

## 4. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho está fundamentada em Monteiro (1976) e Brandão (1996) que tratam do estudo do clima no interior dos ambientes urbanos. Monteiro estruturou as bases do Sistema Clima Urbano (SCU) no Brasil e desde então disseminou diversos trabalhos sobre o tema (Monteiro, 1991; 2003). Brandão (1996) fundamentada na proposta metodológica de Monteiro aplicou as bases do SCU à cidade do Rio de Janeiro.

O método adotado para atingir os objetivos estabelecidos, teve como base o arcabouço teórico do SCU e se dividiu em três partes:

- Coleta de dados de temperatura (máxima, mínima e média compensada) das estações meteorológicas da Praça XV, Campo dos Afonsos, Bangu e Santa Cruz; tratamento estatístico e representação gráfica;
- Experimento de campo sazonal (verão e inverno) por meio da abordagem de transetos fixos e móveis; correção dos dados do experimento e representação temática em tabelas, gráficos e mapas;
- Classificação de Unidades Climáticas Urbanas da Zona Oeste.

### 4.1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICAS EMPREGADAS

#### 4.1.1. A ANÁLISE TÊMPORO-ESPACIAL

##### 4.1.1.1. A ESCOLHA DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS E O PERÍODO DE ANÁLISE; FONTE E SELEÇÃO DOS DADOS

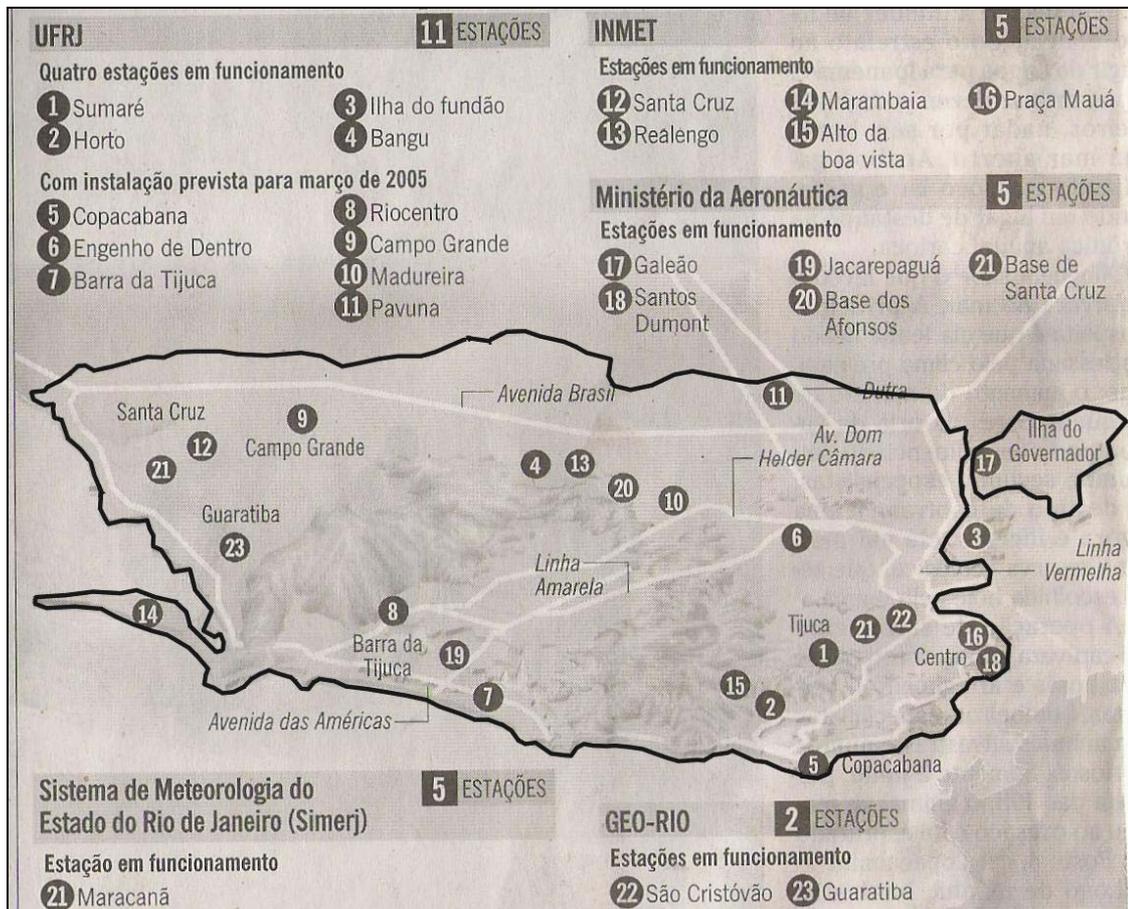
Quatro estações meteorológicas foram selecionadas: Praça XV, Campo dos Afonsos, Bangu e Santa Cruz. A escolha destas estações deve-se pela disponibilidade de acesso aos dados de temperatura de suas séries (disponível pelos órgãos responsáveis pela geração e manutenção dos dados: INMET e SRPV<sup>1</sup>) e pela situação geográfica das mesmas.

---

<sup>1</sup> INMET (Instituto Nacional de Meteorologia); SRPV (Serviço Regional de Proteção ao Vôo da INFRAERO)

A cidade do Rio de Janeiro dispõe de 21 estações meteorológicas, sendo que quatro não estão em funcionamento e há previsão de instalação de mais sete estações (Figura 4.1).

Figura 4.1. Rede de estações meteorológicas na cidade do Rio de Janeiro<sup>2</sup>



Fonte: Jornal O Globo 11/12/04 (adaptado).

Até o momento a Zona Oeste possui seis estações meteorológicas, duas controladas pelo INMET (Realengo e Santa Cruz), duas pelo Ministério da Aeronáutica (Campo dos Afonsos e Santa Cruz), uma pela UFRJ (Bangu) e uma pela GEO-RIO (Guaratiba). Para este trabalho, foram escolhidas as estações da Praça XV, Bangu<sup>3</sup> e Santa Cruz, controladas pelo INMET e a estação de Campo dos Afonsos. Campo dos Afonsos, Bangu e Santa Cruz são as

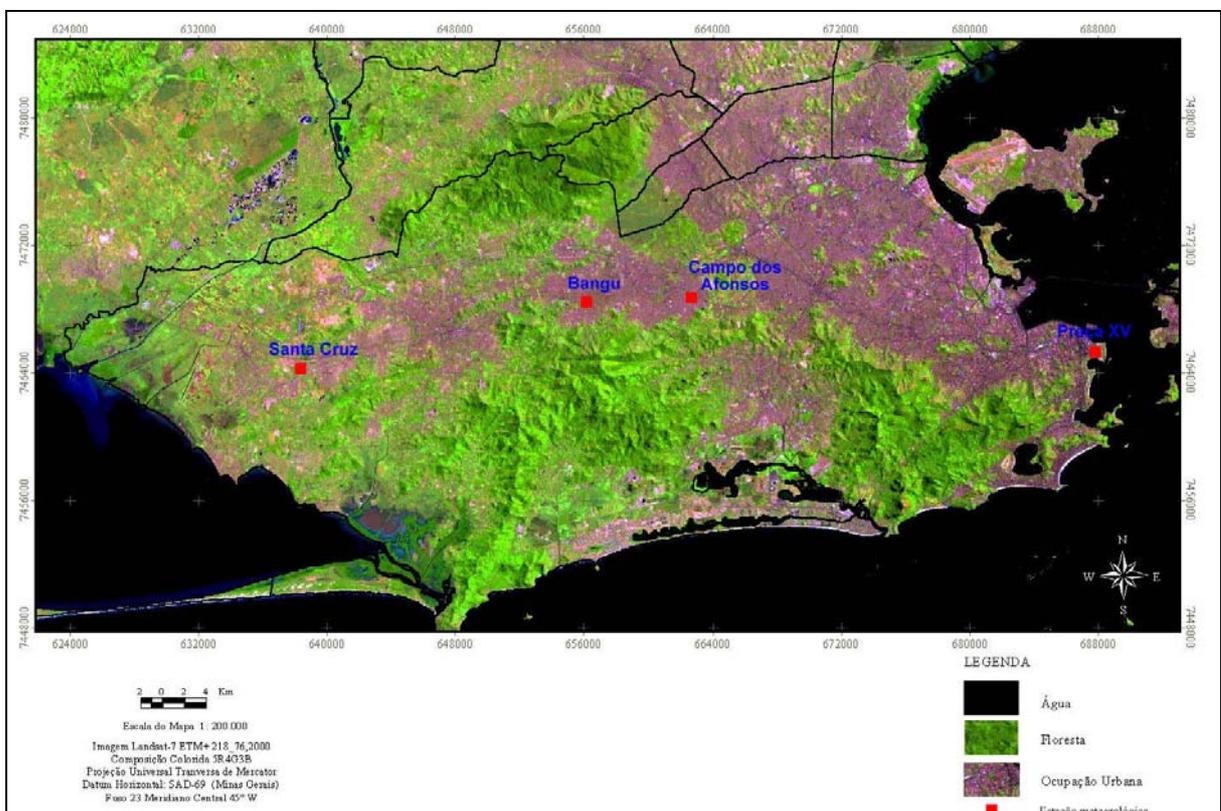
<sup>2</sup> Das cinco estações controladas pelo INMET, a da Marambaia também está desativada. Acrescenta-se à rede de estações do INMET, a estação da Saúde (estação Rio de Janeiro).

<sup>3</sup> Atualmente a estação de Bangu, antes controlada pelo INMET, está desativada.

estações principais da Zona Oeste e a Praça XV<sup>4</sup> é a estação principal da cidade do Rio de Janeiro.

A localização geográfica dos bairros onde se encontram as estações é bastante estratégica no cenário urbano da cidade e em particular da Zona Oeste (Figura 4.2). A estação da Praça XV está situada na área central da cidade “às margens” da Baía de Guanabara. O bairro de Campo dos Afonsos está situado no centro geográfico do município e é o limite a leste da Zona Oeste com a Zona Norte (Área de Planejamento 3). Bangu está localizado na baixada de Bangu em um fundo de vale, entre os Maciços da Pedra Branca e do Gericinó-Mendanha e Santa Cruz tem seu posto meteorológico alocado na baixada de Santa Cruz, extremo oeste da cidade.

Figura 4.2: Distribuição das estações meteorológicas da Praça XV, Campo dos Afonsos, Bangu e Santa Cruz na cidade do Rio de Janeiro



<sup>4</sup> Atualmente a estação da Praça XV não é a principal da cidade, pois foi desativada pelo INMET. A “nova” estação principal da cidade tem sua sede no bairro da Saúde, também no Centro da cidade.

O período de dados selecionados para a análise, corresponde ao período disponível pelo INMET e SRPV de suas séries temporais, conforme visualizado no quadro 4.1.

Quadro 4.1. Série temporal dos dados de temperatura<sup>5</sup> das estações meteorológicas da Praça XV, Campo dos Afonsos, Bangu e Santa Cruz

<b>Praça XV</b>			
	temp. máxima	temp. mínima	temp. média compensada
Período	1921-1990	1921-1990	1921-1990
<b>Campo dos Afonsos</b>			
	temp. máxima	temp. mínima	temp. média do bulbo seco
Período	1973-2000	1973-2000	1973-2000
<b>Bangu</b>			
	temp. máxima	temp. mínima	temp. média compensada
Período	1922-2000	1922-2000	1922-1987
<b>Santa Cruz</b>			
	temp. máxima	temp. mínima	temp. média compensada
Período	1971-2000	1971-2000	1971-1987

Organizado por Andrews J. Lucena.

#### 4.1.1.2. A PROBLEMÁTICA E O TRATAMENTO DOS DADOS

Sobre os dados das estações vale destacar o aspecto da descontinuidade da série histórica, isto é, a ausência de dados em alguns meses e anos.

Na estação da Praça XV, apenas o mês de outubro de 1989 e os meses de julho e dezembro de 1990 não contem dados das três variáveis térmicas (anexo A). A estação meteorológica de Bangu conta com uma grande interrupção na série. As décadas de 20, 40 e 50 são as mais prejudicadas com ausência de dados em alguns meses e anos, como por exemplo, os anos de 1927, 1929, 1930 e 1944 (sem dados das três variáveis), 1950 (sem dados de temperatura máxima) e 1969 (sem dados de temperatura média compensada). A

<sup>5</sup> A média da temperatura máxima e mínima corresponde às médias mensais e anuais dos valores diários. A temperatura média compensada é tomada a partir da seguinte fórmula:  $T = (T_{12} + 2T_{00} + T_{Max.} + T_{Min.})/5$ , que indicam as horas das observações: 12:00, 18:00 e 00:00 TMG (Tempo Médio de Greenwich), de acordo com padrão da OMM (Organização Meteorológica Mundial) divulgados pelo DNMET (Departamento Nacional de Meteorologia). A temperatura média do bulbo seco é a média aritmética de todas as leituras horárias diárias. A média do mês é a média aritmética das médias diárias.

temperatura média compensada é a que apresenta os períodos mais incompletos, além de conter dados só até 1987, pois desde então não há mais registro de temperatura média compensada na estação do bairro. Em geral, os meses com lacunas mais vazias na série são setembro, novembro e dezembro (anexo B).

Na estação de Campo dos Afonsos os anos de 1973, 1974, 1976, 1992 e 1993 aparecem com a maior ausência de dados (anexo C). A estação de Santa Cruz apresenta uma considerável interrupção na série, para as três variáveis da temperatura nas três décadas. A temperatura máxima e mínima sofre uma interrupção a partir de 1994 e a temperatura média compensada tem o período mais incompleto, pois dispõe de dados só até 1987 (anexo D).

Para não perder um considerável número de anos das estações e nem estimar uma média anual com a ausência de alguns meses (o que poderia estimar médias anuais com temperaturas muito altas ou muito baixas, dependendo dos meses – meses de verão ou de inverno), na ausência dos dados foi utilizado o método da interpolação<sup>6</sup>.

No método da interpolação a lacuna vazia é preenchida com a média aritmética do ano anterior e posterior ao ano incompleto, ou seja, se o mês de janeiro de 1980 não contém o dado, este mês foi preenchido com a média aritmética do mês de janeiro de 1979 e 1981. Apenas adotamos este procedimento para os anos que tinham de um a cinco meses faltosos, procurando ao máximo diminuir o erro da estimativa calculada pela média aritmética, sendo cinco meses (e até seis) um número representativo para isto. Entretanto, quando se tratava de todo um ano com ausência de dados, o ano foi desconsiderado para análise, como aconteceu com os anos de 1927, 1929, 1930, 1944 e 1950 em Bangu.

---

<sup>6</sup> Muitos são os métodos para a estimativa do dado faltoso. Em Climatologia dois fatores são os mais importantes para estimar o dado faltoso: a correlação da rede de estações e as variações sazonais das relações entre as estações (Xia et al, 1999). Um método bastante empregado é o *Simple arithmetic avering - AA* (Média aritmética) que corresponde à média aritmética dos dados climatológicos de 5 estações meteorológicas ao redor da estação que falta o dado. Um segundo método, o *Inverse distance interpolation - ID* (Interpolação inversa da distância), tem a seguinte fórmula:

$V_o = 1(V_i/d_i) / \sum (1/d_i)$ , onde:

$V_o$  é o valor estimado do dado faltoso;

$V_i$  é o dado da estação meteorológica mais próxima;

$d_i$  é o valor da distância entre a estação do dado faltoso com a estação mais próxima (Xia et al, 1999).

Para a estação de Santa Cruz (entre os anos de 1982 e 2000), tanto na ausência de alguns meses como de todo um ano, o método adotado foi o preenchimento destas lacunas com os valores da estação meteorológica da base aérea de Santa Cruz (SRPV), que se localiza no mesmo bairro. Apenas para a temperatura média compensada o procedimento não foi utilizado, pois a estação do SRPV não se utiliza desta variável, e sim, da temperatura média do bulbo seco (que é a temperatura média do ar). Nos anos anteriores a 1982 o método utilizado foi o mesmo utilizado nas outras estações (a interpolação), seguindo os mesmos critérios.

Contíguo ao método da interpolação, foi utilizado o desvio padrão<sup>7</sup> (do programa Excel) para calcular o nível de erro do valor estimado pela média aritmética. O desvio padrão encontrado nas médias anuais das quatro estações variou de 0,2°C a 1°C (representados em gráficos nos anexos E, F, G, H), o que equivale a uma variação bastante baixa, em se tratando de “temperatura do ar”.

As maiores variações do desvio padrão ocorreram na estação de Bangu, seguido por Campo dos Afonsos, Praça XV e, finalmente, Santa Cruz. Em um primeiro instante pode-se interpretar que pelo “perfil” de Bangu, isto é, possui uma das maiores séries de dados e tem alguns anos e meses com a ausência deles, contribuiu para uma maior variação no desvio padrão. No entanto, em Santa Cruz, com uma série de dados (relativamente) pequena, mas também com muitos dados faltosos, a variação foi mais baixa. Logo, a utilização do recurso estatístico do desvio padrão só vem ratificar a exploração, com segurança, dos dados das quatro estações.

Com as séries das estações “completas” foi calculada a média anual e decenal e em seguida foram elaborados gráficos (no programa Excel) das médias anuais e decenais de cada

---

<sup>7</sup> O desvio padrão é uma faixa de dispersão dos dados ao redor da média, abrangendo a maior parte dos valores que se aproxima da média. Assim, se a média de um determinado ano é de 26°C, com um desvio padrão de + ou - 1°C, tem-se que grande parte da temperatura varia entre 25 e 27°C.

estação meteorológica, buscando analisar a série temporal. Foi aplicada, ainda, a técnica da média móvel (do programa Excel) para cinco anos, visando a análise da tendência da temperatura, conforme empregada por Brandão (1987) para a cidade do Rio de Janeiro e por Lucena (2004) para o bairro de Bangu/RJ.

#### 4.1.2. A ANÁLISE ESPACIAL DO CAMPO TÉRMICO: OS EXPERIMENTOS DE CAMPO

Os experimentos de campo surgem como uma estratégia elementar de “adentrar” a cidade para “sondar-lhe” o clima, revelando as derivações do ar no interior do “organismo” urbano (Monteiro, 1990).

Os experimentos consistiram na utilização de *transetos*<sup>8</sup> em diferentes pontos amostrais da Zona Oeste. Estes experimentos procuraram contextualizar o campo térmico da Zona Oeste em escala topo e microclimática, buscando identificar as diferentes configurações e intensidades da ilha de calor, considerando os sistemas atmosféricos atuantes e suas interações com os componentes do clima, do ambiente e a morfologia e funções urbanas.

Antes da espacialização dos transetos, buscou-se a compatibilização de informações sobre os aspectos do uso do solo urbano no intuito de caracterizar a área de estudo, que serviu de base para a seleção dos pontos amostrais aos experimentos de campo.

Para a seleção de cada ponto amostral foi necessária a compartimentação dos atributos naturais do sítio (vegetação) e de seus componentes antrópicos (uso do solo, pavimentação, densidade construída etc). Para isso, realizou-se uma análise detalhada do mapa de uso do solo da cidade do Rio de Janeiro (IPP, 1998), do Mapa de Zoneamento (SMU, 1988) na escala 1:10.000 e do Mapa de Gabarito (SMU, 1988), também na escala 1:10.000. E, por fim, foi aplicada uma pesquisa de campo para observar as características de cada ponto selecionado,

---

<sup>8</sup> Segmento horizontal com diversos pontos de medida dos elementos climatológicos (temperatura, umidade, vento) ao longo do espaço urbano delimitado.

onde na ocasião foram fotografados e devidamente referenciados em GPS (Global Position System) para a posterior plotagem em mapa.

Buscando obter a maior quantidade de áreas, de diferentes características físicas e de uso do solo, foram selecionados 64 pontos amostrais, dos quais 18 correspondem aos pontos de medida fixa (*transeto fixo*) e 46 aos pontos de medida móvel (*transeto móvel*).

A técnica de medidas fixas consiste na seleção de pontos amostrais que durante um período diário (das 8 às 20h.) uma equipe realiza medições e observações horárias dos elementos do clima (temperatura, umidade, vento). O método foi utilizado por Brandão (1996) na cidade do Rio de Janeiro, seguido posteriormente por outros autores, como Fialho (2002) quanto adaptou o método para o bairro da Ilha do Governador/RJ.

Para o transeto fixo foram selecionados três pontos amostrais de medida (Ponto A, B e C) em cada bairro (Realengo, Bangu, Campo Grande, Barra de Guaratiba, Santa Cruz e Sepetiba), totalizando 18 pontos (Figura 4.3). Dos três pontos, o ponto “A” equivale a um “ambiente aberto” (de pouca ou nenhuma densidade construída e/ou baixo fluxo de atividades e veículos) e/ou “arborizado” (como uma praça); e os outros pontos (“B” e “C”)<sup>9</sup> equivalem à rua ou avenida com maior movimento (intenso fluxo de atividades) e de maior densidade construída (Figuras 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8).

---

<sup>9</sup> Em Barra de Guaratiba os três pontos corresponderam a três ruas (“estradas”), devido aos poucos espaços de praças no bairro, porém estas ruas apresentam usos diferentes ao longo de suas extensões. Em Santa Cruz o ponto B também foi enquadrado em uma praça, devido ao bom nº de praças que há neste setor do bairro, e pelo fato das praças “A” e “B” apresentarem dinâmicas urbanas bem distintas.

Figura 4.3: Distribuição dos transetos fixos e móveis na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro

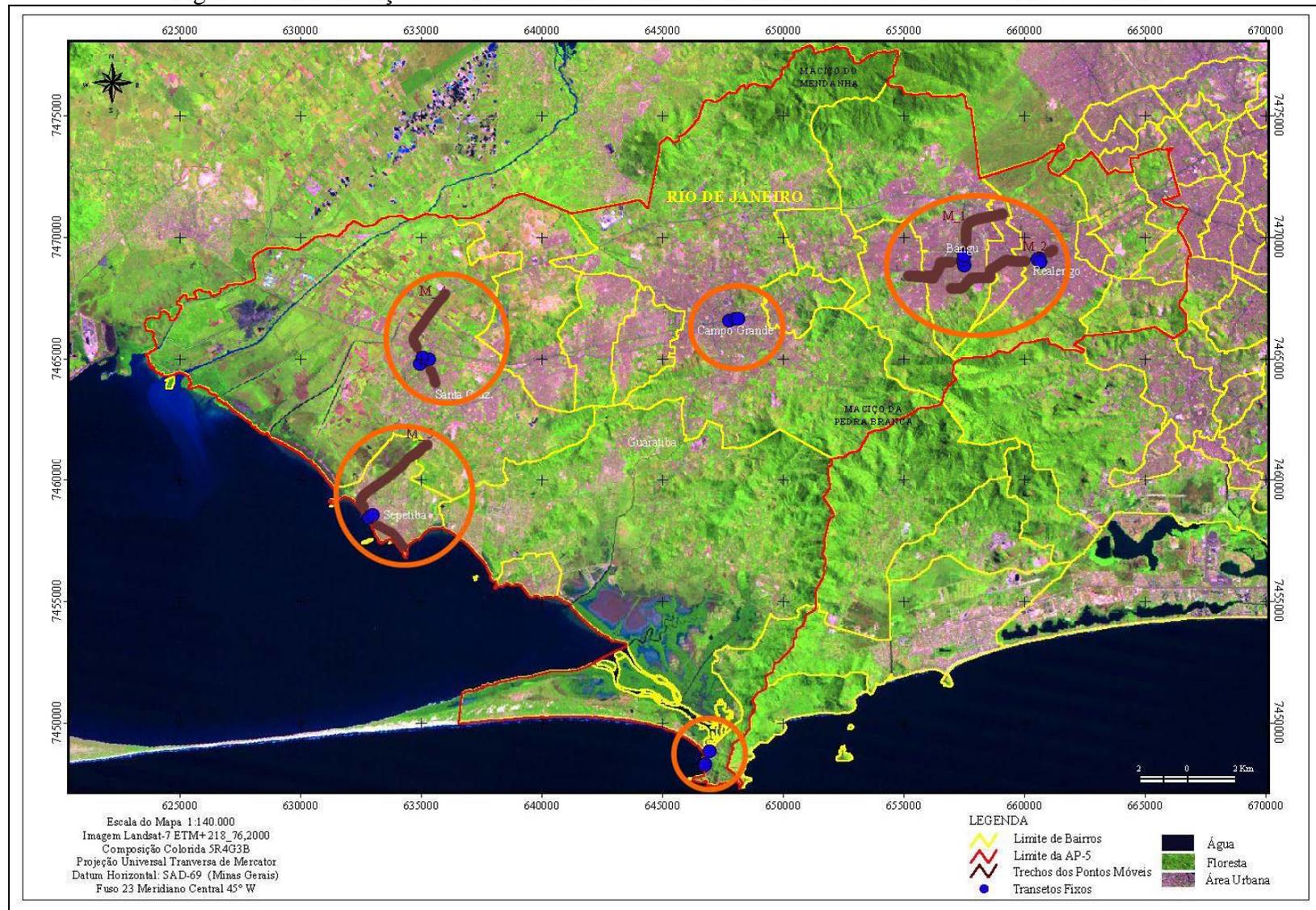


Figura 4.4: Transeto fixo em Realengo e Bangu

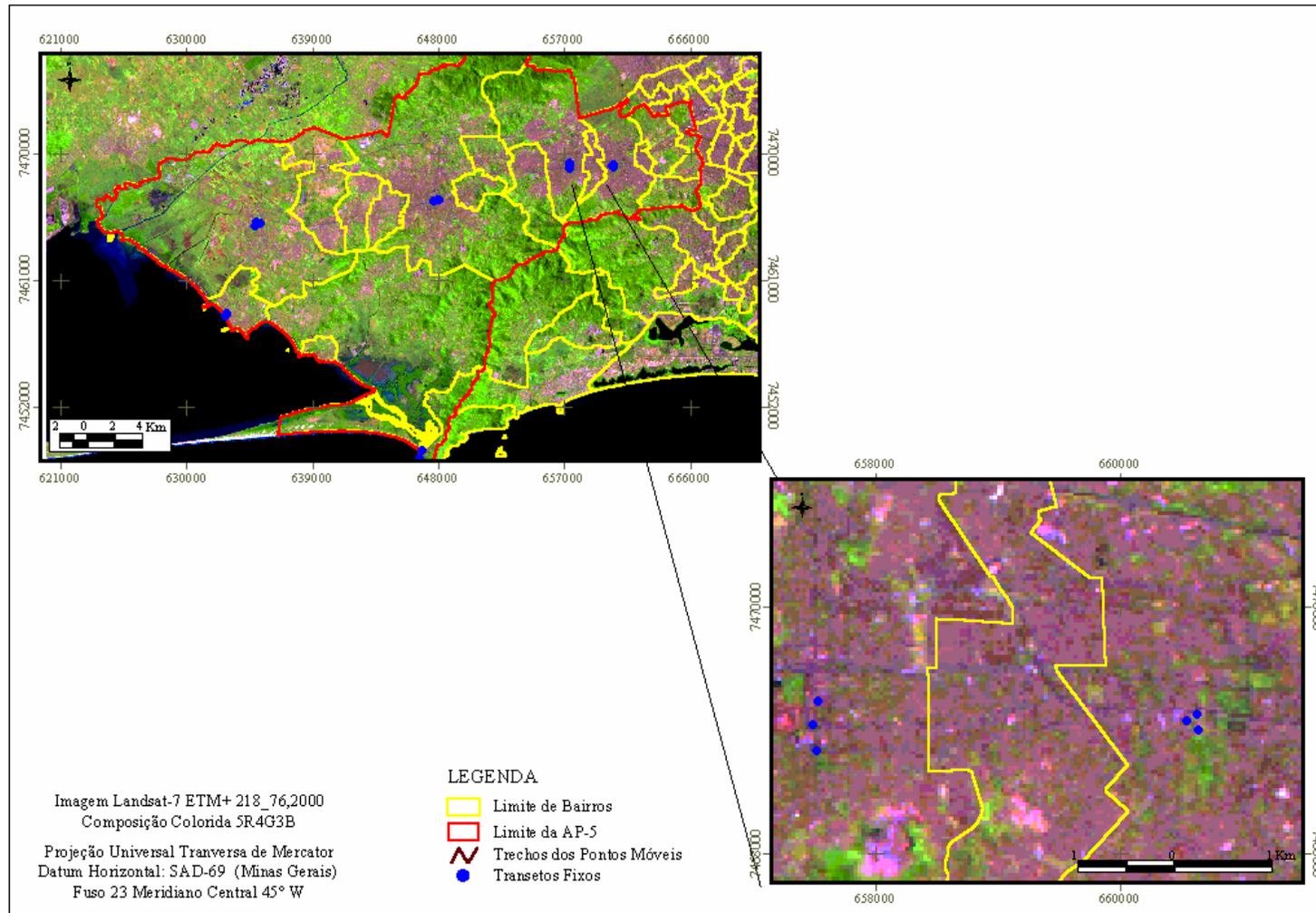
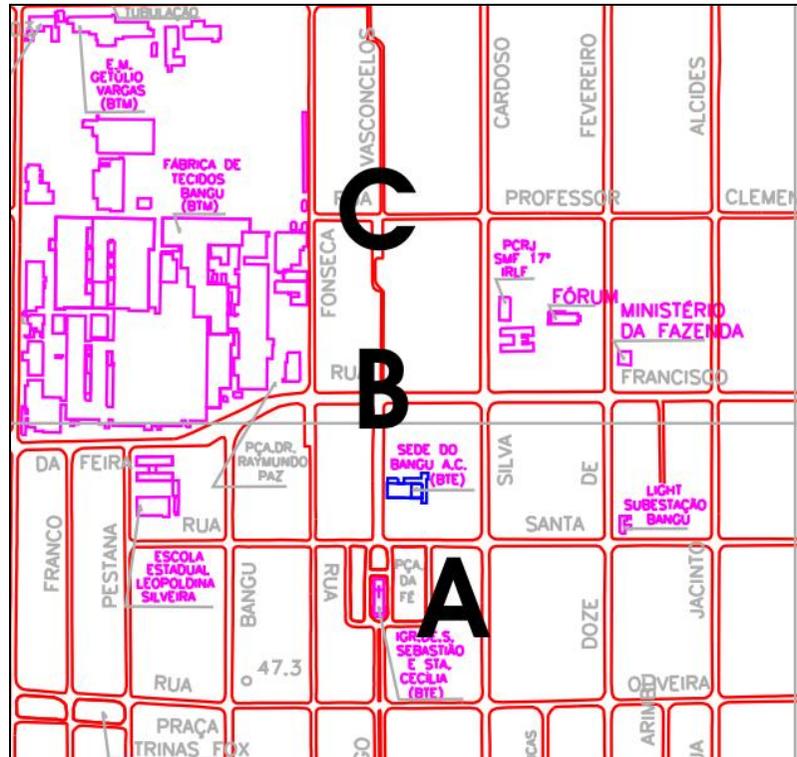


Figura 4.4.1: Localização do transeto fixo em Bangu



Escala aproximada 1.20.000

Fonte: IPP, 2001.

**Ponto A:** Praça da Fé

**Ponto B:** Rua Francisco Real

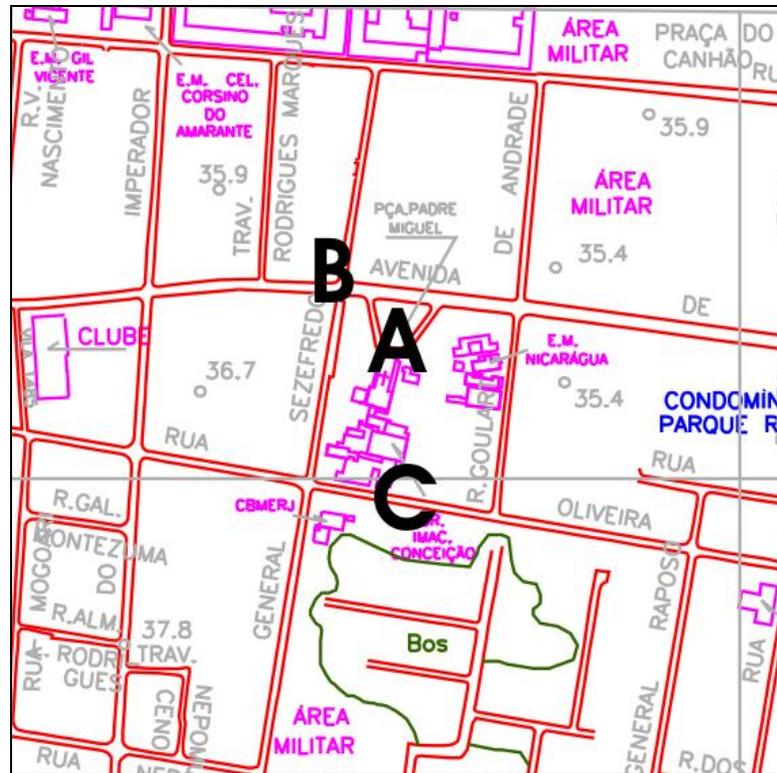
**Ponto C:** Av. Cônego de Vasconcelos/Rua Profº Clemente Ferreira

Legenda:

PLANIMETRIA  
ASPECTOS GERAIS

	Logradouros
	Praça/Largo
	Cais, Dique
	Cemitério
	Igreja ou templo
	Cabine PM
	Heliponto
	Pedra/Aflor. Rochoso
	Movimento de terra

Figura 4.4.2: Localização do transecto fixo em Realengo



Escala aproximada 1.20.000

Fonte: IPP, 2001.

**Ponto A:** Praça Padre Miguel

**Ponto B:** Rua General Sezefredo

**Ponto C:** Rua Oliveira Braga

### Legenda:

#### PLANIMETRIA ASPECTOS GERAIS

	Logradouros
	Praça/Largo
	Cois, Dique
	Cemitério
	Igreja ou templo
	Cabine PM
	Heliponto
	Pedra/Aflor. Rochoso
	Movimento de terra

#### VEGETAÇÃO

	Agrupamento de Árvores
	Bosque

Figura 4.5: Transeto fixo em Campo Grande

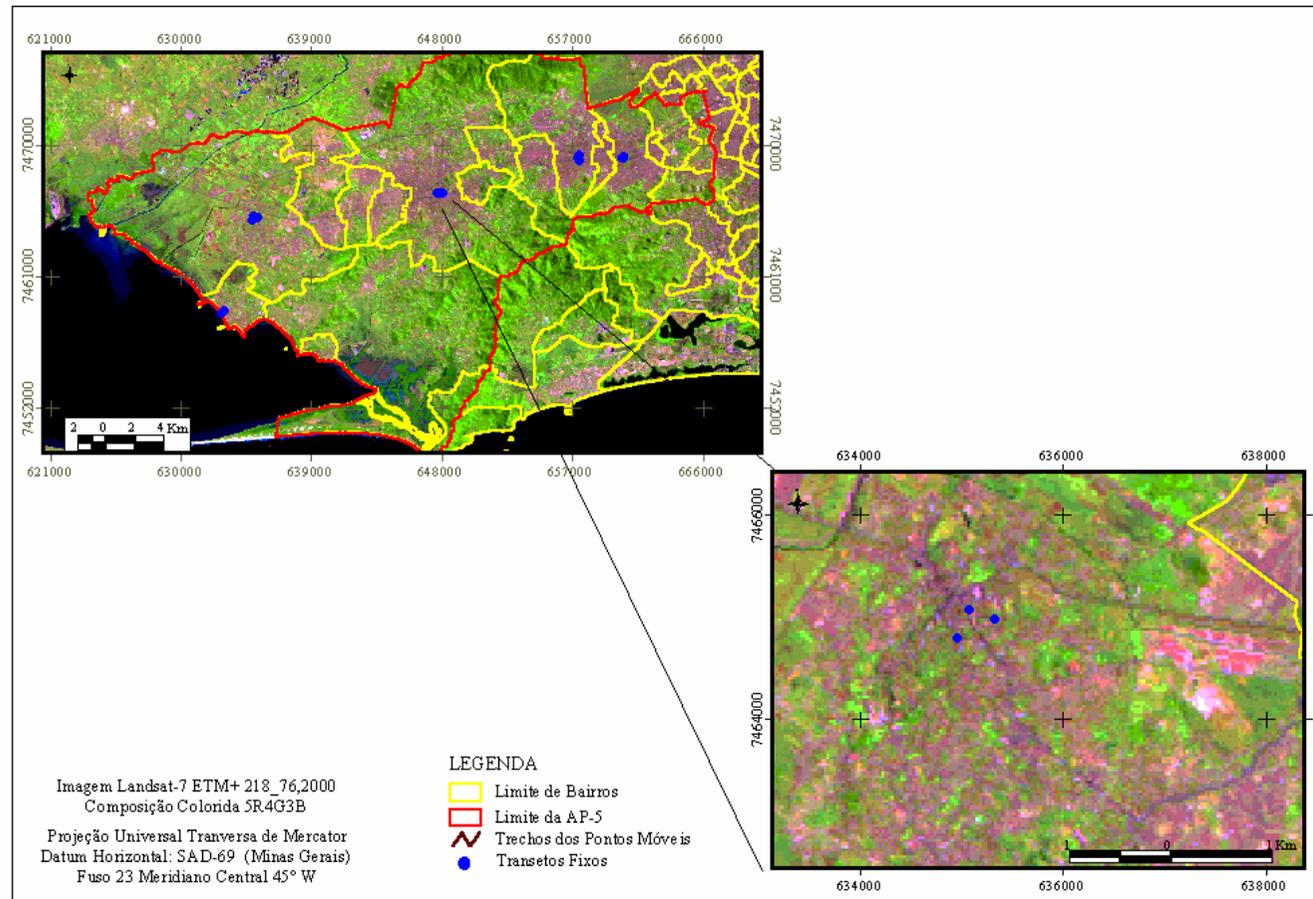




Figura 4.6: Transeto fixo em Barra de Guaratiba

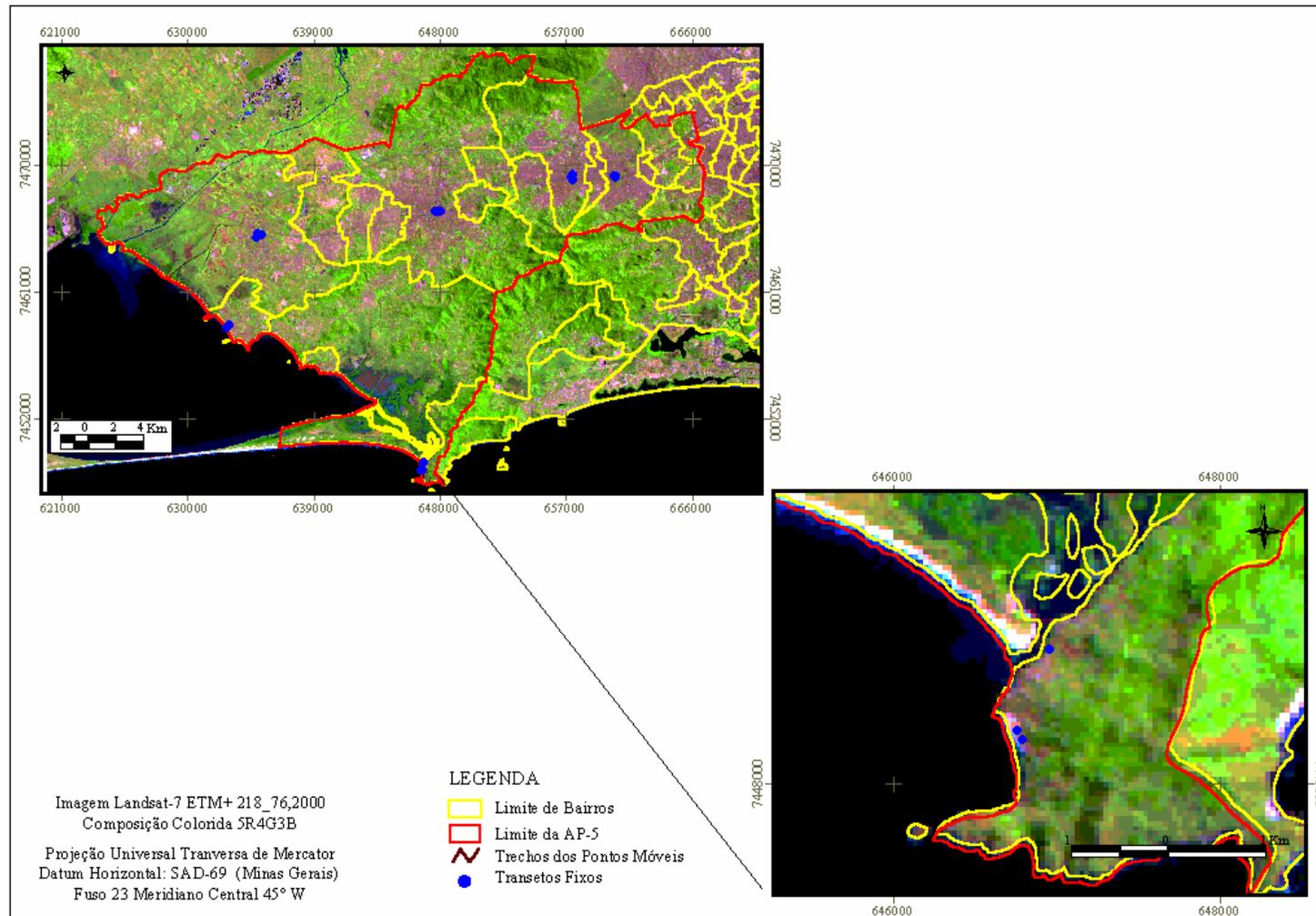
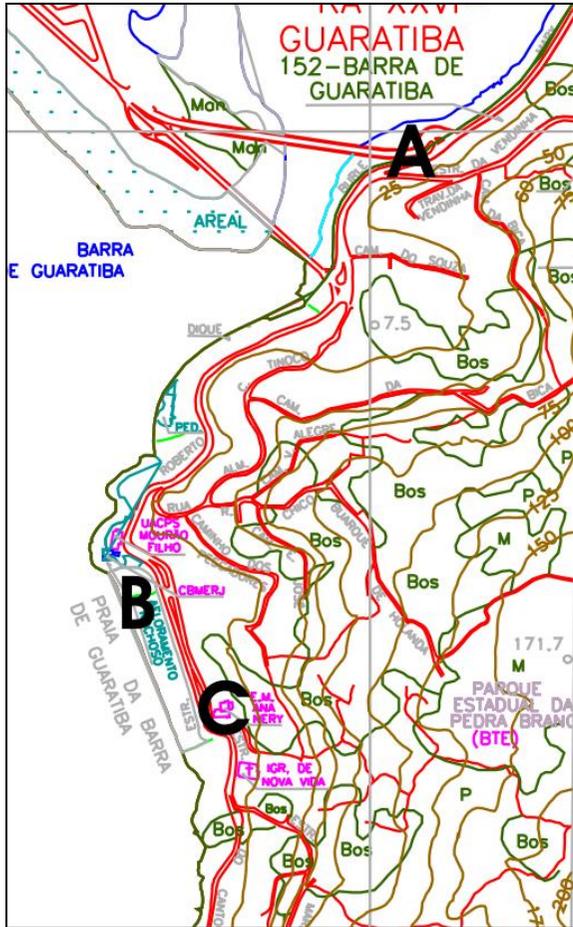


Figura 4.6.1: Localização do transeto fixo em Barra de Guaratiba

Figura 4.6.1: Localização do transecto fixo em Barra de Guaratiba



**Ponto A:** Estrada Roberto Burle Marx  
**Ponto B:** Estrada Roberto Burle Marx  
**Ponto C:** Estrada da Barra de Guaratiba

Escala aproximada 1.20.000  
 Fonte: IPP, 2001.

Legenda:

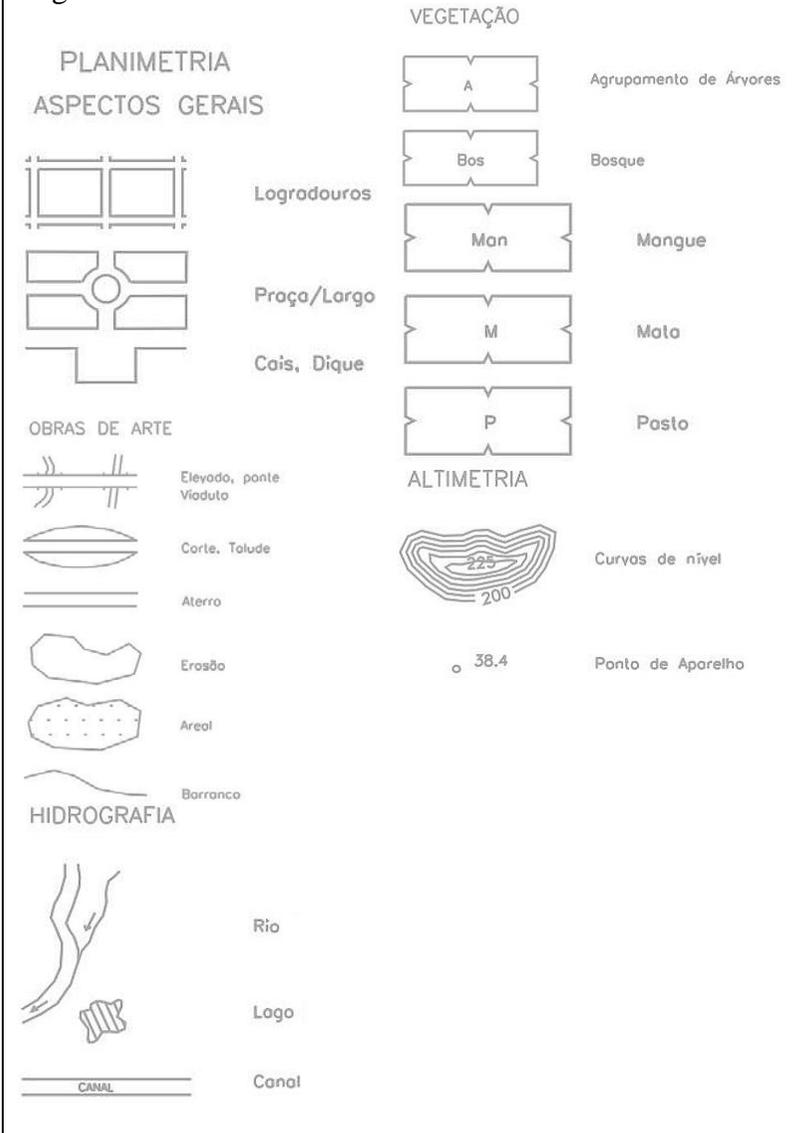


Figura 4.7: Transeto fixo em Santa Cruz

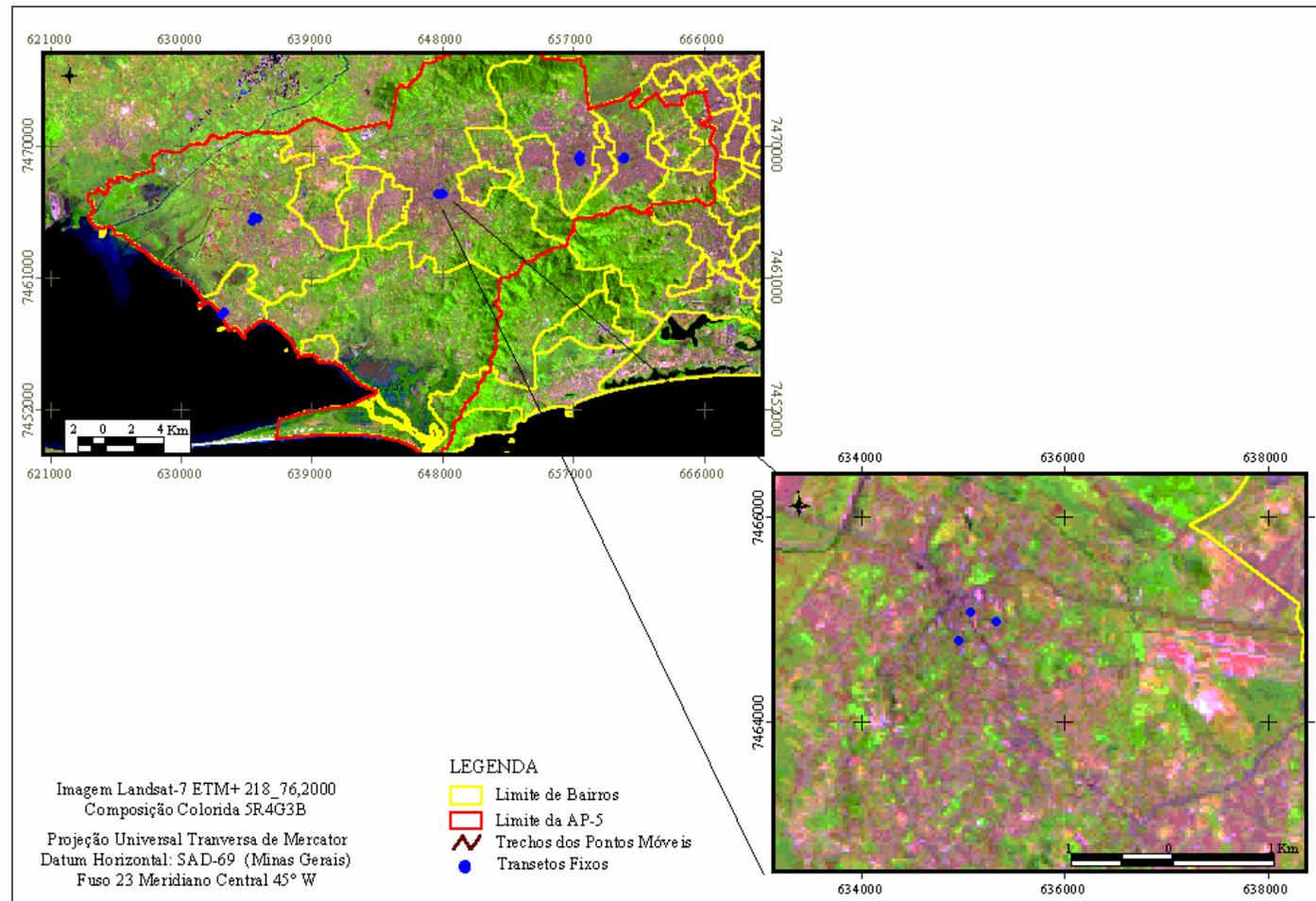
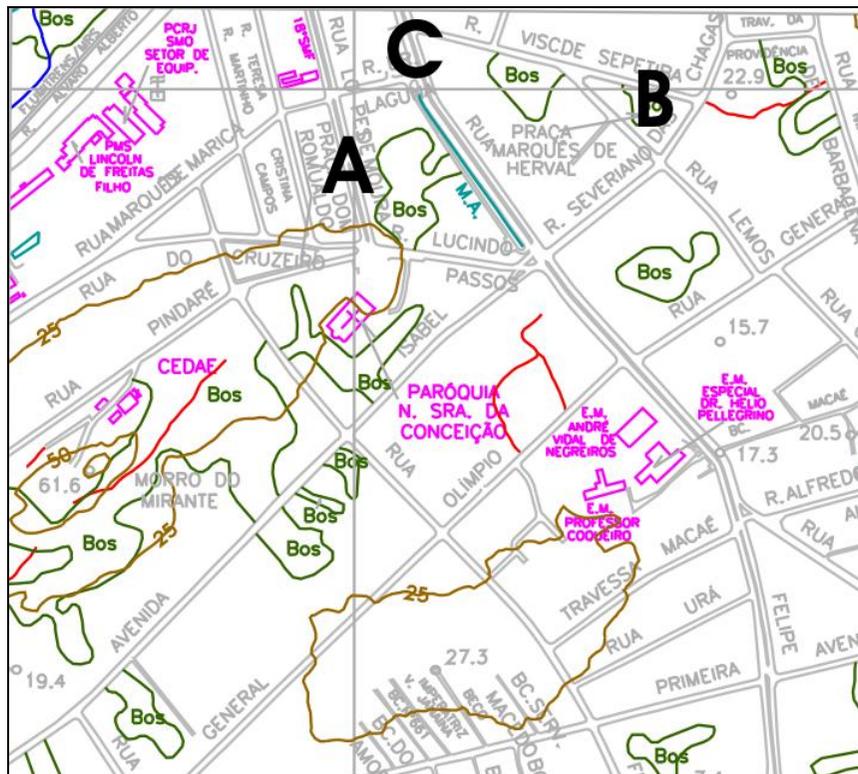


Figura 4.7.1: Localização do transecto fixo em Santa Cruz



Escala aproximada 1.20.000

Fonte: IPP, 2001.

**Ponto A:** Praça Dom Romualdo

**Ponto B:** Praça Marques de Herval

**Ponto C:** Rua Felipe Cardoso/Rua Visconde de Sepetiba

Legenda:

PLANIMETRIA  
ASPECTOS GERAIS



Logradouros



Praça/Largo



Cais, Dique

HIDROGRAFIA



Rio

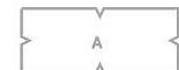


Lago



Canal

VEGETAÇÃO



Agrupamento de Árvores



Bosque

ALTIMETRIA



Curvas de nível



Ponto de Aparelho

Figura 4.8: Transeto fixo em Sepetiba

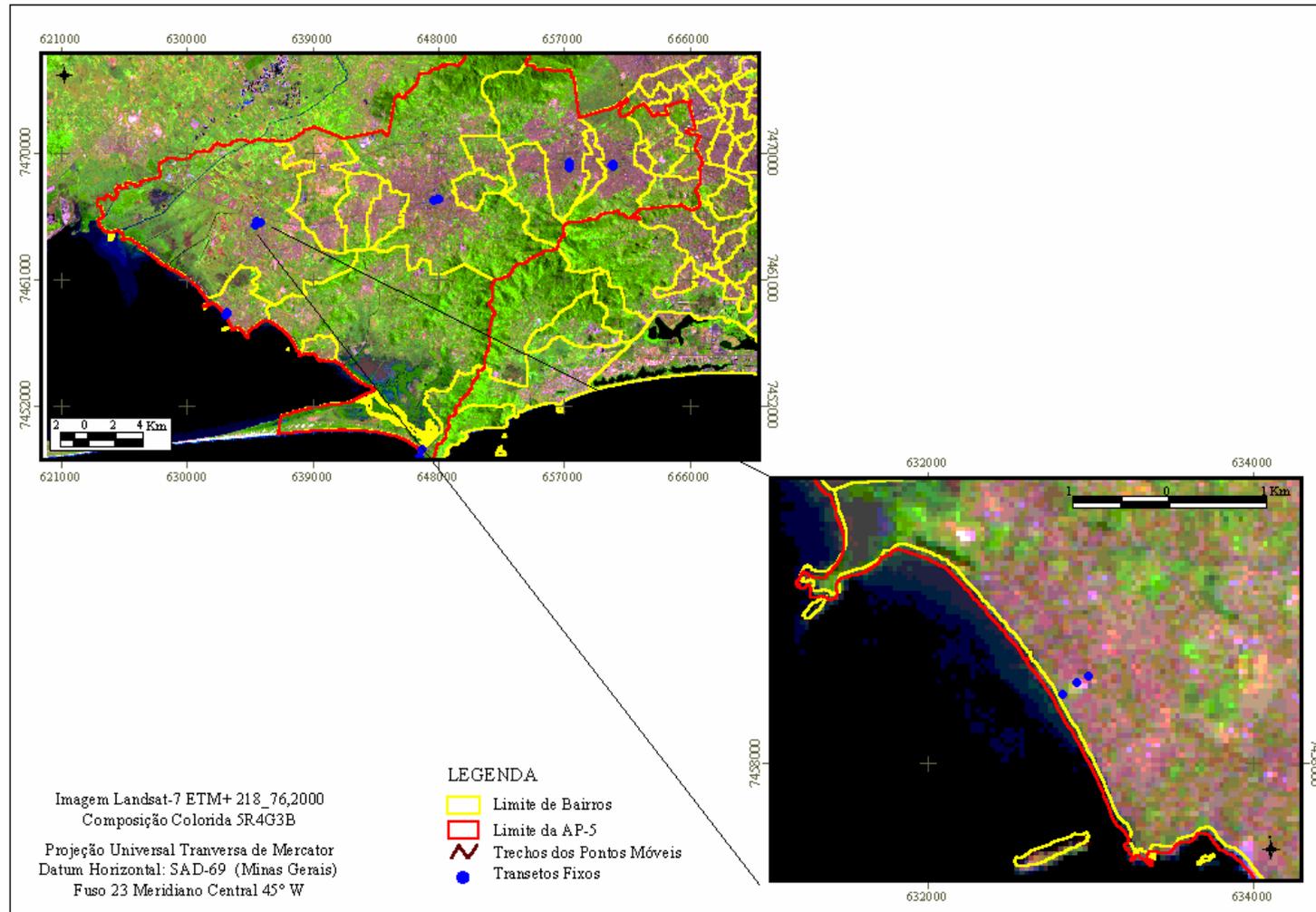
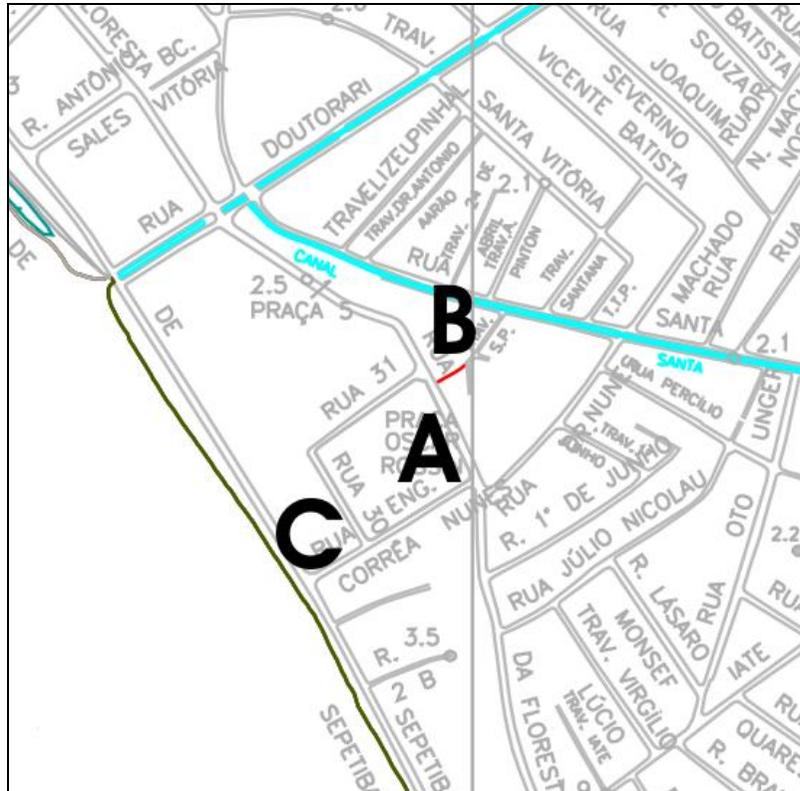


Figura 4.8.1: Localização do transeito fixo em Santa Cruz



Escala aproximada 1.20.000

Fonte: IPP, 2001.

**Ponto A:** Praça Oscar Rossini

**Ponto B:** Rua da Floresta

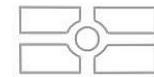
**Ponto C:** Praia de Sepetiba

Legenda:

PLANIMETRIA  
ASPECTOS GERAIS



Logradouros



Praça/Largo



Cais, Dique

HIDROGRAFIA



Rio



Lago



Canal