	17:32	26,9	1,800	25,1	27,9	4,140	32,0	610.629	7.790.473	1146
B	17:35	24,5	1,600	22,9	29,5	3,680	33,2	610.312	7.790.244	1166
C	17:38	23,7	1,400	22,3	29,9	3,220	33,1	610.277	7.790.042	1144
D	17:41	23,8	1,200	22,6	31,7	2,760	34,5	610.660	7.790.154	1108
E	17:43	20,7	1,000	19,7	32,4	2,300	34,7	610.996	7.790.208	1087
F	17:47	23,4	0,800	22,6	33,0	1,840	34,8	610.936	7.790.454	1096
G	17:49	22,8	0,600	22,2	33,0	1,380	34,4	610.197	7.790.622	1107
H	17:53	22,4	0,400	22,0	32,8	0,920	33,7	611.311	7.790.801	1148
I	17:54	22,4	0,200	22,2	32,9	0,460	33,4	610.991	7.790.699	1131
J	17:58	23,1	0,000	23,1	32,2	0,000	32,2	610.840	7.790.707	1142

CIRCUITO 2- BAIRRO BELVEDERE III

PONTO	HORA	TEMP.	Corr.lin	T corr	UR	Corr.lin	UR Corr	X	Y	Cota
1	17:58	23,1	0,000	23,1	32,2	0,000	32,2	610.840	7.790.707	1142
2	18:00	24,4	0,022	24,4	30,2	0,100	30,1	611.157	7.790.884	1157
3	18:04	24,8	0,044	24,8	29,8	0,200	29,7	610.953	7.790.967	1112
4	18:07	24,2	0,066	24,1	33,0	0,300	32,7	610.676	7.790.719	1121
5	18:10	23,4	0,088	23,3	31,6	0,400	31,2	610.549	7.790.602	1123
6	18:12	23,4	0,110	23,3	31,0	0,500	30,5	610.413	7.790.492	1130
7	18:15	24,5	0,132	24,4	31,0	0,600	30,4	610.380	7.790.657	1108
8	18:19	24,3	0,154	24,1	31,1	0,700	30,4	610.532	7.790.796	1094
9	18:22	24,6	0,177	24,4	30,6	0,800	29,8	610.722	7.790.860	1107
10	18:26	22,9	0,022	23,1	33,1	0,900	32,2	610.840	7.790.707	1142
BHS1	18:00	22,4			38,3			610.306	7.790.894	1066
BHS2	18:00	23,6			33,6			610.564	7.791.017	1069
ITA	18:00	20,3			38,7			610.534	7.790.517	1154
RFFSA	18:00	21,7			36,5			611.557	7.790.897	1185

Fonte: Arquivo pessoal da autora

TABELA 23 - Medidas de temperatura e umidade relativa coletadas e corrigidas para o dia 27/07/06 às 21:00 h .

DATA 27/07/2006

HORA 21:00 h

CIRCUITO 1-BAIRRO VILA DA SERRA E VALE DO SERENO

PONTO	HORA	TEMP.	Corr.lin	T corr	UR	Corr lin	UR corr.	X	Y	Cota
A	20:40	22,6	1,40	21,20	32,5	4,10	36,60	610.840	7.790.707	1142
FUMEC	20:43	23,4	1,26	22,14	31,5	3,69	35,19	610.629	7.790.473	1146
B	20:45	21,9	1,12	20,78	32,6	3,28	35,88	610.312	7.790.244	1166
C	20:48	21,9	0,98	20,92	32,8	2,87	35,67	610.277	7.790.042	1144
D	20:50	22,3	0,84	21,46	33,5	2,46	35,96	610.660	7.790.154	1108
E	20:53	19,9	0,70	19,20	34,5	2,05	36,55	610.996	7.790.208	1087
F	20:57	22,3	0,56	21,74	35,6	1,64	37,24	610.936	7.790.454	1096
G	21:02	21,9	0,42	21,48	35,9	1,23	37,13	610.197	7.790.622	1107
H	21:06	21,0	0,28	20,72	35,7	0,82	36,52	611.311	7.790.801	1148
I	21:09	21,8	0,14	21,66	36,9	0,41	37,31	610.991	7.790.699	1131
J	21:12	21,2	0,00	21,20	36,6	0,00	36,60	610.840	7.790.707	1142

CIRCUITO 2 -BAIRRO BELVEDERE III

PONTO	HORA	TEMP.	Corr.lin	T corr	UR	Corr lin	UR corr.	X	Y	Cota
1	21:12	21,2	0,000	21,20	36,6	0,00	36,6	610.840	7.790.707	1142
2	21:15	20,4	0,033	20,37	36,0	0,00	36,0	611.157	7.790.884	1157
3	21:18	23,0	0,066	22,93	34,3	0,00	34,3	610.953	7.790.967	1112
4	21:20	20,5	0,099	20,40	37,2	0,00	37,2	610.676	7.790.719	1121
5	21:22	21,6	0,132	21,47	36,3	0,00	36,3	610.549	7.790.602	1123
6	21:25	20,7	0,165	20,54	36,1	0,00	36,1	610.413	7.790.492	1130
7	21:27	20,2	0,198	20,00	35,1	0,00	35,1	610.380	7.790.657	1108
8	21:30	23,0	0,230	22,77	33,8	0,00	33,8	610.532	7.790.796	1094
9	21:33	22,4	0,264	22,14	34,3	0,00	34,3	610.722	7.790.860	1107
10	21:39	21,5	0,300	21,20	36,6	0,00	36,6	610.840	7.790.707	1142
BHS1	21:00	19,9			43,0			610.306	7.790.894	1066
BHS2	21:00	21,1			36,9			610.564	7.791.017	1069
ITA	21:00	18,3			44,4			610.534	7.790.517	1154
RFFSA	21:00	19,0			43,2			611.557	7.790.897	1185

Fonte: Arquivo pessoal da autora

TABELA 24 - Medidas de temperatura e umidade relativa coletadas e corrigidas para o dia 28/07/06 às 06:00 h .

DATA 28/07/2006

HORA 06:00 h

CIRCUITO 1 -BAIRRO VILA DA SERRA E VALE DO SERENO

PONTO	HORA	TEMP.	Corr.lin	T corr	UR	Corr.lin	URcorr	X	Y	Cota
A	05:32	18,8	0,20	18,60	37,6	1,00	38,60	610.840	7.790.707	1142
FUMEC	05:36	19,9	0,18	19,72	35,9	0,90	36,80	610.629	7.790.473	1146
B	05:40	19,5	0,16	19,34	37,4	0,80	38,20	610.312	7.790.244	1166
C	05:43	18,9	0,14	18,76	36,5	0,70	37,20	610.277	7.790.042	1144
D	05:46	19,5	0,12	19,38	38,8	0,60	39,40	610.660	7.790.154	1108
E	05:49	17,5	0,10	17,40	49,8	0,50	50,30	610.996	7.790.208	1087
F	05:52	17,5	0,08	17,42	49,5	0,40	49,90	610.936	7.790.454	1096
G	05:54	16,5	0,06	16,44	45,0	0,30	45,30	610.197	7.790.622	1107
H	05:56	18,1	0,04	18,06	39,8	0,20	40,00	611.311	7.790.801	1148
I	06:00	17,2	0,02	17,18	40,6	0,10	40,70	610.991	7.790.699	1131
J	06:05	18,6	0,00	18,60	38,6	0,00	38,60	610.840	7.790.707	1142

CIRCUITO 2- BAIRRO BELVEDERE III

PONTO	HORA	TEMP.	Corr.lin	T corr	UR	Corr.lin	URcorr	X	Y	Cota
1	06:05	18,6	0,00	18,60	38,5	0,00	38,50	610.840	7.790.707	1142
2	06:09	18,4	0,02	18,38	37,4	0,17	37,57	611.157	7.790.884	1157
3	06:11	18,4	0,04	18,36	36,0	0,33	36,33	610.953	7.790.967	1112
4	06:13	17,5	0,07	17,43	39,8	0,50	40,30	610.676	7.790.719	1121
5	06:17	17,7	0,09	17,61	38,3	0,67	38,97	610.549	7.790.602	1123
6	06:20	18,1	0,11	17,99	38,2	0,83	39,03	610.413	7.790.492	1130
7	06:23	17,1	0,13	16,97	38,5	1,00	39,50	610.380	7.790.657	1108
8	06:26	19,2	0,15	19,05	36,9	1,17	38,07	610.532	7.790.796	1094
9	06:31	18,5	0,18	18,32	37,3	1,33	38,63	610.722	7.790.860	1107
10	06:34	18,8	0,20	18,60	37,0	1,50	38,50	610.840	7.790.707	1142
BHS1	06:00	17,9			43,6			610.306	7.790.894	1066
BHS2	06:00	18,4			41,3			610.564	7.791.017	1069
ITA	06:00	15,8			47,0			610.534	7.790.517	1154
RFFSA	06:00	16,6			45,6			611.557	7.790.897	1185

Fonte: Arquivo pessoal da autora

TABELA 25 - Medidas de temperatura e umidade relativa coletadas e corrigidas para o dia 28/07/06 às 09:00 h .

DATA 28/07/2006

HORA 09:00 h

CIRCUITO 1-BAIRRO VILA DA SERRA E VALE DO SERENO

PONTO	HORA	TEMP.	Corr.lin	Tcorr	UR	Corr.lin	UR corr	X	Y	Cota
A	08:40	24,3	1,00	25,30	33,2	3,90	29,30	610.840	7.790.707	1142
FUMEC	08:44	22,3	0,90	23,20	32,2	3,51	28,69	610.629	7.790.473	1146
B	08:48	25,7	0,80	26,50	29,1	3,12	25,98	610.312	7.790.244	1166
C	08:51	24,5	0,70	25,20	32,9	2,73	30,17	610.277	7.790.042	1144
D	08:54	24,2	0,60	24,80	32,9	2,34	30,56	610.660	7.790.154	1108
E	09:00	26,6	0,50	27,10	30,8	1,95	28,85	610.996	7.790.208	1087
F	09:03	26,8	0,40	27,20	29,7	1,56	28,14	610.936	7.790.454	1096
G	09:06	25,5	0,30	25,80	29,5	1,17	28,33	610.197	7.790.622	1107
H	09:09	25,6	0,20	25,80	29,1	0,78	28,32	611.311	7.790.801	1148
I	09:11	26,2	0,10	26,30	30,6	0,39	30,21	610.991	7.790.699	1131
J	09:15	25,3	0,00	25,30	29,3	0,00	29,30	610.840	7.790.707	1142

CIRCUITO 2 - BAIRRO BELVEDERE III

PONTO	HORA	TEMP.	Corr.lin	Tcorr	UR	Corr.lin	UR corr	X	Y	Cota
1	09:15	25,3	0,00	25,30	29,3	0,00	29,30	610.840	7.790.707	1142
2	09:17	26,7	0,24	26,46	27,2	0,33	27,53	611.157	7.790.884	1157
3	09:19	26,0	0,49	25,51	29,2	0,67	29,87	610.953	7.790.967	1112
4	09:21	25,9	0,73	25,17	28,4	1,00	29,40	610.676	7.790.719	1121
5	09:25	26,5	0,98	25,52	30,3	1,33	31,63	610.549	7.790.602	1123
6	09:27	25,0	1,22	23,78	28,5	1,67	30,17	610.413	7.790.492	1130
7	09:30	25,0	1,47	23,53	30,5	2,00	32,50	610.380	7.790.657	1108
8	09:35	23,2	1,71	21,49	32,1	2,33	34,43	610.532	7.790.796	1094
9	09:37	24,0	1,96	22,04	30,2	2,67	32,87	610.722	7.790.860	1107
10	09:40	27,5	2,20	25,30	26,3	3,00	29,30	610.840	7.790.707	1142
BHS1	09:00	20,7			42,5			610.306	7.790.894	1066
BHS2	09:00	22,8			37,9			610.564	7.791.017	1069
ITA	09:00	19,3			48,6			610.534	7.790.517	1154
RFFSA	09:00	19,8			42,8			611.557	7.790.897	1185

Fonte: Arquivo pessoal da autora

TABELA 26- Medidas de temperatura e umidade relativa coletadas e corrigidas para o dia 28/07/06 às 12:00 h .

DATA 28/0706		HORA 12:00 h								
CIRCUITO 1 - BAIRRO VILA DA SERRA E VALE DO SERENO										
PONTO	HORA	TEMP.	Corr.lin	Tcorr	UR	Corr.lin	UR	Corr X	Y	Cota
A	11:30	28,1	0,30	27,80	26,4	1,80	28,20	610.840	7.790.707	1142
FUMEC	11:33	28,4	0,27	28,13	26,8	1,62	28,42	610.629	7.790.473	1146
B	11:36	29,1	0,24	28,86	26,6	1,44	28,04	610.312	7.790.244	1166
C	11:39	28,2	0,21	27,99	26,8	1,26	28,06	610.277	7.790.042	1144
D	11:41	26,2	0,18	26,02	30,8	1,08	31,88	610.660	7.790.154	1108
E	11:44	26,9	0,15	26,75	30,2	0,90	31,10	610.996	7.790.208	1087
F	11:47	27,6	0,12	27,48	28,5	0,72	29,22	610.936	7.790.454	1096
G	11:49	27,3	0,09	27,21	26,8	0,54	27,34	610.197	7.790.622	1107
H	11:52	27,7	0,06	27,64	26,4	0,36	26,76	611.311	7.790.801	1148
I	11:56	27,3	0,03	27,27	28,3	0,18	28,48	610.991	7.790.699	1131
J	12:00	27,8	0,00	27,80	28,2	0,00	28,20	610.840	7.790.707	1142
CIRCUITO 2 -BAIRRO BELVEDERE III										
PONTO	HORA	TEMP.	Corr.lin	Tcorr	UR	Corr.lin	UR	Corr X	Y	Cota
1	12:00	27,8	0,00	27,80	28,2	0,00	28,20	610.840	7.790.707	1142
2	12:02	25,8	0,11	25,69	26,9	0,18	27,08	611.157	7.790.884	1157
3	12:05	27,1	0,22	26,88	27,5	0,36	27,86	610.953	7.790.967	1112
4	12:09	27,2	0,33	26,87	30,4	0,53	30,93	610.676	7.790.719	1121
5	12:12	25,9	0,44	25,46	30,6	0,71	31,31	610.549	7.790.602	1123
6	12:14	24,7	0,55	24,15	31,1	0,89	31,99	610.413	7.790.492	1130
7	12:16	26,0	0,66	25,34	29,2	1,07	30,27	610.380	7.790.657	1108
8	12:19	25,9	0,77	25,13	28,8	1,24	30,04	610.532	7.790.796	1094
9	12:22	26,1	0,88	25,22	28,7	1,42	30,12	610.722	7.790.860	1107
10	12:26	28,8	1,00	27,80	26,6	1,60	28,20	610.840	7.790.707	1142
BHS1	12:00	23,4			40,9			610.306	7.790.894	1066
BHS2	12:00	25,0			35,0			610.564	7.791.017	1069
ITA	12:00	23,8			38,9			610.534	7.790.517	1154
RFFSA	12:00	24,2			35,9			611.557	7.790.897	1185

Fonte: Arquivo pessoal da autora

APENDICE C Tabelas de cálculo do volume de concreto e da Massa Construída para o Cenário 1

TABELA 27 - Tabela de cálculo de volume de concreto para o Cenário 1, Belvedere III

BAIRRO BELVEDERE III MASSA CONSTRUIDA - CENÁRIO 1								Lotes desocupados Lotes com projeto já aprovado								
QUADRA 61								QUADRA 77								
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	
1	300	13	37,7	80	390	603,2	993,2	1a4,11a16	340	27	78,3	88	918	1378,08	2296,08	
QUADRA 71								QUADRA 78								
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	
1,2,33,34,35	0							1,2,20	140	17	49,3	44	238	433,84	671,84	
3,4,5,6,7	468	19	55,1	85	889,2	936,7	1825,9	3 a 8	240	10	29	76	240	440,8	680,8	
8,9,31,32	560	15	43,5	96	840	835,2	1675,2	7 a 9	165	14	40,6	52	231	422,24	653,24	
10,11	345	12	34,8	76	414	528,96	942,96	10 a 13	200	10	29	66	200	382,8	582,8	
12,13,14,15	680	13	37,7	108	884	814,32	1698,32	14a19	204	15	43,5	58	306	504,6	810,6	
16	264	15	43,5	68	396	591,6	987,6	QUADRA 79								
17,18,22a25	666	20	58	110	1332	1276	2608	LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	
19,20,21	675	19	55,1	104	1282,5	1146,08	2428,58	1a7e19a20	330	17	49,3	82	561	808,52	1369,52	
26,27,28	760	15	43,5	118	1140	1026,6	2166,6	8 a 14	240	5	14,5	68	120	197,2	317,2	
30,29	0							15 a 18	234	14	40,6	70	327,6	568,4	896	
QUADRA 72								QUADRA 80								
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	
1	264	13	37,7	68	343,2	512,72	855,92	1a5, 20	240	8	23,2	68	192	315,52	507,52	
2,3	330,75	12	34,8	76	396,9	528,96	925,86	6a9,16a19	0							
4,5,6	416	21	60,9	90	873,6	1096,2	1969,8	10a15	0							
7,8	500	2	5,8	90	100	104,4	204,4	QUADRA 81								
9,10,11	540	2	5,8	96	108	111,36	219,36	LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	
12,13	396	13	37,7	81	514,8	610,74	1125,54	1 a 7	345	24	69,6	76	828	1057,92	1885,92	
14,15,16	486	21	60,9	90	1020,6	1096,2	2116,8	QUADRA 82								
17	273	17	49,3	68	464,1	670,48	1134,58	LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	
QUADRA 73								1 e 2	0							
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	3 a 8	0							
1,23	120	15	43,5	52	180	452,4	632,4	9 a 12	0							
2,22	120	13	37,7	52	156	392,08	548,08	13 a 19	0							
3,4,20,21	240	20	58	92	480	1067,2	1547,2	20 e 21	0							
5,6,18,19	400	17	49,3	80	680	788,8	1468,8	22	136,8		23,2	50	108,8	232	340,8	
7,8,16,17	360	1	2,9	84	36	48,72	84,72	23 e 24	324	13	37,7	52	421,2	392,08	813,28	
9 a 15	270	16	46,4	74	432	686,72	1118,72	25 e 26	0							
QUADRA 74								QUADRA 83								
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	
1,18	0							1,2,3	0		0	0	0	0	0	
2a5,14a17	960	18	52,2	176	1728	1837,44	3565,44	4,5	0		0	0	0	0	0	
6,7,12,13	450	25	72,5	86	1125	1247	2372	6,7	1220	17	49,3	182	2074	1794,52	3868,52	
8,9,10,11	222,75	14	40,6	60	311,85	487,2	799,05	8	0		0	0	0	0	0	
QUADRA 75								10,9	688	14	40,6	108	963,2	876,96	1840,16	
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	11,12,13,14	748	18	52,2	152	1346,4	1586,88	2933,28	
1a 4,26,27	288	28	81,2	68	806,4	1104,32	1910,72	QUADRA 84 e 85								
5a8,18a21	200	22	63,8	60	440	765,6	1205,6	LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	
9 a 17	248	24	69,6	78	595,2	1085,76	1680,96	TODOS	24900	4		20	766	9960	3064	13024
22 a 25	135	16	46,4	48	216	445,44	661,44	QUADRA 76								
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	
1,2,3,20	535,5	16	46,4	93	856,8	863,04	1719,84	1,2,3,20	535,5	16	46,4	93	856,8	863,04	1719,84	
4,5,19,18	594	14	40,6	98	831,6	795,76	1627,36	4,5,19,18	594	14	40,6	98	831,6	795,76	1627,36	
6a15	945	17	49,3	123	1606,5	1212,78	2819,28	6a15	945	17	49,3	123	1606,5	1212,78	2819,28	
16,17	288	3	8,7	72	86,4	125,28	211,68	16,17	288	3	8,7	72	86,4	125,28	211,68	

Fonte: Arquivo pessoal da autora

TABELA 28- Tabela de cálculo de volume de concreto para o Cenário 1, Vila da Serra

BAIRRO VILA DA SERRA MASSA CONSTRUIDA - CENARIO 1 - EXISTENTE 2006								Lotes desocupados Lotes com projeto já aprovado							
QUADRA B								QUADRA Q							
LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)
1	240	1	2,9	64	24	37,12	61,12	1	660				0		
2	512	1	2,9	96	51,2	55,68	106,88	2	645	9	26,1	150	580,5	783	1363,5
QUADRA E								QUADRA I							
LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)
1,2,3,4	1260	7	20,3	142	882	576,52	1458,52	3	957	5	14,5	220	478,5	638	1116,5
3,4,5,6,7	3000				0			4	847				0		
8a12	4500	9	26,1	250	4050	1305	5355	5	748				0		
13a14	2000	12	34,8	130	2400	904,8	3304,8	6	650				0		
15a21	7759	10	29	270	7759	1566	9325	7	440				0		
22 a 27	1957	3	8,7	380	587,1	661,2	1248,3	8	500				0		
28,29	990	6	17,4	134	594	466,32	1060,32	9	700				0		
30,31	2070	6	17,4	292	1242	1016,16	2258,16	10	700				0		
32,33	860				0			11	900				0		
QUADRA F								QUADRA J							
LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)
1	4832,2							1	240				0		
QUADRA G								QUADRA O							
LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)
1	150	12	34,8	50	180	348	528	2	300				0		
2,4,3	930	12	34,8	182	1116	1266,72	2382,72	3	300				0		
3,4,4,1,4,2	900				0			4	300				0		
5,38,39,40	600				0			5	300				0		
6,7,36,37	400				0			6	300				0		
8,9,34,35	1200				0			7	300				0		
10a12,31a33	1200				0			8	300				0		
13,14,28a30	600				0			9	300				0		
15a17	1200	11	31,9	240	1320	1531,2	2851,2	10	300				0		
18a27	640	41	118,9	84	2624	1997,52	4621,52	11	375				0		
QUADRA H								QUADRA M							
LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)
1	330				0			1	2500	1	2,9	70	250	40,6	290,6
2	288				0			QUADRA P							
3	320				0			LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)
4	320				0			1	4500				0		
5	320				0			QUADRA R							
6	320				0			QUADRA S							
7	320				0			QUADRA T							
8	400				0			QUADRA U							
9	400				0			QUADRA V							
10	400				0			QUADRA W							
11	400				0			QUADRA X							
12	400				0			QUADRA Y							
13	512	3	8,7	96	153,6	167,04	320,64	QUADRA Z							
14	126	2	5,8	84	25,2	97,44	122,64	QUADRA AA							

Fonte: Arquivo pessoal da autora

TABELA 29 - Tabela de cálculo de volume de concreto para o Cenário 1, Vale do Sereno

BAIRRO VALE DO SERENO MASSA CONSTRUÍDA - CENÁRIO 1								Lotes desocupados		Lotes com projeto já aprovado					
QUADRA 1								QUADRA 9							
LOTE No.	Area Proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr total(m3)	LOTE No.	Area Proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr total(m3)
1	122,5	2	5,8	45	24,5	52,2	76,7	1					0		
2,3	425	10	29	84	425	487,2	912,2	3					0		
4	243	3	8,7	52	72,9	90,48	163,38	5					0		
5					0			6	198	7	20,3	62	138,6	251,72	390,32
6,7,27A29	1050	11	31,9	155,00	1155	988,9	2143,9	7	238,5	9	26,1	71	214,65	370,62	585,27
8,9	430	8	23,2	89,00	344	412,96	756,96	8					0		
10,11,22,23	850	11	31,9	152,00	935	969,76	1904,76	10	391	3	8,7	80	117,3	139,2	256,5
12,13,14					0			11	180	9	26,1	61	162	318,42	480,42
15,16	1750	9	26,1	170,00	1575	887,4	2462,4	12					0		
17	205	1	2,9	61,00	20,5	35,38	55,88	13					0		
18	220	5	14,5	74,00	110	493	603	14	260	3	8,7	69	78	120,06	198,06
19	146,25	2	5,8	58,00	29,25	70,76	100,01	15,2					0		
20,21					0			16,2					0		
24,25					0			17,18,19	210	12	34,8	62	252	431,52	683,52
26	196	6	17,4	70,00	117,6	0	117,6	21					0		
30					0			22					0		
31	371,25	10	29	72	371,25	406	777,25	23					0		
32	446,5	2	5,8	85	89,3	0	89,3	24					0		
QUADRA 2								QUADRA 4							
LOTE No.	Area Proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr total(m3)	LOTE No.	Area Proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr total(m3)
1,2					0			4	400	2	5,8	80	80	92,8	172,8
3	380	11	31,9	81	418	516,78	934,78	7	440	9	26,1	108	396	563,76	959,76
4,5					0			8	400	4	11,6	100	160	232	392
6					0			10,12	710	14	40,6	160	994	1299,2	2293,2
7					0			11	470	12	34,8	114	564	793,44	1357,44
8	84	1	2,9	39	8,4	22,62	31,02	14	450	10		110	450	0	450
9,10					0										
11,12					0										
13					0										
14,15					0										
QUADRA 3															
LOTE No.	Area Proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr total(m3)								
1					0										
2	148,4	1	2,9	42	14,84	24,36	39,2								
3					0										
4					0										
5					0										
6					0										
QUADRA 5															
LOTE No.	Area Proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr total(m3)								
1					0										
2					0										
3	594	15	43,5	78	891	678,6	1569,6								
4	770	11	31,9	168	847	1071,84	1918,84								
6	392	11	31,9	84	431,2	535,92	967,12								
7	392	1	2,9	84	39,2	48,72	87,92								
8,9,10					0										
11					0										
12					0										
15					0										
16					0										
17					0										
18					0										
19					0										
20					0										
21					0										
22					0										
23					0										

Fonte: Arquivo pessoal da autora

TABELA 30 - Tabela de cálculo da Massa Construída para o Cenário 1, Belvedere III

BAIRRO	PONTO	Vol. Concr(m3)	Densid Concr	Area (m2)	MC (Kg/m2)
Belvedere III	3	12042,66	2400	70650	409,09
Belvedere III	4	11268,40	2400	70650	382,79
Belvedere III	5	5310,16	2400	70650	180,39
Belvedere III	6	3289,44	2400	70650	111,74
Belvedere III	7	14455,00	2400	70650	491,04
Belvedere III	8	20580,36	2400	70650	699,12
Belvedere III	9	18413,65	2400	70650	625,52
	BHSH1	15153,96	2400	70650	514,78
	BHS2	15870,34	2400	70650	539,12
	Rd. ITA	0	2400	70650	0,00
	RFFSA	4427,92	2400	70650	150,42

TABELA 31 - Tabela de cálculo da Massa Construída para o Cenário 1, Vila da Serra

BAIRRO	PONTO	Vol. Concr. (m3)	Dens. concr	Área (m2)	MC Atual
Vila Serra	1=10=A=J	3499,22	2400	70650	118,87
Vila Serra	FUMEC	1654,10	2400	70650	56,19
Vila Serra	B	22551,58	2400	70650	766,08
Vila Serra	C	4945,00	2400	70650	167,98
Vila Serra	F	0,00	2400	70650	0,00
Vila Serra	G	978,20	2400	70650	33,23
Vila Serra	H	780,20	2400	70650	26,50
Vila Serra	I	7793,36	2400	70650	264,74
Vila Serra	2	7472,72	2400	70650	253,85

TABELA 32 - Tabela de cálculo da Massa Construída para o Cenário 1, Vale do Sereno

BAIRRO	PONTO	Vol. Concr. (m3)	Dens. Concr.	Área	MC (Kg/m2)
Vale Sere.	D	9714,74	2400	70650	330,01
Vale Sere.	E	2594,09	2400	70650	88,12

Fonte: Arquivo pessoal da autora

APENDICE D Análise de regressão dos dados

FIGURA 78 – Regressão múltipla: análise do software *Statgraphics* para $UA=f(FVC,MC)$

Multiple Regression - UA

Dependent variable: UA

Independent variables:

FVC

MC

		Standard	T	
Parameter	Estimate	Error	Statistic	P-Value
CONSTANT	-4.71425	3.13046	-1.50593	0.1758
FVC	10.369	3.16942	3.27156	0.0136
MC	5.68156	2.47584	2.2948	0.0554

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	11.5402	2	5.77012	5.35	0.0388
Residual	7.54286	7	1.07755		
Total (Corr.)	19.0831	9			

R-squared = 60.4736 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 49.1803 percent

Standard Error of Est. = 1.03805

Mean absolute error = 0.790615

Durbin-Watson statistic = 0.551004 (P=0.0014)

Lag 1 residual autocorrelation = 0.597868

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a multiple linear regression model to describe the relationship between UA and 2 independent variables. The equation of the fitted model is

$$UA = -4.71425 + 10.369 \cdot FVC + 5.68156 \cdot MC$$

Since the P-value in the ANOVA table is less than 0.05, there is a statistically significant relationship between the variables at the 95% confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 60.4736% of the variability in UA. The adjusted R-squared statistic, which is more suitable for comparing models with different numbers of independent variables, is 49.1803%. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be 1.03805. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Reports option from the text menu. The mean absolute error (MAE) of 0.790615 is the average value of the residuals. The Durbin-Watson (DW) statistic tests the residuals to determine if there is any significant correlation based on the order in which they occur in your data file. Since the P-value is less than 0.05, there is an indication of possible serial correlation at the 95% confidence level. Plot the residuals versus row order to see if there is any pattern that can be seen.

In determining whether the model can be simplified, notice that the highest P-value on the independent variables is 0.0554, belonging to MC. Since the P-value is greater or equal to 0.05, that term is not statistically significant at the 95% or higher confidence level. Consequently, you should consider removing MC from the model.

FIGURA 79 – Regressão múltipla: análise do software Statgraphics para $T=f(\text{FVC}, \text{MC})$

Multiple Regression - T

Dependent variable: T

Independent variables:

FVC

MC

		Standard	T	
Parameter	Estimate	Error	Statistic	P-Value
CONSTANT	24.7296	2.60135	9.50646	0.0000
FVC	-5.80921	2.62777	-2.2107	0.0627
MC	0.933171	1.31477	0.709761	0.5008

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	11.7501	2	5.87506	8.12	0.0150
Residual	5.06644	7	0.723778		
Total (Corr.)	16.8166	9			

R-squared = 69.8723 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 61.2644 percent

Standard Error of Est. = 0.850751

Mean absolute error = 0.655617

Durbin-Watson statistic = 2.24562 (P=0.5739)

Lag 1 residual autocorrelation = -0.187813

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a multiple linear regression model to describe the relationship between T and 2 independent variables. The equation of the fitted model is

$$T = 24.7296 - 5.80921 \cdot \text{FVC} + 0.933171 \cdot \text{MC}$$

Since the P-value in the ANOVA table is less than 0.05, there is a statistically significant relationship between the variables at the 95% confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 69.8723% of the variability in T. The adjusted R-squared statistic, which is more suitable for

comparing models with different numbers of independent variables, is 61.2644%. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be 0.850751. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Reports option from the text menu. The mean absolute error (MAE) of 0.655617 is the average value of the residuals. The Durbin-Watson (DW) statistic tests the residuals to determine if there is any significant correlation based on the order in which they occur in your data file. Since the P-value is greater than 0.05, there is no indication of serial autocorrelation in the residuals at the 95% confidence level.

APENDICE E Dados das edificações do Cenário 2

TABELA 33 - Dados das edificações que incorporarão o cenário 2, na área do Belvedere III, simulados para 2016.

BAIRRO BELVEDERE III		PROJETOS APROVADOS E TX DE OCUPAÇÃO MÁXIMA										
CENÁRIO 2												
Projetos gerados conforme Técnica de Cenários												
Projetos aprovados na PBH												
QUADRA	71											
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Area/um	Nova Proj	Novo CA	Altura	Af Lat	Projeção	
1,2,33,34,35	2640	330 res. Vert.		13	0,13	150	1320	3960	34,8	8,00	11x30	
30,29	1056	150 res. Vert.		12	0,14	140	528	1584	30,62	6,95	15x10	
QUADRA	73											
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Area/um	Nova Proj	Novo CA	Altura	Af Lat	Projeção	
7,8,16,17	2.112	360 res. Vert.		23	0,17						12x30	
QUADRA	74											
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Area/um	Nova Proj	Novo CA	Altura	Af Lat	Projeção	
1,18	1056	132 res./com		13	0,13	120	528	1584	34,8	10,17	5x20	
QUADRA	76											
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Area/um	Nova Proj	Novo CA	Altura	Af Lat	Projeção	
16,17	1056	288 res/com.		26	0,27						24x12	
QUADRA	77											
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Area/um	Nova Proj	Novo CA	Altura	Af Lat	Projeção	
5 e 6	1056	140 res. Vert.		12	0,13		528	1584	31,9	7,2	14x10	
QUADRA	79											
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Area/um	Nova Proj	Novo CA	Altura	Af Lat	Projeção	
8 a 14	3915,53	240 res. Vert.		28	0,06						24x10	
15 a 18	2112	234 res. Vert.		17	0,11						26x9	
		res. Vert.										
QUADRA	80											
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Area/um	Nova Proj	Novo CA	Altura	Af Lat	Projeção	
1a5, 20	3.168,00	240 res. Vert		34	0,08						10x24	
6a9,16a19	4224,00	240 res. Vert		34	0,06						10x24	
10a15	2180,48	240 res. Vert		34	0,11						10x24	
QUADRA	82											
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Area/um	Nova Proj	Novo CA	Altura	Af Lat	Projeção	
1 e 2	1192,00	160 res. Vert.		12	0,13	140	596	1788	32,41	7,4	16x10	
3 a 8	3168,00	290 res. Vert.		17	0,09	140	1584	4752	47,52	11	29x10	
9 a 12	2483,00	290 res. Vert.		23	0,12	140	1241,5	3724,5	63,8	15,25	29x10	
13 a 19	4216,00	420 res. Vert.		24	0,10	199	2108	6324	66,7	16	42x10	
20 e 21	1112,00	140 res. Vert.		13	0,13	115	556	1668	34,55	7,9	14x10	
23 e 24	1112,00	324 res. Vert.		14	0,29		556	1668	37,7		18x8	
25 e 26	1.104,00	150 res. Vert.		12	0,14		552	1656	32,02	7,3	15x10	

Fonte: Arquivo pessoal da autora

TABELA 34 - Dados das edificações que incorporarão o cenário 2, na área do Vale do Sereno, simulados para 2016

BAIRRO VALE DO SERENO		PROJETOS APROVADOS E TX OCUPAÇÃO MÁXIMA							
CENARIO 2		PROJETOS gerados conforme Técnica de Cenários							
		Projetos aprovados na PNL							
QUADRA		1							
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Area/um	Nova proj	Novo CA	Projeção
5	360		120 com	6	0,33	50	216	648	11x11
12,13,14	1080		210 com	10	0,19	100	648	1944	10x21
20,21	720		210 res. Vert.	7	0,29	95	432	1296	10x22
24,25	720		210 res. Vert	7	0,29	96	432	1296	10x22
30	360		140 res. Vert	6	0,39	50	216	648	7x20
QUADRA		2							
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Area/um	Nova proj	Novo CA	Projeção
1,2	855		150 res. Vert	11	0,18	140	513	1539	15x10
4,5	740		120 res. Vert	12	0,16	100	444	1332	12x10
6	427		120 res. Vert	7	0,28	100	256,2	768,6	12x10
7	737		110 res. Vert	12	0,15	90	442,2	1326,6	10x10
9,10	736		130 res. Vert	11	0,18	120	441,6	1324,8	13x10
11,12	960		190 res. Vert	10	0,20	90	576	1728	19x10
13	360		215 res. Vert	4	0,60	100	216	648	27x8
14,15	790		120 res. Vert	12	0,15	100	474	1422	12x10
QUADRA		3							
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Area/um	Nova proj	Novo CA	Projeção
1	405,00		120 res. Vert	7	0,30	110	243	729	12x10
3	525		117 res. Vert	9	0,22	100	315	945	9x13
4	465		105 res. Vert	10	0,23	95	279	837	14x7,5
5	520		120 res. Vert	9	0,23	102	312	936	8x15
6	360		68 res. Vert	10	0,19	60	216	648	8x8,5
QUADRA		5							
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Area/um	Nova proj	Novo CA	Projeção
1	1203		620 res. Vert	4	0,52	150	721,8	2165,4	20x27
2	600		320 res. Vert	4	0,53	290	360	1080	20x16
8,9,10	1823		640 res. Vert	6	0,35		1093,8	3281,4	32x20
11	1256		320 res. Vert	8	0,25		753,6	2260,8	32x10
12	1425		416 res. Vert	7	0,29		855	2565	16x26
15	623		150 res. Vert	8	0,24	140	373,8	1121,4	15x10
16	633		150 res. Vert	9	0,24	140	379,8	1139,4	15x10
17	620		150 res. Vert	8	0,24	140	372	1116	15x10
18	600		150 res. Vert	8	0,25	140	360	1080	15x10
19	590		150 res. Vert	8	0,25	140	354	1062	15x10
20	586		150 res. Vert	8	0,26	140	351,6	1054,8	15x10
21	560		150 res. Vert	8	0,27	140	336	1008	15x10
22	595		150 res. Vert	8	0,25	140	357	1071	15x10
23	475		130 res. Vert	8	0,27	115	285	855	13x11
QUADRA		9							
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx. Ocup.	Area/um	Nova proj	Novo CA	Projeção
1	1266		660 res. Vert	4	0,52	150	759,6	2278,8	33x20
3	2580		600 res. Vert	9	0,23	140	1548	4644	34x18
5	580		176 res. Vert	7	0,30	75	348	1044	11x16
8	963		200 res. Vert	10	0,21	110	577,8	1733,4	9x22
12	470		150 res. Vert	7	0,32	140	282	846	8x22
13	564		176 res. Vert	7	0,31	150	338,4	1015,2	8x22
14	541		176 res. Vert	7	0,33	150	324,6	973,8	8x22
16,2	857		500	4	0,58	110	514,2	1542,6	15x31
21	670		270 res. Vert	5	0,40	125	402	1206	18x15
22	395		150 res. Vert	6	0,38	150	237	711	7,5x22
23	600		150 res. Vert	8	0,25	140	360	1080	7,5x22
24	663		330 res. Vert	5	0,50	150	397,8	1193,4	15x22
25	370		150 res. Vert	5	0,41	140	222	666	7,5x22
26	381		150 res. Vert	6	0,39	140	228,6	685,8	7,5x22
27	364		150 res. Vert	5	0,41	140	218,4	655,2	7,5x22
28	393		150 res. Vert	6	0,38	140	235,8	707,4	7,5x22
29	770		330 res. Vert	5	0,43	150	462	1386	15x22
30	440		150 res. Vert	6	0,34	150	264	792	7,5x22
31,32	1204		225 res. Vert	11	0,19	100	722,4	2167,2	15x15
QUADRA		4							
LOTE No.	Area lote(m2)	Area Proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Area/um	Nova proj	Novo CA	Projeção
5,6	1250		270 com.	11	0,22	250	750	3000	20x13,5
9,13	1181		600 com.	5	0,51	540	708,6	2125,8	18x35

Fonte: Arquivo pessoal da autora

TABELA 35 - Dados das edificações que incorporarão o cenário 2, na área do Vila da Serra simulados para 2016

BAIRRO		VILA DA SERRA		PROJETOS APROVADOS E TX DE OCUPAÇÃO MÁXIMA						
CENÁRIO 2										
Projetos gerados conforme Técnica de Cenários										
Projetos aprovados na PBH										
QUADRA E										
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Aea/um	Nova proj.	Novo CA	Projeção	
3,4,5,6,7	5032	3000	Hospital	4	0,60		3019,2	9057,6	40x75	
32,33	2126	860	Escola	5	0,40		1275,6	3826,8	30x30	
QUADRA F										
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Aea/um	Nova proj.	Novo CA	Projeção	
1	102.762	4832,2	Escola	14	0,05		61657,2	184971,6	160x30	
QUADRA G										
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Aea/um	Nova proj.	Novo CA	Projeção	
3,4,41,42	4.238	900	res.vert.	10	0,21		1695,2	8476	30x30	
5,38,39,40	4.222	600	res.vert.	15	0,14		1688,8	8444	15x40	
6,7,36,37	1.069	400	res.vert.	6	0,37		427,6	2138	15x40	
8,9,34,35	4.187,00	1200	res.vert.	8	0,29		1674,8	8374	15x80	
10a12,31a33	5.543,00	1200	res.vert.	10	0,22		2217,2	11086	15x80	
13,14,28a30	6.324,00	600	res.vert.	22	0,09		2529,6	12648	15x80	
18a27	11.523,00	640	res.vert.	41	0,06		4609,2	23046	32x10	
QUADRA H										
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Aea/um	Nova proj.	Novo CA	Projeção	
1	1195	330	res.vert.	8	0,28		717	2151	22x15	
2	1010	288	res.vert.	7	0,29		606	1818	8x36	
3	1058	320	res.vert.	7	0,30		634,8	1904,4	8x40	
4	1135	320	res.vert.	7	0,28		681	2043	8x40	
5	1990	320	res.vert.	12	0,16		1194	3582	8x40	
6	1994	320	res.vert.	12	0,16		1196,4	3589,2	8x40	
7	1875	320	res.vert.	12	0,17		1125	3375	8x40	
8	2039	400	res.vert.	10	0,20		1223,4	3670,2	10x40	
9	2100	400	res.vert.	10	0,19		1260	3780	10x40	
10	2303	400	res.vert.	11	0,17		1381,8	4145,4	10x40	
11	2248	400	res.vert.	11	0,18		1348,8	4046,4	10x40	
12	1510	400	res.vert.	8	0,26		906	2718	10x40	
QUADRA Q										
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Aea/um	Nova proj.	Novo CA	Projeção	
1	2680	660	com.	11	0,25		1608	6432	11x60	
4	1475	847	com.	5	0,57		885	3540	77x11	
5	1503	748	com.	6	0,50		901,8	3607,2	68x11	
6	1570	650	com.	7	0,41		942	3768	65x10	
7	1570	440	com.	10	0,28		942	3768	11x40	
8	1470	500	com.	8	0,34		882	3528	50x10	
9	1660	700	com.	7	0,42		996	3984	35x20	
10	1510	700	com.	6	0,46		906	3624	35x20	
11	1550	900	com.	5	0,58		930	3720	10x90	
QUADRA P										
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Area/um	Nova proj.	Novo CA	Projeção	
1	59450	1730	res.vert.	24	0,03		35670	107010	32x18x3	

(continua...)

(conclusão)

BAIRRO	VILA DA SERRA(Continuação)
CENÁRIO 2	PROJETOS APROVADOS E TX DE OCUPAÇÃO MÁXIMA

Projetos gerados conforme Técnica de Cenários

Projetos aprovados na PBH

QUADRA	I								
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Area/um	Nova proj.	Novo CA	Projeção
1	1000	240	res.vert.	9	0,24		600	1800	30x10
2	1139	300	res.vert.	8	0,26		683,4	2050,2	30x10
3	1222	450	res.vert.	6	0,37		733,2	2199,6	30x15
4	1200	450	res.vert.	6	0,38		720	2160	30x15
5	1440	450	res.vert.	7	0,31		864	2592	30x15
6	1249	450	res.vert.	6	0,36		749,4	2248,2	30x15
7	1080	300	res.vert.	7	0,28		648	1944	30x10
8	1104	300	res.vert.	8	0,27		662,4	1987,2	30x10
9	1008	300	res.vert.	7	0,30		604,8	1814,4	30x10
10	1056	300	res.vert.	7	0,28		633,6	1900,8	30x10
11	1244	450	res.vert.	6	0,36		746,4	2239,2	30x15
12	1125	450	res.vert.	6	0,40		675	2025	30x15

QUADRA	J								
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Area/um	Nova proj.	Novo CA	Projeção
1,21	2188	480	res.vert.	9	0,22		1312,8	3938,4	60x10
2	1029	300	res.vert.	7	0,29		617,4	1852,2	30x10
3	1060	300	res.vert.	7	0,28		636	1908	30x10
4	1000	300	res.vert.	7	0,30		600	1800	30x10
5	1008	300	res.vert.	7	0,30		604,8	1814,4	30x10
6	1088	300	res.vert.	8	0,28		652,8	1958,4	30x10
7	1082	300	res.vert.	7	0,28		649,2	1947,6	30x10
8	1060	300	res.vert.	7	0,28		636	1908	30x10
9	1050	300	res.vert.	7	0,29		630	1890	30x10
10	1046	300	res.vert.	7	0,29		627,6	1882,8	30x10
11	1065	375	res.vert.	6	0,35		639	1917	25x15
15	1013	375	res.vert.	17	0,37		375	1823,4	25x15
16	1066	300	res.vert.	7	0,28		639,6	1918,8	30x10
17	1083	300	res.vert.	7	0,28		649,8	1949,4	30x10
18	1695	300	res.vert.	11	0,18		1017	3051	30x10
19	1300	300	res.vert.	9	0,23		780	2340	30x10
20	1080	300	res.vert.	7	0,28		648	1944	30x10

QUADRA	O								
LOTE No.	Area lote(m2)	Area proj(m2)	Tipologia	No. Pisos	Tx Ocup	Aea/um	Nova proj.	Novo CA	Projeção
1	1.087,00	240	res.vert.	9	0,22		652,2	1956,6	16x15
2	1025	240	res.vert.	9	0,23		615	1845	16x15
3	1148	256	res.vert.	9	0,22		688,8	2066,4	16x16
4	1176	256	res.vert.	9	0,22		705,6	2116,8	16x16
5	1334	320	res.vert.	9	0,24		800,4	2401,2	40x8
6	1476	320	res.vert.	9	0,22		885,6	2656,8	40x8
7	1483	320	res.vert.	9	0,22		889,8	2669,4	40x8
8	1642	400	res.vert.	8	0,24		985,2	2955,6	40x10
9	1738	400	res.vert.	9	0,23		1042,8	3128,4	40x10

Fonte: Arquivo pessoal da autora

APÊNDICE F Tabelas de cálculo de volume de concreto e Massa Construída do Cenário 2

TABELA 36- Tabela de cálculo de volume de concreto para o Cenário 2, Belvedere III

BAIRRO BELVEDERE III MASSA CONSTRUIDA - CENÁRIO 2								
Projetos gerados conforme Técnica de cenários								
Projetos aprovados na PMBH e não edificados até 2006								
QUADRA 61								
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Perímetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	
1	300	13	37,7	80	390	603,2	993,2	
QUADRA 71								
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Perímetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)	
1,2,33,34,35	330	13	37,7	82	429	618,28	1047,28	
3,4,5,6,7	468	19	55,1	85	889,2	936,7	1825,9	
8,9,31,32	560	15	43,5	96	840	835,2	1675,2	
10,11	345	12	34,8	76	414	528,96	942,96	
12,13,14,15	680	13	37,7	108	884	814,32	1698,32	
16	264	15	43,5	68	396	591,6	987,6	
17,18,22a25	666	20	58	110	1332	1276	2608	
19,20,21	675	19	55,1	104	1282,5	1146,08	2428,58	
26,27,28	760	15	43,5	118	1140	1026,6	2166,6	
30,29	150	12	34,8	50	180	348	528	
QUADRA 72								
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Projeção	Vol. Laj	Vol. Fach	Vol. Concr. total(m3)	
1	264	13	37,7	68	343,2	512,72	855,92	
2,3	330,75	12	34,8	76	396,9	528,96	925,86	
4,5,6	416	21	60,9	90	873,6	1096,2	1969,8	
7,8	500	2	5,8	90	100	104,4	204,4	
9,10,11	540	2	5,8	96	108	111,36	219,36	
12,13	396	13	37,7	81	514,8	610,74	1125,54	
14,15,16	486	21	60,9	90	1020,6	1096,2	2116,8	
17	273	17	49,3	68	464,1	670,48	1134,58	
QUADRA 73								
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Projeção	Vol. Laj	Vol. Fach	Vol. Concr. total(m3)	
1,23	120	15	43,5	52	180	452,4	632,4	
2,22	120	13	37,7	52	156	392,08	548,08	
3,4,20,21	240	20	58	92	480	1067,2	1547,2	
5,6,18,19	400	17	49,3	80	680	788,8	1468,8	
7,8,16,17	360	23	66,7	84	828	1120,56	1948,56	
9 a 15	270	16	46,4	74	432	686,72	1118,72	
QUADRA 74								
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Projeção	Vol. Laj	Vol. Fach	Vol. Concr. total(m3)	
1,18	132	13	37,7	50	171,6	377	548,6	
2a5,14a17	960	18	52,2	176	1728	1837,44	3565,44	
6,7,12,13	450	25	72,5	86	1125	1247	2372	
8,9,10,11	222,75	14	40,6	60	311,85	487,2	799,05	
QUADRA 75								
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Projeção	Vol. Laj	Vol. Fach	Vol. Concr. total(m3)	
1a 4,26,27	288	28	81,2	68	806,4	1104,32	1910,72	
5a8,18a21	200	22	63,8	60	440	765,6	1205,6	
9 a 17	248	24	69,6	78	595,2	1085,76	1680,96	
22 a 25	135	16	46,4	48	216	445,44	661,44	
QUADRA 76								
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Projeção	Vol. Laj	Vol. Fach	Vol. Concr. total(m3)	
1,2,3,20	535,5	16	46,4	93	856,8	863,04	1719,84	
4,5,19,18	594	14	40,6	98	831,6	795,76	1627,36	
6a15	945	17	49,3	123	1606,5	1212,78	2819,28	
16,17	288	26	75,4	72	748,8	1085,76	1834,56	
QUADRA 77								
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Projeção	Vol. Laj	Vol. Fach	Vol. Concr. total(m3)	
1a4,11a16	340	27	78,3	88	918	1378,08	2296,08	
7 a 10	240	19	55,1	62	456	683,24	1139,24	
5 e 6	140	12	34,8	48	168	334,08	502,08	
QUADRA 78								
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Projeção	Vol. Laj	Vol. Fach	Vol. Concr. total(m3)	
1,2,20	140	17	49,3	44	238	433,84	671,84	
3 a 6	240	10	29	76	240	440,8	680,8	
7 a 9	165	14	40,6	52	231	422,24	653,24	
10 a 13	200	10	29	66	200	382,8	582,8	
14a19	204	15	43,5	58	306	504,6	810,6	
QUADRA 79								
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Projeção	Vol. Laj	Vol. Fach	Vol. Concr. total(m3)	
1a7e19a20	330	17	49,3	82	561	808,52	1369,52	
8 a 14	240	28	81,2	68	672	1104,32	1776,32	
15 a 18	234	17	49,3	70	397,8	690,2	1088	
QUADRA 80								
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Projeção	Vol. Laj	Vol. Fach	Vol. Concr. total(m3)	
1a5, 20	240	34	98,6	68	816	1340,96	2156,96	
6a9,16a19	240	34	98,6	68	24	1340,96	1364,96	
10a15	240	34	98,6	68	24	1340,96	1364,96	
QUADRA 81								
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Projeção	Vol. Laj	Vol. Fach	Vol. Concr. total(m3)	
1 a 7	345	24	69,6	76	828	1057,92	1885,92	
QUADRA 82								
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Projeção	Vol. Laj	Vol. Fach	Vol. Concr. total(m3)	
1 e 2	160	12	34,8	52	192	361,92	553,92	
3 a 8	290	17	49,3	78	493	769,08	1262,08	
9 a 12	290	23	66,7	78	667	1040,52	1707,52	
13 a 19	420	24	69,6	104	1008	1447,68	2455,68	
20 e 21	140	13	37,7	48	182	361,92	543,92	
22	136	8	23,2	50	108,8	232	340,8	
23 e 24	324	14	40,6	52	453,6	422,24	875,84	
25 e 26	150	12	34,8	50	180	348	528	
QUADRA 83								
LOTE No.	Area Proj (m2)	No. Pisos	Altura	Projeção	Vol. Laj	Vol. Fach	Vol. Concr. total(m3)	
1,2,3	810	12	34,8	121	972	842,16	1814,16	
4,5	726	8	23,2	113	580,8	524,32	1105,12	
6,7	1220	17	49,3	182	2074	1794,52	3868,52	
8	345	7	20,3	89	241,5	361,34	602,84	
10,9	688	14	40,6	108	963,2	876,96	1840,16	
11,12,13,14	748	18	52,2	152	1346,4	1586,88	2933,28	

Fonte: Arquivo pessoal da autora

TABELA 37- Tabela de cálculo de volume de concreto para o Cenário 2, Vila da Serra

BAIRRO VILA DA SERRA							
MASSA CONSTRUIDA - CENARIO 2 -							
Projetos gerados conforme Técnicas de Cenários							
Projetos aprovados na PMNL e não edificados até 2006							
QUADRA B							
LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)
1	240	1			24	37,12	61,12
2	512	1	2,9	64	51,2	55,68	106,88
QUADRA E							
LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)
1,2,3,4	1260	7	20,3	142	882	576,52	1458,52
3,4,5,6,7	3000	4	11,6	230	1200	533,6	1733,6
8a12	4500	9	26,1	250	4050	1305	5355
13a14	2000	12	34,8	130	2400	904,8	3304,8
15a21	7759	10	29	270	7759	1566	9325
22 a 27	1957	3	8,7	380	587,1	661,2	1248,3
28,29	990	6	17,4	134	594	466,32	1060,32
30,31	2070	6	17,4	292	1242	1016,16	2258,16
32,33	860	5	14,5	120	430	348	778
QUADRA F							
LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)
1	4832,2	14	40,6	380	6765,08	3085,6	9850,68
QUADRA G							
LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)
1	150	12	34,8	50	180	348	528
2,4,3	930	12	34,8	182	1116	1266,72	2382,72
3,4,4,1,42	900	10	29	120	900	696	1596
5,38,39,40	600	15	43,5	110	900	957	1857
6,7,36,37	400	6	17,4	110	240	382,8	622,8
8,9,34,35	1200	8	23,2	190	960	881,6	1841,6
10a12,31a33	1200	10	29	190	1200	1102	2302
13,14,28a30	600	22	63,8	190	1320	2424,4	3744,4
15a17	1200	11	31,9	240	1320	1531,2	2851,2
18a27	640	41	118,9	84	2624	1997,52	4621,52
QUADRA H							
LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)
1	330	8	23,2	74	264	343,36	607,36
2	288	7	20,3	88	201,6	357,28	558,88
3	320	7	20,3	96	224	389,76	613,76
4	320	7	20,3	96	224	389,76	613,76
5	320	12	34,8	96	384	668,16	1052,16
6	320	12	34,8	96	384	668,16	1052,16
7	320	12	34,8	96	384	668,16	1052,16
8	400	10	29	100	400	580	980
9	400	10	29	100	400	580	980
10	400	11	31,9	100	440	638	1078
11	400	11	31,9	100	440	638	1078
12	400	8	23,2	100	320	464	784
13	512	3	8,7	96	153,6	167,04	320,64
14	126	2	5,8	84	25,2	97,44	122,64
QUADRA M							
LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)
1	2500	1	2,9	70	250	40,6	290,6
QUADRA Q							
LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)
1	660	11	31,9	142	1306,8	905,96	2212,76
2	645	9	26,1	150	1044,9	783	1827,9
3	957	5	14,5	220	861,3	638	1499,3
4	847	5	14,5	176	762,3	510,4	1272,7
5	748	6	17,4	158	807,84	549,84	1357,68
6	650	7	20,3	150	819	609	1428
7	440	10	29	102	792	591,6	1383,6
8	500	8	23,2	120	720	556,8	1276,8
9	700	7	20,3	110	882	446,6	1328,6
10	700	6	17,4	110	756	382,8	1138,8
11	900	5	14,5	200	810	580	1390
QUADRA P							
LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)
1	3000	24	69,6	620	7200	8630,4	15830,4
QUADRA I							
LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)
1	240	9	26,1	80	216	417,6	633,6
2	300	8	23,2	80	240	371,2	611,2
3	450	6	17,4	90	270	313,2	583,2
4	450	6	17,4	90	270	313,2	583,2
5	450	7	20,3	90	315	365,4	680,4
6	450	6	17,4	90	270	313,2	583,2
7	300	7	20,3	80	210	324,8	534,8
8	300	8	23,2	80	240	371,2	611,2
9	300	7	20,3	80	210	324,8	534,8
10	300	7	20,3	80	210	324,8	534,8
11	450	6	17,4	90	270	313,2	583,2
12	450	6	17,4	90	270	313,2	583,2
QUADRA J							
LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)
1,21	480	9	26,1	140	432	730,8	1162,8
2	300	7	20,3	80	210	324,8	534,8
3	300	7	20,3	80	210	324,8	534,8
4	300	7	20,3	80	210	324,8	534,8
5	300	7	20,3	80	210	324,8	534,8
6	300	8	23,2	80	240	371,2	611,2
7	300	7	20,3	80	210	324,8	534,8
8	300	7	20,3	80	210	324,8	534,8
9	300	7	20,3	80	210	324,8	534,8
10	300	7	20,3	80	210	324,8	534,8
11	375	6	17,4	80	225	278,4	503,4
12,13,14	120	17	49,3	46	204	453,56	657,56
15	375	17	49,3	80	637,5	788,8	1426,3
16	300	7	20,3	80	210	324,8	534,8
17	300	7	20,3	80	210	324,8	534,8
18	300	11	31,9	80	330	510,4	840,4
19	300	9	26,1	80	270	417,6	687,6
20	300	7	20,3	80	210	324,8	534,8
QUADRA O							
LOTE No.	Area proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (ml)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. Concr. total(m3)
1	240	9	26,1	62	216	323,64	539,64
2	240	9	26,1	62	216	323,64	539,64
3	256	9	26,1	64	230,4	334,08	564,48
4	256	9	26,1	64	230,4	334,08	564,48
5	320	9	26,1	96	288	501,12	789,12
6	320	9	26,1	96	288	501,12	789,12
7	320	9	26,1	96	288	501,12	789,12
8	400	8	23,2	100	320	464	784
9	400	9	26,1	100	360	522	882

Fonte: Arquivo pessoal da autora

TABELA 38 - Tabela de cálculo de volume de concreto para o Cenário 2, Vale do Sereno

**BAIRRO VALE DO SERENO
 MASSA CONSTRUIDA - CENARIO 2**
**Projetos gerados conforme as Técnicas de Cenários
 Projetos aprovados na PMNL e não edificados até 2006**

QUADRA 1							QUADRA 9								
LOTE No.	Area Proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. C total(m3)	LOTE No.	Area Proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. C total(m3)
1	122,5	2	5,8	45	24,5	52,2		1	660	4	11,6	106	264	245,92	50
2,3	425	10	29	84	425	487,2	9	3	600	9	26,1	104	540	542,88	108
4	243	3	8,7	52	72,9	90,48	16	5	176	7	20,3	54	123,2	219,24	34
5	120	6	17,4	44,00	72	153,12	22	6	198	7	20,3	62	138,6	251,72	39
6,7,27A29	1050	11	31,9	155,00	1155	988,9	21	7	238,5	9	26,1	71	214,65	370,62	58
8,9	430	8	23,2	89,00	344	412,96	75	8	200	10	29	62	200	359,6	5
10,11,22,23	850	11	31,9	152,00	935	969,76	190	10	391	3	8,7	80	117,3	139,2	2
12,13,14	210	10	29	62,00	210	359,6	5	11	180	9	26,1	61	162	318,42	48
15,16	1750	9	26,1	170,00	1575	887,4	24	12	150	7	20,3	60	105	243,6	3
17	205	1	2,9	61,00	20,5	35,38	5	13	176	7	20,3	60	123,2	243,6	3
18	220	5	14,5	74,00	110	493		14	176	7	20,3	60	123,2	243,6	3
19	146,25	2	5,8	58,00	29,25	70,76	10	15	260	3	8,7	69	78	120,06	19
20,21	210	7	20,3	64,00	147	300,44	44	16,2	500	4	11,6	92	200	213,44	41
24,25	210	7	20,3	64,00	147	235,48	38	17,18,19	210	12	34,8	62	252	431,52	68
26	196	6	17,4	70,00	117,6	222,72	34	21	270	5	14,5	66	135	191,4	3
30	140	6	17,4	54	84	222,72	30	22	150	9	26,1	59	135	307,98	44
31	371,25	10	29	72	371,25	406	77	23	150	8	23,2	59	120	273,76	39
32	446,5	2	5,8	85	89,3	62,64	15	24	330	10	29	74	330	429,2	7
								25	150	8	23,2	59	120	273,76	39
								26	150	8	23,2	59	120	273,76	39
								27	150	7	20,3	59	105	239,54	34
								28	150	7	20,3	59	105	239,54	34
								29	330	8	23,2	74	264	343,36	60
								30	150	7	20,3	59	105	239,54	34
								31,32	225	7	20,3	60	157,5	243,6	4
QUADRA 2							QUADRA 4								
LOTE No.	Area Proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. C total(m3)	LOTE No.	Area Proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. C total(m3)
1,2	150	11	31,9	50	165	319		4	400	2	5,8	80	80	92,8	1
3	380	11	31,9	81	418	516,78	93	5,6	270	11	31,9	74	297	472,12	76
4,5	120	12	34,8	44	144	306,24	45	7	440	9	26,1	108	396	563,76	95
6	120	7	20,3	44	84	178,64	26	8	400	4	11,6	100	160	232	
7	110	12	34,8	40	132	278,4	4	9,13	600	33	14,5	100	1965,805	290	225
8	84	1	2,9	39	8,4	22,62	3	10,12	710	14	40,6	160	994	1299,2	22
9,10	130	11	31,9	46	143	293,48	43	11	470	12	34,8	114	564	793,44	135
11,12	190	10	29	58,00	190	336,4	5	14	450	10		110	450	0	
13	215	4	11,6	70	86	162,4	2								
14,15	120	12	34,8	44	144	306,24	45								
QUADRA 3							QUADRA 5								
LOTE No.	Area Proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. C total(m3)	LOTE No.	Area Proj(m2)	No. Pisos	Altura	Perimetro (m)	Vol. Laj (m3)	Vol. Fach (m3)	Vol. C total(m3)
1	120	7	20,3	44	84	178,64	26	1	620	4	11,6	94	248	218,08	46
2	148,4	1	2,9	42	14,84	24,36		2	320	4	11,6	72	128	558,76	4
3	117	9	26,1	44,00	105,3	229,68	33	3	594	15	43,5	78	891	678,6	138
4	105	10	29	43,00	105	249,4	3	4	770	11	31,9	168	847	1071,84	191
5	120	9	26,1	46,00	108	240,12	34	6	392	11	31,9	84	431,2	535,92	96
6	68	10	29	25,00	68	145		7	392	1	2,9	84	39,2	48,72	8
								8,9,10	640	6	17,4	104	384	361,92	74
								11	320	8	23,2	84	256	389,76	64
								12	416	7	20,3	84	291,2	341,04	63
								15	150	8	23,2	50	120	232	
								16	150	9	26,1	50	135	261	
								17	150	8	23,2	50	120	232	
								18	150	8	23,2	50	120	232	
								19	150	8	23,2	50	120	232	
								20	150	8	23,2	50	120	232	
								21	150	8	23,2	50	120	232	
								22	150	8	23,2	50	120	232	
								23	130	8	23,2	48	104	222,72	32

Fonte: Arquivo pessoal da autora

TABELA 39 – Tabela de cálculo da Massa Construída para o Cenário 2, Belvedere III

BAIRRO	PONTO	Vol.Conc (kg/m ²)	Dens Conc	Area	MC
Belvedere I	3	15481,78	2400	70650	525,92
Belvedere I	4	11770,48	2400	70650	399,85
Belvedere I	5	9691,20	2400	70650	329,21
Belvedere I	6	11384,32	2400	70650	386,73
Belvedere I	7	27215,28	2400	70650	924,51
Belvedere I	8	23844,48	2400	70650	810,00
Belvedere I	9	20277,49	2400	70650	688,83
Belvedere I	BHS1	16861,92	2400	70650	572,80
Belvedere I	BHS2	18041,82	2400	70650	612,89
Vila da Se	Rd ITA	15830	2400	70650	537,75
Belvedere I	RFFSA	8973,84	2400	70650	304,84

TABELA 40 - Tabela de cálculo da Massa Construída para o Cenário 2, Vila da Serra

BAIRRO	PONTO	Vol Concr	Dens Concr	Área (m ²)	MC Kg/m ²)
Vila Serra	1=10=A=J	17546,28	2400	70650	596,05
Vila Serra	FUMEC	14181,94	2400	70650	481,76
Vila Serra	B	25063,18	2400	70650	851,40
Vila Serra	C	7456,60	2400	70650	253,30
Vila Serra	F	19378,28	2400	70650	658,29
Vila Serra	G	17321,50	2400	70650	588,42
Vila Serra	H	22096,30	2400	70650	750,62
Vila Serra	I	28286,24	2400	70650	960,89
Vila Serra	2	15873,40	2400	70650	539,22

TABELA 41 - Tabela de cálculo da Massa Construída para o Cenário 2, Vale do Sereno

BAIRRO	PONTO	Vol Conc (m ³)	Dens Concr	Área (M ²)	MC (Hg/m ²)
Vila Serra	D	34833,48	2400	70650	1183,30
Vila Serra	E	9743,71	2400	70650	331,00

Fonte: Arquivo pessoal da autora

ANEXOS

**Comprovantes de calibração dos equipamentos utilizados
para coleta de dados de temperatura e umidade relativa**



Relação de Bens Móveis Adquiridos

Entidade: FUNDEP - Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa
Projeto: ELETROBRÁS / EA / TAU / LABCON **Anexo N°:** 1
Convênio: ECV 939/2003 **Etapa N°:** 4 **Período:** 01.03.05 a 31.12.06

N° NOTA FISCAL	DATA AQUISIÇÃO	VALOR AQUISIÇÃO	N° PATRIMÔNIO
SIMP 17800	16/01/06	1.864,21	035

*calibração
 em 01/2008*

Nome do Fornecedor	ALTEC EQUIPMENT INC.
Nome Resp. Uso ou Guarda	Prof. Eleonora Sad de Assis
Localização do Bem	EA/Tecn. Arquitetura e do Urbanismo

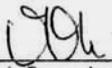
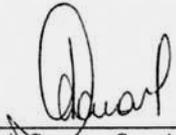
Descrição do Bem:

HOB0 U12-012. Datalogger Hobo U12 com 4 canais. Quant. 05

Data: 16/01/07

Valéria
 Valéria Fernandes Corgozinho
 Gerente de Prestação de Contas

Patricia
 Patricia Camargos Gonçalves
 CRC-MG: 59.378

Eletrobrás 			
Relação de Bens Móveis Adquiridos			
Entidade:		FUNDEP - Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa	
Projeto:		ELETROBRÁS / EA / TAU / LABCON	Anexo N°.: 1
Convênio:		ECV 939/2003	Etapa N°.: 4
		Período:	01.03.05 a 31.12.06
N° NOTA FISCAL	DATA AQUISIÇÃO	VALOR AQUISIÇÃO	N° PATRIMÔNIO
002179	16/01/06	2.756,00	038
<i>calibração caso em 01/2008</i>			
Nome do Fornecedor		OPENING WORLD COMERCIAL IMPORTADORA EXPORTADORA LTDA	
Nome Resp. Uso ou Guarda		Prof. Eleonora Sad de Assis	
Localização do Bem		EA/Tecn. Arquitetura e do Urbanismo	
<p>Descrição do Bem:</p> <p>Termohigrômetro digital c/ 02 displays LCD de 3 1/2 dígitos para leitura direta e simultânea de umidade relativa e temperatura, precisão +- 2% UR e 0,5% C, alimentação bateria 9v, faixa de medição + 10a +90% UR e -20 a + 60C. Modelo Higrotemp. Quant. 04 Valor Unitário R\$689,00</p>			
Data:		16/01/06	
			
Valéria Fernandes Corgozinho Gerente de Prestação de Contas		Patrícia Samargos Gonçalves CRC-MG: 59.378	

Declaração: 05/0963728-5

Data do Registro: 08/09/2005

2/10

Dados Complementares

MAWB: 549 1147 3814

HAWB: 10053759

FATURA: IV-D2962

NUMERO CREDENCIAMENTO CNPQ:900.0003-90

SIMP: 5770/9/01/16342

ATLAS: DEP/05-281

TAXA DE CONVERSAO: USD 2,3295

VALOR FOB USD 17,635.96

VALOR CIF R\$ 41628,07

SOLICITO A ISENCAO DO IMPOSTO DE IMPORTACAO E DO IMPOSTO SOBRE
PRODUTOS INDUSTRIALIZADOS DE ACORDO COM A LEI 8010 DE 1990.SOLICITO A ISENCAO DA CONTRIBUICAO PARA OS PROGRAMAS DE INTEGRACAO SOCIAL E DE
FORMACAO DO PATRIMONIO DO SERVIDOR PUBLICO(PIS / PASEP) E DA CONTRIBUICAO PARA O FINANCIAMENTO DA SEGURIDADE SOCIAL
(COFINS) NOS TERMOS DO ARTIGO 9o., INCISO II, ALINEA H, DA LEI 10.865 DE
30/04/2004.

MATERIAIS CONSTANTES DA PRESENTE DECLARACAO DE IMPORTACAO:

ADICAO 001 " PARTES / PECAS / ACESSORIOS

ADICAO 002 - MAQUINA

ADICAO 003 - PARTES / PECAS / ACESSORIOS

ADICAO 004 - PARTES / PECAS / ACESSORIOS

ADICAO 005 - PARTES / PECAS / ACESSORIOS

ADICAO 006 - PARTES / PECAS / ACESSORIOS

ADICAO 007 - PARTES / PECAS / ACESSORIOS

ADICAO 008 - PARTES / PECAS / ACESSORIOS

ADICAO 009 - PARTES / PECAS / ACESSORIOS

ADICAO 010 - PARTES / PECAS / ACESSORIOS

ADICAO 011 - PARTES / PECAS / ACESSORIOS

ADICAO 012 - PARTES / PECAS / ACESSORIOS

CREDENCIAMENTO: 1291/02

DESPACHANTES / CPF / REGISTROS:

JACQUELINE PEZZINI ASSIS CPF: 555.556.086-91 REG. 6D/00.0086

FREDERICO PACE TAVARES G.DRUMMOND CPF: 790.691.936-04 REG. 6D/00.0164

NEUZA MARIA DELGADO DE PAULA CPF: 015.239.296-34 REG.6D/00.0162

GUILHERME DELGADO DE PAULA CPF: 874.389.506-97 REG. 6D/00.0163

AJUDANTE DE DESPACHANTE:

SERGIO RICARDO DOS SANTOS CPF: 785.174.856-87 REG. 6A/00.0803

ELTON ALVES DE OLIVEIRA CPF: 474.296.906-53 REG. 6A/00.0392

NORIVAL BENEVENUTO -CPF: 883.893.326-04 REG: 6A/00.0495

VALOR RECOLHIDO: R\$ 112,00

PROJETO : " PESQUISA DA ABORDAGEM INTEGRADA DA EFICIENCIA ENERGETICA E
ENERGIAS RENOVAVEIS"

COORDENADOR : ELEONORA SAD DE ASSIS.

	OK	SECRETARIA DA RECEITA FEDERAL Coordenação-Geral do Sistema Aduaneiro IRF - IRF/BELO HORIZONTE - MG	COMPROVANTE DE IMPORTAÇÃO

1. DADOS GERAIS

DECLARAÇÃO DE IMPORTAÇÃO Nº 05/0963728-5	DATA DO REGISTRO 08/09/2005
DECLARAÇÃO RETIFICADORA Nº	DATA DO REGISTRO

2. DADOS DO IMPORTADOR

NOME DO IMPORTADOR FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	CNPJ/CPF 18.720.938/0001-41
ENDEREÇO COMPLETO AVENIDA ANTONIO CARLOS 6627 UNID. ADM. II PAMPULHA BELO HORIZONTE MG 31.270-901	

3. DADOS SOBRE A CARGA

VALOR TOTAL DA IMPORTAÇÃO (R\$) 41.627,76	PESO BRUTO (Kg) 17,0	QUANTIDADE DE VOLUMES 2
--	-------------------------	----------------------------

4. DADOS DO DESEMBARAÇO

CANAL DE CONFERENCIA ADUANEIRA VERMELHO	DATA DO DESEMBARAÇO 15/09/2005
OBSERVAÇÕES	DATA DA EMISSÃO 15/09/2005

