

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

WILLIAM PEREIRA DE LIMA

**A influência de uma estação metroviária na mudança da
cobertura da terra: estudo de caso na estação Campo Limpo
em São Paulo**

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Pereira de Queiroz Filho

São Paulo
2016

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

WILLIAM PEREIRA DE LIMA

**A influência de uma estação metroviária na mudança da
cobertura da terra: estudo de caso na estação Campo Limpo
em São Paulo**

Trabalho de Graduação Individual
apresentado ao Departamento de
Geografia da Universidade de São
Paulo como parte dos requisitos para
o grau de Bacharel em Geografia

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Pereira de Queiroz Filho

São Paulo
2016

Resumo

Dentre as modificações causadas pela introdução de um sistema de transporte público no meio urbano estão as mudanças na cobertura da terra, principalmente em seu entorno imediato. Visando alcançar uma perspectiva temporal de alteração na cobertura da terra, este trabalho utiliza-se de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para investigar as mudanças intraurbanas em um raio de 600 e 1000 metros da estação do Metrô Campo Limpo em São Paulo.

Para tanto foi realizado o mapeamento da cobertura da terra a partir de uma imagem de satélite de 2002 e uma foto aérea de 2010, ambas com alta resolução espacial. Como complemento, utilizamos dados vetoriais para verificar a variação na quantidade de residentes e lançamentos imobiliários antes e depois da inauguração da estação.

Os resultados apresentaram pouca variação na cobertura da terra diante do período proposto e em um raio mais próximo à estação de metrô. Em contrapartida, em um raio de abrangência maior de 1000 metros, temos mudanças mais significativas diante dos levantamentos socioeconômicos supracitados.

Palavras-chave: cobertura da terra, metrô, acessibilidade

The influence of a subway station on land cover change: a case study at Campo Limpo station in São Paulo

Abstract

Among the changes caused by the introduction of a public transport system in the urban form are changes in land cover, especially in the immediate surroundings. Aiming at reaching a temporal perspective of land cover change, this study uses geoprocessing and remote sensing techniques to investigate how intra-urban changes occur within a radius of 600 and 1000 meters of the Campo Limpo subway station in São Paulo.

For this purpose, the mapping of the land cover was carried out from a satellite image of 2002 and an aerial photo of 2010, both with high spatial resolution. As a complement, we used vector data to verify the variation in the number of residents and real estate launches before and after the inauguration of the station.

The results presented little variation in the land cover on the proposed period and a closer to the subway station. In another hand, within a range of more than 1000 meters, there are more significant changes to the aforementioned socio-economic surveys.

Keywords: land cover, subway, accessibility

Sumário

Resumo.....	i
Abstract.....	ii
Sumário.....	iii
Lista de Figuras.....	v
Lista de Mapas.....	v
Lista de Tabelas.....	vi
Lista de Quadros.....	vi
Lista de Gráficos.....	vi
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	vii
Agradecimentos.....	ix
1. Introdução e Objetivos.....	2
2. Aspectos Teórico-Conceituais.....	3
2.1. Considerações sobre a acessibilidade e o uso da terra no espaço geográfico.....	3
2.2. Acessibilidade e Mobilidade em Áreas Urbanas.....	5
2.3. O Uso da Terra e a Acessibilidade Promovida pelos Transportes.....	6
3. Aspectos Técnicos: SIG e Sensoriamento Remoto.....	10
3.1. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs).....	10
3.1.1. Arquitetura de um SIG.....	11
3.2. Sensoriamento Remoto.....	13
3.2.1. Definição.....	13
3.2.2. Sistemas sensores.....	14
3.2.2.1. IKONOS II.....	15
3.2.2.2. Aerofotos.....	16
3.2.3. Classificação do uso e cobertura da terra.....	18
3.2.3.1. Classificação visual e interpretativa.....	20
3.2.3.2. Classificação via Processamento Digital.....	21
3.2.4. A diferenciação do espaço intraurbano por SR.....	24
4. Caracterização da Área de Estudo.....	25
4.1. Aspectos Históricos e Sociais.....	25
4.2. A Linha 5-Lilás.....	31

4.2.1. A Estação Campo Limpo.....	34
5. Procedimentos Metodológicos.....	36
5.1. Materiais: Criação do Banco de Dados.....	37
5.2. Delimitação da Área de Estudo.....	38
5.3. Pré-processamento das Imagens.....	40
5.4. O Processo de Classificação.....	42
5.5. Avaliação da Classificação.....	46
5.5.1. Matriz de Confusão.....	46
5.5.2. Índice Kappa.....	48
6. Resultados.....	49
6.1. Do Mapeamento da Cobertura da Terra.....	52
6.2. Dos Indicadores Socioeconômicos.....	56
7. Discussões.....	63
8. Considerações Finais.....	66
Referências Bibliográficas.....	67
Anexos.....	73
Apêndice.....	75

Lista de Figuras

- Figura 1: Relação uso da terra e transportes.
- Figura 2: Visão abrangente dos softwares ligados à manipulação de dados geoespaciais.
- Figura 3: Modelo de representação vetorial e matricial para um mapa temático.
- Figura 4: Aerolevantamento longitudinal e amostras de fotografias aéreas.
- Figura 5: Sequência da classificação supervisionada utilizando o algoritmo MaxVer.
- Figura 6: A Linha 5-Lilás.
- Figuras 7 e 8: A estação do Campo Limpo ainda em obras em 2001 e a estação já consolidada em 2013.
- Figura 9: Organograma metodológico para o mapeamento do uso e cobertura da terra no entorno da estação do Campo Limpo.
- Figura 10: Segmentação para imagens de 2002 e 2010.
- Figura 11: Comparação entre as classificações MaxVer, Bhattacharya e Isoseg para a ortofoto de 2010.
- Figura 12: Localização das amostras para construção da matriz de confusão.
- Figura 13: Condomínio residencial Brink
- Figura 14: Recorte da ortofoto de 2010 para o bairro Morumbi Sul.

Lista de Mapas

- Mapa 1 – Localização da área de estudo
- Mapa 2 – Índice de Vulnerabilidade Social para os distritos do Campo Limpo e Capão Redondo
- Mapa 3 – A Linha 5 – Lilás hoje
- Mapa 4 – Classificação da Cobertura da Terra em 2002
- Mapa 5 – Classificação da Cobertura da Terra em 2010
- Mapa 6 – Total de pessoas residentes por setores censitários

Lista de Tabelas

Tabela 1: Escala de visualização da imagem aproximada, resolução espacial e exemplos de sensores.

Tabela 2: Especificações técnicas no satélite IKONOS II.

Tabela 3: Níveis de classificação.

Tabela 4: Características físicas da estação.

Tabela 5: Desempenho da classificação conforme índice Kappa.

Lista de Quadros

Quadro 1: Classificação e características dos objetos mapeados.

Quadro 2: Matriz de confusão para a imagem de satélite IKONOS de 2002.

Quadro 3: Matriz de confusão para a ortofoto de 2010.

Quadro 4: Porcentuais relativos de classes da cobertura da terra para o ano de 2002.

Quadro 5: Porcentuais relativos de classes da cobertura da terra para o ano de 2010.

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Quantidade de habitantes nos distritos de Campo Limpo e Capão Redondo.

Gráfico 2: Densidade demográfica dos distritos e São Paulo.

Gráfico 3: Comparação entre classes por ano.

Gráfico 4: Quantidade de Pessoas em Setores Censitários Completamente Inseridos na Área de Estudo.

Gráfico 5: Quantidade de Pessoas em Setores Censitários Interseccionados com a Área de Estudo.

Gráfico 6: Quantidade de unidades imobiliárias residenciais lançadas por ano em um raio de 1000 metros do Metrô Campo Limpo.

Gráfico 7: Quantidade de unidades lançadas por ano para cada raio de ação.

Gráfico 8: Tipo dos lançamentos residenciais.

Gráfico 9: Relação entre a quantidade de lançamentos imobiliários com o preço do metro quadrado.

Lista de Abreviaturas e Siglas

CEM: Centro de Estudos da Metrópole

CPTM: Companhia de Trens Metropolitanos

EMBRAESP: Empresa Brasileira de Estudo de Patrimônio

EMPLASA: Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A.

EMTU: Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos

ESRI: Environmental Systems Research Institute

FFLCH: Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas

FUNCATE: Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologias Espaciais

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGP-DI: Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna

INPE: Instituto de Pesquisas Espaciais

IPVS: Índice Paulista de Vulnerabilidade Social

LASERE: Laboratório de Sensoriamento Remoto e Aerofotogrametria

MaxVer: Máxima Verossimilhança

MDC: Malha Digital da Cidade

MDS: Modelo Digital de Superfície

MDT: Modelo Digital de Terreno

METRÔ: Empresa do Metropolitano de São Paulo

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index

PIXEL: Picture Element

PDE: Plano Diretor Estratégico

REM: Radiação Eletromagnética

RMSP: Região Metropolitana de São Paulo

SAD: South American Datum

SEADE: Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados

SIG: Sistema de Informações Geográficas

SIRGAS: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SPRING: Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas

SR: Sensoriamento Remoto

TCRP: Transit Cooperative Research Program

Unesp: Universidade Estadual de São Paulo – “Júlio de Mesquita Filho”

Unicamp: Universidade de Campinas

USGS: United States Geological Survey

USP: Universidade de São Paulo

UTM: Universal Transversa de Mercator

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar à minha família, especialmente aos meus pais, Maria Gomes e José Manoel, que além do amor e carinho incondicional, dedicaram boa parte de suas vidas para que o sonho do filho de entrar em uma faculdade pública fosse realizado.

À minha esposa Jessica pela compreensão, incentivo e companheirismo em todos esses anos de faculdade e que nunca me deixou desanimar com tantas adversidades ao longo da graduação.

Ao meu orientador Alfredo Pereira de Queiroz Filho pelos conselhos e pela disponibilidade.

Aos queridos Cicero Cardoso e Diego de Meneses, parceiros de ISA, sempre dispostos a ajudar no que fosse possível para a construção de ideias seja na parte técnica, seja na parte metodológica desta monografia.

Ao meu cunhado e cunhada, Tiago e Aline Silva, pelas conversas informais sempre importantes ao longo da graduação.

Aos meus parceiros nessa jornada de USP: Daniel Leal, Diego Tanikawa e Pedro Valente pelas provocações, discussões e amizade dentro e fora da conjuntura acadêmica.

Ao laboratório de Sensoriamento Remoto e Aerofotogrametria pela disponibilização das imagens e pelo apoio técnico sobre a classificação da cobertura da terra.

Agradeço também ao Rodrigo Zichelle pela disponibilização de seu TGI que serviu de parâmetro para o andamento desta monografia.

1. Introdução e Objetivos

Uma das concepções sobre o espaço urbano, de acordo com Correa (1989), é a junção de diversos usos da terra em sobreposição. Como não há uniformidade de todos os usos que a cidade proporciona em um único lugar, o espaço se torna fragmentado, ou seja, não há uniformidade na organização espacial. Entretanto, ele é articulado, pois cada fragmento se comunica entre si. Os sistemas de transportes realizam essa interligação entre os espaços, tornando-os mutáveis na medida em que aumenta o acesso aos outros lugares e cidades.

O aumento da acessibilidade proporcionado pela chegada de um sistema de transporte é, portanto, um importante componente da transformação da estrutura urbana. Em nosso caso, na visão intraurbana, a acessibilidade ainda pode agregar valor à terra pela capacidade de dinamização dos deslocamentos, da facilidade de acesso e da economia de tempo (VILLAÇA, 1978).

As geotecnologias, representadas pelo uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), são as ferramentas que contribuíram para a construção dessa análise espacial promovida pela acessibilidade. Decidimos analisar o entorno da estação do Metrô Campo Limpo em São Paulo por ficar localizada na periferia da cidade e pela alteração urbana observada pelo autor ao longo do tempo.

Diante disso, o objetivo geral desta monografia é identificar e comparar as diferentes coberturas da terra, por meio de imagem de satélite e aerofoto, nos anos de 2002 e 2010, no entorno da estação metroviária do Campo Limpo em São Paulo.

E os objetivos específicos são:

- A) Apresentar e comparar as mudanças no ambiente urbano através do mapa de cobertura da terra no entorno da estação do Metrô Campo Limpo em 2002 e em 2010;
- B) Discutir a mudança demográfica no entorno da estação antes e depois da instalação do Metrô Campo Limpo;
- C) Comparar dados dos lançamentos imobiliários residenciais no entorno da estação antes e depois de sua inauguração.

2. Aspectos Teórico-Conceituais

O capítulo aborda elementos definidores para o andamento da monografia. A quantidade de conceitos aqui descritos e abordados mostra a variedade contextual que o tema pode alcançar dentro da limitação de um trabalho de conclusão de curso. Começamos com observações sobre temas relacionados ao transporte urbano que têm o sentido de oferecer apoio conceitual à pesquisa: localização, mobilidade e acessibilidade juntamente com suas influências nos transportes nos usos da terra urbana.

2.1. Considerações sobre a acessibilidade e o uso da terra no espaço geográfico

De acordo com Corrêa (1989), o espaço urbano se constitui de diversos usos da terra em justaposição que formam a organização espacial da cidade. A complexidade dos usos se eleva na medida em que há interconexões entre eles. Isso torna o espaço fragmentado, uma vez que não há conjuntos de usos específicos em cada lugar, e articulado, pois suas partes mantêm relação com as demais embora variem na intensidade.

Uma das relações acontece na forma de fluxos de pessoas associados aos deslocamentos cotidianos entre áreas residenciais e os diversos locais de trabalho, ou mesmo entre os centros de consumo (lazer) e de cunho cultural (igrejas, por exemplo). Ao contrário dessa articulação física, também observamos a circulação de informações e de capital, característica do ambiente capitalista. Portanto, o espaço se realiza enquanto reflexo da sociedade que o produz (CORRÊA, 1989).

Já para Villaça (1998) o espaço, em sua visão intraurbana, funda-se ao redor das condições dos deslocamentos humanos como força de trabalho (movimentação pendular entre casa e trabalho) e como consumidor (reprodução da força de trabalho, locomoção entre casa-compras e casa-lazer). Nesse âmbito, o transporte de passageiros passa a configurar entre os temas de maior importância para análise intraurbana.

Então, ainda de acordo com o autor, temos dois tipos de espaços: o dos objetos naturais ou resultado do trabalho humano e outro delimitado pelos locais onde estes e aqueles são consumidos e produzidos. A localização, nesse sentido, é sempre especificada pelos deslocamentos dos produtos e consumidores e os locais de consumo

e moradia, através da rede de infraestrutura, comunicação e transporte. Portanto, podemos diferenciar o espaço como os que envolvem os deslocamentos (as localizações) e os que não são envolvidos por ele, ou seja, os objetos em si.

Embora seja uma necessidade primordial que as localizações tenham uma ampla rede de infraestrutura de vias, esgoto, pavimentação, energia etc., a acessibilidade ainda é mais vital para a produção das localizações. Sem ela, um local não existe, pois o deslocamento de pessoas não se ocorrerá completamente no ambiente urbano e, assim, não realizará a reprodução da força de trabalho tampouco a prospecção ao consumo. A inter-relação entre as localizações e a acessibilidade se dá pela ligação de um sistema de transporte eficaz (VILLAÇA, 1998).

A localização, entretanto, não é homogênea no território, fazendo com que haja distorções e conflitos intraurbanos quando há uma busca de espaços diferenciais para otimizar a produção e assim obter vantagens locacionais. Neste ponto, o autor converge com o pensamento de Corrêa (1989) quando este coloca a disposição desigual do espaço como, não só a procura de locais como forma de alavancar ganhos, como também uma das formas da realização da luta de classes no ambiente urbano. Para justificar essa ideia, de acordo com Villaça (1998):

Nossa tese é a de que, para as metrópoles brasileiras, a força mais poderosa (mas não única) agindo sobre a estruturação do espaço intraurbano tem origem na luta de classes pela apropriação diferenciada das vantagens e desvantagens do espaço intraurbano. A dominação através da estruturação do espaço intraurbano visa principalmente à apropriação diferenciada de suas vantagens locacionais. Trata-se de uma disputa em torno de condições de consumo. (p.45)

Embora não seja o foco desta monografia avaliar a diferenciação dos espaços para a produção capitalista, é importante salientar que a chegada de infraestruturas de transporte eleva as condições de deslocamento humano e com isso aumenta a acessibilidade ao consumo e à força de trabalho, na medida em que diminui o tempo de deslocamento. Tais correlações induzem a mudança na cobertura da terra, o que pode ocasionar transformações estruturais ao longo dos anos.

A partir da concepção de espaço, outras variáveis importantes se desdobram a partir da dinâmica dos transportes, tais como: mobilidade, acessibilidade e uso da terra relacionados ao transporte, mais especificamente metroviário. Esses pontos também servirão construção teórica para esta monografia e suas bases serão apresentadas a seguir.

2.2 Acessibilidade e Mobilidade em Áreas Urbanas

Os dois conceitos descritos no título desta seção permeiam as discussões a respeito da alteração urbana que os meios de transportes são capazes de produzir.

Com enfoque dado às definições proferidas por Vasconcellos (1998), a acessibilidade e a mobilidade caminham juntas. Em uma relação simplista temos a mobilidade como sendo a habilidade de movimentação decorrente das condições físicas e econômicas. Pessoas pobres ou com baixa capacidade locomotiva, como idosos e deficientes físicos, teriam menos mobilidade em comparação às pessoas mais ricas ou sem problemas de locomoção.

Entretanto, na prática, isso não acontece: a disponibilidade de dinheiro não é determinante se não houver um sistema de transporte adequado ao deslocamento espacial, e, na maioria dos casos, não se tem boas condições de vida quando se faz vários deslocamentos, pois isso pode refletir de forma negativa na vida dos indivíduos devido à precariedade do sistema de transportes (VASCONCELLOS, 1998).

A acessibilidade, nesse sentido, pode ser entendida como “a mobilidade para satisfazer as necessidades, ou seja, a mobilidade que permite à pessoa chegar aos destinos desejados” (VASCONCELLOS, 1998, p.31). Podemos ainda desmembrar esse último conceito em uma escala mais abrangente e outra menos abrangente. Estamos falando da macro e microacessibilidade, respectivamente.

A primeira refere-se à facilidade em alcançar construções ou locais de uso que as pessoas desejam visitar. Isso se reflete na maior possibilidade de destinos a serem alcançados, relacionando as variedades econômicas, políticas e culturais vinculadas a cada fragmento do espaço urbano. Logo, a macroacessibilidade tem uma relação direta com a dimensão do complexo viário e com os transportes disponíveis. A segunda está voltada à facilidade de acesso direto aos pontos de destino, como, por exemplo, um ponto de ônibus ou uma estação de Metrô (VASCONCELLOS, 1998).

O autor ainda exemplifica qualitativamente as condições para a realização do acesso macro e micro. No que o autor chamou de tempos de viagem, a macroacessibilidade pode ser expressa pelo

tempo para acessar o veículo no início da viagem; o tempo de espera, no caso do transporte público; o tempo dentro do veículo, ou caminhando, no caso de

viagem à pé (reflete a fluidez no deslocamento); o tempo para acessar o destino final, após deixar o veículo. (VASCONCELLOS, 1998, p.80)

A microacessibilidade está representada pelo primeiro e quarto tempos, sendo, assim, um componente da macroacessibilidade. No caso dessa pesquisa, iremos não só considerar a questão da microacessibilidade, ao levarmos em conta a mudança na cobertura da terra no percurso de acesso à estação de Metrô, mas também da macroacessibilidade no sentido do alcance que a estação pode proporcionar ao seu entorno como, por exemplo, o aumento de investimentos imobiliários.

2.3 O Uso da Terra e a Acessibilidade Promovida pelos Transportes

Conforme seleção de autores citados por Briassoulis (2000), temos uma distinção entre a cobertura da terra (*land cover*) e o uso da terra (*land use*). A primeira trata das fases superficiais e subsuperficiais ligadas ao meio biofísico da terra como água, solo ou vegetação. Posteriormente incluíram-se estruturas humanas como aspectos do ambiente físico como edificações e pavimentos. A segunda envolve tanto a manipulação dos atributos biofísicos da terra quanto a forma como ela é usada pela sociedade, ou seja, é o emprego humano em um tipo de cobertura da terra que pode se traduzir em atividades socioeconômicas, tais como uso residencial, industrial e para o lazer etc.

Para Jensen (2009), o uso refere-se à utilização “cultural”, ou seja, o modo como é usada pelos seres humanos, enquanto que a cobertura está ligada aos materiais biofísicos da superfície terrestre. Um parque pode ter uma cobertura florestada (forma) e o seu uso pode ser recreativo (função), por exemplo. Por outro lado, a palavra terra está aqui especificada no sentido mais amplo: como suporte às atividades humanas, podendo incluir o solo.

A inter-relação entre o uso da terra e transporte é, conforme relata Gualda (1994), uma causalidade cíclica (figura 1). Quando há uma inserção de um sistema de transporte, cria-se um aumento da acessibilidade a este local, causando nos arredores uma transformação no uso da terra e também um maior valor da terra. Com o aumento da procura por esse lugar, as viagens geradas consequentemente são intensificadas, ocasionando congestionamentos. Logo, a pressão pela melhora no fluxo de veículos e pessoas leva a construção de mais sistemas de transportes.

O autor ainda ressalta que a acessibilidade é um fator a ser considerado na instalação de empresas, pois está diretamente relacionada com a logística de distribuição e produção, além de ter impacto nos custos da própria produção e na comercialização dos serviços. Sendo assim, os transportes podem ser considerados, em geral, agregadores no sentido da valorização da terra e em seu entorno através da capacidade de incremento que a acessibilidade proporciona às pessoas e aos meios de produção.

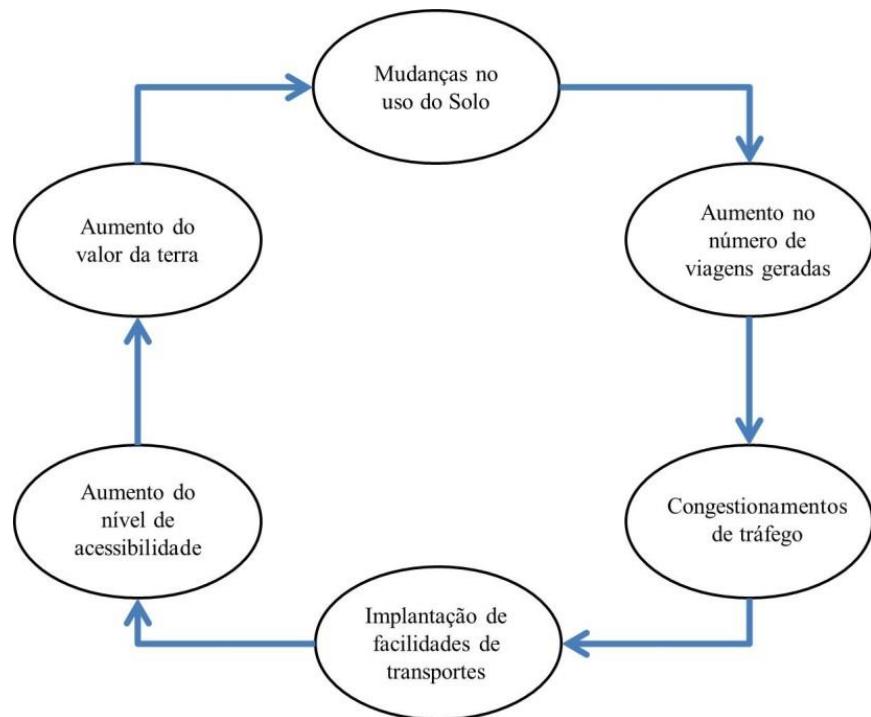


Figura 1: Relação uso da terra e transportes, adaptado de GUALDA (1994).

Entretanto, não são somente os meios de produção que se beneficiam do aumento da acessibilidade. Estudos mostram a relação dessa categoria com a valorização da terra nas proximidades dos sistemas de transportes. A transformação do uso da terra com base na valorização e diversificação dos imóveis, após a maior acessibilidade provocada por linhas de Metrô em São Paulo, foi investigada por Macêdo (2010).

A autora analisou o entorno das estações de três linhas do Metrô (vermelha, verde e azul) para averiguação dos impactos por empreendimentos verticais e na variação das áreas construídas. O resultado da comparação antes e depois da construção do Metrô mostra uma maior atuação imobiliária nos arredores da estação nos cinco

primeiros anos de sua abertura. Outra conclusão foi o aumento das construções verticais e a natural queda nos usos residenciais horizontais.

A pesquisa empírica de Nigriello (1977) limitou-se a no máximo 1 quilômetro de cada lado da primeira linha inaugurada em São Paulo: a Norte-Sul denominada 1-Azul. As variáveis consideradas foram o nível de renda dos habitantes, as restrições de uso e a ocupação do solo e a avaliação do entorno físico, dos serviços e equipamentos oferecidos no local – além da própria acessibilidade – antes e depois da construção do Metrô. Após a correlação de dados através de análises estatísticas, a arquiteta concluiu que, de maneira geral, há uma relação diretamente proporcional entre acessibilidade e o preço do solo, ou seja, quando há dificuldade no acesso ao centro, diminui-se o preço do solo.

A influência da estação do Metrô no aumento das construções imobiliárias não é, porém, uma relação direta e simples de ser mensurada. As duas autoras citadas ressaltam outras características importantes ao estudar tais componentes urbanos: a acessibilidade e o uso da terra em suas diversas facetas. Outros interesses como a especulação imobiliária e a interferência do Estado sob a forma econômico-financeira (investimentos públicos) e jurídica (lei do zoneamento, por exemplo), também são parâmetros para a investigação para a mudança no uso da terra.

Já Lima Neto (2011) analisou dados de imóveis entre 2003 e 2010 localizados em um raio de 500 metros de estações do sistema metroviário do Distrito Federal e fora dele. Houve também uma classificação de usos e comparação de valores dos imóveis e de terrenos colocados à venda. Ao final do estudo o autor argumenta sobre duas características para a valorização do solo frente à instalação do Metrô: a proximidade e o potencial uso do terreno. A primeira influencia o valor entre diferentes usos com a variação de preço maior dos terrenos mais próximos ao Metrô em relação aos mais distantes. Além disso, a valorização tem um limite de influência ao qual pode variar entre 300 e 500 metros a depender dos efeitos negativos da estação como, por exemplo, o ruído. O segundo está relacionado com as normas de uso e ocupação do solo, isto é, se a área for residencial e muito próxima à estação, o valor será menor se compararmos com outro uso atribuído ao terreno, como o comercial.

Deste modo, pode-se considerar que

o processo de implantação de um sistema de transporte público tem relação direta com a estruturação urbana, com a concentração e desconcentração do desenvolvimento econômico e social e, consequentemente, com os impactos decorrentes de sua implantação, como a valorização do solo (LIMA NETO, 2011, p.168)

Diante da discussão promovida pelos autores citados acima, a acessibilidade ao transporte constitui um papel determinante na definição do uso e preço da terra, por envolver um bem importante e caro para os habitantes da cidade: o tempo. Sendo o transporte responsável por diminuir as distâncias e o tempo gasto para chegar ao lugar desejado, consequentemente ele pode trazer mudanças nos padrões da estrutura urbana, ou seja, dos arranjos internos dos usos da terra (VILLAÇA, 1978).

A acessibilidade de determinada localização é função do tempo dos diversos percursos a partir dessa localização, da frequência com que esses diversos percursos precisam ser feitos, da frequência do meio de transporte disponível (horário, por exemplo) e do custo do transporte em si. (VILLAÇA, 1978, p.21)

Villaça (1998) e o já supracitado Corrêa (1989) abordam com mais ênfase a questão dos agentes idealizadores da interferência do uso da terra no espaço urbano. O primeiro coloca a localização e os espaços urbanos como categorias quantificáveis, isto é, em mercadoria pelo mercado imobiliário, além de dirigir ao Estado o papel de regulamentador e organizador do uso do solo.

Nas economias de mercado o arranjo do uso do solo em qualquer área urbana é um reflexo da disputa por locais por parte dos diversos usos operando através do sistema de preços. Espaço e localização são comodidades econômicas sujeitas às forças da oferta e procura. [...] A regulamentação do uso do solo pelo poder público visa tão somente conter os chamados exageros ou distorções do mecanismo de mercado, mas nunca violenta-lo e muito menos eliminá-lo (VILLAÇA, 1978, p.12 e p.13).

Mais voltado para a organização da cidade como um todo, o segundo concorda com Villaça na atribuição do Estado como regulamentador, através de políticas públicas, porém o oferecimento de tais serviços públicos se dá de modo desigual no espaço, sendo uma pauta de reivindicações da sociedade urbana. Dessa forma, o Estado não aplica essas medidas para os princípios de equiparação social, econômico e espacial, “sua ação é marcada pelos conflitos de interesses dos diferentes membros da sociedade de classes, bem como das alianças entre eles” (CORRÊA, 1989, p.26).

3. Aspectos Técnicos: SIG e Sensoriamento Remoto

As geotecnologias

são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informação com referência geográfica [...], são compostas por soluções em hardware, software e peopleware que juntas constituem poderosas ferramentas para tomada de decisão (ROSA, 2005).

As relações entre atributos espaciais, em anos distintos, em um ambiente informacional computadorizado, foi a metodologia proposta neste estudo. Entretanto, antes de chegarmos a ela, precisamos expor técnicas norteadoras que, através dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e do sensoriamento remoto, foram fundamentais para a extração de informações via comparação temporal aqui realizada.

3.1 Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs)

Por manusear informações georreferenciadas, os chamados Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) realizam o tratamento de dados geográficos em ambiente computadorizado através de características alfanuméricas e pela localização espacial. É utilizado para a produção de mapas, como suporte para análise geográfica dos fenômenos e como um banco de dados espaciais (CÂMARA; QUEIROZ, 2000). Em outras palavras podemos definir os SIGs como

um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, visualizar, analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido. (FITZ, 2008. p. 23)

No intuito de completar a definição e ressaltar a importância computacional-matemática, Silva (2003) apresenta três pontos centrais que todo SIG deve ter. São eles: a) necessitam de um meio digital para o armazenamento, manipulação, visualização e transformação de dados, sendo a informática o meio para isso; b) os dados precisam estar referenciados com coordenadas geográficas existentes com controle de erros e possuírem uma base integrada com os demais dados (banco de dados); c) precisam conter funções de análise que vão da álgebra lógica (soma, subtração etc.) à álgebra não cumulativa (operações lógicas).

Nesse âmbito, é necessário introduzir o conceito de geoprocessamento que também está vinculado ao tratamento e à manipulação de dados geográficos por

computador. Entretanto, se trata de um termo mais amplo que engloba todas as tecnologias de cunho geográfico, tais como: processamento digital de imagens seja de satélite seja de fotografias aéreas, sistemas de posicionamento global (GPS) e os SIGs. Portanto, o SIG é uma técnica utilizada pelo geoprocessamento, pois este pode englobar todas as demais, porém nem todo geoprocessamento é um SIG (ROSA, 2004).

3.1.1 Arquitetura de um SIG

Compreendido numa ferramenta capaz de apoiar a tomada de decisões pelo usuário, o SIG (que pode ser entendido como software) possui uma estrutura baseada na interação homem-máquina para que melhor atenda os interesses do usuário (FITZ, 2008).

A estrutura geral de um SIG (figura 2) relaciona hierarquicamente, como já foi dito anteriormente, uma interface com usuário, consultas de dados e análises espaciais em integração uns com os outros. Tudo isso com o suporte de um banco para armazenamento e recuperação de dados. No nível intermediário, o SIG necessita de medidas e formas de processamento de dados, no qual vale a sequência: entrada, edição (manipulação), análise, visualização e saída, e, em um nível mais interno do sistema, a gerência do banco de dados para armazenamento de feições e seus atributos (CÂMARA, 2000).

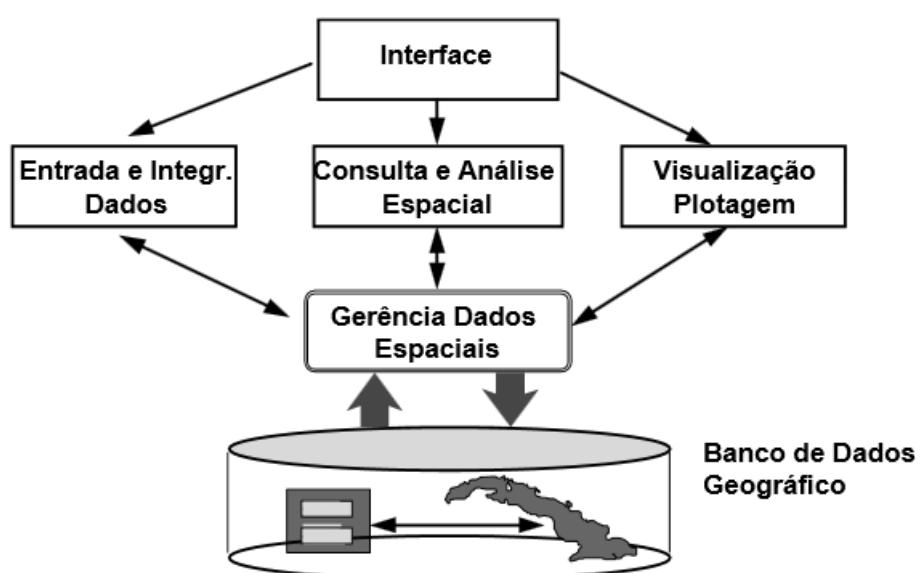


Figura 2: Visão abrangente dos softwares ligados à manipulação de dados geoespaciais, de acordo com Câmara (2000).

Na entrada de dados para consulta e análise temos a distinção de quatro tipos de dados espaciais e alfanuméricos, adquiridos por meio digital, que fazem parte de um SGBD (Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados), são os elementos: textuais, numéricos, vetoriais e matriciais (ou *raster*) (SILVA, 2003). Iremos destacar aqui apenas os dois últimos; a figura 3 apresenta um modelo de ambos.

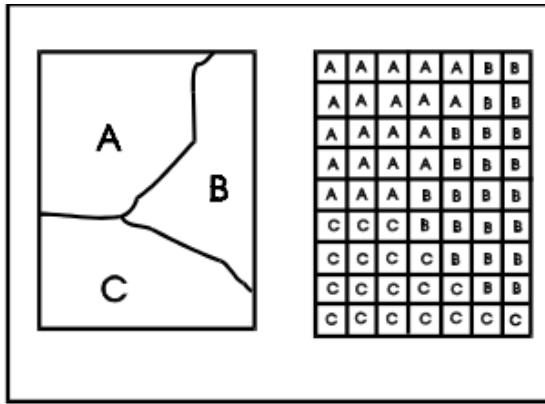


Figura 3: Modelo de representação vetorial e matricial para um mapa temático (CÂMARA, 2000).

O modelo vetorial é representado por coordenadas cartesianas de cada objeto geográfico, através de três formas: ponto, linha e polígono. O ponto é constituído por um par de coordenadas espaciais x e y e é comumente utilizado para identificar localizações no espaço como, por exemplo, a estação do Metrô Campo Limpo. A linha é um aglomerado de pontos interligados como o arco de representação da Linha 5-Lilás. Uma área (ou polígono) é a formação de várias linhas poligonais conectadas, de modo que o primeiro ponto da linha também seja o último, fechando uma área. Estes são utilizados para representar unidades espaciais como bairros, distritos ou setores censitários (DAVIS JUNIOR; QUEIROZ, 2005).

Na estrutura *raster*, o espaço está representado por uma referência gráfica do mundo real pelos pixels ou células postas em uma grade matricial regular $P(m, n)$ composta por m colunas e n linhas. Para cada célula é atribuído um número vinculado à linha, outro à coluna e outro valor correspondente à feição estudada. Dessa forma, o computador pode reconhecer o elemento ou o objeto pertencente a uma determinada célula (DAVIS JUNIOR; QUEIROZ, 2005). São exemplos de modelo matricial as imagens de satélite e as fotografias aéreas.

3.2. Sensoriamento Remoto

3.2.1 Definição

Novo (1992) explica o conceito de Sensoriamento Remoto (SR) como um sistema tecnológico que consegue obter informações sobre objetos sem nenhum contato físico entre eles. O ser humano, portanto, não é parte essencial para a coleta e detecção dos dados, sendo as variações na força gravitacional, a distribuição de ondas acústicas e as distribuições da energia eletromagnética, principalmente as vindas do sol, as formas responsáveis pela aquisição de dados.

Ainda de acordo com a autora, uma definição mais completa também incorpora instrumentos sensoriais e a relação intrínseca entre a energia e as substâncias dos elementos da superfície terrestre, além de programas e técnicas para a análise dos dados obtidos.

Podemos [...] definir Sensoriamento Remoto como sendo a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações (NOVO, 1992, p.2).

Complementando a definição acima, Meneses (2012) ainda apresenta condições lógicas para que haja aquisições de informações por meio do SR, em três níveis inter-relacionados: i) condição: inexistência de matéria entre o objeto e o sensor; ii) consequência: propagação da informação no espaço vazio; e iii) processo: energia eletromagnética como elo de comunicação entre objeto e sensor, a única apta a se transportar pelo espaço.

Ao atingir o objeto, o fluxo de energia eletromagnética interage com as substâncias que o compõe, sendo total ou parcialmente refletido, absorvido e transmitido por ele. Dessa forma, a capacidade do objeto em absorver, refletir e transmitir a radiação eletromagnética (REM) é chamada de absorância, reflectância e transmitância, nesta ordem. Os valores dessas grandezas variam entre 0 e 1 e são adimensionais (MORAES, 2002).

A reflectância de um alvo, razão entre a quantidade de energia refletida e incidente e é a responsável por determinar a assinatura espectral dos objetos imageados. Tal assinatura distingue e reconhece os diferentes tipos de propriedades biológicas e

físico-químicas, separando-os em faixas do espectro eletromagnético. Em outras palavras, tentamos demonstrar até aqui que a interação da REM com os alvos na superfície terrestre depende das características de cada um dos alvos e do ambiente ao seu redor (MOREIRA, 2007).

Consequentemente, quanto maior o número de componentes parecidos e diversos, mais complexa será a distinção entre os objetos. O ambiente urbano, nesse sentido, promove a confusão de classes, tornando a classificação das imagens mais difícil. Esse assunto veremos mais adiante.

3.2.2. Sistemas sensores

O sistema sensor é um equipamento capaz de registrar e transformar a energia em sinais passíveis de serem convertidos em informação sobre o ambiente analisado (NOVO, 1992). A detecção dos objetos pelos sensores imageadores⁵ pode ser separada com relação a sua resolução em quatro formas distintas, conforme relata Meneses (2012): i) pela extensão da área observada pelo sensor; ii) pelo comprimento das ondas; iii) pelos números digitais expressos pela radiância emitida pelo alvo; e iv) pela data que a imagem foi concebida. Esses quatro níveis são representados respectivamente pelas resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal, as quais serão detalhadas a seguir, com base em Meneses (2012).

- I) Resolução Espacial: representa a capacidade do sensor em reconhecer objetos. Em uma relação inversamente proporcional com a área imageada e o campo de visada, temos: quanto menor for a área identificada em uma cena, maior será a resolução espacial. A tabela 1 expõe a relação entre a resolução espacial de vários sensores e a escala apropriada para o estudo.

Escala	Resolução espacial (m)	Sensor
1: <10.000	1,0	Ikonos Pancromático
1:10.000	2,5	Spot Pancromático
1:20.000	5,0	Ikonos XS
1:40.000	10	Spot HRG

⁵ Sensores que fornecem como produto uma imagem com informações sobre a resposta espectral do terreno investigado. (Moreira, 2007)

1:75.000	20	CBERS
1:100.000	30	Landsat (faixa óptica)
1:200.000	60	Landsat TIRS (termal)
1:300.000	90	Aster TIR (termal)

Tabela 1: Escala de visualização, a correspondente resolução espacial e exemplos de sensores. Adaptado de Meneses (2012).

- II) Resolução Espectral: está ligada à quantidade e à largura de bandas espectrais. Quanto mais um sensor for capaz de distinguir faixas do espectro eletromagnético, maior será a capacidade de discriminação dos diversos materiais que compõe o objeto.
- III) Resolução Radiométrica: corresponde aos níveis de cinza contidos na imagem. Expressam a eficiência do sensor em identificar e registrar as diferenças na energia refletida e/ou emitida pelos componentes da cena. A quantificação dessa medida é normalmente expressada pela quantidade de dígitos binários (*bits*). Se a imagem contiver 8 *bits* ($2^8=256$ níveis de cinza) terá um nível de detalhe maior da que tiver 6 *bits* (64 níveis de cinza), por exemplo.
- IV) Resolução Temporal: diz respeito à quantidade de vezes que o sensor observa uma mesma superfície em um determinado período. Quanto mais rápido o sensor passar pela mesma área, maior será sua resolução espacial.

3.2.2.1 IKONOS II

O sistema sensor orbital IKONOS II será o único satélite utilizado para a realização deste estudo. Lançado em 24 de setembro de 1999 pela empresa Space Imaging, o satélite americano foi uns dos pioneiros em oferecer imagens com alta resolução espacial e radiométrica com, respectivamente, 1 metro – na combinação pancromática – e 11 bits, o equivalente a 2048 níveis de cinza (MOREIRA, 2007). A tabela 2 mostra mais características do satélite.

IKONOS II	Características
Lançamento	24 de Setembro de 1999
Altitude da órbita	681 km
Órbita	hélio-síncrona
Período	98 minutos
Resolução espacial e Bandas espectrais	Pancromática: 450 a 900 nm Azul: 450 - 520 nm Verde: 520 - 600 nm Vermelho: 630 - 690 nm Infravermelho Próximo: 760 - 900 nm
Largura de faixa	11,3 km no nadir ⁷
Tempo de revisita	3 dias aproximadamente
Acurácia posicional	15 m CE90 sem pontos de controle; 9 m CE90 (medido)
Estereoscopia	Sim

Tabela 2: Especificações técnicas no satélite IKONOS II. Retiradas do site: <<http://www.spaceimaging.com.br/novosite11/ikonos.php>>. Acesso em: 29/07/2015.

A vantagem da capacidade do satélite em oferecer imagens nessas resoluções foi a diversificação dos estudos em grandes escalas (maiores que 1:50.000). Na medida em que há um maior detalhamento, da discriminação e contraste dos objetos na imagem, mais minuciosos podem ser os estudos. As aplicações abrangem vários campos do conhecimento, segundo Liu (2006), dentre eles: mapas de cadastramento dos usos do solo, apoio à defesa militar, projetos ambientais, urbanísticos e paisagísticos em grande escala, demarcação e fiscalização de propriedades particulares e públicas, dentre outras.

Ainda de acordo com o autor, os satélites com essas características complementam as fotos aéreas no sentido de facilitar o monitoramento da evolução de usos do solo urbano em uma escala que pode chegar a 1:5.000.

3.2.2.2 Aerofotos

Outro sensor possível e utilizado neste trabalho são as câmeras fotográficas cujas imagens são realizadas no nível suborbital (aeronave). A vantagem das fotografias

⁷ “O termo é utilizado para definir a perpendicular à superfície terrestre a partir do satélite” (FIGUEIREDO, 2005).

aéreas está na alta qualidade apresentada em seus produtos, além de oferecerem alta resolução espacial:

Os sistemas fotográficos, geralmente adaptados em aviões, permitem distinguir objetos muito próximos, separados entre si por alguns metros, ou até por distâncias maiores, dependendo da distância entre a câmera e a cena fotografada. Além da resolução espacial, quando tomadas em sobreposição, as fotografias possibilitam a visão estereoscópica, o que admite a produção de mapas e outros trabalhos, a partir do processo de restituição (LUCHIARI; KAWAKUBO; MORATO, 2005, p.40).

Podemos caracterizar as aerofotos pelos tipos de filmes utilizados e com relação à orientação do eixo óptico da lente da câmera. Quanto ao primeiro tipo, vamos destacar apenas a que será utilizada aqui: a colorida normal quando apresenta a real cor dos objetos presentes na imagem ou falsa cor; ambas estão exemplificadas na figura 4. Neste caso, para evitar interferências atmosféricas, é importante que o voo seja mais próximo do terreno, aumentando a escala de abrangência. (FITZ, 2008)

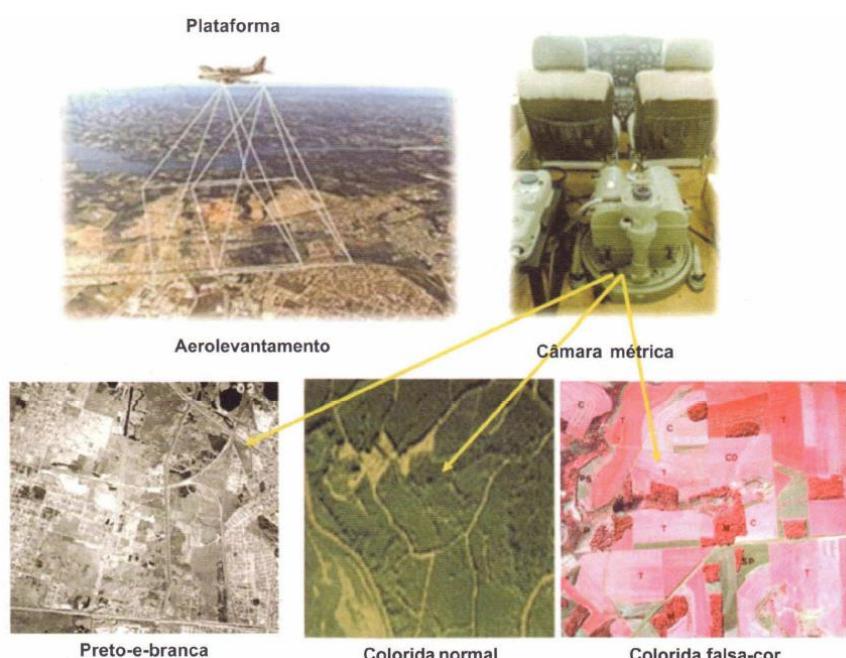


Figura 4: Aerolevantamento longitudinal e amostras de fotografias aéreas. (MOREIRA, 2007)

De acordo com o IBGE (1998), a segunda caracterização das fotos aéreas diz respeito ao eixo de inclinação das câmeras que podem ser oblíquas, quando é possível se ver a linha do horizonte, ou verticais, quando o eixo óptico está de modo perpendicular ao solo. Esta inclinação é a mais executada porque causa menores deformações na imagem resultante.

Jensen (2009) resume a importância da utilização das fotos aéreas para o acompanhamento temporal do espaço, seja pela evolução urbana a partir do adensamento humano, seja pelo fator ambiental a partir de desmatamentos, incêndios ou catástrofes naturais.

Uma única fotografia aérea ou imagem regista a atmosfera e a superfície terrestre da Terra em um momento único no espaço e no tempo, que não se repetirá novamente. Estas fotografias ou imagens são valiosos registros históricos de fenômenos naturais e da atuação humana. Quando adquirimos imagens múltiplas da Terra, podemos comparar o imageamento histórico com o novo para determinar se há qualquer mudança sutil, drástica ou particularmente significante (Jensen e Cowen, 1999; McCoy, 2005). Normalmente o estudo das mudanças aumenta o nosso entendimento sobre os processos naturais e induzidos pelo homem sobre uma paisagem. O conhecimento sobre as dinâmicas espacial e temporal dos fenômenos permitiu o desenvolvimento de modelos de previsão, que consideram o que aconteceu no passado e o que poderá acontecer no futuro (Lunetta e Elvidge, 1998). (JENSEN, 2007, p.132)

3.2.3 Classificação do uso e cobertura da terra

Diversos são os sistemas de classificação utilizados para as diferentes representações do uso e cobertura da terra. A maioria deles dispõe de níveis hierárquicos para a classificação, pois oferecem maior capacidade de organizar grandes níveis de informação, ao passo que têm início em classes mais abrangentes e são divididos em subclasses mais detalhadas. Em cada subnível, as classes devem ser exclusivas (DI GREGORIO, 2000).

Um tipo de classificação hierarquizada foi proposta por Anderson *et. al.* (1979) a qual foi orientada para a distinção entre as coberturas da terra (JENSEN, 2009). Esse sistema foi elaborado para ser usado com técnicas de sensoriamento remoto, servindo de base para todos os tipos de escala de acordo com os níveis classificatórios: quanto maior for a escala, mais níveis terá a classificação e mais detalhada ela será (ANDERSON *et. al.*, 1979). Tal classificação foi adotada pelo Serviço Geológico Americano (USGS) e também servirá de base para esta pesquisa.

A partir dos dados fornecidos por Jensen (2009) e Anderson *et. al.* (1979), a tabela 3 mostra os três níveis adotados para a classe “terra urbana ou construída”, por ser a categoria mais interessante para este estudo. As demais classes como “terra agrícola” ou “água” não foram descritas, mas apenas citadas. Optamos também por ocultar o quarto nível por demandar um detalhamento desnecessário.

Nível de Classificação I	Nível de Classificação II	Nível de Classificação III	Exemplos	
1. Urbana ou Construída	1.1 Residencial	1.1.1 Unifamiliar	Atendida por vias simples, com asfalto, jardins e quintais.	
		1.1.2 Multifamiliar	Muitas famílias moram no mesmo local, são comuns a todos as áreas de lazer, estacionamento e jardins (ex: condomínio).	
	1.2 Comercial e Serviços	1.2.1 Comercial	Lojas automotivas, supermercados, setor financeiro, drogarias, restaurantes, etc.	
		1.2.2 Serviços públicos e privados	Administração pública, educacional, postos de saúde.	
	1.3 Indústria	1.3.1 Extração	Dragagem, mineração.	
		1.3.2 Processamento	Mecânico, químico e térmico.	
		1.3.3 Fabricação	Pesada: maquinário; leve: montagem, eletrônicos, frigoríficos.	
	1.4 Transporte, comunicações e utilidades	1.4.1 Transporte	Rodovias, ferrovias e aeroportos.	
		1.4.2 Comunicações	Placas, outdoors, cabos.	
		1.4.3 Infraestrutura	Petróleo, gás natural, água.	
	1.5 Complexos industriais e comerciais	1.5.1 Industrial	Parques industriais	
		1.5.2 Comerciais	Shoppings centers	
1.6 Terra urbana, mista ou construída				
1.7 Terra urbana, diversos ou construída				
2. Terra Agrícola				
3. Pastagem				
4. Florestas				
5. Corpos d'água				
6. Terras alagáveis				
7. Terra Estéril				
8. Tundra				
9. Neve Perene ou Geleiras				

Tabela 3: Níveis de classificação conforme Anderson *et. al.* (1979).

3.2.3.1 Classificação visual e interpretativa

A interpretação visual de imagens e o processamento digital são subsídios para a classificação do uso e cobertura da terra. Como vamos trabalhar com o ambiente computadorizado, as classificações via software serão os produtos principais do trabalho. Entretanto, nem sempre as técnicas de análise automatizadas são totalmente capazes de extrair a gama de informações de uma imagem de alta resolução espacial. Por isso ressaltamos a importância da interpretação visual através de critérios para identificação de alvos: esta é complementar às classificações digitais ainda mais quando a área é de conhecimento do fotointérprete (Campbell, 2005 *apud* Beltrame, 2008).

Portanto, o objetivo é identificar objetos e chegar ao seu significado. Nesse sentido, a fotointerpretação envolve três fases de análise: a fotoleitura, a fotoanálise e a própria fotointerpretação. A primeira tem a intenção de reconhecer as diversas feições da paisagem, sem a preocupação de identificação dos alvos. Já a segunda, consiste na avaliação e ordenação dos objetos com a criação de grupos de feições de mesmas características. Por último, a terceira se realiza através do raciocínio lógico, dedutivo e induutivo do analista para a compreensão e explicação de cada alvo da foto (MOREIRA, 2007).

Passaremos de modo sucinto às principais características observadas na fotointerpretação de acordo com Jensen (2009), Novo (1992) e Moreira (2007).

- Tonalidade e cor: podemos identificar um objeto pela diferença de cor nas imagens coloridas ou pelas variações de tons de cinza nas imagens em preto e branco. É necessário, porém, atentarmos que tanto a cor quanto a tonalidade relativos a um alvo podem sofrer variações atmosféricas ou até mesmo na aquisição dos dados o que pode deixar de ser representativo. Por isso, outras características devem ser associadas para aumentar a qualidade da identificação.
- Forma: trata das características geométricas do objeto que podem ser linear, curvilínea, circular, retangular, radial, amorfa, etc. Devemos salientar a importância da escala: a visualização de uma imagem pode indicar grandes feições se for observada em grande escala; essa mesma feição pode ser diferente em pequenas escalas.
- Tamanho: corresponde à dimensão do objeto, ou seja, seu comprimento, largura, extensão e área. Pode ser numérica ou relativa.

- Textura: definida como a variedade de tonalidades ou cores no arranjo e disposição dos pequenos objetos em repetição ou esses mesmos objetos em superfícies irregulares. Ela oferece a impressão visual do liso ao rugoso dependendo das características dos alvos, da resolução espacial e da escala.
- Padrão: refere-se ao arranjo espacial das feições no terreno, mostrando uma organização peculiar que o distingue dos demais. Podem ser naturais (hidrografia) ou antrópico (divisão de quarteirões) e podem estar dispostos de modo aleatório ou sistemático.
- Sombra: é a silhueta do objeto causada pela iluminação lateral à incidência de luz solar. Esta característica muitas vezes dificulta a interpretação, ao ocultar parte do alvo ou dos demais alvos do entorno. É responsável por fornecer a grandeza dos objetos.

3.2.3.2 Classificação via Processamento Digital

À medida que o número de bandas e resolução espectral vai se aprimorando, as técnicas de classificação digital de imagem surgem para automatizar o processo de extração e identificação de informações, além de eliminar a subjetividade da interpretação humana, poupando esforço, tempo e trabalho para o analista (MENESES; SANO, 2012).

As técnicas de classificação digital teriam, dessa forma, o objetivo de tornar o processo de mapeamento ou reconhecimento de características da superfície menos subjetivo e com maior potencial de repetição em situações subsequentes (NOVO, 1992, p.235).

O processo para se classificar uma imagem digital consiste na associação dos pixels em uma classe espectral específica. Cada classe compõe um conjunto de feições identificados na área imageada que são correspondentes a uma entidade geográfica como a floresta. A variação e o agrupamento dos números digitais relativos aos pixels, realizados por algoritmos, formam as classificações digitais. Um modo de diferenciar os tipos de classificações é separá-los em classificadores pixel a pixel e orientado por regiões.

Na classificação pixel a pixel, o software utiliza somente a informação espectral do pixel para encontrar áreas homogêneas (de mesma classe). Já os classificadores

orientados por regiões consideram, além da variação espectral, a textura do objeto imageado, estabelecendo uma relação espacial entre os pixels e sua vizinhança que se aproxima da classificação visual realizada pelo foto-intérprete (INPE, 2007).

Dentro desses dois grupos podemos diferenciar a classificação como sendo supervisionada e não supervisionada. Nos parágrafos abaixo veremos primeiro os classificadores supervisionados e não supervisionados e, posteriormente, detalhar um pouco mais a classificação por regiões.

A classificação não supervisionada necessita de pouca participação do analista no processo de classificação. O reconhecimento de classes de objetos é realizado pelo SIG para obter agrupamentos de pixels com características espetrais similares, suprindo a demanda do analista de duas maneiras: i) quando não há conhecimento prévio da área estudada e ii) quando é preciso fazer uma exploração da imagem a fim de saber quais são as classes de alvos presentes na imagem, sem maiores esforços. Os dois principais algoritmos para a realização da classificação não supervisionada são: ISODATA e o *K-médias*, ambos se baseiam na técnica da distância mínima. (MENESES; SANO, 2012)

Já na supervisionada, o analista tem participação direta no reconhecimento de feições e suas respectivas assinaturas espetrais. Aqui é necessário fazer o treinamento por amostragem para que o algoritmo possa reconhecer e realocar os pixels em classes pré-determinadas (MOREIRA, 2007). Dentre os algoritmos utilizados nessa classificação, o mais presente nas análises é o método da máxima verossimilhança (MaxVer). Liu (2006) observa a efetividade desse algoritmo quando se tem uma quantidade maior de pixels em cada amostra, além de recomendá-lo quando o analista conhece bem a área estudada para que se tenha classes mais representativas. A figura 5 esquematiza uma sequência teórica simples da classificação via MaxVer.

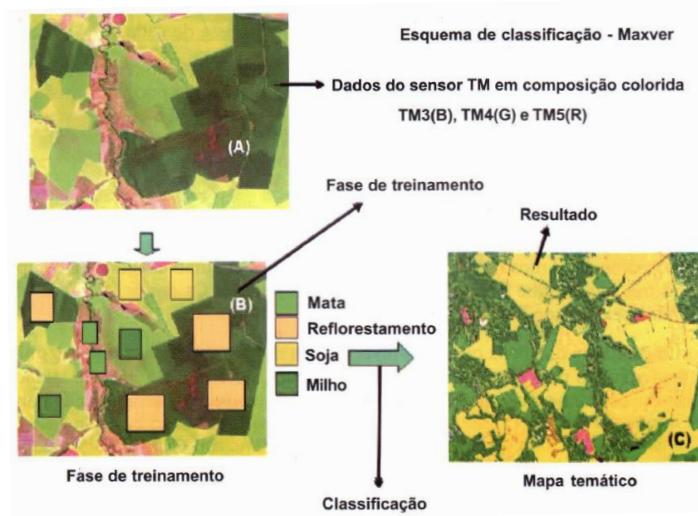


Figura 5: sequência da classificação supervisionada utilizando o algoritmo MaxVer. Representado por Moreira (2007, p.289).

Para a classificação ser por regiões, além de considerar a textura do objeto e sua relação espacial com os demais elementos da imagem, é requerido um processamento anterior chamado segmentação. É ele quem vai agrupar os pixels de características semelhantes em diversas regiões de acordo com parâmetros estabelecidos pelo analista. A segmentação pode ser manual ou automática: na primeira, o intérprete é capaz de diferenciar as regiões, já na segunda, o próprio programa fica encarregado de diferenciá-las. Por considerar dados de natureza quantitativa, o método automático gera bons resultados e em menor tempo em relação ao processo manual (BRITES *et. al.*, 2012).

A regra geral obedecida pelos algoritmos dessa classificação passa pela definição de dois limiares: i) de similaridade que diz respeito ao grau de correlação do pixel em um grupo específico, de acordo com os parâmetros estatísticos referentes aos pixels já delimitados em certas regiões e ii) de área no qual o tamanho mínimo dos polígonos gerados se relaciona com o tamanho mínimo dos pixels inseridos em qualquer região (BRITES *et. al.*, 2012).

Dos algoritmos disponibilizados, o de crescimento por regiões é o mais utilizado. Ele consiste na escolha de um pixel de base para ser a semente de uma região. Depois ele começa as comparações com os pixels adjacentes levando em consideração a imposição do limiar de similaridade. Se a distância espectral for inferior ao índice de similaridade, as regiões são unidas, se a distância for superior, são separadas. Dessa forma, podemos dizer que quanto menor for o limiar de similaridade menor serão os

polígonos. A efetividade da classificação neste caso fica a cargo do analista a depender da escala e da resolução espacial da imagem (BRITES *et. al.*, 2012).

Para assegurar melhor eficácia na classificação por regiões, podemos adotar técnicas supervisionadas e não supervisionadas. Sendo a necessidade do treinamento de classes pelo usuário na primeira e, na segunda, o agrupamento será realizado pelo software através de poucos parâmetros inseridos pelo usuário. Nesse sentido, os algoritmos desenvolvidos para o software Spring são, respectivamente, Bhattacharyya e Isoseg (BRITES et al., 2012).

3.2.4 A diferenciação do espaço intraurbano por SR

No estudo intraurbano, são comumente utilizadas fotografias aéreas pelo nível de detalhamento apresentado, em geral na escala de 1:10.000, que permite visualizar padrões vinculados ao uso do solo e disposição das heterogêneas formas urbanas. Imagens em nível orbital também são de grande valia ao oferecer mais dinamicidade no monitoramento da expansão de manchas urbanas, exibindo, de acordo com a resolução espacial da imagem, informações atualizadas sobre o tecido urbano e a tendência do seu crescimento (LOMBARDO e MACHADO, 1996). Nesse sentido a escala é um importante componente para dar sentido à representação espacial do fenômeno (ver seção 5.2).

Em uma de suas principais funções na atualidade, as imagens orbitais de alta resolução espacial são utilizadas para o estudo do comportamento urbano via assinatura espectral de seus componentes, através da avaliação qualitativa (interpretação visual pela morfologia dos objetos) e quantitativa (exploração enquanto entidade numérica manipulada via software). Entretanto, esse trabalho pode ser dificultado justamente pelas diferenças de materiais empregados nas construções de acordo com suas formas, alturas e arranjos variados, assim como na similaridade espectral dos alvos (SOUSA, 2012).

A heterogeneidade da composição do material usado nas construções urbanas como o asfalto, concreto, zinco, amianto e cerâmica, revela a dificuldade em classificar tais elementos somente com suas assinaturas espetrais. Aliado a isso ainda temos que

considerar a variedade textural e geométrica desses elementos, como faz a classificação por região (BELTRAME, 2008).

4. Caracterização da Área de Estudo

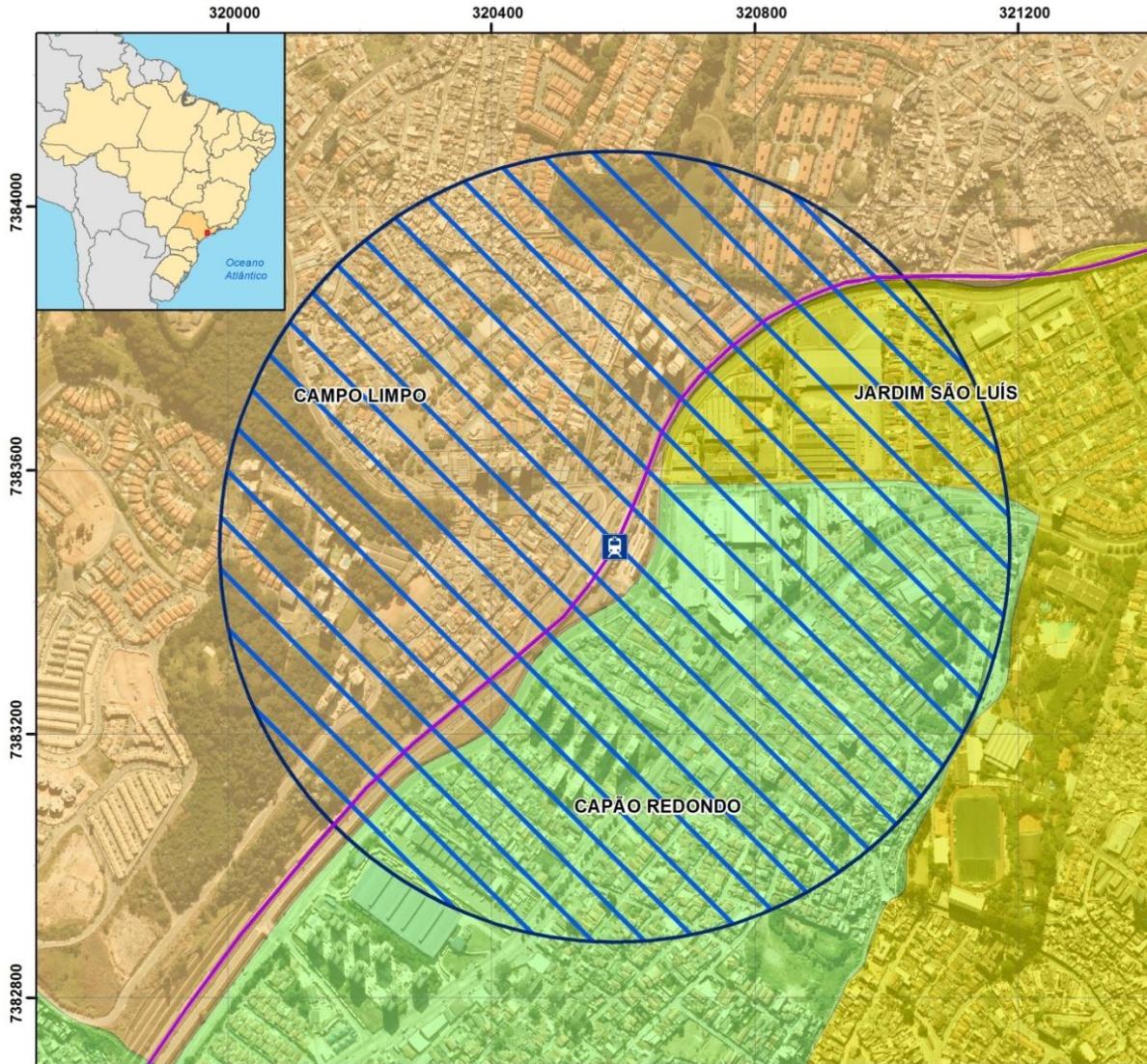
Inserido na faixa de fronteira de três distritos de São Paulo – Capão Redondo, Jardim São Luis e Campo Limpo –, nossa área de estudo é delimitada por um raio de 600 metros¹² a partir da estação do Metrô Campo Limpo da Linha 5-Lilás. A área de trabalho tem 113 hectares, sendo que 50% estão no distrito de Campo Limpo, 40% no distrito do Capão Redondo e os 10% restantes, no Jardim São Luis. O mapa 1 traz a localização da área compreendida para o estudo.

Por compreender 90% da área de estudo nos distritos do Capão Redondo e do Campo Limpo, destacaremos somente as características histórias e sociais desses dois distritos. Além disso, será feito um panorama geral sobre a Linha 5, com ênfase sobre o primeiro trecho, Capão Redondo – Largo Treze, e considerações sobre a estação Campo Limpo e seus arredores.

4.1 Aspectos Históricos e Sociais

Tanto o distrito de Campo Limpo como o de Capão Redondo estão localizados na porção sudoeste da cidade de São Paulo. Além de serem vizinhos, detêm indicadores sociais semelhantes quanto à demografia, renda e escolaridade de seus habitantes. Eles têm como acessos viários mais importantes a Estrada de Itapecerica, Estrada do Campo Limpo, Avenida Comendador Sant'Anna, Avenida Francisco Morato, Avenida Carlos Caldeira Filho e Avenida Carlos Lacerda. O sistema de transporte público é composto de dois terminais municipais – Terminal Capelinha e Campo Limpo – e outros dois intermunicipais: Metrô Campo Limpo e Metrô Capão Redondo. Aliados a esses, os distritos estão servidos de três estações de Metrô: Vila das Belezas, Campo Limpo e Capão Redondo, todas associadas à Linha 5-Lilás (ver mapa 3 na página 32).

¹² A delimitação do raio de abrangência para as análises será detalhada na seção 5.2 (página 38)



Mapa 1 - Localização da Área de Estudo



- Estação Campo Limpo
- Linha 5-Lilás
- Área de Estudo
- CAMPO LIMPO
- CAPÃO REDONDO
- JARDIM SÃO LUÍS

0 40 80 160 240 320 Metros



Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 S - Datum Horizontal: SIRGAS 2000
Fonte de dados: Prefeitura de São Paulo, 2014
IBGE, 2010 - EMPLASA, 2010/2011
Elaborado por William Lima

Veremos nos próximos parágrafos que os distritos não só têm aspectos comuns relativos ao passado, principalmente no que diz respeito ao adensamento demográfico, como também concentram características parecidas até hoje.

O distrito do Campo Limpo se tornou grande devido à expansão da industrialização de outro bairro localizado na outra margem do Rio Pinheiros: Santo Amaro. Antes disso, no início da década de 1910, o local era utilizado para o treinamento de cavalos do Jóquei Clube de São Paulo. Em 1960, o distrito foi adensado por grandes olarias e a partir daí, muitas moradias precárias como barracos e casas de alvenaria foram se espalhando. O ano de 1973 marcou a oficialização do distrito com a subdivisão de Santo Amaro e a sua população não parou de crescer (gráfico 1). Muitos nordestinos fugidos da seca se instalaram na região, onde enfrentaram a falta de infraestrutura, segurança e lazer, além do longo deslocamento até Santo Amaro e o Centro (PONCIANO, 2004).

Já o distrito de Capão Redondo tem o nome de origem indígena, no qual capão significa, em tupi, “ilha do mato” ou “uma porção de árvores isoladas no meio de um terreno”. Na década de 1910, a Igreja Adventista do Sétimo Dia fundou no local um instituto de ensino e a Superbom: empresa de alimentos vinculada à instituição religiosa. Entre as décadas de 1950 e 1970, o distrito que era predominantemente rural passou a ser ocupado de forma intensa: assim como seu vizinho Campo Limpo, o Capão Redondo também recebeu muitos migrantes nordestinos pobres que procuraram a periferia pelos seus terrenos baratos e até mesmo gratuitos. Isso resultou na formação de diversas vilas e favelas sem a devida infraestrutura por parte do poder público (PONCIANO, 2004).

Quanto à parte demográfica, após a década de 1980, dados de população e densidade demográfica mostram, no gráfico 1, a quantidade de habitantes e a tendência de aumento populacional nos dois distritos. Na década de 1980, temos um número próximo de pessoas residentes em ambos. Já a partir de 1990, essa diferença aumentou e a estimativa para 2030 é que haverá quase 96 mil pessoas a mais no Capão Redondo em comparação ao Campo Limpo. A linha de tendência destaca essa propensão de alta e a discrepância entre os dois distritos.

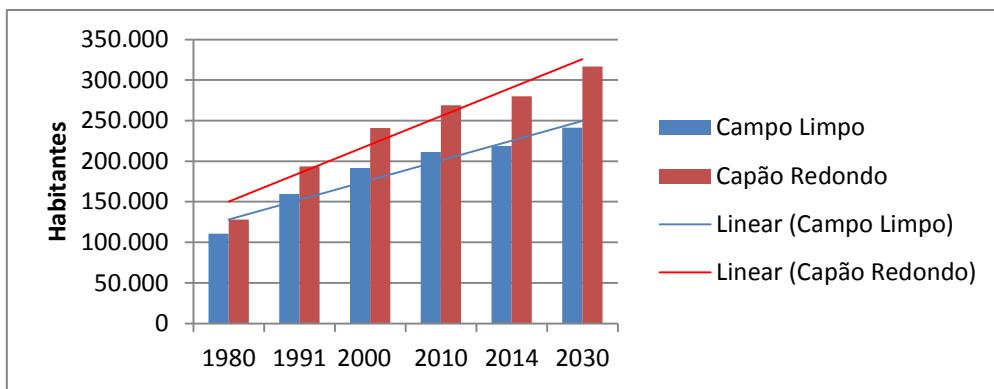


Gráfico 1: Quantidade de habitantes nos distritos de Campo Limpo e Capão Redondo. Elaborado por William Lima a partir dos dados do IBGE (2010) e SEADE (2010).

O gráfico 2 traz comparações entre a densidade demográfica de ambos com a cidade de São Paulo. Notamos que os dois distritos analisados possuem a medida bem mais alta em relação ao município desde a década de 1980. A tendência é que aqueles continuem a crescer enquanto que a densidade de São Paulo evolua em um ritmo bem menor.

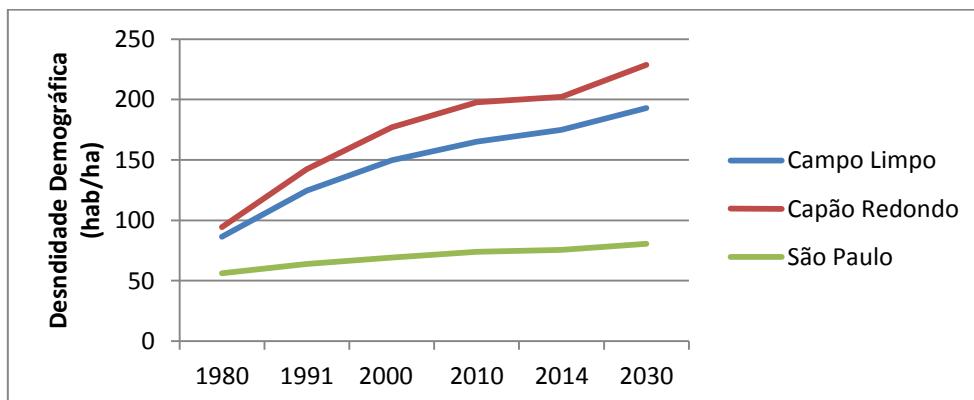


Gráfico 2: Densidade demográfica dos distritos e São Paulo. Elaborado por Willian Lima a partir dos dados do IBGE (2010) e SEADE (2010).

O Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS) será outro item de discussão para a análise socioeconômica e também demográfica desses dois distritos nos dias de hoje. Elaborado pela Fundação SEADE a partir dos dados do censo demográfico do IBGE, tal índice mostra a situação dos habitantes com relação à pobreza em cada setor censitário e é utilizado pelo poder público para a tomada de decisões. O estudo parte do pressuposto de que a vulnerabilidade à pobreza não está limitada às restrições na renda familiar, mas vai além disso: são considerados a

composição familiar, as condições de saúde e o acesso aos serviços médicos, o acesso e a qualidade do sistema educacional, a possibilidade de obter trabalho

com qualidade e remuneração adequadas, a existência de garantias legais e políticas, etc. (SEADE, 2013, p.8).

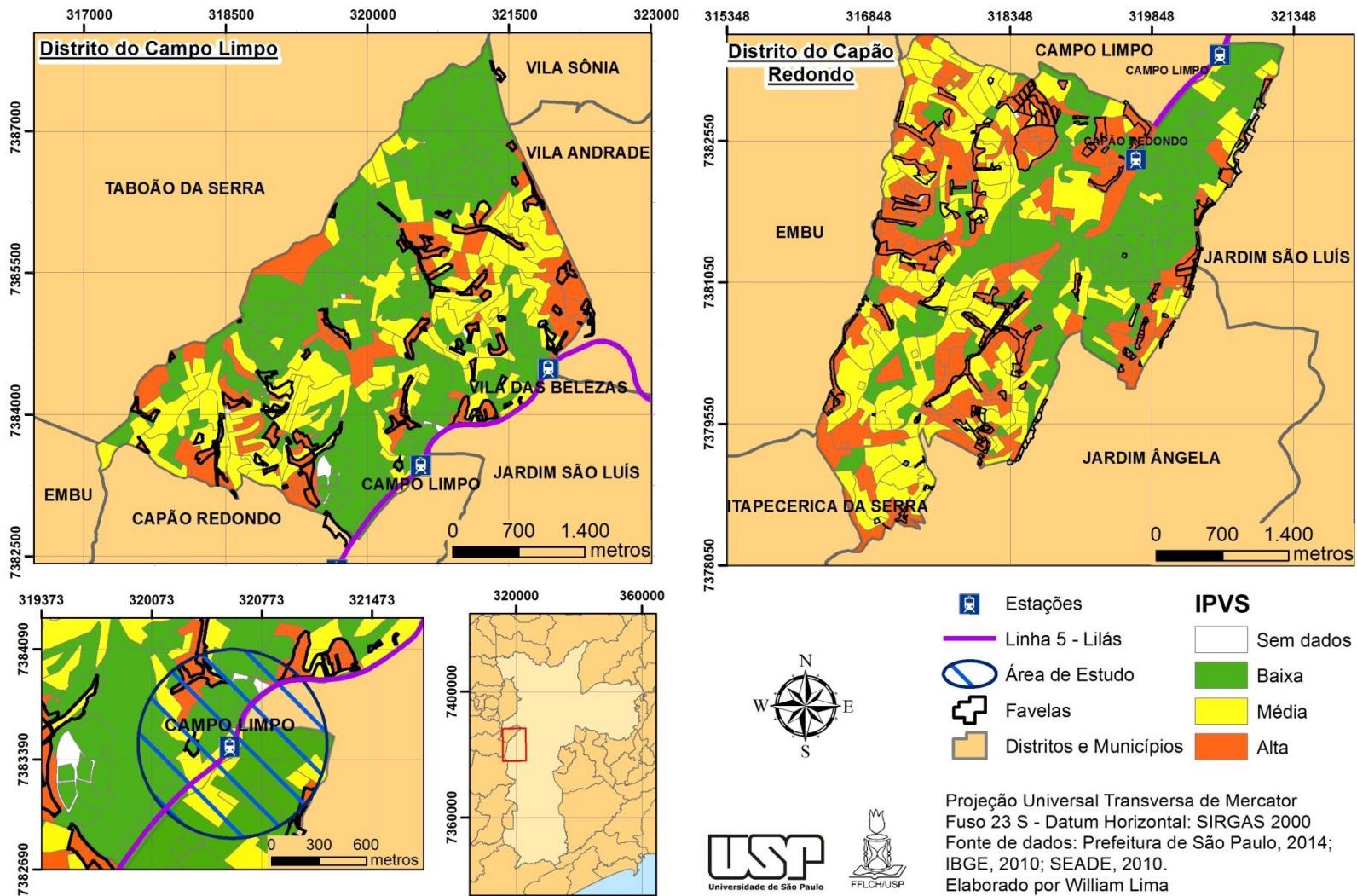
Outra questão abordada foi a segregação espacial em que uma das características é o isolamento dos habitantes aos serviços de infraestrutura e segurança públicas, influenciando o bem-estar das pessoas. Para estabelecer essas relações, foi considerado no viés socioeconômico dados não só da renda como também da escolaridade (alfabetização). No viés demográfico, dados como idade média das pessoas responsáveis pelo domicílio e a quantidade de crianças de até cinco anos de idade também fizeram parte do estudo (SEADE, 2013).

Dessa análise classificou-se 6 classes que aqui foram reduzidas a 3: alta, média e baixa vulnerabilidade. Duas tabelas detalhadas com cada uma das variáveis consideradas e a definição das seis classes produzidas originalmente podem ser vistas no anexo I.

Os dados no mapa 2 mostram duas medidas com relação à localidade: no Capão Redondo há um predomínio dos setores de baixa e média vulnerabilidade e concentram-se nos limites municipais, ou seja, na porção sul e oeste. Já no Campo Limpo, a baixa vulnerabilidade é maior em relação ao primeiro distrito (38% contra 27%). Além disso, vemos que, na maioria dos casos, há uma correlação entre a alta vulnerabilidade social e a localização de favelas. Pelo mapa, ainda podemos observar que grande parte dos setores censitários que intersectam ou margeiam a Linha 5 Lilás possuem baixa vulnerabilidade social. Essas características corroboram os aspectos históricos observados na primeira metade do século XX. A formação de favelas e a alta densidade populacional são partes da formação desse momento histórico e estão presentes até hoje.

Restringindo a escala à nossa área de estudo, o índice é predominantemente baixo, o que significa bons padrões sociais. Podemos dizer ainda que, no geral, a área possui habitantes com bons níveis sociais: condição socioeconômica média, pessoas responsáveis adultas ou idosas, localizadas em adensamentos urbanos normais e poucas favelas. Esta conjuntura vai de encontro ao panorama dos distritos como um todo, ou seja, os habitantes que estão próximos à estação possuem, nesse estudo do IPVS, melhores condições de vida em comparação aos que moram mais distante.

Mapa 2 - Índice Paulista de Vulnerabilidade Social



4.2 A Linha 5-Lilás

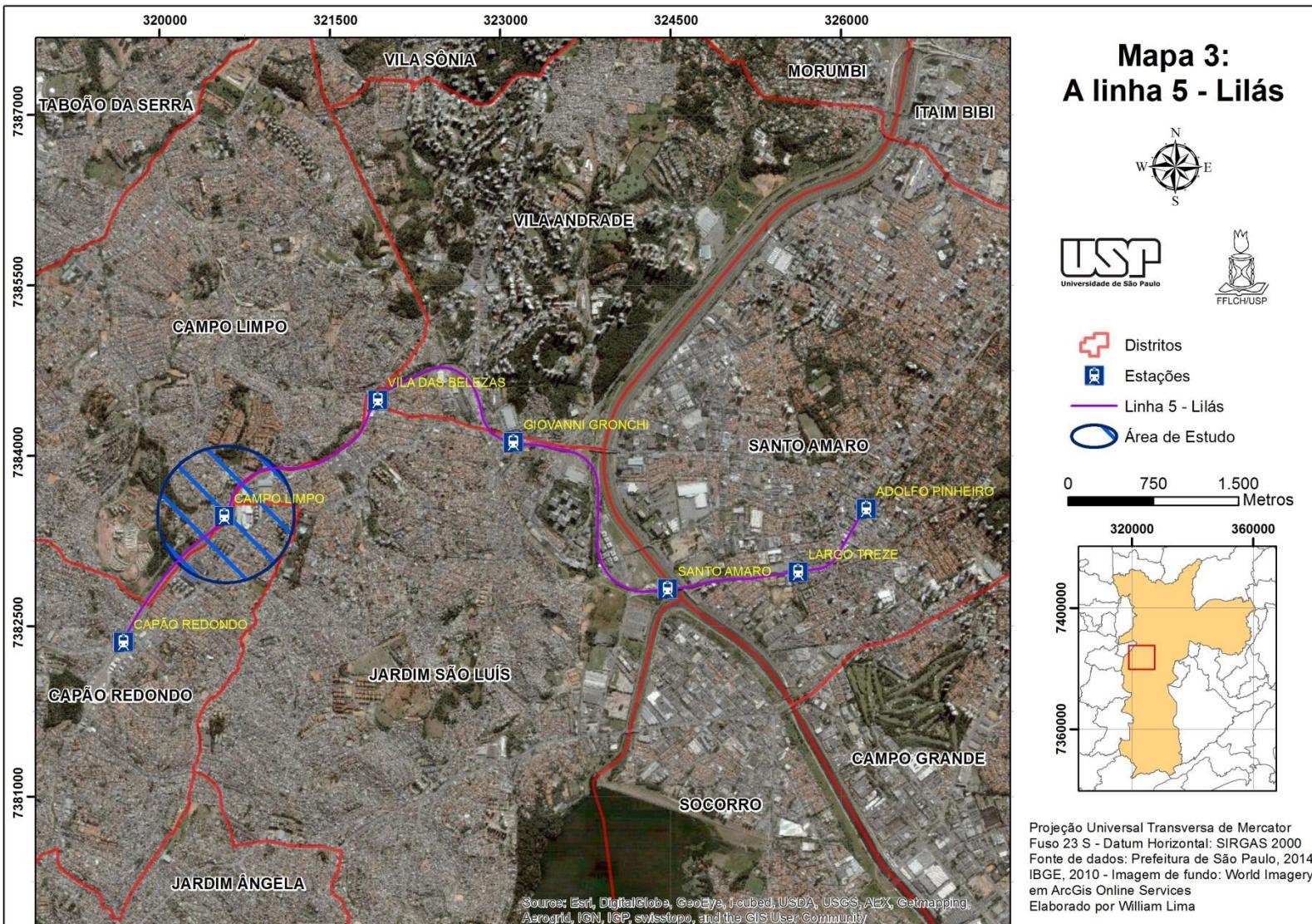
A linha 5 do Metrô de São Paulo atende, em seu primeiro trecho, a zona sudoeste da cidade, mais especificamente entre os distritos de Capão Redondo, Campo Limpo, Jardim São Luis, Vila Andrade e Santo Amaro. Em operação desde 2002, com extensão de 9,0 quilômetros e capacidade de transporte de 350 mil passageiros por dia¹³, é composta por cinco estações, são elas: Capão Redondo, Campo Limpo, Vila das Belezas, Giovanni Gronchi, Santo Amaro e Largo Treze, sendo a penúltima a responsável por fazer integração com a Linha 9 Esmeralda da CPTM. Essa foi a configuração da linha por doze anos quando foi inaugurada a estação subsequente: Adolfo Pinheiro. Os distritos que são cortados por toda a extensão atual da Linha 5 Lilás podem ser vistos no mapa 3.

A previsão é que a linha tenha mais 10 estações a serem concluídas até 2018: Alto da Boa Vista, Borba Gato, Brooklin, Campo Belo (conexão com o futuro monotrilho da Linha 17 Ouro), Eucaliptos, Moema, AACD-Servidor, Hospital São Paulo, Santa Cruz (conexão com a Linha 1 Azul) e Chácara Klabin (conexão com a Linha 2 Verde), completando 17 estações em 19,9 quilômetros. A figura 6 mostra a extensão da Linha 5 em seu estado atual e quando estiver finalizada.



Figura 6: A linha 5-Lilás. Fonte: Metrô, com alterações, disponível em: <<http://www.metrocptm.com.br/linha-5-lilas-tera-concessao-para-iniciativa-privada/>> Acesso em 17.09.2015.

¹³ De acordo com METRÔ (2003).



O histórico da linha começa após a desativação da última linha de bonde que atendia a população residente em Santo Amaro na década de 60. A partir desses anos, planos de transportes consideraram a construção de um sistema de transporte de alta capacidade de passageiros, sendo proposta em 1975 uma linha que ligaria Santo Amaro à Vila Formosa, na zona leste da cidade (METRÔ, 2009).

A partir da análise da pesquisa Origem e Destino do Metrô de 1987 foi alterada a diretriz da linha da Vila Formosa para o eixo dos bairros do Paraíso e Vila Mariana e assim fazer conexões com as linhas 1 Azul e 2 Verde. Inicialmente a Linha Lilás partiria da estação Paraíso da Linha 2 Verde e seguiria pelas avenidas Ibirapuera e Vereador José Diniz, cruzando o Largo Treze de Maio e o Rio Pinheiros, passando no Centro Empresarial e com o término no bairro do Campo Limpo (METRÔ, 2009). O anexo II traz uma reportagem sobre a até então “Linha de Santo Amaro”, suas alternativas e um mapa de como ficaria estruturada a nova linha na época do projeto.

Apenas em 1994 foi idealizada a construção dessa linha de Metrô. Foi decidido que a Linha Lilás seria implementada em duas fases: a primeira seria construída pela CPTM e sairia da porção sudoeste da cidade (Capão Redondo) e chegaria ao subcentro de Santo Amaro (Largo Treze); a segunda ficaria a cargo do Metrô e chegaria até a Chácara Klabin (METRÔ, 2009).

Sendo assim, o caminho percorrido pela linha em seu primeiro trecho

tem início na estação Capão Redondo e segue em elevado pelo fundo do vale do ribeirão Morro do "S", defletindo a direta pela diretriz da Avenida Giovanni Gronchi e a seguir a direita até a avenida João Dias. Segue a diretriz da Avenida João Dias até o Complexo Viário de mesmo nome, quando deflete à direita em direção às margens do rio Pinheiros, passando sobre a Avenida Guido Caloi até chegar em nível até o Centro Empresarial de São Paulo, a partir de onde volta a ser elevado chegando a estação Santo Amaro, onde se integra a Linha 9-Esmeralda. Após a estação Santo Amaro, a linha entra em túnel na Avenida Padre José Maria até a estação Largo Treze, situada sob o terminal de ônibus da São Paulo Transporte. São aproximadamente 7,5 quilômetros em elevado, 750 metros em superfície e 780 metros em túnel (METRÔ, 2009, p.10 e 11).

Ainda faz parte da composição um túnel de 626 metros até a estação Adolfo Pinheiro, totalizando os 9,6 quilômetros que vemos atualmente. Além de continuar até a Chácara Klabin, cogita-se a extensão da linha para o bairro de Jardim Ângela, já no eixo viário da Estrada do M' Boi Mirim. Seriam construídas mais 3 estações logo após a do Capão Redondo: Parque Santo Dias, São José e Jardim Ângela. Embora tenha sido contratado um projeto funcional de estudos geotécnicos, ainda não foi estipulada

nenhuma data para a licitação do trecho tampouco o início das obras, conforme noticiado pelo Metrô¹⁴.

Enquanto as conexões com a Linha 1 Azul e 2 Verde não chegam, a Linha 5 Lilás ganhou uma conexão indireta com a Linha 4 Amarela em 2011, o que aumentou o fluxo de usuários no ramal¹⁸. O motivo foi a abertura da estação Pinheiros que faz baldeação com a Linha 9 Esmeralda da CPTM e que, por sua vez, faz conexão com a Linha 5 na estação Santo Amaro. Isso facilitou a chegada ao centro da cidade, sendo uma alternativa à viagem rodoviária.

4.2.1 A Estação Campo Limpo

A estação do Metrô do Campo Limpo, localizada pela coordenada UTM 7383469,6 e 320571,5, fica na Rua Noanama, 85 no bairro Jardim São Januário. Inaugurada em 20/10/2002, a estação contava em 2010 com 10.872 passageiros por hora nos horários de pico²¹; em 2014 a média de entrada de passageiros nos dias úteis é de 33.000 pessoas²². Tal estação conta com um pequeno terminal metropolitano administrado pela EMTU que oferece opções de transporte para os municípios vizinhos de Embu das Artes e Taboão da Serra.

As fotos aéreas 7 e 8 dão um exemplo de como era e como está o entorno da estação, além de ser uma pequena prévia da classificação produzida no próximo capítulo. A figura de 2001 retrata o forte adensamento de casas de alvenaria na vertente esquerda do vale, enquanto que do lado oposto vemos prédios espaçados e casas térreas de classe média. O grande canteiro de obras com uma quantidade considerável de solo exposto também deve ser ressaltado. Embora esteja com um ângulo de visada diferente, a imagem seguinte, de 2013, retrata a permanência dos prédios e casas de classe média além da presença de equipamentos públicos, como a subprefeitura do Campo Limpo, e

¹⁴ Mais um passo para a expansão da Linha 5 – Lilás. Disponível em: <<http://www.metro.sp.gov.br/noticias/mais-um-passo-para-a-expansao-da-linha-5lilas-ate-jardim-angela.fss>> Acesso em 20.09.2015.

¹⁸ Linha 4 eleva até 19% fluxo em outros ramais do Metrô. Em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/geral,linha-4-eleva-ate-19-fluxo-em-outros-ramais-do-metro,1003538>> Acesso em: 28.09.2015.

²¹ Dado da pesquisa O/D do Metrô em 2010.

²² Dado retirado do site <<http://www.metro.sp.gov.br/metro/numeros-pesquisa/demand.aspx>> Acesso em 29.09.2015.

de um grande centro comercial praticamente associado à estação: o Shopping Campo Limpo.



Figuras 7 e 8: a estação do Campo Limpo ainda em obras em 2001 (esq.) e a estação já consolidada em 2013. Fonte: Metrô (2003) e Metrô (jun.2013²³).

Aspectos mais detalhados sobre a estrutura física da estação são revelados na tabela 4.

Características Técnicas da Estação	
Capacidade	20.000 passageiros por hora
Área construída	5828 m ²
Acessos	2
Bilheterias	1
Guichês	4
Bloqueios	10
Escadas Fixas	2
Escadas Rolantes	6
Elevadores	2
Terminal de Ônibus	10000 m ²

Tabela 4: Características físicas da estação. Fonte: Metro (2003). Elaborado por William Lima.

No que se trata da conjuntura física, a estação está no fundo do vale do córrego do “S”. Além disso, o trajeto compreendido entre o final da estação Capão Redondo e o começo da Vila das Belezas, possui a presença de aterros de silte, areias finas e argilosas, sendo algumas orgânicas, de matizes diversificados (METRÔ, 2003).

²³ Retirado do vídeo: Imagens aéreas - Obras L5-Lilás - junho/2013. Em: <https://www.youtube.com/watch?v=24q1cw_ao4>

5. Procedimentos Metodológicos

Neste capítulo abordaremos as decisões metodológicas para a confecção da monografia. Dentre elas destacaremos todo o aparato técnico responsável pela produção de mapas, gráficos e tabelas, desde a compilação de *shapefiles* e *rasters* até os softwares SIG para as análises intermediárias e finais. Além disso, serão abordadas aplicações e decisões atreladas às técnicas de SR e também decisões conceituais com relação à delimitação da área de estudo e a definição das classes de investigação da variação temporal do uso e cobertura da terra.

A figura 9 é um organograma dos passos estabelecidos até a confecção do mapeamento final. É a partir dele que iremos desenvolver os argumentos para cada uma de suas partes, a saber: i) criação de banco de dados; ii) aplicação e seleção para a área de estudo; iii) pré-processamento de imagens; iv) classificação; v) avaliação da classificação e vi) mapeamento do uso da terra, cuja análise será discutida no próximo capítulo.

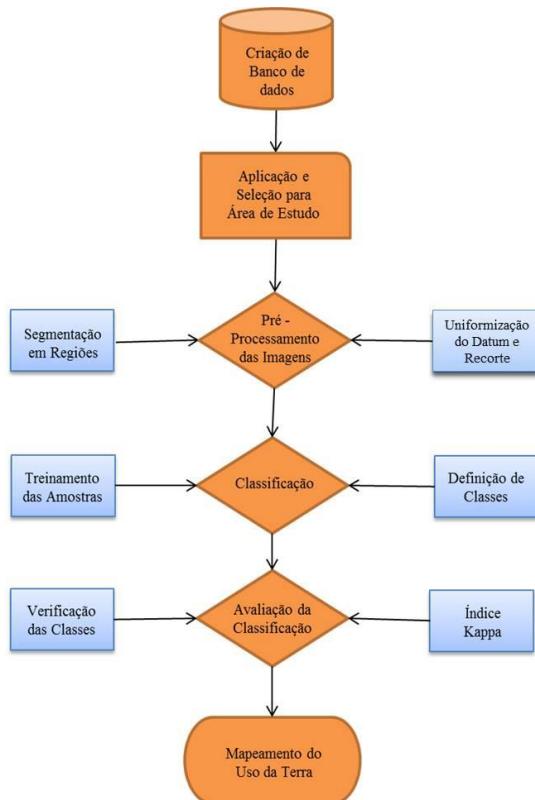


Figura 9: Organograma metodológico para o mapeamento do uso e cobertura da terra no entorno da estação do Campo Limpo. Elaborado por William Lima.

5.1 Materiais: Criação do Banco de Dados

Para a segmentação e classificação das imagens através de técnicas de sensoriamento remoto foi utilizado o software Spring 5.3, programa brasileiro de tratamento de imagens produzido pelo INPE. A manipulação de tabelas e vetores, bem como apresentação dos mapas (*layouts*) e o recorte de imagens foram realizados no software ArcGis 10.1, desenvolvido pela empresa norte-americana ESRI. Este programa também foi utilizado para a reunião de dados em formato *File Geodatabase* (gdb), onde ficaram armazenados os vetores e os *rasters*.

Tal banco de dados foi configurado para o sistema de coordenadas UTM com o fuso 23 sul e o *datum* horizontal SIRGAS 2000. No entanto, alguns dados coletados não estavam sob esta referência geodésica. Diante disso, foi necessário adotar parâmetros de transformação entre *data* diferentes para garantir a compatibilidade entre as informações. A resolução 01/2005 do IBGE²⁴ determinou o *datum* SIRGAS 2000 como o referencial geodésico oficial para o Brasil e os critérios de transformação dos *data* antigos (SAD 69 e Córrego Alegre, por exemplo) para o atual. A partir do documento do órgão federal, padronizamos todos os dados visualizados aqui para o modelo Geocêntrico que se mostrou melhor para a correlação entre os vetores e as imagens.

Os materiais geográficos e cartográficos utilizados nesta monografia foram:

- Dados Matriciais
 - a. Ortofoto²⁵ colorida produzida entre os anos 2010 e 2011, concedida pelo LASERE-USP em meio digital através da EMPLASA como sendo parte integrante do projeto Mapeia São Paulo. A resolução do pixel é de 1 metro e já estava referenciada sob o sistema de coordenadas UTM, fuso 23S e *datum* horizontal SIRGAS 2000. A escala da articulação obtida é de 1:25.000 (número da imagem: SF-23-Y-C-VI-1-SE) e a ortorretificação foi baseada em MDS.
 - b. Mosaico colorido em RGB da imagem IKONOS II de outubro de 2002 fusionada para pancromática com resolução espacial de 1 metro para a

²⁴ Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf> Acesso em 06.10.2015.

²⁵ A ortofoto é a foto sem as distorções causadas pela inclinação câmera, ou seja, a imagem foi trabalhada digitalmente para conter a mesma escala em todos os pontos da foto, eliminando as distorções de borda e de relevo, por exemplo.

RMSP. Foi concedida pelo LASERE-USP em meio digital sob a articulação N-24W046C7NE com o *datum* horizontal SAD 69 na escala 1:25.000. Tal imagem ainda foi pré-processada com MDT pela FUNCATE.

- Dados Estatísticos (tabulares)
 - a. Censo do IBGE de 1991, 2000 e 2010 – base dos setores censitários com relação à população;
 - b. SEADE: dados demográficos de 2014 e expectativa para 2030;
- Dados Vetoriais
 - a. IBGE: limites dos setores censitários de 1991, 2000 e 2010; limites distritais, municipais, estaduais e federais;
 - b. Prefeitura do Município de São Paulo: base de dados do PDE de 2013 (malha, representação linear e localização pontual das estações metroviárias), base do MDC (favelização), com representação poligonal;
 - c. CEM: representação pontual dos lançamentos imobiliários residenciais de 1985 a 2011.

5.2 Delimitação da Área de Estudo

O estudo através da análise temporal de imagens aéreas ou de satélite nos traz diferentes realidades na dinâmica espacial, em nosso caso, no entorno da estação do Campo Limpo do Metrô. Embora estejam estáticas, elas trazem informações sobre o uso e cobertura da terra em diferentes períodos, o que pode representar alterações temporais significativas como fonte dessa dinamicidade espacial e também urbana (VOLPE, 2009).

Conforme relata Santos (2004), o intuito da construção de cenários é justamente a capacidade de interpretar as mudanças tanto nas funções quanto nas interações entre os elementos. Além de observar a velocidade nessas alterações no espaço, também é possível propor reflexões de projetos e políticas desenvolvimentistas.

A extração dessas informações temporais foi retirada a partir de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento em dois anos: 2002 e 2010. Os softwares, já mencionados na seção anterior, foram as ferramentas técnicas utilizadas para a classificação cobertura da terra em cada um desses anos.

Para o confronto entre cenários podem ser utilizados SIGs (Sistemas de Informações Georreferenciadas), que têm a capacidade de comparar séries de dados temporais. A detecção de mudanças se dá pela sobreposição de imagens

ou mapas de diferentes datas, nos quais ressaltam-se as diferenças que são reclassificadas para extraír as alterações significativas. Uma maneira de discriminar as mudanças ocorridas entre imagens é obter uma classificação independente de cada imagem, registrando os resultados e localizando as células que apresentem diferenças (SANTOS, 2004, p.53).

Com a sugestão do Relatório de Unidade Política do Reino Unido (ARW *et. al.* 2002) escolhemos o modelo temporal do impacto da estrutura urbana no entorno do sistema de transporte, quando é recomendada a análise dos momentos: antes da decisão de se construir, imediatamente depois de sua abertura e nos anos posteriores à entrega. Inicialmente consideramos uma foto aérea preto e branca de 1994 como outra fonte de análise para este estudo. Entretanto, testes para a classificação automática da imagem foram realizados, mas sem resultados eficazes e comparativos metodologicamente com as duas imagens dos anos posteriores. Isso nos fez descartar essa fonte de informação.

Cervero (1994 *apud* MACÊDO, 2010) considerou o intervalo de cinco anos como o suficiente para perceber mudanças dentro do raio de influência direta (ver mais abaixo). O intervalo de tempo estabelecido pelo autor foi medido com base no ano de inauguração da estação e os cinco próximos anos. Nesse sentido, tempo de 8 anos entre os anos de 2002 e 2010 estão dentro do estipulado para as análises.

Ainda de acordo com Santos (2004), quando visamos compreender e representar um conjunto de atividades de diferentes magnitudes em uma área concentrada, podemos adotar raios ou polígonos ao redor do ponto de interesse. A este exemplo de área de estudo, a autora chamou de raios de ação.

Por isso, é importante delimitarmos a escala de análise do fenômeno representado. A escolha da escala tem como destino “o produto obtido, ou seja, a necessidade ou não de precisão e detalhamentos do trabalho efetuado” (FITZ, 2008, p.24), porém nem sempre a menor distância do objeto estudado permite comprehendê-lo com maior facilidade (QUEIROZ FILHO, 2005). Em nosso caso, como visamos somente o entorno estação do Campo Limpo, concentrarmos a análise em uma escala local, ou seja, com nível de detalhe maior, o que permite uma investigação mais precisa e restrita aos usos da terra deste lugar.

Sendo assim, a escala adotada para os produtos de classificação foi a de 1:7.000 (em tamanho A4) a qual corresponde ao âmbito intraurbano e também é compatível com a resolução espacial da imagem IKONOS II e da fotografia aérea. No processo de mapeamento foi considerado níveis de zoom que chegaram à escala de 1:2.000.

Após a definição da escala local na abrangência do estudo, nos resta delimitar a área onde serão realizadas as classificações e a comparação entre os usos, isto é, o raio de ação. Alguns estudos indicam a medida de 600 metros da estação como um raio aceitável para o impacto no entorno das estações. O Estudo de Impacto Ambiental do Metrô (2009) é um deles: na chamada área de influência direta, tal raio de ação é considerado acessível para o percurso realizado a pé à estação²⁶. O termo área de influência direta foi definido pela empresa estatal ao considerar as causas das alterações ambientais condicionadas diretamente pelo empreendimento, não só na fase de operação como também na implantação e planejamento. Aqui também incidem mudanças nas condições tanto socioeconômicas relacionadas à habitação e atividades econômicas, como também aos sistemas de transporte e tráfego.

A já citada Macêdo (2010) também efetuou o recorte de 600 metros a partir das estações metroviárias selecionadas para avaliação dos impactos dessas estruturas na área urbana. Além disso, foi delimitada uma segunda distância de 1000 metros, chamada de área de controle, para efeitos de comparação entre os atributos, principalmente relacionados ao aumento de construções verticais ao redor das estações investigadas. Entretanto, Lima Neto (2011) considerou mais apropriado para o estudo da mudança do valor da terra, o raio de 500 metros da estação.

Com base na bibliografia decidimos manter o raio de 600 metros a partir do centro da estação Campo Limpo para a classificação da cobertura da terra e de 1000 metros como comparação dos lançamentos imobiliários residenciais. Esses *buffers* foram delimitados pelo software Arcgis, através do shape de ponto da estação de Metrô disponibilizado pela Prefeitura de São Paulo e possuem 113 e 314 hectares de área, respectivamente.

5.3 Pré-processamento das Imagens

As duas imagens de referência foram disponibilizadas georreferenciadas, ou seja, com coordenadas geográficas conhecidas. Isso é um passo importante na comparação entre elas na medida em que é possível estabelecer pontos de convergência (estrutura urbana inalterada) e divergência (estrutura urbana alterada) entre os anos.

²⁶ Gonçalves e Portugal (2008) apontam que a influência da estação sob um raio de alcance a pé pode ser medida pelo tempo de 10 minutos ou pela distância de 500 metros. Ainda destacam a noção da relação de vizinhança para que esse fator tempo x distância seja alcançado: barreiras e acidentes geográficos (como a declividade) podem interferir nessas medidas.

Com a correspondência geográfica entre as imagens, a classificação foi realizada dentro do *buffer* de 600 metros estabelecidos acima, isto é, houve o recorte das imagens para se adequarem a esse raio de ação. Além disso, como já mencionado na seção 5.1, todas as imagens foram transformadas para o *datum* Sirgas 2000.

Dessa forma, o método de classificação adotado foi o por regiões. Essa técnica, já discutida na seção 3.2.3.2 (nas páginas 21 a 24), considera não só a variação espectral dos pixels, como também a textura do objeto se diferenciando da classificação pixel a pixel que somente realiza a análise da primeira variável.

Diante disso, testes foram feitos para observar os índices de similaridade entre os pixels e de área (quantidade máxima de agrupamento de pixels sob a mesma classe). Para melhorar a segmentação das imagens, procuramos estabelecer um limiar de modo que não houvesse excesso de regiões, o que tornaria a classificação muito detalhada, nem a generalização entre elas.

Foram testados diversos valores de similaridade e área até chegarmos ao limiar 15 para similaridade e 50 para a área. Os mesmos valores foram utilizados de modo satisfatório no estudo do uso do solo urbano de Souza *et. al.* (2003). A figura 10 destaca a segmentação, com os dois limiares, das duas imagens sob o mesmo ponto de visão.



Figura 10: Segmentação para imagens de 2002 e 2010.

5.4 O Processo de Classificação

O processo de classificação da cobertura da terra tem inicio na determinação das classes a serem mapeadas. Com vistas a identificar as características e feições urbanas em escala local, foram definidas 9 classes a partir da representatividade dos materiais empregados na construção do ambiente urbano. A quantidade de classes está ligada ao conhecimento prévio da área pelo analista, à fotoleitura das imagens e ao estudo de Penteado *et. al.* (2007) e Anderson *et. al.* (1979). São elas: vegetação arbórea, vegetação rasteira, corpos d'água, solo exposto, sombra, asfalto, cobertura de cerâmica, cobertura de concreto e cobertura de metal.

Diante da classificação proposta por Anderson *et. al.* (1979), podemos delimitar uma chave de classificação com a identificação dos elementos alocados no nível I e II pelo autor norte-americano. As classes adotadas para este estudo e as descrições de suas características estão resumidas no quadro 1.

Nível de Classificação	Tipo de Cobertura	Classes de Cobertura do Solo	Visualização	Características
Área Urbana ou Construída	Edificações	Telhado de Cerâmica		Cor: tons de laranja de claros a escuros. Há sombras, outras coberturas e asfalto no entorno, possuem textura rugosa e formas retangulares
		Telhado de Concreto		Cor: podem ser escuros (cinza) ou claros (variações de branco). São ladeados por sombras e pode variar de textura lisa a rugosa a depender do tipo. Os tamanhos são variados.
		Telhado de Metal		Cor: tons de azul. Rodeado por sombras e próximos a eixos viários. Textura lisa e forma retangular.
	Pavimentação	Asfalto		A cor pode variar do cinza claro ao escuro. Tem textura lisa e formas alongadas, retangulares e quadradas (estacionamentos). Próximo a diversas coberturas.

Florestas	Vegetação	Arbórea		Possuem diferentes tons de verde, textura rugosa, com formas diferentes a depender do tamanho. Geralmente estão cercadas por sombras.
		Rasteira		Cor do verde médio a claro. Com textura rugosa e forma irregular, são rodeadas por diversas coberturas entre elas vegetação arbórea e solo exposto.
Corpos D' Água	Água	Corpos D' Água		Cor: varia de verde escuro (lago) a azul claro (piscinas). A textura é lisa, mas a forma pode ser curvilínea no primeiro caso e retangular no segundo. Da mesma forma, pode estar próximas à vegetação rasteira ou a coberturas de concreto.
Terra Estéril	Solo Exposto	Solo Exposto		A cor varia do amarelo claro ao vermelho médio, semelhante à ferrugem. Tem textura lisa e diversas formas com o predomínio da retangular. É rodeada por vegetação rasteira, asfalto ou outras coberturas.
Outros	Sombra	Sombra		Possui cor preta e textura lisa. Variam de acordo com o objeto que as representam.

Quadro 1: Classificação e características dos objetos mapeados.

Na classificação automática para as imagens de 2002 e 2010, alguns testes foram realizados no sentido de conhecer o melhor tipo de classificação para este estudo. Três modelos foram utilizados na imagem de 2010, dentre eles estão os algoritmos supervisionados MaxVer (modelo pixel-a-pixel) e Bhattacharya (modelo de regiões) e o não supervisionado Isoseg também vinculado ao crescimento por regiões.

O classificador MaxVer além de confundir muito as classes água e vegetação arbórea, solo exposto e telhado de cerâmica, também esteve presente o efeito “salt-and-pepper” caracterizado por pequenos conjuntos de pixels espalhados pela área mapeada, solicitando operações de pós-processamento como os filtros. No caso da segmentação de regiões esse problema pode ser controlado e até mesmo eliminado, conforme o limiar de similaridade e de área adotados (BRITES *et. al.* 2012).

Já o classificador Isoseg confundiu (ou mesmo substituiu) classes como, por exemplo, concreto por asfalto, além de ter reconhecido apenas 5 classes. O algoritmo supervisionado Bhattacharya foi o melhor dentre os três com a melhor distinção e reconhecimento entre classes.

A figura 11 mostra a comparação de um segmento da imagem de 2010 entre as 3 classificações. Dela vemos a homogeneização de classes do algoritmo Isoseg, o efeito *salt-and-pepper* da classificação MaxVer e algumas confusões realizadas pelo classificador Bhattacharya. Com relação a esta última, temos as classes concreto e asfalto e solo exposto e telhado de cerâmica com semelhança espectral dos pares. Vale ressaltar a dificuldade do classificador na distinção de um dos prédios pela cor: o tom esbranquiçado da fachada provocou divergência com a classe solo exposto, quando na realidade se trata da classe concreto.

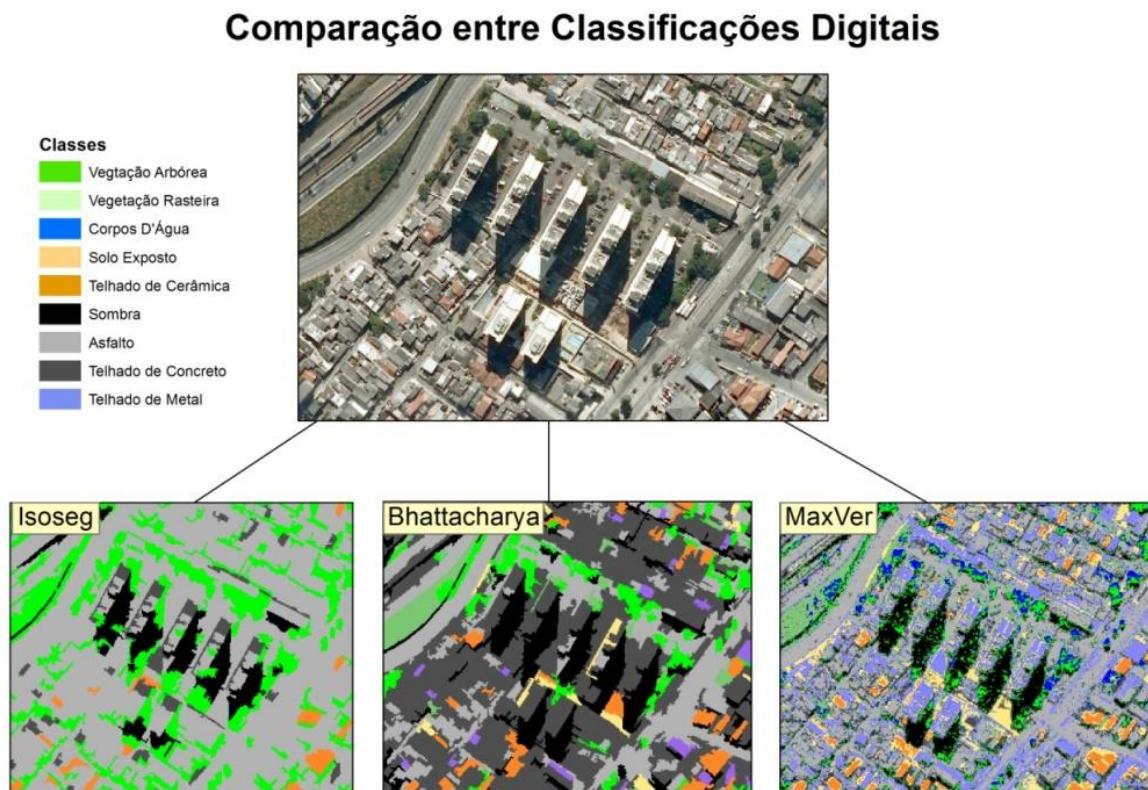


Figura 11: Comparação entre as classificações MaxVer, Bhattacharya e Isoseg para a ortofoto de 2010.

Escolhido o tipo de classificador, as regiões foram selecionadas e agrupadas nas classes descritas no início dessa seção. A partir da fotoanálise, foi possível reunir os

segmentos de mesma característica e concomitantemente, já na fase fotointerpretativa, foi utilizado o raciocínio lógico dedutivo para a separação entre os alvos. Alguns exemplos são favoráveis à descriçãoposta: para diferenciar telhado de cerâmica de solo exposto foi utilizada a forma retangular do alvo, a distribuição espacial (padrão) próximo uns dos outros e as sombras dos telhados. Essas três medidas da fotointerpretação serviram para separar a primeira da segunda feição.

A classificação das regiões, realizado digitalmente pelo software, não foi obtido na primeira tentativa: foi necessário classificar cada imagem no mínimo 3 vezes para que se chegasse a uma configuração satisfatória. Com isso, novas regiões foram classificadas para melhorar a acurácia do mapeamento. Após essas tentativas, foi gerada uma nova imagem *raster* com a classificação da cobertura da terra que em seguida foi transformada em vetor pela facilidade tanto de edição como da realização de cálculos.

Mesmo com todo esse procedimento não foi possível eliminar todas as ambiguidades espectrais: um desses erros se deu através da grande confusão estabelecida entre a classe asfalto e concreto. Diante dessa dificuldade, e com perspectiva de melhorar a classificação, o vetor de quadras viárias de 2014 foi sobreposto ao mapeamento realizado tanto para imagem de 2010 como para 2002. O motivo dessa alteração reside na composição física do asfalto: parte de sua estrutura contém concreto, criando confusões entre as duas classes.

Com isso, foi realizada uma análise quantitativa: polígonos maiores que 60 m² (medida estabelecida arbitrariamente) tiveram uma seleção visual e alguns deles foram alocados na classe asfalto, caso estivessem em outra classe. Nem todos os polígonos segmentados puderam ser alocados diretamente na classe asfalto por duas razões: i) em alguns polígonos, sombras e telhados de casas se sobreponham ao asfalto e ii) houve uma reconfiguração das ruas principalmente nos arredores da estação Campo Limpo. A sobreposição completa significaria, nestes dois casos, perda de informações.

Realizada a classificação, delimitamos medidas para a avaliação do mapeamento da cobertura da terra. A qualidade das informações apresentadas na classificação foi discutida através da confecção da tabela de confusão para cada imagem e, a partir dela, calcular os índices de exatidão global e Kappa.

5.5 Avaliação da Classificação

5.5.1 Matriz de Confusão

Para avaliar a acurácia da classificação foi necessário calcular um índice recorrente nas análises de mapeamentos por sensoriamento remoto: o índice Kappa. Entretanto, antes de chegarmos a tal, foi necessário construir uma matriz de confusão que compara as classes observadas no mapeamento e as de referência na imagem original.

Conforme relata Congalton e Green (2009), uma tabela de confusão é uma matriz quadrada composta por linhas e colunas que expressa o número de unidades amostradas em cada classe do mapeamento temático. Na maioria dos casos, uma das classificações é a referência, tida como verdadeira, – em nosso caso a imagem de satélite e a fotografia aérea – em relação ao mapeamento proposto (produto). Em uma tabela normal, as colunas representam os dados de referência e as linhas, o mapeamento.

Ainda de acordo com os autores, para chegar à tabela de confusão é necessário definir o tipo de amostragem. Quatro são as formas de obter amostras para calcular a acurácia do mapeamento, são eles: por um único pixel, por um conjunto de pixels (muitas vezes é utilizado um quadrado de 3x3 pixels), por um polígono (ou objetos) ou por um grupo de polígonos. Escolhemos a primeira forma, pois foi a opção tecnicamente viável para a confecção das tabelas via SIG, sem grande demanda de tempo. A escolha, entretanto, pode ser fonte de críticas: muitas vezes o pixel pode representar uma mistura de classes.

Outra regra de decisão tomada foi com relação à quantidade de amostras para uma boa avaliação do mapeamento. Congalton e Green (2009) propõem o número mínimo de 50 amostras (em nosso caso, pontos) por classe para áreas menores que 405 mil hectares e menos de 12 classes. Como nosso estudo comporta somente 113 hectares e 9 classes, foram postos aleatoriamente 450 pontos dentro da área de estudo para cada imagem através do software Arcgis 10.1. A figura 12 mostra onde estão localizadas essas amostras.

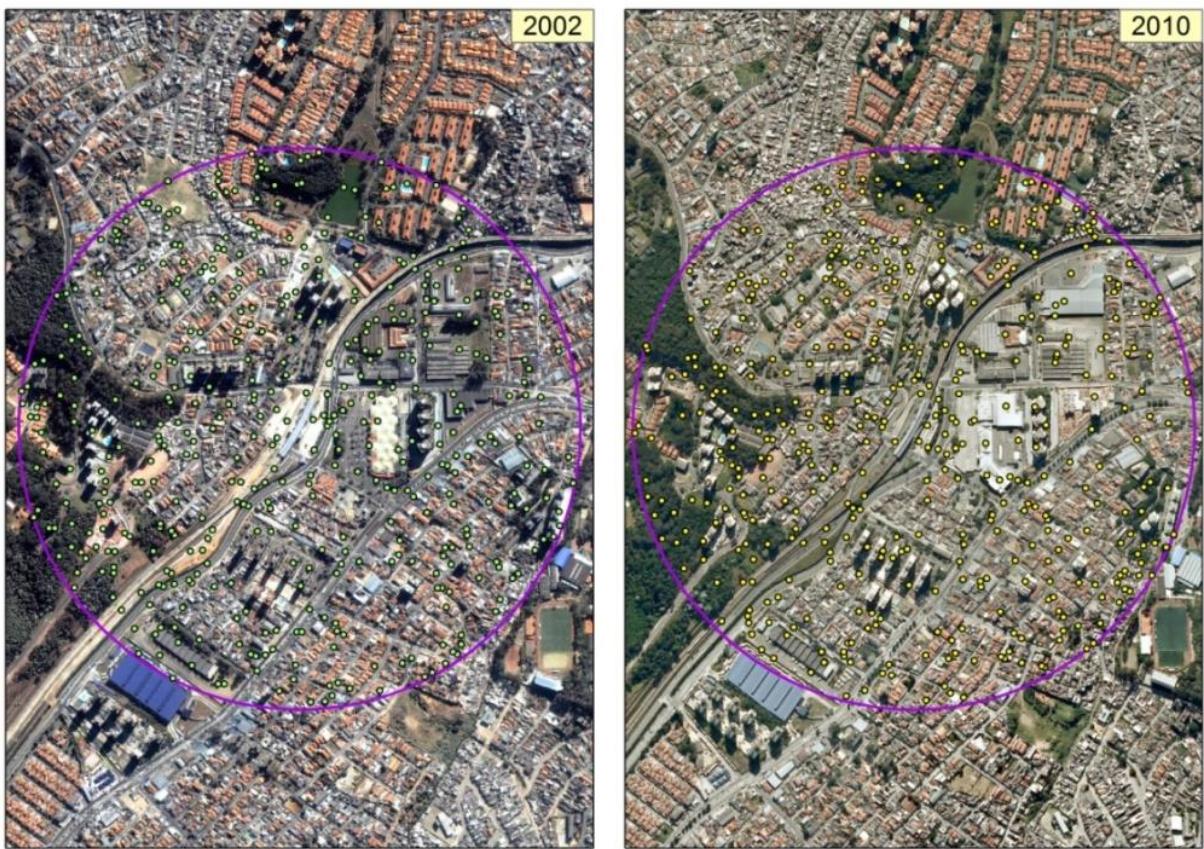


Figura 12: Localização das amostras para construção da matriz de confusão.

Embora seja recomendado buscar verdades de campo (CONGALTON; GREEN, 2009) (PISANI; ZMITROWICZ, 1992), optamos por gerar pontos digitais via SIG pela investigação proposta ser temporal: como as imagens datam de 2002 e 2010, as coberturas da terra podem ter sido modificadas. Outros estudos de análise multitemporal consideram esse tipo de método; são os casos de Santos *et. al.* (2015) e Fernandes *et. al.* (2015).

A vantagem da amostragem aleatória é que ela proporciona boas medidas estatísticas, isto é, resulta na seleção imparcial das amostras, já que as classes tem chances iguais de serem selecionadas. Em contrapartida, ela não garante que as amostras sejam coletadas em todas as classes, ou seja, não é possível prever a distribuição dentro do raio de ação. Isso pode excluir da análise classes representativas para o estudo (CONGALTON; GREEN, 2009). Em nosso caso, a classe água não teve nenhuma amostra coletada para a foto aérea de 2010.

5.5.2 Índice Kappa

Uma possível forma de avaliar a acurácia da classificação, através de uma matriz de confusão, é pelo cálculo do índice Kappa formulado por Cohen (1960 *apud* CONGALTON; GREEN, 2009). Tal índice pode variar entre -1 e +1, sendo -1 a inexistência de qualquer correlação entre, no nosso caso, o mapeamento da cobertura da terra e o conteúdo da imagem e +1, a correlação perfeita.

Com vistas a quantificar o quanto distante o mapa de cobertura da terra está da realidade presente nas imagens, temos, na expressão 1, o índice Kappa em sua fórmula simplificada (CONGALTON; GREEN, 2009) (PARECE *et. al.* 2010).

$$\hat{K} = \frac{p_o - p_c}{1 - p_c}. \quad (1)$$

Onde:

K: índice Kappa; Po: resultado observado (exatidão global); P_c: resultado esperado (ou estimado)

Forma de cálculo:

- I) Cálculo do Po: soma do total de acertos (representados pelos números da diagonal principal da tabela de confusão) dividido pelo total de amostras.
- II) Cálculo do P_c:
 - a) Produto das linhas pelas respectivas colunas;
 - b) Soma cumulativa dos resultados anteriores;
 - c) Soma da diagonal principal da matriz gerada pelo passo “a” dividido pelo resultado do passo “b”;
- III) Aplicação da fórmula (1).

Os resultados foram de 0,74 para a ortofoto de 2010 e de 0,62 para a imagem de satélite de 2002; a tabela e os resultados intermediários que ajudaram na confecção deste índice estão no apêndice. A tabela 5 mostra o desempenho da classificação com relação ao índice Kappa. Com ela chegamos à conclusão que em ambas as classificações o resultado obtido foi “muito bom”, conforme retrata Fonseca (2001).

Índice Kappa	Desempenho da classificação
< 0	Péssimo
$0 < k \leq 0,2$	Mau
$0,2 < k \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < k \leq 0,6$	Bom
$0,6 < k \leq 0,8$	Muito Bom
$0,8 < k \leq 1,0$	Excelente

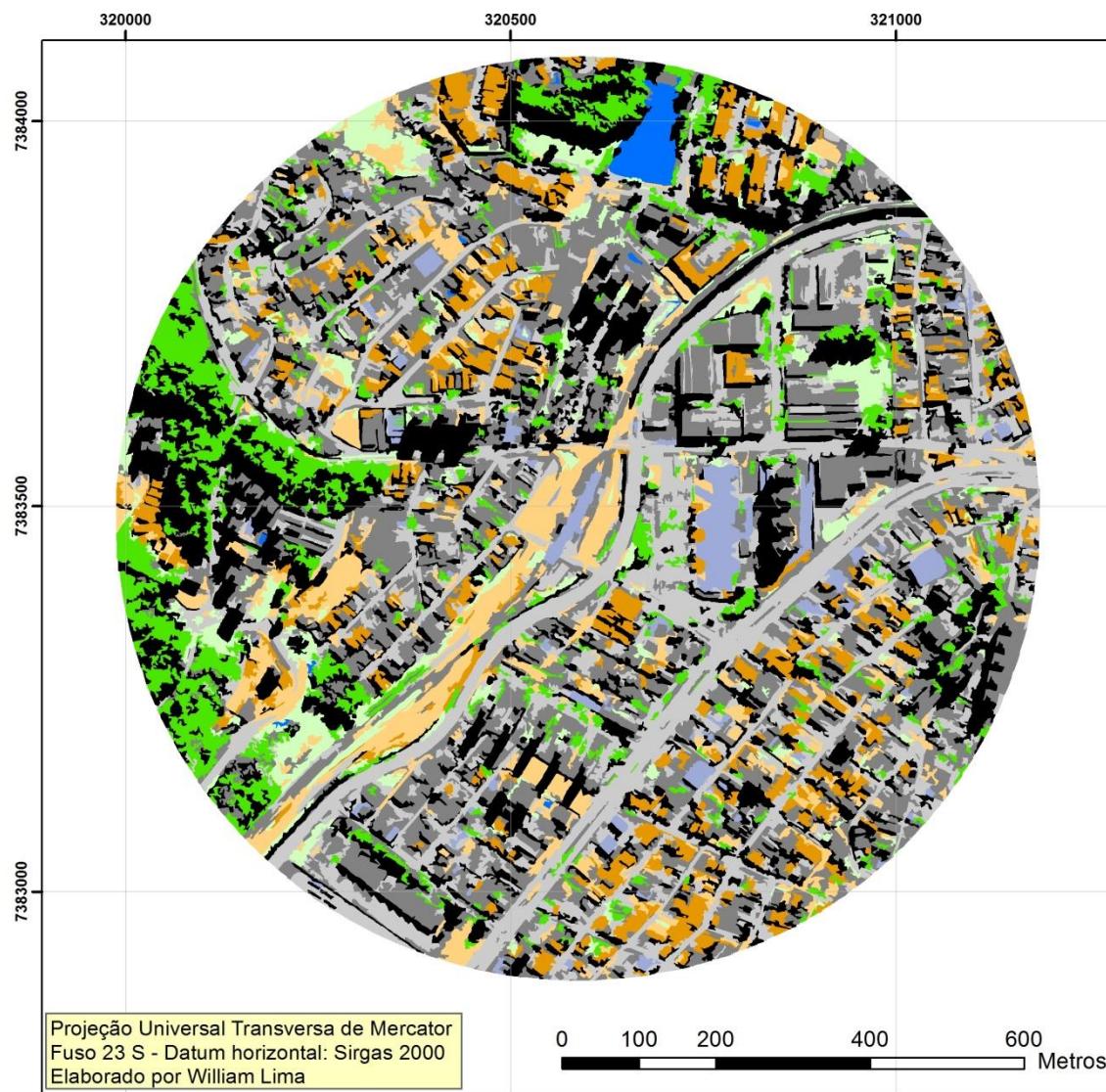
Tabela 5: Desempenho da classificação conforme índice Kappa (Fonseca, 2001).

Com o bom desempenho reiterado pelo índice Kappa, foi possível comparar os dois mapas de ocupação da terra nos dois momentos propostos: 2002 e 2010 e assim fazer referências e comparações entre os dois anos. No próximo capítulo, além de apresentar os resultados dessa classificação, utilizaremos de uma medida demográfica e outra fundiária para retratar e complementar a influência da acessibilidade no entorno da estação Campo Limpo.

6. Resultados

Este capítulo terá como pressuposto dois tipos de análises: i) as diretamente retiradas do mapeamento da cobertura da terra com a apresentação dos números relativos à comparação entre os anos por meio de gráficos e tabelas; e ii) as indiretas: mapa temático demográfico e outro mapa de lançamentos residenciais, para complementar o resultado do primeiro diagnóstico.

Os mapas 4 e 5 representam a cobertura da terra para os anos de 2002 e 2010, respectivamente.

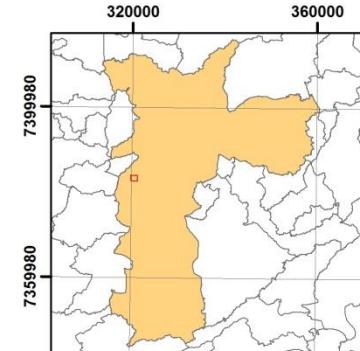


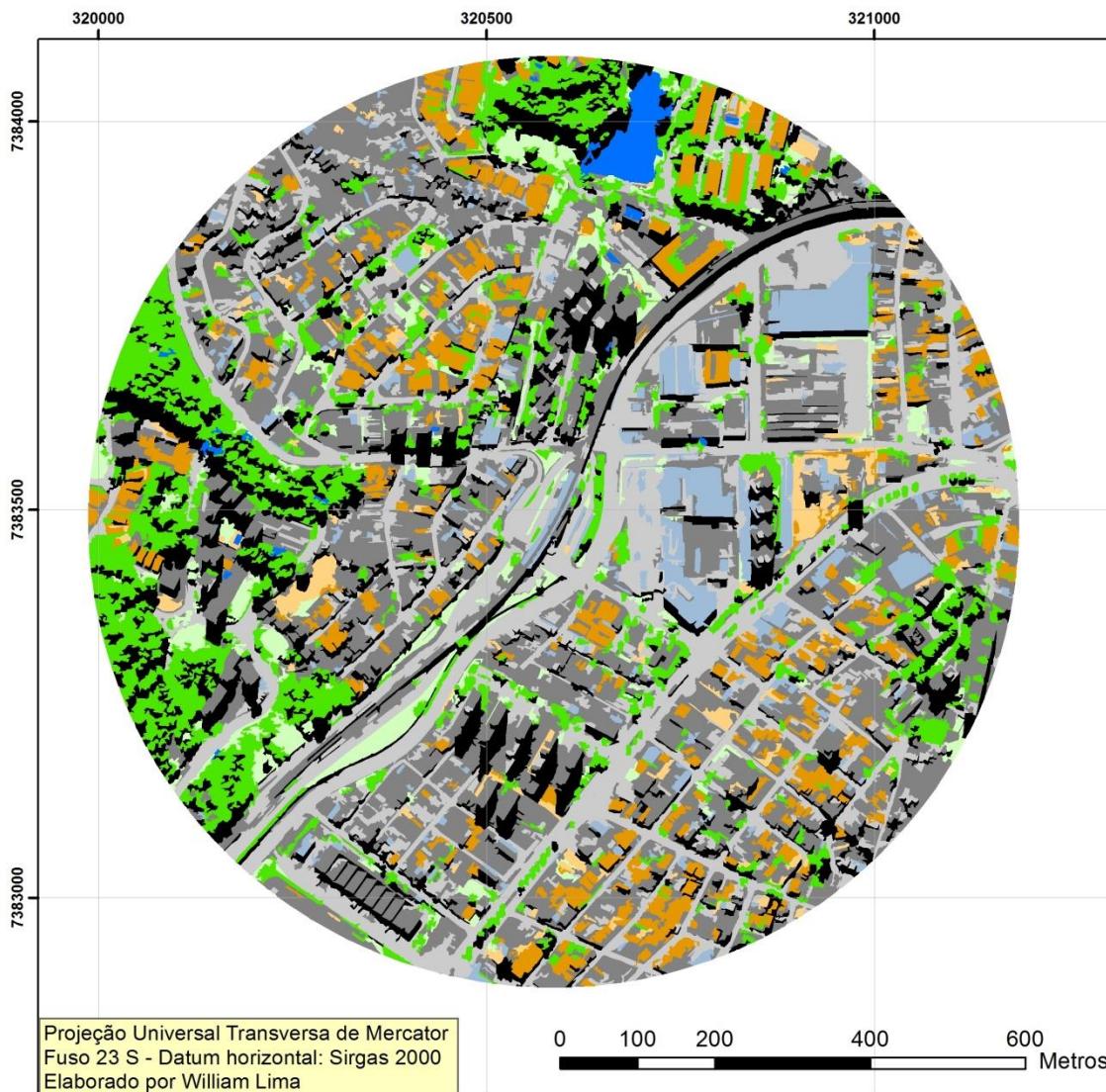
**Mapa 4 - Classificação da Cobertura da Terra
2002**



Classes

- Vegetação Arbórea
- Vegetação Rasteira
- Corpos D'Água
- Solo Exposto
- Asfalto
- Cobertura de Cerâmica
- Cobertura de Concreto
- Cobertura de Metal
- Sombra



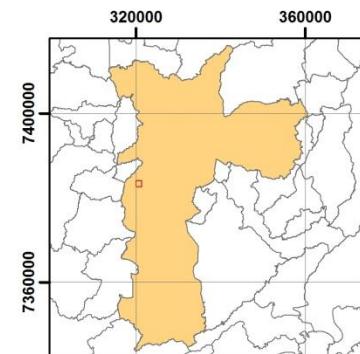


Mapa 5 - Classificação da Cobertura da Terra 2010



Classes

- Vegetação Arbórea
- Vegetação Rasteira
- Corpos D'Água
- Solo Exposto
- Asfalto
- Cobertura de Cerâmica
- Cobertura de Concreto
- Cobertura de Metal
- Sombra



6.1 Do Mapeamento da Cobertura da Terra

A primeira fonte de análise diz respeito às matrizes de confusão das imagens de 2002 (quadro 2) e de 2010 (quadro 3). As informações contidas nas tabelas revelam as dificuldades presentes na classificação bem como a forma comparativa entre as classes. A sequência numérica presente nas tabelas corresponde às classes: vegetação arbórea, vegetação rasteira, corpos d'água, solo exposto, telhado de cerâmica, sombra, asfalto, concreto e telhado de metal, respectivamente.

Classes	Matriz de Confusão para o ano de 2002										Exatidão Global
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	
1	30	0	0	1	1	5	2	3	0	42	71,43%
2	1	13	0	1	1	0	4	1	0	21	61,90%
3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	100,00%
4	0	3	0	34	1	0	0	3	1	42	80,95%
5	1	1	0	7	22	0	0	1	0	32	68,75%
6	1	1	0	1	3	74	0	3	0	83	89,16%
7	6	4	0	6	1	4	66	12	1	100	66,00%
8	7	7	0	10	4	7	16	65	1	117	55,56%
9	0	0	0	0	0	0	0	1	8	9	88,89%
Total	46	29	0	60	33	90	88	89	11	450	

Quadro 2: matriz de confusão para a imagem de satélite IKONOS de 2002. Elaboração William Lima.

Classes	Matriz de Confusão para o ano de 2010										Exatidão Global
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	
1	56	1	0	1	0	4	0	0	1	63	88,89%
2	1	13	0	0	0	2	0	1	0	17	76,47%
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
4	0	0	0	5	4	0	0	0	0	9	55,56%
5	0	0	0	2	33	1	0	1	0	37	89,19%
6	2	1	0	0	0	62	0	2	0	67	92,54%
7	1	3	0	0	1	0	90	21	0	116	77,59%
8	2	1	0	1	6	12	21	88	0	131	67,18%
9	0	0	0	0	0	0	1	0	9	10	90,00%
Total	62	19	0	9	44	81	112	113	10	450	

Quadro 3: matriz de confusão para a ortofoto de 2010. Elaboração William Lima

Do quadro 2 observamos: i) a classe sombra apresentou a maior porcentagem de acerto com 92,56% de correspondência; ii) em contrapartida, a menor correspondência porcentual ficou com a classe solo exposto com 55,56% das amostras tidas como

verdadeiras; iii) as confusões entre as classes também merecem destaque: a maior delas são entre solo exposto e telhado cerâmico, as demais foram asfalto e concreto.

De forma análoga, o quadro 3 pode assim ser descrito: i) a maior porcentagem de acerto ficou com a classe água com 100% de acerto, seguida pela classe sombra com 89,16%; ii) a menor porcentagem ficou com a classe concreto com 55,56%; iii) as maiores confusões estão com as classes: vegetação rasteira e asfalto, telhado de cerâmica e solo exposto e asfalto e concreto.

Ao comparamos as duas tabelas vemos semelhanças nas classes de confusão, com exceção da vegetação rasteira e o asfalto na matriz de 2002, mas podemos explicar essa ocasião pela mistura espectral nas bordas de contato entre as classes, uma vez que foi comum a proximidade entre essas duas classes analisadas. Por outro lado, as duas classificações apresentaram bons resultados para as classes sombra e telhado de metal.

Outra característica importante foi que o quadro 2 apresentou mais confusões entre classes em detrimento do quadro 3. A classe concreto apareceu em 7 das 8 classes restantes em 2002 contra 4 de 8 em 2010. Isso retrata a dificuldade do classificador digital em reconhecer onde está a verdadeira classe, influenciando o índice Kappa.

A partir da análise do mapa de cobertura da terra, temos nos quadros 4 e 5 a divisão de área e porcentual das classes para nossa área de estudo, correspondentes aos anos de 2002 e 2010, respectivamente. No ano de 2002, o maior percentual foi para a classe telhado de concreto com 25,3%, seguido de asfalto (22,6%) e sombra (21,89%). Essas três categorias juntas equivalem a mais de dois terços da área de estudo.

Classes	2002	
	Área (ha)	% de área
Vegetação Arbórea	9,21	8,14%
Vegetação Rasteira	4,83	4,28%
Corpos D'Água	0,80	0,71%
Solo Exposto	8,74	7,73%
Asfalto	25,55	22,60%
Telhado de Cerâmica	7,98	7,06%
Telhado de Concreto	28,60	25,30%
Telhado de Metal	2,60	2,30%
Sombra	24,74	21,89%
Total	113,05	100,00%

Quadro 4: Porcentuais relativos de classes da cobertura da terra para o ano de 2002. Elaboração: William Lima

O fato da classe telhado de concreto obter a maior porcentagem da área se dá devido à forte característica residencial da região, onde esse material está na composição na maioria telhados. Casas residenciais unifamiliares, condomínios residenciais, edificações que comportam comércios e serviços, além de galpões industriais, são os principais exemplos de usos desta classe em nossa área de estudo. Outro dado relevante é a grande presença de sombras principalmente próximas à vegetação arbórea a oeste da estação. Vale lembrar, ainda, que a classe asfalto além de pertencer ao âmbito viário (ruas e avenidas), também inclui estacionamentos de pequeno e grande porte. Isso, aliado a confusão feita pelo software com a classe telhado de concreto, o torna mais frequente.

Por outro lado, as menores porcentagens de área estão nas classes corpos d'água (0,71%), telhado de metal (2,3%) e vegetação rasteira (4,28%). A primeira fica restrita ao lago localizado na entrada do bairro Morumbi Sul e algumas piscinas em condomínios da região. A segunda limita-se a centros comerciais de médio porte, além da já instalada estação do Campo Limpo. Por último, a vegetação rasteira está presente nas margens da vegetação arbórea e de solos expostos, principalmente em um terreno vazio na parte norte.

O ano de 2010 não traz mudanças significativas tanto para as três maiores áreas como para as menores, em comparação ao mapa de 2002. A classe telhado de concreto aparece novamente como a mais recorrente, mas agora com maior porcentagem: 29,84%, seguido de asfalto (24,02%) e sombra; esta com uma diminuição expressiva: de 21,89% em 2002 para 14,46% em 2010.

Classes	2010	
	Área (ha)	% de área
Vegetação Arbórea	14,74	13,04%
Vegetação Rasteira	4,09	3,62%
Corpos D'Água	0,97	0,86%
Solo Exposto	2,22	1,96%
Asfalto	27,15	24,02%
Telhado de Cerâmica	8,55	7,56%
Telhado de Concreto	33,74	29,84%
Telhado de Metal	5,25	4,64%
Sombra	16,35	14,46%
Total	113,06	100,00%

Quadro 5: Porcentuais relativos de classes da cobertura da terra para o ano de 2010. Elaboração: William Lima

Nas classes com as menores presenças há uma diferença: a categoria solo exposto ficou com a segunda menor porcentagem com 1,96%, ficando entre as classes corpo d'água (0,86%) e vegetação rasteira (3,62%).

Essas duas diferenças citadas nos dois últimos parágrafos são as responsáveis pelas maiores discrepâncias entre os dois anos, como podemos observar no gráfico 3. Percentualmente a classe sombra foi a que mais perdeu representatividade com -7,42%, seguido da classe solo exposto com -5,77%. A variação na quantidade de sombras já era esperada: além das imagens serem produzidas e captadas de modo diferente, há variação da intensidade radiométrica e do ângulo de visão dos sensores. Isso pode ser parte da explicação do aumento da vegetação arbórea já que muitas sombras em 2002 estavam mais próximas a esse tipo de vegetação.

A menor quantidade de solo exposto está ligada a construção da estação do Metrô Campo Limpo. Em 2002 ela ainda estava em obras no canteiro central da Avenida Carlos Caldeira Filho, porém em 2010 a obra já estava concluída com a adição predominantemente de asfalto e de vegetação rasteira.

Outra mudança relevante foi na classe telhado de concreto com o acréscimo de 4,54%. A construção de empreendimentos imobiliários residenciais e o adensamento residencial ao norte podem ser relacionados às causas do aumento. Com relação às demais classes (corpos d'água, vegetação rasteira, telhado de cerâmica e asfalto) não houve grandes oscilações, entretanto vale ressaltar a classe telhado de metal, que teve manifestações pontuais na região, com aumento de 2,34%. A criação do shopping Campo Limpo e de outros centros comerciais de menor expressão em substituição a alguns galpões industriais, são os responsáveis por essa alternância de área.

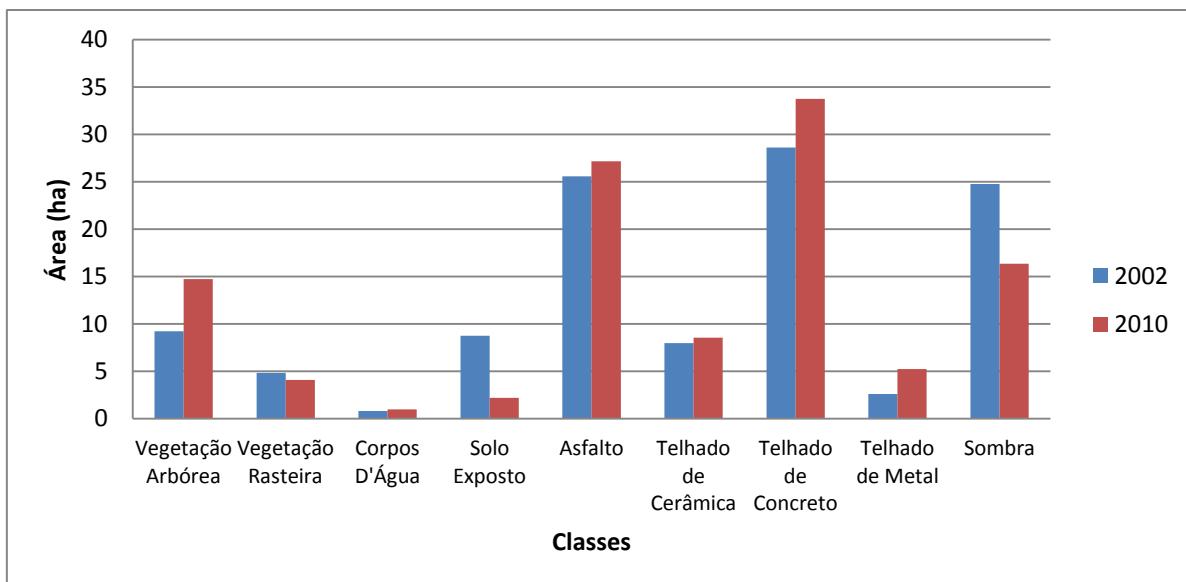
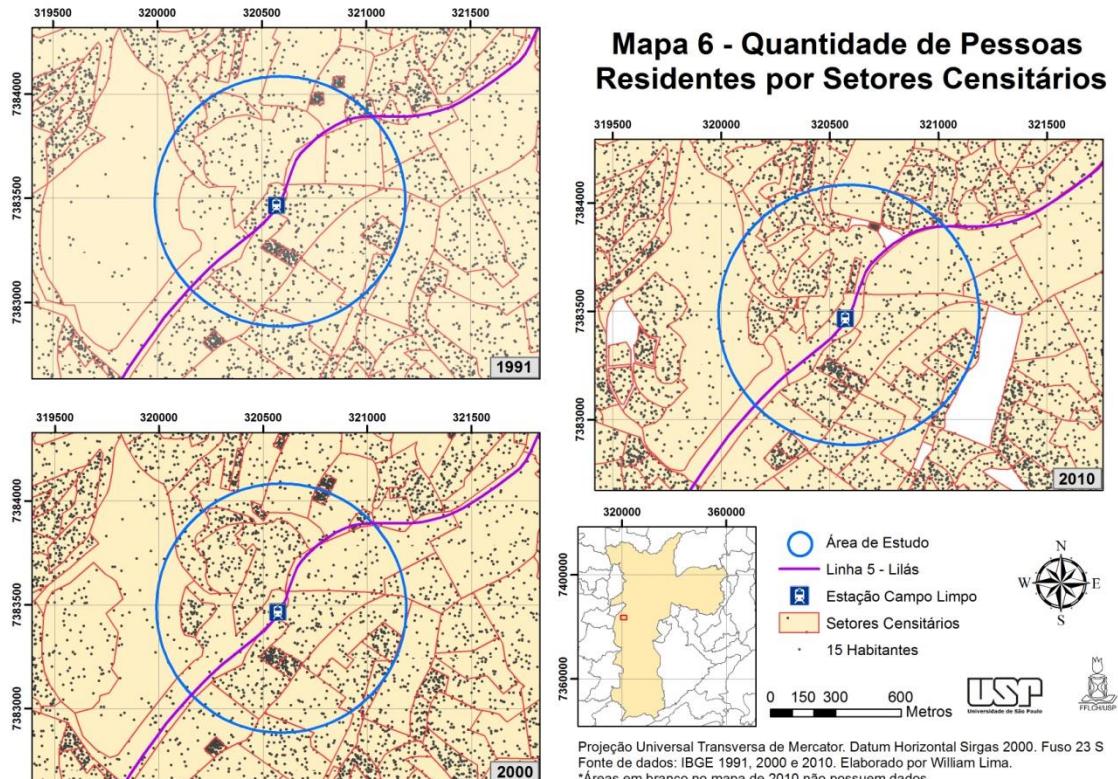


Gráfico 3: Comparação entre classes por ano. Elaboração William Lima

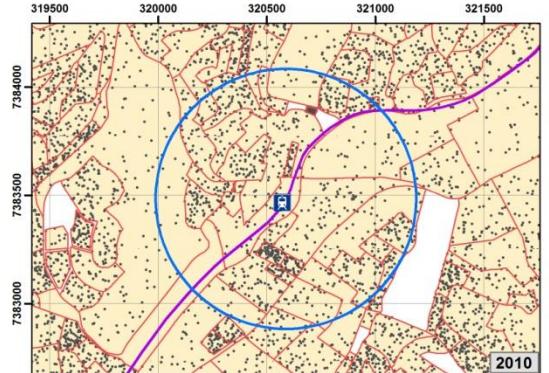
Por ser uma área muito pequena, não houve mudanças tão expressivas ao ponto de destacar alguma tendência. No entanto, a variação na classe telhado de concreto chama atenção para os indicadores demográficos da região, com o provável aumento das residências. Na próxima seção abordaremos essa questão sob a ótica desses indicadores.

6.2 Dos indicadores Socioeconômicos

O primeiro tópico de abordagem será com relação à quantidade de habitantes na área de estudo de acordo com os censos do IBGE. O mapa 6 apresenta a variação na delimitação dos setores censitários ao longo do tempo, bem como a quantidade de habitantes residentes nesses locais. A inclusão de dados do ano de 1991 serve como parâmetro comparativo, já que corresponde ao momento anterior à decisão de construção da estação Campo Limpo.



Mapa 6 - Quantidade de Pessoas Residentes por Setores Censitários



Projecção Universal Transversa de Mercator. Datum Horizontal Sirgas 2000. Fuso 23 S
Fonte de dados: IBGE 1991, 2000 e 2010. Elaborado por William Lima.

*Áreas em branco no mapa de 2010 não possuem dados.



O desmembramento dos setores censitários ao longo dos anos indica que a população aumentou em nossa área de estudo. Podemos observar essa mudança de duas formas significativas: i) nas porções norte/noroeste da estação temos uma maior fragmentação dos setores, junte-se a isso ao crescimento, de apartamentos em sua maioria, do bairro Horto do Ipê, sendo este representado pelo maior setor no mapa de 2010 com parte fora do raio de ação direto; ii) a direção oposta, a sul/sudeste, apresenta a fragmentação em menor nível, sendo o local de casas de telhado de cerâmica e poucas construções verticais.

Ainda de acordo com o mapa podemos ressaltar o aumento na concentração de habitantes tanto dentro como ao redor do nosso raio de ação ao longo do tempo, com destaque para a diferença entre 1991 e 2000. Isso reforça a ideia do acréscimo de habitantes antes e depois da inauguração do metrô Campo Limpo, inaugurada em 2002. Para complementar o mapa 6, dados quantitativos podem ser observados nos gráficos abaixo.

O gráfico 4 traz o aumento da quantidade de pessoas residentes nos setores censitários completamente dentro da área de estudo de 600 metros. Dele podemos ressaltar a discrepância entre os anos de 1991 e 2000: houve um acréscimo de 17,68%

de pessoas residentes nestes setores de 1991 a 2000 e de apenas 0,57% entre os anos de 2000 e 2010.

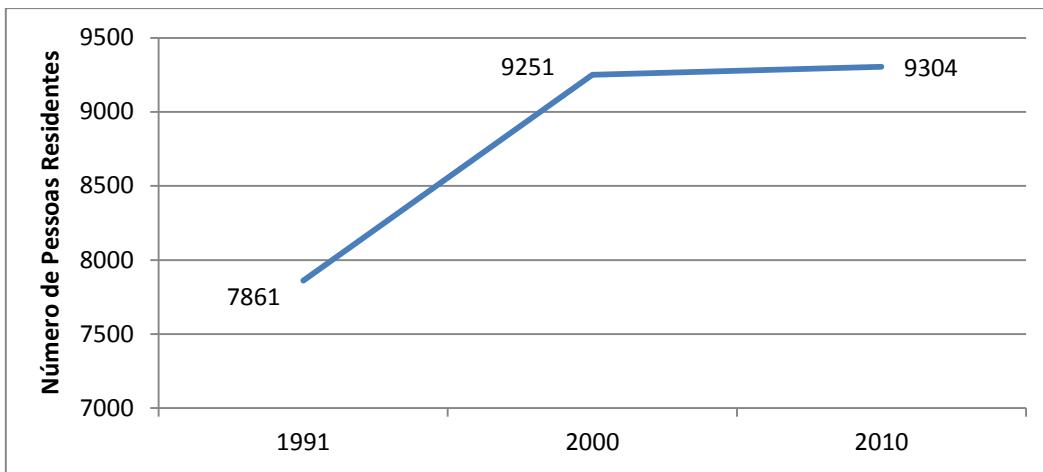


Gráfico 4: Quantidade de Pessoas em Setores Censitários Completamente Inseridas na Área de Estudo.
Elaboração: William Lima a partir dos dados de IBGE (1991, 2000 e 2010).

Outro gráfico comparativo (gráfico 5) mostra o aumento linear da população no entorno da estação. Diferentemente do gráfico anterior, este abrange os setores interseccionados com a área de estudo, isto é, setores com parte de seus limites e aqueles totalmente inseridos no raio de 600 metros. Entre 1991, antes da decisão de construir a estação, e 2010, quando a estação já estava consolidada, houve um aumento populacional de 23%. A indicação dos dois gráficos convergem com as informações do mapa 6 e do aumento do telhado de concreto no gráfico 3.

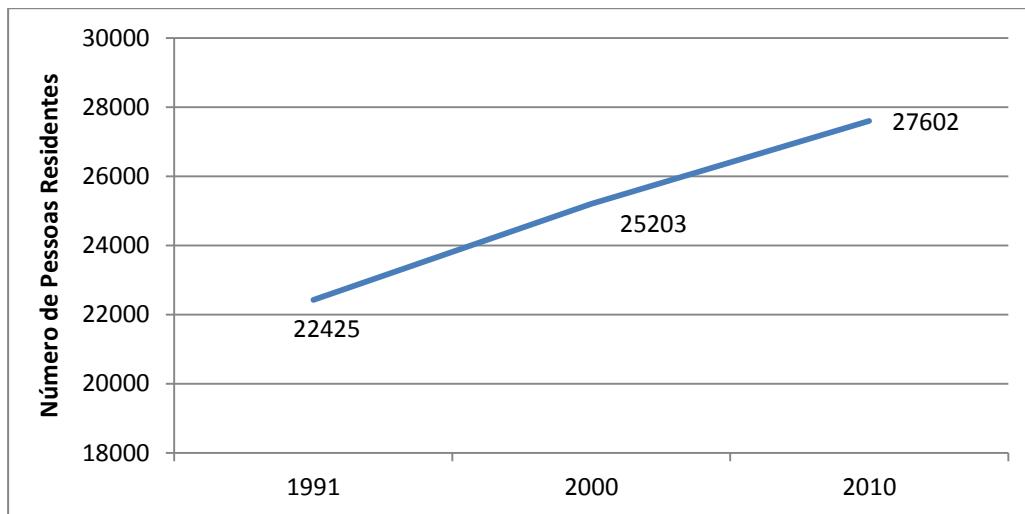


Gráfico 5: Quantidade de Pessoas em Setores Censitários Interseccionadas com a Área de Estudo.
Elaboração: William Lima a partir dos dados de IBGE (1991, 2000 e 2010).

Nem sempre, porém, há aumento da população. Estudos realizados por Gutierrez (2013) e Macêdo (2010) apontaram o contrário: redução da população no entorno das

estações analisadas. A causa dessa constatação dos autores foi o crescimento da presença de comércios e serviços, além da elevação nos números de moradias de alto padrão.

Para complementar a análise e fornecer subsídios ao aumento populacional visto nos gráficos 4 e 5, o mapa 7 traz a localização dos lançamentos imobiliários residenciais²⁸ em dois raios de ação: 600 (direto) e 1000 metros (área de controle). A partir do banco de dados que serviu de base para a construção do mapa, extraímos as informações contidas em quatro gráficos: 6, 7, 8 e 9.

O primeiro trata da quantidade de unidades²⁹ lançadas por ano dentro da área de 1000 metros (gráfico 6). Das 4881 unidades lançadas em 19 anos, destacamos o maior número de lançamentos no ano de 2001, com 656 (13,4% do total), justamente um ano anterior à abertura da estação. Outros anos de destaque do aumento são: 2009, 1999 e 2011 este último foi o ano da inauguração da estação Pinheiros da Linha 4 Amarela do Metrô, proporcionando aos usuários da Linha 5 uma viagem ao centro da cidade somente sobre trilhos.

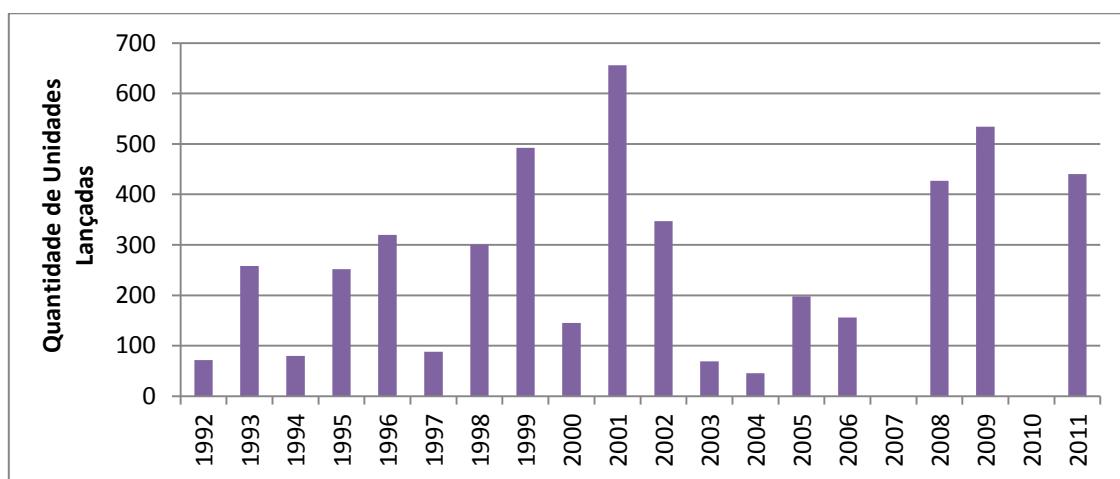


Gráfico 6: Quantidade de unidades imobiliárias residenciais lançadas por ano em um raio de 1000 metros do Metrô Campo Limpo. Elaborado por William Lima a partir dos dados da CEM.

²⁸ A base de dados foi compilada pelo CEM a partir dos dados da Embraesp. A metodologia do georreferenciamento das unidades residenciais se deu através dos 4 dígitos do CEP de cada empreendimento de acordo com o logradouro fornecido pela Embraesp, porém nem todos os imóveis possuíam essa informação. Com isso, adaptamos a base com o intuito de aperfeiçoar o georreferenciamento. Buscamos em sites de imobiliárias, no Google Street View e no próprio site de buscas do Google a localização dos empreendimentos. Aqueles que foram encontrados foram incorporados e os que careciam de informação, descartados.

²⁹ Para o nosso estudo uma unidade corresponde a um apartamento se for lançamento vertical ou uma casa se for um lançamento horizontal.

Mapa 7 - Localização dos Lançamentos Imobiliários Residenciais



Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 S - Datum horizontal: Sirgas 2000
Fonte dos dados: CEM, 2014
Fonte da Imagem: Emplasa 2010/2011



0 100 200 400 600 Metros

- Estação
- Linha 5 - Lilás
- Empreendimentos Residenciais
- Raio de 1000 metros da estação
- Raio de 600 metros da estação

Quando individualizamos os raios de ação vemos que a maioria dos lançamentos aconteceu fora de nosso raio direto de 600 metros, ou seja, houve mais lançamentos nos 400 metros posteriores ao primeiro (gráfico 7); são 1773 e 3108 unidades, respectivamente. A exceção são os anos de 1993, 1999 e 2000, datas não inclusas no nosso mapa de cobertura da terra.

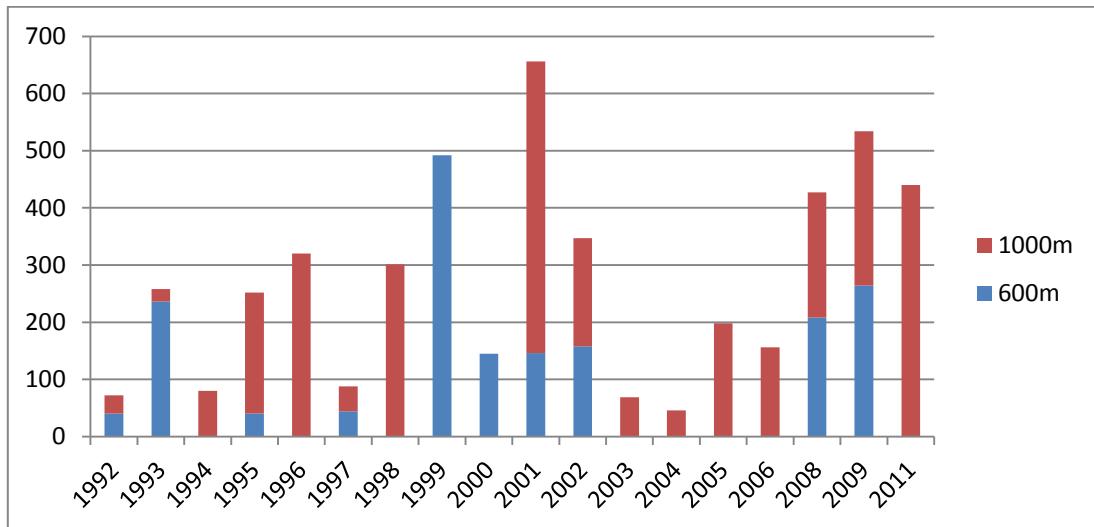


Gráfico 7: Quantidade de unidades lançadas por ano para cada raio de ação. Elaborado por William Lima a partir dos dados da CEM.

Embora os 600 metros da estação não represente um adensamento tão forte quanto foi no raio de 400 metros imediatamente após nossa área de estudo, houve uma verticalização residencial nos anos de 2008 e 2009 com a chegada do condomínio clube Brink (figura 13).



Figura 13: condomínio residencial Brink. Fonte: William Lima.

O gráfico 8 traz o início dessa verticalização com o lançamento de 1557 unidades em apartamentos entre 2006 e 2011. Mesmo com a predominância das

unidades em lançamentos verticais, podemos contextualizar dois momentos em relação aos dois tipos de residências representados no gráfico:

- o primeiro – durante a década de 1990 – possui mais lançamentos horizontais e tem sua origem na consolidação do bairro Morumbi Sul. Neste há predominância de unidades unifamiliares de alto padrão (casas em condomínio fechado e ruas arborizadas, ver figura 14).
- já no segundo – a partir do ano 2000 – houve o crescimento de outro bairro próximo à estação do Campo Limpo, o Horto do Ipê, com maior número de lançamentos verticais e com tamanho menor em comparação às casas e prédios do Morumbi Sul: em média são 125m² de área útil do conjunto residencial horizontal contra 73m² do conjunto residencial vertical.



Figura 14: recorte da ortofoto de 2010 para o bairro Morumbi Sul. Atentar para a presença de casas em condomínios fechados.

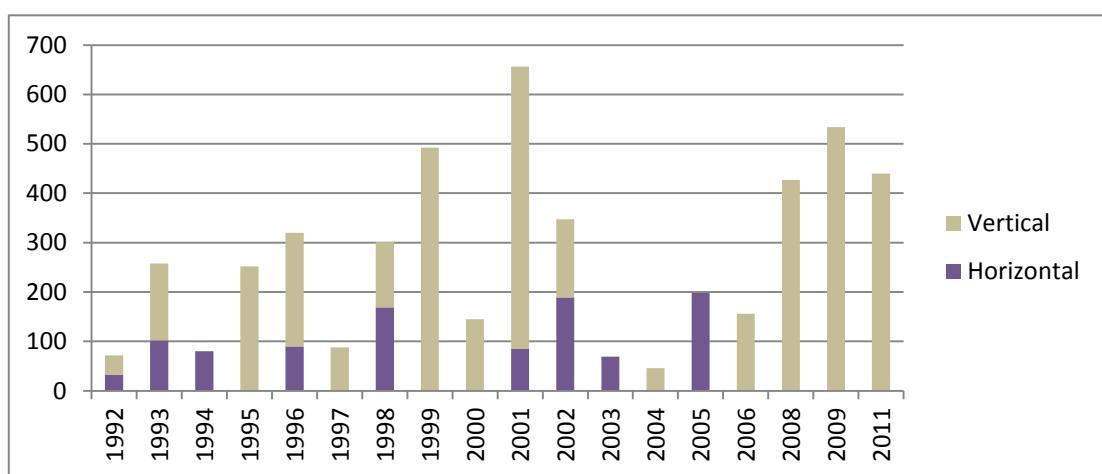


Gráfico 8: Tipo dos lançamentos residenciais. Elaborado por William Lima a partir dos dados do CEM.

O último gráfico (9) apresenta a evolução do preço do metro quadrado médio das unidades na época do seu lançamento e dentro do raio de 1000 metros, tratam-se das mesmas unidades vistas nos gráficos anteriores.

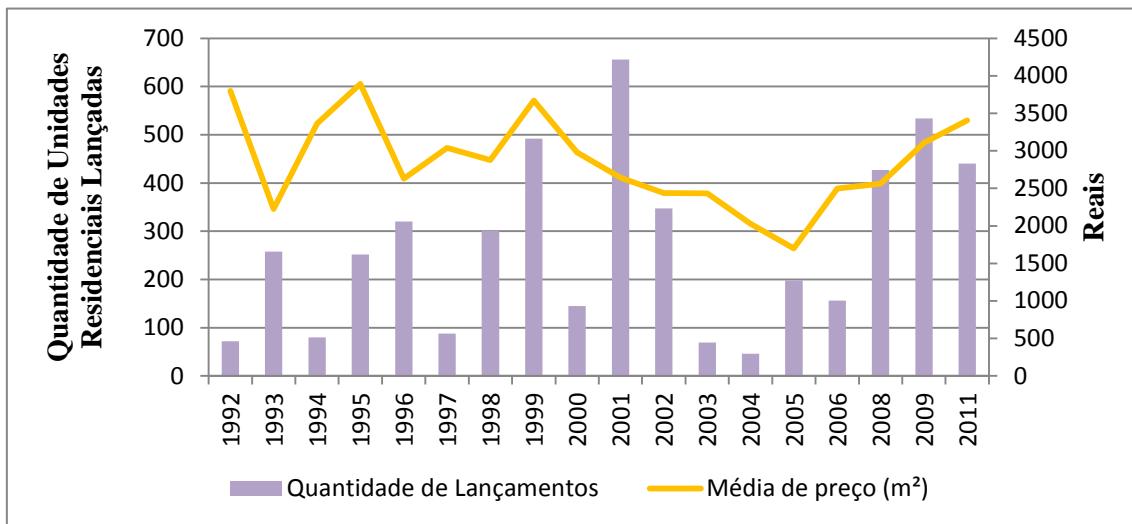


Gráfico 9: Relação entre a quantidade de lançamentos imobiliários com o preço do metro quadrado. Elaborado por William Lima a partir dos dados da CEM.

Em valores atualizados de acordo com o IGP-DI de 2011, temos uma desvalorização do preço dos imóveis a partir de 1999 só voltando a subir após o ano de 2005. Outro indicador interessante é a variação nos preços antes e depois da abertura da estação. Essas duas constatações podem ser relacionadas com as demais análises feitas anteriormente: i) por serem maiores e estarem mais concentradas na década de 1990, os lançamentos horizontais puxaram os preços do metro quadrado para cima; ii) com a inauguração da estação e o início da verticalização com apartamentos menores, o preço do metro quadrado caiu; e iii) a chegada de condomínios verticais mais luxuosos, como o já supracitado Brink, retomou o crescimento do metro quadrado na região, entre os anos de 2008 e 2011.

7. Discussões

Dentro do contexto do mapeamento temporal da cobertura da terra, pela metodologia proposta, foi possível identificar e mensurar elementos urbanos de menor tamanho, mesmo que tenham algumas confusões entre as classes. Beltrame (2008) e Penteado *et. al.* (2007) também identificaram misturas de classes, sendo muitas delas as

mesmas vistas aqui, tais como: i) telhado de concreto/amianto e asfalto, pela pequena diferença espectral; ii) telhado de cerâmica e solo exposto, por aquele apresentar algumas faces claras, confundindo com o solo argiloso; e iii) cobertura arbórea e água, pela existência de sombras que apresentaram resposta espectral similar à água dos rios. Mesmo assim, a primeira autora continuou a análise, melhorando a acurácia com pré-processamentos como utilização de bases de logradouros e NDVI. Ao final, o índice Kappa calculado por Beltrame (2008) foi igual o da foto aérea de 2010 calculado nesta monografia: 0,74.

Mesmo com o índice Kappa menor para a imagem de 2002, foi possível realizar o mapeamento da cobertura da terra e compará-lo com o mapa de 2010. O resultado demonstrou poucas diferenças de 2002 em relação a 2010. Dentre elas, a mais significativa ocorreu na classe telhado de concreto, com o aumento de 4,5%. Diante desse dado, não podemos afirmar que houve mudanças significativas na cobertura da terra no período estipulado.

Por isso, recorremos a outras variáveis como a população e os lançamentos imobiliários antes, durante e depois da construção da estação Campo Limpo. Tais temas elucidaram dois pontos: i) a oscilação discreta da população e do adensamento imobiliário dentro do raio de 600 metros, o que pode ser relacionado com o aumento da classe “concreto” e ii) a ocorrência de mais pessoas e de mais lançamentos em um raio de ação maior, entre os 600 e 1000 metros. Isso mostra que as mudanças em decorrência da instalação de uma estação metroviária podem ser extrapoladas para fora de seu entorno imediato.

Macêdo (2010) aponta em seu estudo um diagnóstico diferente com relação ao aumento de lançamentos imobiliários: no período entre cinco anos antes e cinco anos depois das inaugurações, houve mudanças significativas no adensamento imobiliário especialmente nos bairros de classe média e no entorno imediato (600 metros) das estações. Foi observada pela autora o crescimento dos lançamentos verticais e a natural queda dos lançamentos residenciais horizontais após a abertura da estação, bem como a substituição de armazéns e indústrias. Apesar de não ter havido muitas mudanças na densidade de imóveis no entorno imediato em nosso estudo, nossa análise está em consonância com a da autora no aumento da quantidade de lançamentos de residências

verticais principalmente após 2006, conforme gráfico 8, e na mudança do uso das indústrias/armazéns por áreas residenciais e comerciais.

Outro ponto que chamou atenção durante a apresentação dos resultados foi a queda no preço do metro quadrado depois da inauguração da estação. Embora essa queda também possa ser relacionada ao tamanho dos imóveis lançados (de 2000 a 2006), o relatório da TCRP (1996) indica que o sistema de transporte deve estar bem desenvolvido e integrado aos demais módulos de transportes para aumentar o valor das residências. Outra conjuntura foi apresentado por Lima Neto (2011) quando verificou uma valorização imobiliária de terrenos de uso misto (comercial e residencial) em detrimento dos residenciais nas proximidades das estações metroviárias em Brasília.

Outro fator que corrobora o estudo da TCRP (1996), e que pode estar vinculado ao pequeno número de lançamentos imobiliários dentro do entorno imediato, é a extensão da Linha 5 Lilás e suas conexões com outras estações de Metrô. Atualmente a linha só faz conexão com o trem da CPTM e a última estação, Adolfo Pinheiro, fica distante do centro do município. A continuidade da pesquisa após a conclusão da segunda fase da linha é importante para indicar a variação na cobertura da terra e o comportamento do mercado imobiliário depois da consolidação das três novas conexões com o Metrô: Linha 17 Ouro, Linha 1 Azul e Linha 2 Verde. Outras hipóteses não abordadas neste estudo podem estar ligadas aos efeitos negativos da proximidade das residências com a estação, como o aumento de ruído e do tráfego de veículos; adversidades mencionadas por Lima Neto (2011).

Diante da discussão apresentada, ainda podemos retomar Villaça (1978) e Gualda (1994) quando afirmam, em termos gerais, que a instalação de sistemas de transportes provoca mudanças no uso e cobertura da terra e na valorização do solo por aumentar a acessibilidade aos demais lugares da cidade. Em nosso caso, o mapeamento do entorno imediato indicou pouca variação, mas em contrapartida, em uma área de abrangência maior, podemos afirmar que houve mudanças demográficas e adensamento imobiliário depois da instalação da estação do Campo Limpo.

8. Considerações Finais

Vale lembrar que, como foi exposta anteriormente por Macêdo (2010) e Nigriello (1977), a análise das imagens e da conjuntura social por si só não levam a conclusões sobre a influência da estação do Metrô em seu entorno. Outras características como a conjuntura macroeconômica e decisões sejam elas políticas, atribuídas ao Estado (zoneamentos), ou vinculadas ao mercado imobiliário devem ser considerados em um estudo mais completo. Isto é, não podemos afirmar que a estação do Campo Limpo sozinha foi a responsável por provocar tais mudanças. Além disso, a localização periférica da estação, sem ligação direta com o centro, e sua única conexão com o trem, servem de argumento para que a acessibilidade tivesse pouca influência na mudança na cobertura da terra no raio de 600 metros da estação.

O momento de maior dificuldade durante a monografia foi o mapeamento da cobertura da terra realizado com os dois tipos de imagens. A imagem de satélite IKONOS apresentou feições urbanas (classes) diversas e difíceis de reconhecer. Por outro lado, a ortofoto apresentou melhores resultados com a mesma resolução espacial da imagem de satélite. Inicialmente uma foto aérea preta e branca de 1994 seria incluída na comparação com as demais, porém o fato de ser mais uma fonte de informação diferente das demais e a alta dificuldade em classificá-la digitalmente, foram os motivos do abandono desse período comparativo. Ainda devemos considerar a variedade de objetos urbanos presentes nas imagens: isso acarretou na confusão do software em algumas classes ocasionado pela alta resolução espacial.

Nesse contexto, novos tipos de classificação, como a orientada-objeto ou até mesmo a segmentação de uma classe em duas como, por exemplo, amianto claro e escuro e/ou solo exposto claro e escuro, como fez Beltrame (2008), são alternativas para melhorar a acurácia classificatória.

Sendo assim, a junção de dados cartográficos vetoriais e *rasters* em ambiente computadorizado, aliado ao Sistema de Informações Geográficas, podem ser ferramentas para a pesquisa da mudança da estrutura urbana. Mesmo apresentando resultados modestos, a análise intraurbana através de imagens de alta resolução espacial é importante para observação temporal da cobertura da terra.

Referências Bibliográficas

- ANDERSON, J. R; HARDY, E. E; ROACH, J. T; WITMER, R. E. **Sistema de Classificação do Uso da Terra e do Revestimento do Solo para Utilização com Dados de Sensores Remotos.** Traduzido por Harol Strang. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 80p.
- ARW, UCL and Symonds Group, Stage One - Summary of Findings, in **Land Value and Public Transport**, RISC and ODPM. 2002.
- BELTRAME, A. M. K. **Mapeamento da Cobertura do solo ao longo da faixa de domínio do trem metropolitano:** linha F em São Paulo. Dissertação de Mestrado. USP, São Paulo. 2008.
- BRIASSOULIS, H. **Analysis of land use change: theoretical and modeling approaches.** Lesvos: University of Aegean, 2000. Disponível em <<http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm>>. Acesso em: 22 fev, 2015.
- BRITES, R. S; BIAS, E.S; ROSA, A. N. C. S. Classificação por Regiões. In: MENESSES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati (orgs). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto.** Brasília, 2012.
- CÂMARA; G. Representação Computacional de Dados Geográficos. In: CÂMARA, G; DAVIS, C. MONTEIRO, A. M. V (Ed. Orgs.). **Introdução à Ciência da Geoinformação.** 2000. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>> Acesso em: 18 ago.2015.
- CÂMARA; G. QUEIROZ, G. R. Arquiteturas de Sistemas de Informação Geográfica. In: CÂMARA, G; DAVIS, C. MONTEIRO, A. M. V (Ed. Orgs.). **Introdução à Ciência da Geoinformação.** 2000. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>> Acesso em: 18 ago.2015.
- CONGALTON, R. G; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data:** principles and practices. New York: Taylor and Francis Group. 2 ed. 2009.
- CORREA, R. L. **O Espaço Urbano.** São Paulo: Ática S.A. 1989.
- DAVIS JR., C. A.; QUEIROZ, G. R. Algoritmos geométricos e relacionamentos topológicos. In: CASANOVA, M. A; CÂMARA, G; DAVIS JR., C. A; VINHAS, L;

QUEIROZ, G. R. (Ed.). **Bancos de Dados Geográficos**. São José dos Campos: Mundogeo, 2005. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/bdados/index.html>> Acesso em: 10 ago.2015.

DI GREGORIO, A. **Land cover classification system (LCCS)**: classification concepts and user manual. Rome: FAO, 2000. Version 1. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/003/x0596e/x0596e00.HTM>> Acesso em: 04 ago.2015.

FERNANDES, M. R. M; MATRICARDI, E. A. T; ALMEIDA, A. Q; FERNANDES, M. M. Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe. **Floresta Ambient**. [online]. 2015, v.22, n.4, p.472-482. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872015000400472&lng=pt&nrm=iso> Acesso em 18 nov.2015.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. 2005. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf> Acesso em: 20 ago.2015.

FITZ, P. R. **Cartografia Básica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 143p.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem Complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008 159p.

FONSECA, L. M. G. **Processamento Digital de Imagens**. São José dos Campos: INPE, 2001.

GONÇALVES, J. A. M; PORTUGAL, L. S. **Classificando Estações Metro-Ferroviárias como Pólo Promotor do Desenvolvimento Socioeconômico**. 4º Concurso de Monografias CBTU – A Cidade nos Trilhos. 2008.

GUALDA, N. D. F. Impactos da evolução tecnológica dos transportes na sociedade: uma visão sistemica. In: **Coleção documentos**. Série Estudos Urbanos, nº 08. IEA-USP. 1994.

GUTIERRES, D. M. M. **Análise da Evolução da demanda por transportes associada à implantação de estações de Metrô**. Dissertação de Mestrado. USP, São Paulo. 2013

IBGE. **Noções Básicas de Cartografia.** Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/cartografia/nocoes_basicas_cartografia.pdf>. Acesso em 03 ago. 2015.

INPE. **Spring: Tutorial de Geoprocessamento.** 2007. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>>. Acesso em: 17 ago.2015.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente:** uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução de José Carlos Neves Epiphonio (coordenador). São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598p.

LIMA NETO, V. C. O Efeito dos investimentos em transporte público no valor dos imóveis: o caso do distrito federal. **Boletim regional, urbano e ambiental.** IPEA. n. 06, p. 165-175, dez. 2011.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto.** Campo Grande: Ed UNIDERP, 2006. 908p.

LOMBARDO, M. A; MACHADO, R. P. P. Aplicação das técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas nos Estudos Urbanos. **Revista do Departamento de Geografia,** [S.l.], v. 10, p. 5-11, nov. 2011. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53700>>. Acesso em: 06 mar. 2016.

LUCHIARI, A; KAWAKUBO, F. S; MORATO, R. G. Aplicações de Sensoriamento Remoto na Geografia. In: VENTURI, L. A. B. (org). **Praticando Geografia:** técnicas de campo e laboratório. São Paulo. Oficina de Textos, 2005. p. 33-54.

MACÊDO, N. C. **Uma análise sobre os impactos decorrentes da inserção de estações metroviárias em áreas urbanas:** contribuição conceitual e metodológica através de estudos de casos na cidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado. POLI-USP, São Paulo. 2010.

MENESES, P. R Princípios de Sensoriamento Remoto. In: MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati (orgs.). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto.** Brasília, 2012.

MENESES, P. R; SANO, E. E. Classificação Pixel a Pixel de Imagens. In: MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati (orgs.). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília, 2012.

METRÔ. Os Trilhos da Modernidade: A linha 5 do Metrô de São Paulo. São Paulo: Gráficos Burti. 1^aed. 2003.

METRÔ. Estudo de Impacto Ambiental. Volume 1/4. Linha 5 – Lilás. Trecho Adolfo Pinheiro – Chácara Klabin com Pátio Guido Caloi. 2009. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/pt/2009/01/11525742/brazil-sao-paulo-metro-line-5-project-environmental-assessment-vol-5-11-estudo-de-impacto-ambiental-vol-14>>. Acesso em: 15 set.2015.

MOREIRA, M. A. Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2007. 3^aed. 320p.

NIGRIELLO, A. O Valor do Uso do Solo e sua relação com a acessibilidade. Dissertação de Mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro. 1977.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 1992. 2^a ed. 308p.

PARECE, T; CAMPBELL, J; MCGEE, J. Remote Sensing in an ArcMap Environment. VirginiaTech. Capítulo 20. 2010. Disponível em: <http://virginiaview.cnre.vt.edu/tutorial/Chapter_20_Accuracy_Assessment.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2015.

PENTEADO, D. R; MARQUES, M. L; GUEDES, A. C. M; GIBERTI, P. P. C. Classificação orientada por regiões em imagem IKONOS para a identificação e análise da cobertura do solo urbano de Ubatuba (SP). **Anais XIII do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis. 21.abr a 26.abr, 2007. p.661-669.

PISANI, M. A. J; ZMITROWICZ, W. Sensoriamento Remoto via Orbital Aplicado a Estudos Urbanos. São Paulo, 1992. 17p.

PONCIANO, L. São Paulo: 450 bairros, 450 anos. São Paulo: Editora SENAC. 2004.

QUEIROZ FILHO, A. P. A Escala nos Trabalhos de Campo e de Laboratório. In: VENTURI, Luis Antonio Bittar (org.). **Praticando Geografia**: Técnicas de Campo e Laboratório. 2005.

ROSA, R. **Cartografia Básica**. Universidade Federal de Uberlândia. Instituto de Geografia. Laboratório de Geoprocessamento. 2004. Disponível em: <<http://www.uff.br/cartografiabasica/cartografia%20texto%20bom.pdf>>. Acesso em: 01 ago.2015.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, 2005, p.81-90. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47288>>. Acesso em: mar. 2016.

SANTOS D. I. P; ARAÚJO, E. O; PAGANI, P. C. P; ARAÚJO, M. E. B; NEGRÃO, M. P. Análise multitemporal de uso e ocupação do solo do núcleo inicial do projeto integrado de colonização Paulo de Assis Ribeiro no município de Colorado do Oeste – RO. **Caderno de Geografia**. v.25. n.43, 2015. p.34-51.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental**: Teoria e Prática. São Paulo: Oficina de Textos. 2004.

SEADE. **Índice Paulista de Vulnerabilidade Social**. 2013. Disponível em: <<http://indices-ilp.al.sp.gov.br/view/pdf/ipvs/metodologia.pdf>> Acesso em 28 set. 2015.

SEADE. **SP Demográfico**: Resenha de Estatísticas Vitais do Estado de São Paulo. Ano 14. n.1. Janeiro, 2014. Disponível em: <https://www.seade.gov.br/produtos/midia/spdemografico/spdemog_jan2014.pdf> Acesso em 21 set. 2015.

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-Referenciadas**: conceitos e fundamentos. Campinas: UNICAMP, 2003. 236p.

SOUZA, I, M. **Sensoriamento Remoto Orbital Aplicado a Estudos Urbanos**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São José dos Campos, 2012. 39p.

SOUZA, I. M; PEREIRA, M. N; GARCIA, L. M. F; KURKDJIAN, M. L. N. O. Mapeamento do uso do solo urbano através da classificação por regiões baseada em

medidas texturais. **XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.** Belo Horizonte. 05-10 abr. 2003.

TCRP. Transit and Urban Form. **TCRP Report 16.** Washington: National Academy Press, Transportation Research Board, 1996. v.1.

VASCONCELLOS, E. A. Circular é preciso, “viver” não é preciso: a história do trânsito na cidade de São Paulo. São Paulo: Annablume. 1^a ed. 1998

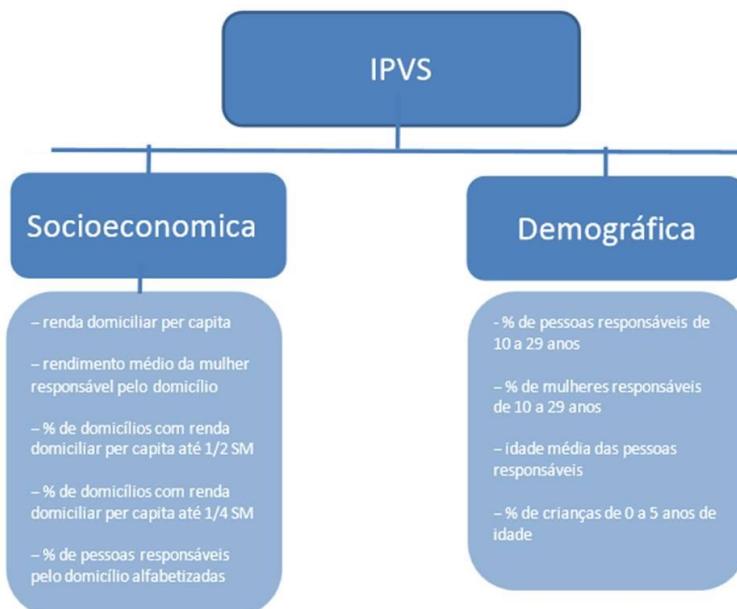
VILLAÇA, F. O Espaço Intra-Urbano no Brasil. São Paulo: Studio Nobel: FAPESP: Lincoln Institute, 1998.

VILLAÇA, F. Uso do Solo Urbano. São Paulo, Fundação Prefeito Faria Lima – Centro de estudos e Pesquisas de Administração Municipal. 1978.

VOLPE, L. L. Análise da paisagem no entorno dos eixos viários: o exemplo do Rodoanel Mario Covas na RMSP. Dissertação de Mestrado. FFLCH-USP, São Paulo. 2009.

ANEXOS

Anexo I – Variáveis do IPVS e a discriminação das classes



Grupos	Dimensões		IPVS 2010	Situação e tipo de setores por grupo
	Socioeconômica	Ciclo de vida familiar		
1	muito alta	Famílias jovens adultas e idosas	Baixíssima vulnerabilidade	Urbanos e rurais não especiais e subnormais
2	média	Famílias adultas e idosas	Vulnerabilidade muito baixa	Urbanos e rurais não especiais e subnormais
3	média	Famílias jovens	Vulnerabilidade baixa	Urbanos e rurais não especiais e subnormais
4	baixa	Famílias adultas e idosas	Vulnerabilidade média	Urbanos e rurais não especiais e subnormais
5	baixa	Famílias jovens em setores urbanos	Vulnerabilidade alta	Urbanos não especiais
6	baixa	Famílias jovens residentes em aglomerados subnormais	Vulnerabilidade muito alta	Urbanos subnormais
7	baixa	Famílias jovens, adultas e idosas em setores rurais	Vulnerabilidade alta	Rurais

Fonte: Fundação Seade 2013. Observação: os setores censitários rurais do município de São Paulo foram considerados como urbanos para classificação nos grupos do IPVS 2010.

Linha Santo Amaro deve passar pelo Ibirapuera

O novo ramal do metrô terá 17 quilômetros e será usado por 1 milhão de passageiros ao dia

São Paulo terá mais uma linha de metrô ligando os bairros de Santo Amaro e Campo Limpo ao sistema já existente. O anúncio foi feito ontem pelo presidente da Companhia do Metropolitano, Antônio Sérgio Fernandes. A linha será a quarta a ser construída na cidade. Há duas opções de trajeto, uma partindo da Estação Paraiso, na linha Norte-Sul, e a outra das estações Saúde ou São Judas.

O presidente do Metropolitano adiantou, no entanto, ser quase certo que a nova linha comece na Estação Paraiso, passe pelas avenidas Ibirapuera e Vereador José Diniz, cruze o Largo 13 de Maio, em Santo Amaro, ultrapasse o Rio Pinheiros, entre as pontes do Socorro e João Dias, e termine no Campo Limpo, seis quilômetros além do Centro Empresarial, na Marginal do Pinheiros. Grande parte da linha seria de superfície.

Dentro de 15 dias a alternativa deverá ser apresentada ao governador Orestes Quérquia, a quem caberá autorizar a abertura de licitação para a elaboração do projeto. Pelos cálculos de Fernandes, a nova linha consumirá, no mínimo, Cr\$ 89 bilhões (US\$ 1 bilhão). Transportará um milhão de

passageiros — movimento semelhante à Norte-Sul — ao longo de 17 quilômetros. "Se houver vontade política do próximo governo, as obras poderão ser iniciadas em meados do ano que vem", disse. Fernandes negou ter recebido pressões de comerciantes de Pinheiros, Itaim e Brooklin Novo — principalmente shopping centers — para que o trajeto da nova linha fosse alterado beneficiando esses bairros. A pressão foi, contudo, confirmada pelo presidente da seção Santo Amaro da Associação Comercial de São Paulo (ACSP), Jayme Benedetti Paganini, com base em declarações de políticos do PMDB. Ele é um dos coordenadores do Grupo Pró-Metrô em Santo Amaro, movimento que reúne não só a ACSP como o poderoso Centro das Indústrias de São Paulo (Ciesp) e sociedades amigos do bairro.

Segundo o presidente do Metrô, a primeira opção de linha para Santo Amaro poderá sofrer alterações antes de ser apresentada ao governador. Em lugar de ter início na Estação Paraiso, ela poderá começar na Estação Brigadeiro, uma das quatro do Ramal Paulista, a ser inaugurado em outubro. Seguiria então pela Avenida Brigadeiro Luis Antônio até chegar ao Parque do Ibirapuera e alcançar o bairro de Moema.

A segunda opção, considerada mais remota, tem como

ponto de partida as estações Saúde ou São Judas. Denominada ABC, porque prevê expansão futura para essa região, acompanharia a Avenida dos Bandeirantes, contorno o Aeroporto de Congonhas e cortaria o bairro do Campo Limpo até atingir as avenidas Santo Amaro e Adolfo Pinheiro. Ao chegar ao Largo 13 de Maio, teria percurso semelhante ao da primeira alternativa.

Fernandes negou que a perspectiva de levar o metrô a Santo Amaro tenha sido levantada este ano para aumentar as chances do candidato do PMDB, Luís Antônio Fleury Filho, nas eleições para o governo do Estado. Ele confirmou, porém, que a obra só poderá ser executada caso se obtenham recursos do Tesouro do Estado. Este ano, o governo Quérquia destinou Cr\$ 13,3 bilhões (US\$ 150 milhões) para subsidiar 40% da tarifa do metrô, além de mais US\$ 1 bilhão para a execução das obras.

A exemplo dos membros do Grupo Pró-Metrô, o ex-secretário de Transportes da administração Jânio Quadros, Roberto Scaringella, recebeu com entusiasmo a informação sobre a criação da nova linha. Ex-diretor de Planejamento da administração Olavo Setúbal, Scaringella revelou que a Estação Paraiso foi projetada para abrigar o futuro ramal para Moema.



Fonte: Jornal “O Estado de São Paulo”. Caderno Cidades. Edição de 21/06/1990. p.19.

Apêndice – Tabelas para realização do índice Kappa

- 1) Tabela de Confusão para o ano de 2002

Classes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
1	30	0	0	1	1	5	2	3	0	42
2	1	13	0	1	1	0	4	1	0	21
3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
4	0	3	0	34	1	0	0	3	1	42
5	1	1	0	7	22	0	0	1	0	32
6	1	1	0	1	3	74	0	3	0	83
7	6	4	0	6	1	4	66	12	1	100
8	7	7	0	10	4	7	16	65	1	117
9	0	0	0	0	0	0	0	1	8	9
Total	46	29	3	60	33	90	88	89	11	450

- 2) Produto do resultado total de cada linha pelo resultado total de cada coluna
(2002)

Classes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1932	1218	126	2520	1386	3780	3696	3738	462
2	966	609	63	1260	693	1890	1848	1869	231
3	138	87	9	180	99	270	264	267	33
4	1932	1218	126	2520	1386	3780	3696	3738	462
5	1472	928	96	1920	1056	2880	2816	2848	352
6	3818	2407	249	4980	2739	7470	7304	7387	913
7	4600	2900	300	6000	3300	9000	8800	8900	1100
8	5382	3393	351	7020	3861	10530	10296	10413	1287
9	414	261	27	540	297	810	792	801	99

Soma diagonal (tab.1)	315
Exatidão global	0,7
Soma total	201601
Soma diagonal total (tab.2)	32908
Esperado	0,16
Kappa	0,64

3) Tabela de Confusão para o ano de 2010

Classes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
1	56	1	0	1	0	4	0	0	1	63
2	1	13	0	0	0	2	0	1	0	17
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	5	4	0	0	0	0	9
5	0	0	0	2	33	1	0	1	0	37
6	2	1	0	0	0	62	0	2	0	67
7	1	3	0	0	1	0	90	21	0	116
8	2	1	0	1	6	12	21	88	0	131
9	0	0	0	0	0	0	1	0	9	10
Total	62	19	0	9	44	81	112	113	10	450

4) Produto do resultado total de cada linha pelo resultado total de cada coluna
(2010)

Classes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3906	1197	0	567	2772	5103	7056	7119	630
2	1054	323	0	153	748	1377	1904	1921	170
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	558	171	0	81	396	729	1008	1017	90
5	2294	703	0	333	1628	2997	4144	4181	370
6	4154	1273	0	603	2948	5427	7504	7571	670
7	7192	2204	0	1044	5104	9396	12992	13108	1160
8	8122	2489	0	1179	5764	10611	14672	14803	1310
9	620	190	0	90	440	810	1120	1130	100

Soma diagonal (tab.3)	356
Exatidão global	0,79
Soma total	202500
Soma diagonal total (tab. 4)	39260
Esperado	0,19
Kappa	0,74