



IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE DEMANDA POR TRANSPORTE PÚBLICO,
BASEADA EM ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Robson Mendes de Andrade

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transporte, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientadores: Carlos David Nassi
Rômulo Dante Orrico Filho

Rio de Janeiro,
Outubro de 2013

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE DEMANDA POR TRANSPORTE PÚBLICO,
BASEADA EM ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Robson Mendes de Andrade

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinada por:

Prof. Rômulo Dante Orrico Filho, Dr. Ing.

Prof. Raul de Bonis Almeida Simões, D.Sc.

Profª. Carla Bernadete Madureira Cruz, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

OUTUBRO DE 2013

Andrade, Robson Mendes de

Identificação de áreas de demanda por transporte público, baseado em análise multicritério / Robson Mendes de Andrade.-Rio de Janeiro:UFRJ/COPPE, 2013.

XV, 142 p.:il; 29,7 cm

Orientadores: Carlos David Nassi e Rômulo Dante Orrico Filho

Dissertação (mestrado) - UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 137-142

1. Transporte Público. 2. Planejamento de Transportes. 3. Banco de Dados. 4. Análise Multicritério.
I. Nassi, Carlos David. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes.
III. Título

DEDICATÓRIA

Ao meu Pai, Carlos Xavier (*In Memorium*), por ter investido e acreditado na minha educação.

“O Planejamento não diz respeito às decisões futuras, mas às implicações futuras de decisões presentes”

Peter Drucker

AGRADECIMENTOS

A Deus,

A minha querida e amada esposa Karen,

A toda minha Família,

Ao Prof. Carlos David Nassi, pela orientação e paciência,

Ao Prof. Rômulo Dante Orrico Filho, pela coorientação e incentivo,

Ao Prof. Raul de Bonis e a Prof^a Carla Madureira, pela valiosa participação na Banca de Dissertação,

Ao Programa de Engenharia de Transporte da COPPE-UFRJ pela oportunidade,

Aos meus amigos do Reset, pela agradável troca de conhecimento e experiência,

A todos os professores e colegas do mestrado que de alguma forma contribuíram para este trabalho,

Aos funcionários do PET-COPPE-UFRJ, pela enorme dedicação e atenção, em especial a Maria Lúcia pelo carinhoso convívio e suporte.

Aos militares e funcionários Civis da 5^a Divisão de Levantamento do Exército Brasileiro, por possibilitarem direta ou indiretamente mais essa vitória na minha carreira.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE DEMANDA POR TRANSPORTE PÚBLICO, BASEADA EM ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Robson Mendes de Andrade

Outubro/2013

Orientadores: Carlos David Nassi

Rômulo Dante Orrico Filho

Programa: Engenharia de Transporte

Esta dissertação aborda a falta de mobilidade da população nas áreas urbanas onde a demanda por transporte não é atendida adequadamente por não levar em consideração as interações entre o sistema de transporte, as relações espaciais e o uso da terra. A falta de visão estratégica no tocante ao serviço de transporte e de uma melhor distribuição da rede viária, serviços e infraestruturas, acaba por promover a dissociação e a extensão espacial da cidade, de promover distâncias geográficas e sociais sem oferecer a esperada equidade e qualidade de vida.

No intuito de combater a lógica das centralidades e oferecer uma ferramenta de análise espacial capaz de identificar possíveis áreas de demanda que atualmente não são atendidas e gerar fluxos de viagens entre subcentros ou bairros vizinhos, é apresentado um método de identificação geográfica baseado em análise multicritério, onde fatores sociais, ambientais e econômicos são considerados e ponderados por especialistas na busca pela maior eficiência na relação do Sistema de Transportes e o Uso do Solo.

O método é aplicado em um estudo de caso referente ao bairro de Santa Cruz no Rio de Janeiro. Os resultados obtidos com a aplicação deste método identificaram as áreas onde o poder público poderia intervir para promover uma melhor mobilidade e acessibilidade aos que mais precisam do transporte público para realizar seus deslocamentos diários.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

“IDENTIFICATION AREAS OF DEMAND FOR PUBLIC TRANSPORT BASED
MULTICRITERIA ANALYSIS”

Robson Mendes de Andrade

October/2013

Advisors: Carlos David Nassi

Rômulo Dante Orrico Filho

Department: Transportation Engineering

This dissertation addresses the lack of mobility of the population in urban areas where the demand for transport is not answered properly by not taking into account the interactions between the transport system, spatial relations and land use. The lack of strategic vision regarding the shuttle service and a better distribution of the road network, services and infrastructure, ultimately promote decoupling and spatial extent of the city, to promote social and geographical distances without providing the expected equity and quality of life. Currently public transport ends up promoting the dissociation and spatial extent of the city, to promote social and geographical distances without offering the expected equity and quality of life.

In order to combat the logic of the centers and provide a spatial analysis tool able to identify possible areas of demand not currently met and generate flows travel between sub-centers or neighborhoods, presents an identification method based on geographical criteria analysis, where social, environmental and economic impacts are considered and weighted by experts in the search for greater efficiency in respect of the Transport System and Land Use.

The method is applied in a case study for the district of Santa Cruz in Rio de Janeiro. The results obtained with this method identified the areas where the government could intervene to promote better mobility and accessibility to public transport more accurately to accomplish their daily commutes.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. O Problema	2
1.2. Relevância	3
1.3. Objetivo	4
1.4. Justificativa	5
1.5. Hipótese	6
1.6. Roteiro Metodológico	6
2. PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES	8
2.1. Conceitos de Mobilidade	9
2.2. Conceitos de Acessibilidade	11
2.3. Relações de Transporte e Uso do Solo	14
2.4. Modelagem da Demanda no Planejamento de Transportes	18
2.5. A Questão das Centralidades	20
2.6. Considerações Preliminares	22
3. ANÁLISE MULTICRITÉRIO APLICADA AOS TRANSPORTES	24
3.1. Definição de Análise Multicritério	25
3.2. Fases da Análise Multicritério	26
3.3. Exemplos de Análise Multicritério aplicada aos Transportes	28
3.3.1. Análise de Multicritério aplicada ao diagnóstico do risco ambiental do transporte rodoviário de produtos perigosos	28
3.3.2. Análise multicritério e gestão de transporte público	30
3.3.3. Análise multicritério e planejamento de rotas	32
3.4. Considerações Preliminares	39
4. BANCO DE DADOS E SIG	40

4.1. Análise Espacial	40
4.1.1. Ferramentas da análise espacial	42
4.1.2. Estatística espacial	43
4.2. Definição de Banco de Dados	46
4.2.1. Banco de Dados Geográficos	47
4.2.2. Armazenamento de Dados Espaciais	50
4.2.3. Objetos Espaciais	51
4.3. Definição de Sistema de Informações Geográficas (SIG)	54
4.4. Considerações Preliminares	59
5. METODOLOGIA	61
5.1. Escolha da Plataforma Computacional	61
5.2. Coleta de Dados	62
5.3. Indicadores utilizados	70
5.3.1. Indicadores Sociais	70
5.3.2. Indicadores Econômicos	77
5.3.3. Indicador Ambiental	83
5.4. Definição dos Pesos e grau de influência das diferentes Variáveis	86
5.5. Normalização dos Dados	88
5.6. Combinação Linear Ponderada	89
5.7. Considerações Preliminares	93
6. APLICAÇÃO PRÁTICA DO ESTUDO	95
6.1. Área de Estudo	95
6.2. Uso e Ocupação do Solo na Área de Estudo	96
6.3. Construção dos mapas temáticos por variáveis.	101
6.3.1. Mapa da Média do Grau de Instrução	104
6.3.2. Mapa da Média do Nível de Renda	106
6.3.3. Mapa do Índice de desenvolvimento Social (IDS)	108
6.3.4. Mapa do Fator de Expansão de Viagens	109
6.3.5. Mapa de Acessibilidade às estações de trem e principais vias	111
6.3.6. Densidade Populacional	114
6.3.7. Tipos de Uso do solo	116
6.3.8. Distância de Hospitais, escolas e delegacias	117

6.3.9. Zoneamento do Plano Diretor	118
6.3.10. Declividade do terreno	120
6.4. Cruzamento e ponderação dos indicadores	122
6.5. Identificação das áreas de Demanda não atendidas	127
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	132
7.1. Conclusões	132
7.2. Recomendações	136
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Relação entre Transporte e Uso do Solo	16
Figura 2 – Definição dos Planos de Informação para cruzamento dos dados	29
Figura 3 – Visão geral da área de estudo da Via Báltica	34
Figura 4 – Mapa da Visão eficiente	36
Figura 5 – Mapa da Visão ecológica	36
Figura 6 – Mapa da Visão social	37
Figura 7 – Mapa da Visão econômica	37
Figura 8 – Alternativa preferida pelos governantes	38
Figura 9 – Alternativa governo (vermelho) x econômico (azul)	38
Figura 10 – Alternativa governo (verm) x econômico (azul)	38
Figura 11 – Alternativa governo (verm) x ecológico (azul)	38
Figura 12 – Níveis de Representação. Fonte: (Câmara, 1995)	49
Figura 13 – Representação Matricial e Vetorial	51
Figura 14 – Exemplo de Uso de Pontos	52
Figura 15 – Exemplo de Uso de Linhas	53
Figura 16 – Exemplo de Uso de Polígono	54
Figura 17 – Configuração básica de um SIG	56
Figura 18 – Exemplo de uma divisão territorial feita pela IBGE	66
Figura 19 – Conversão dos microdados do Universo do Censo no Excel	67
Figura 20 – Correspondência dos microdados com os códigos das variáveis	67
Figura 21 – Áreas de ponderação de Santa Cruz –RJ	68
Figura 22 – Zoneamento de Santa Cruz –RJ conforme Plano Diretor	79
Figura 23 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo em Santa Cruz –RJ	83
Figura 24 – Exemplo de MDT e malha de curvas de nível	85
Figura 25 –Coincidência espacial - estudo e sobreposição de planos de informação	91
Figura 26 – Resumo do funcionamento da Análise Multicriterial do ArcGis	92
Figura 27 – Mapa de Uso e Ocupação do Bairro de Santa Cruz-RJ	96
Figura 28 – Empreendimentos Industriais de Santa Cruz-RJ	99
Figura 29 – Ferramenta Polygon to raster	102
Figura 30 – Fluxograma da combinação de rasters	103

Figura 31 – Apond 3304557005014	105
Figura 32 – Nível de Instrução em Santa Cruz	106
Figura 33 – Nível de Renda em Santa Cruz	107
Figura 34 – Mapa do IDS em Santa Cruz	109
Figura 35 – Zonas de Tráfego em Santa Cruz	110
Figura 36 – Mapa Fator de Expansão de Viagens em Santa Cruz	111
Figura 37 – Vias de Transporte em Santa Cruz	112
Figura 38 – Mapa de acessibilidade aos meios de transporte	114
Figura 39 – Mapa da Densidade Populacional em Santa Cruz	115
Figura 40 – Uso e Ocupação do Solo em Santa Cruz	116
Figura 41 – Escolas/ Delegacias e Hospitais em Santa Cruz	117
Figura 42 – Raios de distância das Escolas/ Delegacias/ Hospitais	118
Figura 43 – Prioridade de mobilidade por zoneamento em Santa Cruz	119
Figura 44 – MDE do sensor ASTER referente à Santa Cruz	120
Figura 45 – Ferramenta “slope” do ArcGis	121
Figura 46 – Níveis de declividade do terreno	122
Figura 47 – Ferramenta “Weighted overlay”	127
Figura 48 – Resultado Técnico para identificação de áreas de demanda	128
Figura 49 – Resultado Alternativo para identificação de áreas de demanda	130

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores ponderados baseados na escala de Saaty	31
Tabela 2- Lista de temas utilizados no estudo do corredor Via Báltica	35
Tabela 3- Dados da base dos microdados referentes ao bairro de Santa Cruz - RJ	69
Tabela 4- Lista de Indicadores	70
Tabela 5- Grau de Mobilidade	71
Tabela 6- Índices de mobilidade	73
Tabela 7- Motivo de Viagens	75
Tabela 8- Mobilidade segundo a faixa de renda média familiar mensal	77
Tabela 9- Imobilidade segundo a faixa de renda	78
Tabela 10- Parâmetros de declividade do DNIT	85
Tabela 11- Grau de Influência de cada variável	87
Tabela 12- Distribuição do Uso e Ocupação do solo	97
Tabela 13- Média do Grau de Instrução por Apond	105
Tabela 14- Média Nível de Renda per capita por Apond	107
Tabela 15- Faixas de IDS	108
Tabela 16- Número de Viagens por Destino	112
Tabela 17- Prioridade por transporte pelas zonas do plano diretor	119
Tabela 18- Pesos da variável Grau de instrução	123
Tabela 19- Pesos da variável Renda Média	123
Tabela 20- Faixas de IDS	124
Tabela 21- Fator de Expansão	124
Tabela 22- Acessibilidade	124
Tabela 23- Densidade Populacional	125
Tabela 24- Uso do Solo	125
Tabela 25- Zonas Plano Diretor	126
Tabela 26- Grau de declividade	126
Tabela 27- Distância Escolas/ Delegacia/ Hospitais	126

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Faixas de Mobilidade	71
Gráfico2- Deslocamentos nos finais de semana nas principais regiões metropolitanas	72
Gráfico 3- Nível de Imobilidade nas principais regiões metropolitanas	78
Gráfico 4- Efeito do declive na distância de caminhada	84
Gráfico 5- Distribuição de Viagens partindo de Santa Cruz	113

1. INTRODUÇÃO

O transporte urbano tem como objetivo apoiar demandas geradas pela diversidade de atividades urbanas em uma diversidade de contextos urbanos. Uma chave para o entendimento das entidades urbanas, portanto, consiste na análise de padrões e processos da utilização do sistema de transportes. Este sistema é altamente complexo e envolve diversas relações entre o sistema de transporte, interações espaciais e uso da terra.

A valorização da terra está diretamente relacionada com as atividades que estão ocorrendo sobre a mesma. Esse relacionamento reflete o nível de acumulação espacial, que pode ser mais intenso ou concentrado. Áreas centrais têm um elevado nível de acumulação espacial e usos do solo correspondentes, tais como varejo, enquanto as áreas periféricas têm baixos níveis de acumulação.

Pode-se perceber que muitas medidas são adotadas para minimizar essas externalidades negativas das interações de apropriação do espaço urbano. Como a rede de transportes está intimamente ligada a essas interações urbanas, influenciando ou sendo influenciada pelas atividades cotidianas realizadas no seu entorno e pelas pessoas que demandam de sua existência, cabe não somente aos agentes públicos e privados do setor de mobilidade urbana, mais sim a todos os setores envolvidos na construção do tecido urbano, como por exemplo a sociedade organizada, o setor empresarial, a comunidade local e os estudiosos da ocupação urbana que juntos proponham numa maneira de intervir no meio ambiente urbano para torná-lo um local mais homogêneo e que sua existência não seja pivô de desigualdades sociais, ambientais e econômicas para com a população.

Uma das alternativas mais utilizadas na atualidade no desejo de combate à falta de mobilidade e busca por uma melhor qualidade de vida da sociedade é a criação de corredores estruturais de transporte de massa, seja metrô, trem ou ônibus, em especial por corredores exclusivos de ônibus articulados, os chamados BRT (Bus Rapid Transit), o problema é que essas intervenções não são precedidas por uma análise mais criteriosa na escolha do local de sua implantação, podendo acarretar em mais problemas que

soluções para a população lindeira ao empreendimento.

Tais corredores, entretanto, não estão sendo capazes de absorver as necessidades de mobilidade de toda a população que está sob sua influência geográfica, pois atende apenas a demanda manifestada pela matriz origem/destino atual, sendo incapaz de prever ou prover demandas futuras das zonas de tráfego nas quais está inserida. Uma escolha errada da região ou das rotas a serem atendidas com sua implantação pode não só comprometer a usabilidade do sistema, mas também terá impacto profundo sobre o desenvolvimento de uma cidade.

Acredita-se que no campo dos Transportes, onde o planejamento tático e operacional de medidas imediatistas ganham cada vez mais espaço, estudos que apontem a maior importância do planejamento estratégico, pensado em obter uma cidade verdadeiramente mais igualitária e acessível, devem ser cada vez mais encorajados e defendidos como o melhor caminho a seguir.

1.1. O Problema

A adoção de medidas canalizadoras ou estruturantes, na tentativa de suprir as demandas por transporte público nas regiões cuja população é dependente de sua existência (cativos), deve estar atenta as interferências locais de sua localização geométrica. A criação dessas intervenções não pode servir de justificativa a empreendimentos imobiliários especulativos e muito menos vetor de exclusão social ou expulsão da população local cada vez mais para zonas periféricas. A falta de visão estratégica acaba por incentivar a concentração das atividades nas zonas centrais, diminuindo ainda mais o valor do solo das regiões cortadas pelo corredor de movimentação pendular, pensado basicamente para atender o deslocamento casa/trabalho das populações de baixo poder aquisitivo.

Ressalta-se que o transporte coletivo acaba por promover a dissociação e a extensão espacial da cidade, de promover distâncias geográficas e sociais sem oferecer a esperada equidade e qualidade de vida. Esses problemas tornaram insatisfatórios os sistemas de transportes públicos, dificultando a mobilidade das pessoas, o que levou ao aumento do

número de viagens não motorizadas e à maior utilização do automóvel particular pelas pessoas com maior condição financeira. A queda da mobilidade e da acessibilidade, a degradação das condições ambientais, os congestionamentos crônicos e os altos índices de acidentes de trânsito já constituem problemas em muitas cidades gerando um considerável desequilíbrio operacional (ANTP, 1997)

Esse desequilíbrio, com o uso de corredores e faixas exclusivas não tem diminuído, pois não combatem a lógica das centralidades urbanas. O espraiamento da população não é acompanhado do espraiamento dos serviços. Durante a fase de planejamento, tão importante quanto à fluidez dos veículos de um ponto a outro, deveria ser a observância dos interesses reais de locomoção da população local e saber identificar a região exata a ser melhor trabalhada afim de descobrir possíveis rotas de demanda não contabilizadas no modelo atual de rede. Mobilidade não se restringe apenas ao ir e vir do trabalho, as necessidades por saúde, lazer, comércio e educação são latentes da mesma forma e devido ao elevado custo dos transportes acabam sendo relegados a segundo plano.

Sabe-se ainda que os meios de transportes devem cumprir seu papel de integração, devem potencializar as relações entre os chamados subcentros com as periferias na tentativa de dar mobilidade e principalmente visibilidade a essas regiões, gerando assim condições de gerar viagens e demandas locais, diminuindo as distâncias e atraindo usuários ao sistema, com a possibilidade de realizar suas necessidades de uma forma mais racional e barata a nível de transporte público.

1.2. Relevância

Segundo a Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável, apresentada pelo Ministério das Cidades em Novembro de 2004, a Mobilidade Urbana Sustentável pode ser definida como o resultado de um conjunto de políticas de transporte e circulação que visa proporcionar o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, através da priorização dos modos não motorizados e coletivos de transporte, de forma efetiva, que não gere segregações espaciais, socialmente inclusiva e ecologicamente sustentáveis, ou seja, baseado nas pessoas e não nos veículos.

A análise criteriosa dos fatores sociais, ambientais e econômicos que permeiam o tecido urbano, torna possível oferecer ao planejador uma visão mais completa e humanista de qual a melhor forma e quais as melhores áreas para implantação de novas rotas de transporte público, sem que para isso o investimento torne-se oneroso do ponto de vista econômico. Na verdade, a ideia é justamente o contrário, pois com o investimento sendo feito de forma mais criteriosa no momento de definir a localização dessas intervenções, a tendência esperada e de crescimento da demanda e geração de viagens por novos usuários, viabilizando uma rede de transportes melhor distribuída, com taxas de ocupação mais homogêneas ao longo do dia ao invés dos horários de pico pendulares da atual lógica de centralidade urbana.

Medidas que venham a melhorar a mobilidade urbana e que principalmente, possibilitem a oportunidade de camadas economicamente desfavorecidas obterem maior acesso aos meios de transporte, por si só, já seriam relevantes para atender essa demanda crescente e necessitada da população menos abastada.

1.3. Objetivo

No intuito de melhorar a mobilidade e dar visibilidade a regiões pouco estruturadas, será apresentado um conjunto de critérios, proporcionando ao planejador público uma visão mais abrangente dos condicionantes que determinam a instalação de novas infraestruturas viárias de transporte público. Para tornar o sistema mais atrativo ao usuário das regiões suburbanas da cidade, será priorizada a acessibilidade aos verdadeiros interessados, que são os cativos deste transporte e também dada condições de atrair usuário de carros, devido a sua proximidade das áreas residenciais com fácil escoamento até as áreas produtivas da cidade.

Acredita-se que a análise espacial busca possibilitar também o desenvolvimento local das áreas influenciadas por esses novos vetores de mobilidade. Será contemplada nesse processo, tanto a viabilidade econômica, quanto a observância ambiental e social das intervenções a serem propostas e posteriormente executadas. Essa meta será alcançada através de um estudo multicritério que definirá as melhores zonas urbanas ou áreas para construção de vias de integração a malha de transporte público, identificando ainda

centros de transferência (integração), que segundo URBITRAN ASSOCIATES, INC. et al. (1999), são algumas das diretrizes para melhorar a mobilidade em áreas suburbanas.

1.4. Justificativa

Justifica-se pelo fato de que os Sistemas de Transportes Urbanos podem ser encarados como uma resposta às forças sociais e econômicas que existem nas áreas urbanas. Este meio ambiente urbano é influenciado pelas características dos Sistemas de Transportes.

Diferentes tendências de desenvolvimento de solo resultam em diferentes demandas de Transportes e exigem diferentes Sistemas de Transportes para servi-las. O tipo do Sistema de Transportes utilizado também influencia o modelo de desenvolvimento do solo. Por essa ligação íntima entre transporte e uso do solo, a análise espacial proposta vai potencializar tanto a melhor ocupação do espaço urbano pelas suas diversas funcionalidades, como também permitirá ao usuário da região indicada chegar ao seu destino de forma mais eficiente e confortável possível, onde o custo /benefício possa refletir em vantagens econômicas e sociais na vida cotidiana e profissional da população atendida.

Nesta busca por eficiência, o uso dos Sistemas de Informações Geográficas como ferramenta de auxílio à análise espacial, tornará possível avaliar cenários geográficos com rapidez e conseqüentemente tornar mais ágil as tomadas de decisão.

Acredita-se que o uso de critérios diversificados para análise espacial é justificado pela nova mentalidade onde o planejamento do sistema de transporte urbano volta-se para o transporte público de qualidade e eficiente, atendendo a expectativa de novos usuários e melhorar as condições para os chamados usuários cativos. Esse transporte público eficiente promove o deslocamento de um número maior de pessoas, com a utilização de um menor número de veículos, reduzindo custos e minimizando os problemas causados pela saturação do sistema viário.

Esta pesquisa poderá dar ao poder público ou entidade gestora de transporte público, subsídios reais de análise na identificação de áreas ou nichos populacionais não

atendidos pela malha viária atual e delimitar áreas físicas com potencial de desenvolvimento e melhor funcionalidade no tecido urbano.

1.5. Hipótese

Uma vez estabelecido o objetivo a alcançar, serão admitidas as seguintes hipóteses:

- Com o uso de análise multicritério, o planejador poderá tomar decisões com um respaldo técnico mais circunstanciado sobre áreas que devem ser priorizados na busca pela maior eficiência. O estudo considera como ideal, um modelo que observe a critérios técnicos, ambientais e sociais, de forma a minimizar o tempo de viagem do usuário, diminuir o tempo de caminhada, espera e, principalmente, a diminuição dos grandes deslocamentos em busca de serviços e atividades econômicas.
- A análise espacial realizada em forma de rede interligada de transportes e uso do solo possibilitará uma maior e melhor oferta de transporte público aos cativos desse serviço, gerando ganhos sociais de qualidade de vida ao usuário e ainda ganhos de receita ao operador, baseado na maior taxa de ocupação a ser gerada com o crescimento da demanda intrabairros e entre as zonas de tráfego de mesmo bairro.

1.6. Roteiro Metodológico

As etapas metodológicas serão definidas através da revisão bibliográfica. Obtendo um estudo de relações entre os níveis de atratividade e os fatores locacionais, tanto da forma quantitativa, quanto da forma qualitativa resultante do cruzamento de todos os critérios adotados para o estudo. Todo o processo será pautado na inclusão social e desenvolvimento humano, sendo os critérios econômicos, ambientais e sociais analisados com o objetivo fim de alcançar a mobilidade não de carros, mais sim das pessoas e da forma mais responsável possível.

A análise multicriterial ponderada em SIG (Sistemas de Informações Geográficas) é eficiente para os casos em que se têm diferentes variáveis ou condicionantes que contribuem para a ocorrência de um determinado processo, onde se deve, portanto, determinar a importância relativa de cada uma delas. Neste procedimento, os fatores que influenciam o processo são sintetizados através do cruzamento ordenado por pesos previamente definidos.

A análise multicritério ocorrerá através da determinação de pesos dos critérios e limites de áreas de influência espacial de cada critério. Os pesos traduzem numericamente a importância relativa de cada critério. A ponderação de critérios pode ser realizada através de várias técnicas como: hierarquização, notação, distribuição de pesos, taxa de substituição, regressão múltipla, jogos de cartas, etc.

Como resultado do cruzamento ponderado de todas as matrizes geradas (rasters), teremos uma matriz resultante onde será possível determinar áreas com maior potencial de atratividade e viabilidade econômica para a implantação de novas rotas de transporte público.

Acredita-se que esse modelo pode ser aplicado tanto em áreas já densamente ocupadas, onde as várias fragmentações do tecido urbano já reproduzam suas externalidades sobre as vias de transporte já existentes, como também podem ser aplicadas em regiões cuja ocupação do solo ainda não apresente uma vocação ou ordenação já definida, podendo a locação de uma nova via potencializar a geração de desenvolvimento local e de mobilidade urbana, graças a visibilidade e racionalidade a serem geradas pela melhor adequação da oferta a demanda por transporte público.

Como exemplo para a aplicação do método, foi escolhido o bairro de Santa Cruz, localizado na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, bairro marcado pelas Viagens pendulares em direção ao centro da Cidade e a Barra da Tijuca, ligando as residências aos postos de trabalho. A população basicamente é de baixa renda e distribuída em condomínios residenciais afastados da maioria dos serviços públicos essenciais. Vale ainda ressaltar o baixo valor monetário do solo, sendo ainda local de várias indústrias com grande potencial poluente.

2. PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES

Quando se fala em planejamento de Transportes cabe resaltar que tudo parte da definição de um plano pautado por decisões que contemplem não só o momento atual de desenvolvimento como também possa prever futuras ampliações e adequações a novos fatores ou critérios. Para assegurar a correta circulação de pessoas e mercadorias, o planejamento de transportes deve definir a infraestrutura mínima necessária.

Para VASCONCELLOS (2000), o processo de Planejamento de Transportes, juntamente com o planejamento urbano e o planejamento da circulação - “Sistema de Planejamento de Transporte Urbano”, constitui-se em uma das técnicas de intervenção sobre o desenvolvimento urbano e está diretamente relacionado com o deslocamento de pessoas e mercadorias. Logo, o planejamento deve estar atento tanto aos fatores físicos de sua implantação como aos fatores humanos que irão influenciar e ser influenciados durante as relações de coexistências de estruturas e serviços.

Maior será o poder de atração de uma região por serviços, negócios e pessoas, quanto maior for sua rede e disponibilidade de transportes e vice-versa, essas relações vão determinar a demanda e fluxos de viagens e o tipo de ocupação do uso de solo e sua intensidade.

O setor de Transportes é muito amplo e diversificado, onde o planejamento de Transporte Público é sem dúvidas o de maior valor social e abrangente de todos, sendo através dele que setores marginalizados socialmente (pobres), ou fisicamente (deficientes) encontram a sua principal forma de locomoção. Além disso sua diversificação propicia uma diminuição da poluição provocada pelos automóveis particulares, fruto da sua menor utilização e ainda na diminuição dos intermináveis congestionamentos diários nas Vias Públicas.

Como o desenvolvimento Urbano não ocorre de forma homogênea pela cidade, o desenvolvimento dos Meios de Transporte podem reordenar a ocupação humana; para tal, o planejamento é primordial para satisfazer às demandas de ligação das zonas de interesse e às regiões geradoras.

Para DUNHAM (2005), segundo a abordagem de vários autores que no setor de transportes, o planejamento envolve a interação dinâmica dos agentes econômicos, da sociedade civil e dos fatores naturais do meio ambiente. Assim é que ao colocar em prática um modelo de transportes para uma dada região ou de qualquer abrangência, fatores como uso do solo, geologia e geografia da região, características da fauna e flora, bem como aspectos culturais e socioeconômicos devem ser considerados.

Acredita-se com uma visão mais abrangente do contexto do planejamento, pode-se apresentar algumas definições e preceitos que são necessários para a construção de um entendimento mais humanista e responsável sobre o planejamento em transporte.

2.1. Conceitos de Mobilidade

A definição de mobilidade está longe de ser consensual. Ao contrário, ao longo dos anos este conceito tem variado nas diversas literaturas existentes, sendo utilizadas para essa pesquisa apenas alguns desses aspectos.

O próprio conceito de mobilidade remete a uma ideia de movimento, de algo que não está estático, que possui a capacidade de modificar-se em diversas situações no espaço e no tempo; logo, não por acaso essa definição é utilizada em vários ramos do conhecimento científico, como nas ciências naturais, nas ciências exatas ou mesmo nas humanas.

Acredita-se que a mobilidade pode assumir graus diferentes e variações à medida que não pode ser entendida como necessariamente constante, gradual, onde o processo será sempre o mesmo para os diferentes tipos de objetos de pesquisa ou do conhecimento.

FERREIRA (2006) ainda observa que o conceito de mobilidade diz respeito ao comportamento do homem em sociedade. Pois, entende como fundamental reconhecer os anseios da população, analisando as particularidades intrínsecas à realidade urbana desses sujeitos, para ter o suporte necessário para o estudo da mobilidade.

Outra forma de medirmos os impactos da mobilidade do transporte é analisando o comportamento de viagens a partir da uma matriz de origem-destino: quantas viagens por dia, número de destinos diferentes por dia, número de linhas de desejo disponíveis, variedade na oferta por transporte (ônibus, vans, metrô, trens, etc.), ou seja, onde o número de deslocamentos e a oportunidade de efetuá-los compõem-se em fatores de mobilidade.

Nota-se, não ser difícil imaginar que os conceitos de mobilidade e acessibilidade possuem uma relação direta, já que ambas dizem respeito à capacidade que os indivíduos têm ou não de se deslocar na relação espaço / tempo, sendo analisada através do comportamento das viagens dos indivíduos, a partir de parâmetros que indiquem o número de viagens realizadas e a forma como estão dispostos esses serviços.

Este tipo de análise coloca o indivíduo no foco da pesquisa, pois, essa conceitualização coloca-o em relação direta com a oferta e demanda por destino, podendo quantificá-la através de sua própria mobilidade.

CASTAÑON (1994) e KRÜGER (2004) possuem visões complementares sobre a ideia de mobilidade, onde o primeiro, identifica a mobilidade como um ato de deslocamento da demanda através do acesso ao sistema de transporte e, o segundo, acrescenta em sua tese que devemos observar não só o número de viagens realizadas por indivíduos como também a oportunidade de acesso da mobilidade da população estudada.

Todas essas características fazem do transporte público mais que uma modalidade de transporte, mas, um agente de inclusão social, colocando-o em um plano diverso do que tradicionalmente é definido.

VASCONCELLOS (2000) afirma que o sistema de transporte reflete com maior clareza as distorções sociais, separando a sociedade entre aqueles que têm possibilidade de uso de automóveis e aqueles que dependem exclusivamente do transporte público. É fato que fatores pessoais como a renda e o grau de instrução, influenciam diretamente na quantidade de viagens e deslocamentos realizados, logo, à medida que o custo da viagem para um indivíduo de menor renda per capita torna-se maior, conseqüentemente ele utilizará menos os meios de transportes do que outro de maior poder aquisitivo.

A oferta de transporte público aparece como um apontamento viável para o desenvolvimento econômico e social da cidade. VASCONCELLOS (2005) diz que a racionalização de um sistema de transporte público é capaz de melhorar os padrões de viagens dos indivíduos. Isto porque a integração e bom gerenciamento desse setor aumenta a mobilidade, de pessoas e mercadorias, caminhando para um desenvolvimento sustentável da cidade.

Sabe-se que a localização dos polos atrativos de viagens atua no desenho do deslocamento diário dos indivíduos em sociedade. Assim, quanto maior for a oferta de serviços, transportes e comércio, de forma a valorizar a micro acessibilidade dos bairros, criando subcentros em cada bairro, para facilitar a mobilidade dos cidadãos, tende-se a diminuir o número de viagens longas.

Entende-se assim mobilidade como a capacidade que os indivíduos têm de se relacionar com o meio, a partir da integração deste com suas atividades produtivas, sejam estas ligadas a fatores estritamente econômicos ou meios aos quais estão relacionadas a lazer, cultura, saúde, educação. Para esses indivíduos, quanto mais desconectados estejam dos serviços de infraestrutura da cidade, menor será a sua disponibilidade de escolha em transporte público, afastando-se cada vez mais dos objetos de desejo, reduzindo a capacidade de deslocamento e de inclusão social.

Assim, mobilidade pode atuar como um parâmetro de desempenho para os alcances dos diferentes níveis de qualidade de vida, uma vez que o transporte público é um agente facilitador para a promoção de políticas de “bem-estar” social. E especialmente nas áreas mais afastadas dos centros urbanos, de menor desenvolvimento social, onde a população possui maior dependência por transporte público.

2.2. Conceitos de Acessibilidade

Assim como a mobilidade, a acessibilidade é outro fator primordial no planejamento da rede de transportes. Muitas vezes tratadas como similares, essas duas vertentes na verdade se completam, onde uma influencia diretamente a existência da outra. A acessibilidade mede o grau de possibilidade do usuário de adentrar aos diferentes modos

do sistema de transporte e realizar os seus deslocamentos, como explicam as seguintes definições.

Ao haver a necessidade de participar das atividades urbanas e existindo entre elas uma separação espacial, o sistema de transporte adquire extrema importância para o funcionamento da cidade, pois confere à população a capacidade de deslocamento no meio urbano. O sistema de transporte também constitui um fator de indução ou limitação do desenvolvimento da cidade conforme sua eficácia em proporcionar esta facilidade de contatos e aproximação das atividades. Contudo, sua eficácia está diretamente relacionada com o grau de compatibilidade entre as características da rede de transporte e da distribuição espacial das atividades.

Segundo CARDOSO (2008), existiriam duas categorias de acessibilidade: a acessibilidade ao sistema de transporte (mede a facilidade de o usuário acessar o sistema de transporte coletivo em sua região de moradia, trabalho, etc.) e a acessibilidade a destinos (mede após o acesso ao sistema de transporte, a facilidade de se chegar ao destino desejado). Sendo assim não é suficiente ter condições de fazer uso do sistema (que garante a mobilidade), se não há a possibilidade de acesso ao local de chegada (acessibilidade a destinos) e vice-versa.

FERREIRA (2006) define acessibilidade como distância percorrida pelo indivíduo da origem até o meio de transporte público e o restante da distância desde o ponto de desembarque ao destino desejado. Cabe ressaltar que, além disso, é interessante observarmos que estão ligados à acessibilidade: o percurso utilizado até a chegada ao ponto de embarque (dado que terrenos acidentados, não pavimentados, implicam na qualidade do deslocamento); as diversas disponibilidades de acesso às diferentes tecnologias de transporte (multiplicando alternativas de deslocamento) e o intervalo entre veículos (o tempo de espera pelo acesso), entre outros fatores.

Utilizando o conceito de LINDEMANN (1997) – no qual acessibilidade está relacionada ao grau de facilidade de acesso a um determinado ponto dentro de uma região – o sistema de transporte seria o agente responsável pelo deslocamento dos indivíduos. A acessibilidade seria vista, dessa forma, como a capacidade de atração

entre o meio de transportes e as áreas de atração (seja por atividade financeira, lazer, estudo, etc.).

Logo, a acessibilidade envolve uma combinação de dois elementos: a localização de destinos que se pretende alcançar numa área e as características da rede de transportes que une os locais de origem e destino, e também deve considerar a localização e as características da população residente, a distribuição geográfica e intensidade das atividades econômicas.

CASTAÑON (1994) define a acessibilidade como sendo a possibilidade de utilização do transporte para se deslocar de um ponto ao outro sem estabelecer uma relação entre a qualidade desse deslocamento (tempo de espera, qualidade do transporte, condições da via) com a região de destino dos indivíduos.

A acessibilidade constitui-se assim como um dos medidores mais significativos, em transporte público, para medirmos aspectos que vão além da capacidade de prover transporte, mas também a questões como cidadania e exclusão social. Isto porque quanto maiores forem às oportunidades de deslocamento (número variado de destinos, meios de transporte, tempo de viagem), maiores são as chances de integração dos indivíduos à cidade e seus serviços.

VASCONCELLOS (2000) afirma que a problemática da mobilidade está diretamente relacionada às diferentes áreas que compõem o espaço urbano e quais classes sociais utilizam-se delas. Essa diferenciação de classes no uso do espaço público para Vasconcellos é visível através do tripé: transporte particular, transporte público e transporte não motorizado, onde o transporte particular é claramente privilegiado, em detrimento das demais formas de deslocamento.

Ressalta-se a importância de destacar a associação existente entre o uso do solo, condição socioeconômica e acessibilidade. A acessibilidade cresce quando os seus deslocamentos apresentam um custo menor e a propensão para interação entre dois lugares cresce com a queda do custo dos movimentos entre eles (RAIA Jr, 2000).

CARDOSO E MATOS (2007) confirmam essa relação ao serem enfáticos na afirmação que

A acessibilidade urbana é condicionada pela interação entre o uso do solo e o transporte e se constitui como um importante indicador de exclusão social, ao lado. Entre outros, da mobilidade, da habitação, da educação e da renda. Nesse sentido, a acessibilidade, ao ser parte integrante e fundamental da dinâmica e do funcionamento das cidades, passa a ser um elemento que contribui para a qualidade de vida urbana, na medida em que facilita o acesso da população aos serviços e equipamentos urbanos, além de viabilizar sua aproximação com as atividades econômicas.

Pode-se agora concluir, que o conceito de acessibilidade é mais amplo, não sendo limitado apenas a atender as pessoas que apresentam algum tipo de limitação de movimento, e sim, aquelas pessoas que não possuem acesso ou sofrem algum tipo de restrição às infraestruturas urbanas do sistema viário (ausência de calçadas ou essas estão em condições precárias, vias em péssimas condições de operação, falta de segurança para os deslocamentos a pé ou por bicicleta, aumento do risco de acidentes de trânsito) e no transporte público (linhas deficientes, tarifas elevadas, operação precária, veículos velhos etc.). Toda essa política de acessibilidade deve ser pautada nos indivíduos e não apenas em meios de transporte e seu trânsito.

2.3. Relações de Transporte e Uso do Solo

Sabe-se que o uso do solo urbano e os transportes estão intimamente interligados e essa ideia é comum entre os planejadores e a população em geral. A separação espacial das atividades humanas cria a necessidade de viajar e transportar mercadorias sendo o princípio básico da análise e previsão dos transportes. Seguindo este princípio, é facilmente entendido que o aparecimento dos subúrbios e a expansão das cidades estão relacionados com o aumento da divisão espacial do trabalho e, conseqüentemente, com todo o aumento da mobilidade

Contudo, pode-se perceber que o impacto contrário (dos transportes no uso do solo) não é tão bem conhecido. Existe uma vaga compreensão de que a evolução desde a densa construção urbana das cidades medievais, onde quase toda a mobilidade diária se fazia a pé, para a vasta expansão de modernas áreas metropolitanas com os seus maciços volumes de tráfego metropolitano, não seriam possíveis sem o desenvolvimento

primeiro dos veículos automotores e em particular com o automóvel privado, que fez de todos os cantos da área metropolitana quase igualmente apropriados como locais para viver ou trabalhar. No entanto, exatamente como o desenvolvimento dos sistemas de transportes influenciou as decisões locais dos proprietários do solo, investidores, empresas e donos de casas, ainda não é claramente compreendido.

O transporte é uma das forças propulsoras do crescimento e da evolução urbana determinando a forma, o tamanho e estrutura urbana, que interage com o zoneamento de uso do solo e a densidade urbana, provocando impactos nos padrões de qualidade do desenvolvimento urbano. A mobilidade, o transporte, o trânsito são fundamentais para a sobrevivência e provocam impactos significativos tanto na renda, habitação e lazer como na saúde das populações urbanas tornam-se imprescindíveis para melhorar a qualidade de vida das cidades.

Segundo o BANCO MUNDIAL (2003), “De 8 a 16% da receita das famílias urbanas são gastos, em geral, com transporte. Assim, é importante explorar as possibilidades de melhorar o desempenho econômico das cidades, por meio de uma melhor integração do transporte com os demais aspectos da estratégia de desenvolvimento da cidade”.

O atendimento às demandas de mobilidade evidencia a necessidade de controle do processo de expansão urbana para que haja uma melhor distribuição das funções. Surge aí a necessidade de uma política de transporte urbano integrada com ações de outros setores, não apenas no âmbito do planejamento da atividade, mas também na articulação de ações, inclusive, na execução integrada dessas atividades.

Sabe-se ainda que o conceito de acessibilidade inclui a atratividade de um lugar como origem e destino, e o padrão de uso do solo por que determina as oportunidades que estão ao alcance de um lugar. A estrutura e a capacidade do setor de transportes afetam o nível de acessibilidade.

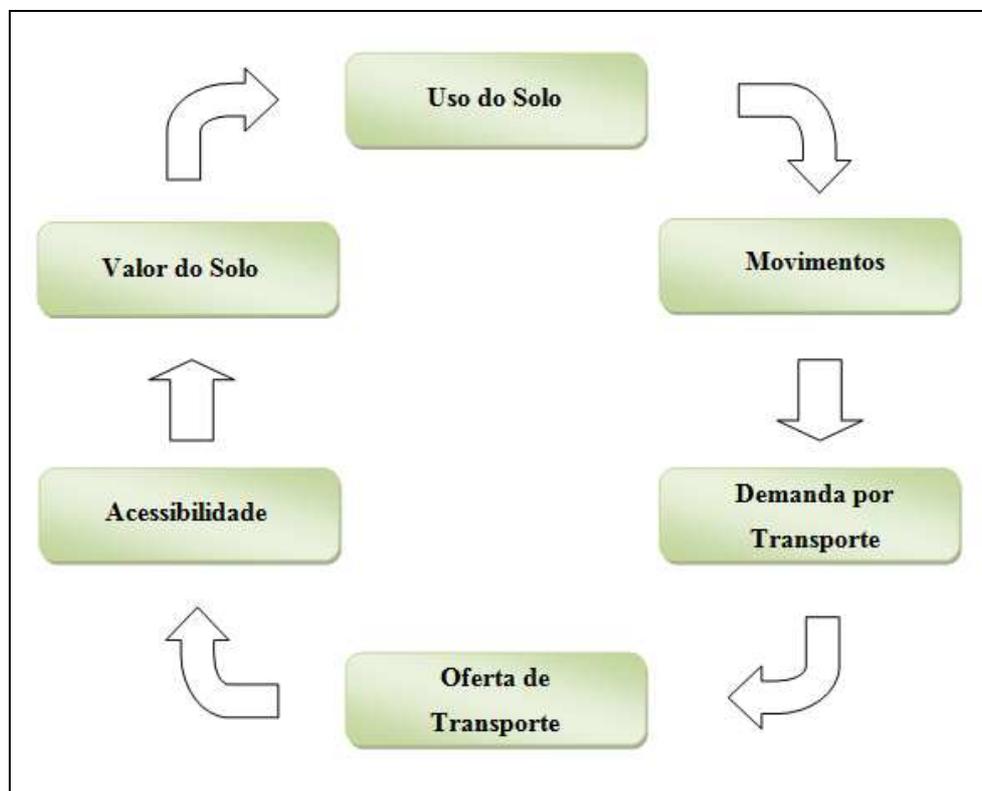
A relação entre transporte e uso do solo pode ser entendida como a integração da provisão de infraestrutura com as demandas e preferências das pessoas e das empresas. Uma mudança na área de transportes gera modificações significativas no uso do solo se a acessibilidade for afetada. A magnitude dessa mudança depende da ampliação na

acessibilidade, da atratividade do lugar em relação às localizações próximas e melhoria dos transportes e do mercado imobiliário.

Por essas e outras questões, sabe-se que a natureza da relação entre transportes e uso do solo situa-se dentro de um contexto mais amplo na estrutura urbana. As áreas metropolitanas em todo o mundo estão promovendo a descentralização de atividades devido à ampliação da renda familiar, aquisição de automóveis e as trocas econômicas estruturais. Para entender essas relações é necessário identificar o ambiente onde são tomadas as decisões por que o setor público é o principal provedor de infraestrutura de transporte enquanto os investimentos no uso do solo são feitos em sua maioria pelo setor privado. As mudanças na geração e atração de viagens provocadas por modificações no transporte são muito mais rápidas do que aquelas do uso do solo.

A estreita relação entre transporte e uso do solo se deve ao fato de que diferentes classes de uso do solo produzem diferentes taxas de geração de viagens, como se observa na fig. 1.

Figura 1: Relação entre Transporte e Uso do Solo



Fonte: Autor, 2013.

Nota-se que o ciclo se inicia pelo uso, que é definido pelo tipo de atividade exercida em uma determinada área. Movimentos são gerados por essa atividade, incluindo-se aqui deslocamentos de pessoas e cargas. A existência de uma necessidade de movimento gera uma pressão por facilidades de transporte e, como decorrência dessa pressão, facilidades de acessibilidade da área que se traduz numa maior facilidade de locomoção de pessoas e cargas. Como consequência da fase anterior, o valor da terra é alterado, gerando uma modificação no seu valor e alterando a natureza do seu uso, fechando assim o ciclo da relação transportes com uso do solo.

O perfeito conhecimento do processo de evolução das cidades é fundamental para que os planejadores possam direcionar o seu crescimento, influenciando a circulação, os custos de urbanização, e mesmo a vida dos cidadãos.

As diferentes atividades que se desenvolvem nas cidades, sofrem, para sua localização, uma influência decisiva dos meios de transportes, da mesma forma que influenciam na implantação desses meios. A localização residencial, por exemplo, além da escolha da casa e do entorno, leva em consideração a busca de um equilíbrio entre custo do transporte e da habitação. Essa balança acaba penalizando justamente aqueles que são mais dependentes e com baixo poder aquisitivo de escolha e alocação.

Algo bem definido entre os estudiosos em planejamento dos transportes é a de que usos diferentes do solo geram padrões de viagens diferentes. Se as viagens urbanas se fazem por meio do sistema viário urbano, então este também deve ser vinculado ao tipo de ocupação que ele serve. Essa ideia, infelizmente não é considerada na maioria dos grandes centros, que se baseiam principalmente na oferta de espaço e não no gerenciamento da demanda, gerando custos sociais, econômicos e ambientais que hoje são inadmissíveis, como: grandes distâncias a serem vencidas pela infraestrutura básica viária e tempos de viagem elevados, sistemas de transporte restritos e aumento da poluição entre outros.

Para LAUTSO (2004), um número crescente de estudos empíricos sobre a interação entre transporte e uso do solo nas áreas urbanas observa que a maioria das questões com relação às viagens por automóvel compreende:

• **Impactos do uso do solo sobre o transporte** – A densidade residencial tem se mostrado um fator inversamente correlacionado com o comprimento das viagens. A centralização de empregos implica em maiores viagens enquanto que o comprimento das viagens são menores em áreas que apresentam uma razão balanceada entre residências e empregos. Estudos americanos confirmam que facilidades atrativas na vizinhança também contribuem para médias menores de comprimento de viagem. A visão teórica de que a distancia das residências aos centros de trabalho é um fator determinante do comprimento médio das viagens foi confirmada empiricamente. Nenhum dos estudos identificou um impacto significativo de algum fator sobre a frequência de viagens. A densidade de residentes e de emprego, tanto quanto uma maior aglomeração e um rápido acesso às paradas e estações de transporte público mostraram-se positivamente correlacionadas com a demanda por transporte público. Vizinhanças “tradicionais” mostraram um mais alto percentual de não utilização do automóvel.

• **Impactos do Transporte sobre o uso do solo** - a acessibilidade dada pelo transporte é considerada como uma variável importante para diferentes tipos de uso do solo, pois é um fator essencial para localização de lojas de varejo, escritórios e residências. Locais com alta acessibilidade tendem a ter um desenvolvimento mais rápido que outras áreas. O valor da acessibilidade para as indústrias varia consideravelmente, dependendo, principalmente, do tipo de mercadoria produzida. De uma forma geral, melhoramentos ubíquos na acessibilidade provoca uma organização mais dispersa do uso do solo.

2.4. Modelagem da Demanda no Planejamento de Transportes

No âmbito do planejamento de transportes, existe uma necessidade primordial de se conhecer o número de viagens geradas em uma determinada área de estudo, de forma a compatibilizar a oferta e a demanda por transportes nessa área, seja com relação aos serviços, seja com relação a infraestrutura. No que tange ao transporte público coletivo, tal compatibilização é cogente, pois refletirá diretamente na operação do sistema e em seus índices de qualidade e de utilização, impactando a mobilidade da população, a acessibilidade de determinadas áreas e a qualidade do ambiente urbano de uma forma geral.

Sabe-se que a estrutura e a configuração dos sistemas de transporte têm grande influência na ocupação e uso do solo, impactando a eficiência econômica das cidades e a qualidade de vida da população. Assim, é de fundamental importância o planejamento adequado do sistema de transportes de uma cidade, com ênfase no sistema de transporte público coletivo, devido a seu caráter estruturador do espaço urbano.

Segundo FERRAZ e TORRES (2004) o planejamento do transporte público envolve os três níveis convencionais de planejamento: estratégico, tático e operacional. O estratégico, com características macro, engloba a definição dos modos de transporte público coletivo a serem utilizados, a localização geral dos traçados ou itinerários, das estações e terminais. O nível tático trata da escolha do tipo de veículo, definição dos itinerários, etc; enquanto o operacional aborda questões mais detalhadas, e concentra-se na programação da operação do sistema. De acordo com essa classificação, as análises deste trabalho referem-se ao nível estratégico, ou macro, pois avaliam a cidade como um todo e permitem que os resultados sejam obtidos em nível de zona de tráfego, os quais podem embasar análises táticas e operacionais.

O processo tradicional de planejamento dos transportes consiste numa sequência de oito etapas técnicas, organizadas em três fases distintas: pré-análise, análise e pós-análise.

A fase de pré-análise está direcionada para uma série de levantamentos para desenvolver um banco de dados com o objetivo de identificar e avaliar a existência de demanda por viagens e o comportamento desta em relação ao sistema. Essa fase é a que consome mais tempo e é considerada a mais cara no processo de planejamento (TAAFFE et al., 1996). É nessa etapa que são feitas a identificação e a definição dos problemas e questões a serem tratadas.

A fase de análise destaca-se como a mais importante e que compõe a base dos modelos de análise do planejamento de transportes, sendo também conhecida como Modelo de Quatro Etapas, que são utilizadas para: (i) estimar a geração de viagens urbanas numa área metropolitana, (ii) projetar a distribuição de viagens entre origens e destinos, (iii) determinar a divisão de viagens entre os diferentes modos de transporte disponíveis para cada região e (iv) alocar viagens para o sistema de transporte.

A última fase do processo de planejamento inclui a previsão dos impactos dos planos

alternativos e políticas. O objetivo dessa previsão é informar a melhor maneira de tomar decisões. A pós-análise inclui: avaliação dos impactos das alternativas analisadas, seleção da alternativa a ser implementada, programação, projeção do orçamento, e implementação da alternativa selecionada.

2.5. A Questão das Centralidades

Segundo CASTELLS (1983), a área central concentra as principais atividades comerciais, de serviços, da gestão pública e privada, terminais de transporte e verticalização, permitindo a coordenação e ordenação das atividades e a comunicação entre os atores.

Logo, podemos entender que a disponibilidade de infraestrutura, a proximidade com relação a serviços, equipamentos e atividades pode atribuir um maior valor do solo às áreas centrais.

Cada vez mais os efeitos dos congestionamentos nas aglomerações centrais tornam-se altos, por isso, algumas atividades tendem a descentralizar, realocando-se fora da área central. Se as forças de aglomeração não são fortes, tais atividades podem descentralizar-se em locais dispersos. Porém, se essas forças são fortes, as atividades tenderão a concentrar-se em clusters secundários, ou nós, denominados subcentros.

VILLAÇA (2001) denomina subcentro aglomerações com diversidades e equilibradas de comércio e serviços, que não o centro principal; ou ainda uma réplica, em tamanho menor, do centro principal, com o qual concorre em parte sem, entretanto, a ele se igualar.

Segundo CORREA (1995) o subcentro constitui-se de uma miniatura do núcleo central. Possui uma gama complexa de tipos de lojas e de serviços, e várias de suas lojas são filiais de empresas que se localizam na área central. E à semelhança da área central, o subcentro constitui-se em importante foco de linhas de transporte intraurbano.

A partir das definições sobre subcentros apresentadas, é possível concluir que estes

possuem as mesmas características atribuídas às áreas centrais. Os novos centros, que estão surgindo, não são uma remodelação, como ocorria no passado, do centro antigo, pois a mobilidade territorial exige e requer um centro novo, e os interesses imobiliários se aproveitam disso, surgindo, assim, novos centros espacialmente dispersos.

O processo de descentralização é caracterizado pela criação de subcentros que surgiram com crescimento das cidades. Seu início se deu na década de 1920 e se intensificou depois da Segunda Guerra Mundial. Existem vários fatores que justificam essa descentralização. ROBERTO LOBATO CORRÊA (2004, p.45) cita alguns fatores de repulsão da área central:

- aumento constante do preço da terra de impostos e aluguéis;
- congestionamento e alto custo do sistema de transporte e comunicações;
- falta de espaço para expansão;
- restrições legais;
- ausência ou perda de amenidades.

Essa descentralização só ocorre quando surgem atrativos em outras áreas da cidade, como:

- terras não ocupadas com baixos custos e impostos;
- infraestrutura implantada;
- facilidades de transporte;
- qualidades atrativas do sítio (topografia, drenagem, etc.);
- possibilidade de controle da terra;

- amenidades.

Pode-se perceber que o crescimento das cidades também influencia na descentralização, e o aumento da distância entre o centro e as áreas residenciais faz com que as firmas abram filiais nos bairros. Antes, a competição entre as empresas impunha uma localização central; atualmente, requer várias localizações descentralizadas além da sede central. A descentralização criou uma concorrência entre o centro principal e os subcentros para onde foram transferidos alguns empreendimentos. Aliado a esse processo está o desenvolvimento e ampliação dos meios de transporte, como o ônibus, automóvel, trem, metrô; e dos meios modernos de comunicação, que possibilitaram uma maior flexibilidade em relação à localização das empresas.

Na ocupação do centro, subcentros ou periferias, existem três grupos sociais distintos. Aqueles que têm uma condição financeira que os permite escolher onde morar. Esses, geralmente, optam pelas áreas centrais que possuem o melhor conjunto de equipamentos urbanos e empregos da área metropolitana. Depois vêm os grupos sociais com renda mais ou menos estável, que não conseguem se manter nas regiões centrais e, por isso se afastam dela à procura de moradia conveniente e não muito cara. E, finalmente, os grupos sociais mais desfavorecidos que não têm muita escolha e se espalham por diferentes regiões das cidades.

2.6. Considerações Preliminares

Acredita-se que com os argumentos já apresentados pode-se concluir que o comércio e nível de serviços não se distribuem de forma aleatória nas cidades, mas sim buscando se estabelecerem em locais de máxima acessibilidade. E que essas localizações dependerão das disposições espaciais residenciais e do acesso a essas áreas.

Da mesma forma a decisão de localização residencial condicionada à renda está ligada à preferência pela acessibilidade. Para as famílias que não têm restrições orçamentárias, os custos de transporte constituem um bem inferior, por isso a preferência dessas por mais espaço do que por acessibilidade, em localizações com menor grau de densidade.

Sabe-se ainda que as políticas de transporte desempenham um duplo papel: por um lado podem atuar enquanto promotor de exclusão social (seja por via da segregação espacial, políticas de preços ou pela baixa cobertura territorial) e por outro como facilitador de maior inclusão social de indivíduos e áreas.

Sabe-se que em todo o espaço urbano, com mais frequência na área central, o processo de renovação urbana que são mudanças de padrões, pois muitas vezes além de haver a restauração ou revitalização, pode ocorrer também a mudança radical e profunda, descolada da história e sem manter laços de identidade.

Logo, o centro principal consiste em um nó na malha urbana, que funciona como um canal de comunicação entre vários setores da cidade, que se mostra fragmentada, mas articulada pelas relações sociais.

Constatou-se que o uso de técnicas envolvidas no estudo das redes, corredores e rotas adotadas nas vias de acesso, para promover melhor desempenho dos transportes de passageiros devem espelhar o lado social e humanístico do planejamento, pois, acima de tudo, é a qualidade de vida do cidadão o principal motivo da sua implementação.

3. ANÁLISE MULTICRITÉRIO APLICADA AOS TRANSPORTES

O planejamento e o desempenho operacional das empresas operadoras do transporte coletivo se enquadram em um processo decisório complexo, onde muitos dos agentes envolvidos para o cálculo da demanda ou oferta acabam sendo negligenciados. Isto pode ocorrer pela existência de muitos planejadores, muitas vezes com visões e formações diferenciadas, e por existirem também múltiplos objetivos, que por sua vez são influenciados por fatores diretos e indiretos em relação à decisão a tomar.

Acredita-se que diante desta realidade, é necessária a identificação de uma abordagem capaz de estruturar o problema e encontrar uma solução mais adequada, uma vez que os tomadores de decisão não possuem uma adequada compreensão do problema em foco e de suas implicações, necessitando refletir sobre seus objetivos, prioridades e preferências. Esta solução deve ser capaz de atender às expectativas de todos os planejadores e permitir uma maior visibilidade aos usuários com um sistema capaz de atender aos diferentes anseios da população de sua área de influencia.

A Análise Multicritério tem se mostrado uma ferramenta importante quando na avaliação de cenários, e na tomada de decisão se utilizam vários critérios ou indicadores, qualitativos e/ou quantitativos combinados de forma a fornecer uma ideia mais aproximada da situação sobre a qual se pretende decidir. Esta ferramenta como se pode observar vem sendo amplamente utilizada nos estudos de qualidade ambiental e sustentabilidade (MENDES 2004).

Muitos dos métodos de Análise Multicritério desenvolvidos originaram-se da análise de escolha do consumidor. Estes métodos auxiliam os planejadores quanto a estratégias a serem implementadas com base no conhecimento dos impactos, e particularmente, em relação àqueles que não podem ser monetarizados e por isto não podem ser incluídos numa análise tradicional de custo e benefício. (PLUME, Synthesis Report,2003).

Ressalta-se que este estudo fará uso desse método, em que o objetivo central destina-se a determinar quais as áreas mais aptas e propícias a serem atendidas pelo sistema de transportes. Os critérios correspondem a entidades como a proximidade às vias, à hospitais entre outras. Utilizando a análise multicritério, as entidades referidas

correspondem a localizações aptas (determinadas por critérios) e são combinadas resultando num mapa com as áreas de maior aptidão.

3.1. Definição de Análise Multicritério

A Análise de Multicritérios é um procedimento metodológico de cruzamento de variáveis amplamente aceitos nas análises espaciais. Ela é também conhecida como Árvore de Decisões ou como Análise Hierárquica de Pesos. O procedimento baseia-se no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final. A matemática empregada é a simples Média Ponderada, mas há pesquisadores que já utilizam a lógica Fuzzy para atribuir os pesos e notas.

A tomada de decisão, deve buscar a opção que apresente o melhor desempenho, a melhor avaliação, ou ainda, o melhor acordo entre as expectativas do “decisor” e as suas disponibilidades em adotá-la, considerando a relação entre elementos objetivos e subjetivos (SOARES, 2006).

Os métodos de apoio multicritério à decisão têm um lado científico, mas ao mesmo tempo, subjetivo, apresentando consigo a capacidade de agregar todas as características consideradas importantes, inclusive as não quantitativas, com o objetivo de permitir a transparência e a sistematização do processo referente aos problemas de tomada de decisões (GOMES, ARAYA e CARIGNANO, 2004).

Segundo MOURA (2007) o procedimento de análise de multicritérios é muito utilizado em geoprocessamento, pois se baseia justamente na lógica básica da construção de um SIG: seleção das principais variáveis que caracterizam um fenômeno, já realizando um recorte metodológico de simplificação da complexidade espacial; representação da realidade segundo diferentes variáveis, organizadas em camadas de informação; discretização dos planos de análise em resoluções espaciais adequadas tanto para as fontes dos dados como para os objetivos a serem alcançados; promoção da combinação das camadas de variáveis, integradas na forma de um sistema, que traduza a

complexidade da realidade; finalmente, possibilidade de validação e calibração do sistema, mediante identificação e correção das relações construídas entre as variáveis mapeadas.

Trata-se, pois, de uma técnica que permite que a decisão seja pautada com base nos critérios considerados relevantes para o problema em questão pelos agentes decisores, em que a importância dos critérios é definida por estes, em um processo interativo com outros atores técnico-políticos. Afinal, cada ministério, cada secretaria estadual ou municipal, cada gestor tem, de partida, um elenco de objetivos setoriais a orientar sua agenda de prioridades, conferindo maior importância a determinadas questões sociais e estratégias de intervenção.

3.2. Fases da Análise Multicritério

A análise multicritérios é desenvolvida em etapas que, de modo geral, podem ser representadas da seguinte maneira (SOARES, 2003):

- a) **Formulação do problema:** de um modo bastante simplista, corresponde a saber sobre o que se quer decidir.

- b) **Determinação de um conjunto de ações potenciais:** os atores envolvidos na tomada de decisão devem constituir um conjunto de ações (alternativas) que atendam ao problema colocado.

- c) **Elaboração de uma família coerente de critérios:** definição de um conjunto de critérios que permita avaliar o problema. Para a construção de critérios, normalmente são utilizados elementos estruturais denominados parâmetros e indicadores. Hierarquicamente, os parâmetros, que são dados mais diretos e simples (geralmente dados cardinais), estariam na base da estrutura de construção. Em nível intermediário, se encontrariam os indicadores, representando conjuntos de dados de natureza diferente agregados em uma característica mais sintética (geralmente informações ordinais), seguidos em um nível superior pelos critérios.

d) **Avaliação dos critérios:** esta etapa é, geralmente, formalizada através de uma matriz de avaliações ou tabela de performances, na qual as linhas correspondem às ações a avaliar e as colunas representam os respectivos critérios de avaliação previamente estabelecidos.

e) **Determinação de pesos dos critérios e limites de discriminação:** os pesos traduzem numericamente a importância relativa de cada critério. A ponderação de critérios pode ser realizada através de várias técnicas como: hierarquização de critérios, notação, distribuição de pesos, taxa de substituição, regressão múltipla, jogos de cartas, etc.

f) **Agregação dos critérios:** consiste em associar, após o preenchimento da matriz de avaliação e segundo um modelo matemático definido, as avaliações dos diferentes critérios para cada ação. As ações serão em seguida comparadas entre si por um julgamento relativo do valor de cada ação.

Muitos métodos multicriteriais vêm sendo utilizados no auxílio à tomada de decisão, dentre os quais, os mais citados são:

TOPSIS: Technique Order Preference by Similarity to Ideal Solution;

AHP: Analytic Hierarchy Process

ELECTRE : Elimination et Choix Traduisant la Réalité

MAC: Método de Análise de Concordância;

PROMETHEE: Preference Ranking Organization Method;

TODIM: Tomada de Decisão Interativa e Multicritério.

CLP: Combinação linear ponderada.

Nesta dissertação será utilizada a Combinação Linear Ponderada (CLP), e a escolha foi facilitada pelas aplicações em transportes que serão referenciadas a seguir.

3.3. Exemplos de Análise Multicritério aplicada aos Transportes

3.3.1. Análise de Multicritério aplicada ao diagnóstico do risco ambiental do transporte rodoviário de produtos perigosos

O primeiro exemplo é um artigo apresentado por SOUZA (2009) no XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, realizado na cidade de Natal (RN), que consiste em apresentar os resultados preliminares de uma pesquisa que pretende, através da aplicação da metodologia *Análise de Multicritério* em ambiente SIG, oferecer um diagnóstico do risco ambiental da movimentação rodoviária de produtos considerados perigosos ao longo da rodovia BR- 381 (Betim-Ipatinga). A análise foi aplicada em um *buffer* de 2 km a partir de cada margem da rodovia, segundo as recomendações do DNIT. A escolha desta rodovia e respectivo trecho se deram em função do elevado número de acidentes nela ocorrido de acordo com dados da Gerência de Emergência Ambiental – GEAMB da Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM.

A aplicação da metodologia *Análise de Multicritério* envolveu as seguintes etapas, como recomendado por MOURA (2007):

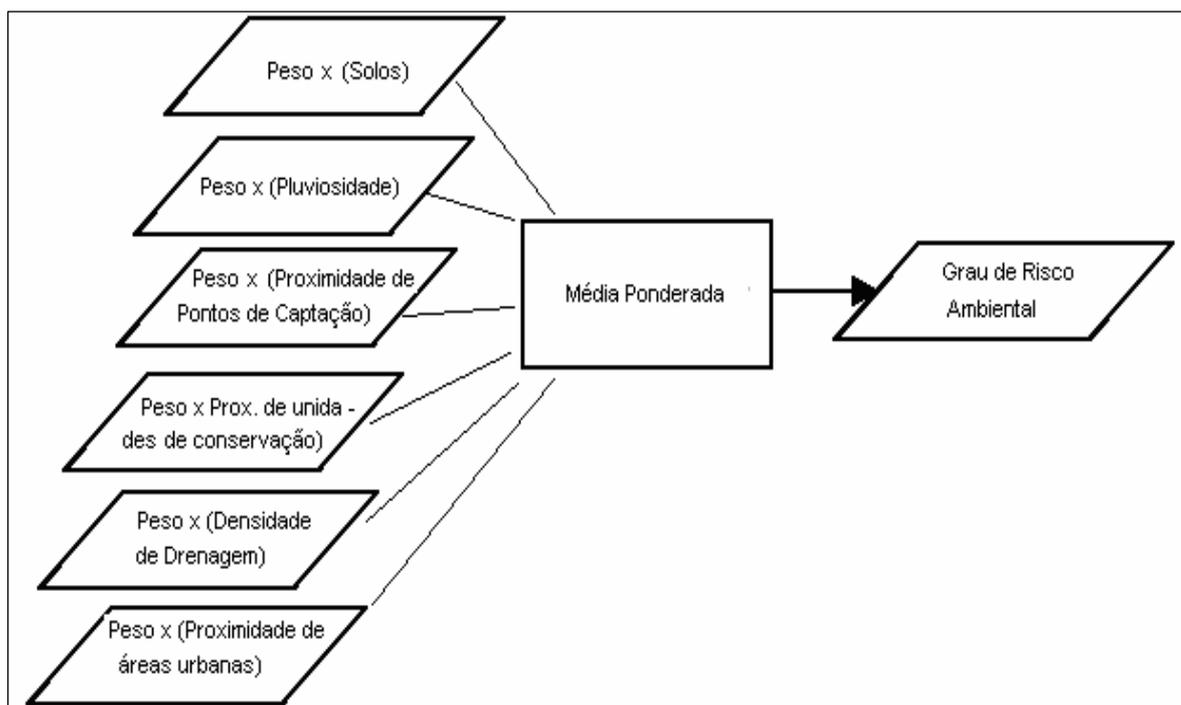
- **Identificação das variáveis envolvidas** no risco do Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos para definição dos planos de informação que serão utilizados na análise. Conforme indicação do DNIT (2005) a análise de identificação do risco conta com informações sobre o meio (características ambientais e sociais na rodovia e sua área de influência), a rodovia (p.ex. geometria – sinuosidade, declividade) e as características do transporte (p.ex. classes, periculosidade e frequência dos produtos transportados).
- **Construção do Banco de Dados** referente aos planos de informação definidos na etapa anterior. Esta etapa contou com a coleta de dados secundários, e, quando viável, com a aquisição de novos dados através de trabalhos de campo – (com apoio da estrutura da FEAM);
- **Definição dos pesos para cada plano de informação** em função da sua menor ou maior influência na determinação do risco, para a posterior álgebra de mapas.

- **Cruzamento dos Planos de Informação** pré-estabelecidos, em formato raster, em ambiente SIG para geração do mapa de risco/ fragilidade ambiental advinda do Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos. No caso foi utilizado o software Arc Gis 10.1.

- **Validação** do resultado obtido através de estatísticas (verificação da coincidência entre áreas indicadas como de risco e dados de ocorrência espacial dos acidentes junto aos órgãos responsáveis pelas operações de atendimento) e trabalho de campo.

Os planos de informação escolhidos para o cruzamento de mapas e geração do mapa final de risco ambiental advindo do transporte rodoviário de produtos perigosos estão representados na Figura 2, a seguir. É importante destacar, contudo, que devido à inexistência de dados georreferenciados e adequados sobre planos de informação considerados importantes para a análise, não foi possível em um primeiro momento incluí-los no cruzamento de mapas (p.ex. frequência do transporte dos produtos perigosos por classe na BR-381). Dessa forma, o estudo se concentrou bastante na fragilidade ambiental como fator determinante para o risco ambiental do transporte de produtos perigosos.

Figura 2: Definição dos Planos de Informação para cruzamento dos dados



Fonte: Souza, 2009.

Após as definições dos planos, pesos, classes de risco e da organização da base de dados, realizou-se então o cruzamento dos mapas temáticos, obtendo-se como resultado, o mapa final.

O diagnóstico do risco no transporte rodoviário de produtos perigosos demonstrou que o trecho de estudo da BR-381 reúne um conjunto expressivo de fatores de risco, associados à aspectos ambientais fortemente presentes na área, além do intenso fluxo do transporte de produtos perigosos em suas pistas, que ocorre devido ao fato desta representar um importante eixo de ligação do país. Todos esses fatores contribuíram para uma conjuntura de alto risco potencial no transporte desses materiais, e, portanto, não devem ser negligenciados.

O estudo ressalta que a simples identificação dos fatores de risco não reduz, por si só, as probabilidades de ocorrências de acidentes ou das suas consequências. O risco do transporte rodoviário de produtos perigosos, portanto, necessita ser gerenciado e monitorado por autoridades competentes, não apenas na BR-381, como também em todas as rodovias do País. Apenas assim a segurança dessa atividade poderá ser provida. Neste contexto, pode-se afirmar que a Análise de Multicritério, se mostrou uma poderosa ferramenta na identificação do risco ambiental do transporte de produtos perigosos, podendo ser utilizada futuramente pelos órgãos de gestão ambiental com esta finalidade.

3.3.2. Análise multicritério e gestão de transporte público

Outro exemplo é o artigo apresentado por KAVRAN (2007) da Universidade de Zagreb (Croácia), durante o XIII Urban Transport realizado em Portugal em 2007, que consiste em apresentar um modelo de múltiplos critérios de tomada de decisão com base na modelo hierárquico de análise com o objetivo de melhorar a eficiência do sistema de transporte público urbano na cidade de Zagreb.

Essa eficiência depende de encontrar os parâmetros relevantes e seus valores ponderados, os objetivos fixados e critérios. Para tal foram definidos os seguintes

critérios: segurança dos usuários, meio ambiente, disponibilidade do sistema, capacidade da rede e indicadores econômicos.

Para a coleta de dados sobre os pesos das funções de critérios e alternativas, um método de pesquisa com especialistas de tráfego foi aplicado. A pesquisa consistiu em aplicar um questionário comparando os conceitos de dois em dois, cada um no mesmo nível de hierarquia. A fim de evitar, ou eliminar as dificuldades epistemológicas o questionário foi aplicada sobre uma amostra de pessoas com mesmo nível de educação.

Na tabela 1 estão os valores ponderados selecionados em conformidade com a escala de Saaty para determinar a importância relativa, que diz que o valor 3 é de leve importância, valor 5 forte preferência, valor 7 preferência muito forte e valor 9 preferência extrema da atividade.

Analisando-se os valores obtidos na comparação entre os critérios, identificou-se que o critério segurança dos usuários é o critério mais importante na função de objetivo. A capacidade de processamento da rede de rotas de tráfego é o segundo critério mais importante. No que diz respeito em aumentar a sensibilização ecológica, que é a consequência da crescente poluição no momento, o critério da ecologia tem aproximadamente a mesma importância que o critério de rendimento capacidade. Os demais critérios de acessibilidade e sistema econômico são de menor importância para os participantes do trânsito.

Tabela 1: Valores ponderados baseados na escala de Saaty.

Critério	Segurança	Meio Ambiente	Acessibilidade	Capacidade	Econômico
Segurança		5	5	3	5
Meio-Ambiente	1/5		3	1	3
Acessibilidade	1/5	1/3		1/3	1
Capacidade	1/3	1	3		3
Econômico	1/5	1/3	1	1/3	

Fonte: Kavran, 2007.

Logo, foi possível calcular a influência dos critérios sobre a escolha das estratégias definidas de tráfego urbano. A infraestrutura, como de costume adota medidas para satisfazer a demanda de transporte, que representam soluções parciais para um período mais curto de tempo. Já as mudanças na operação de sinalização luminosa não devem ser aplicadas como uma medida independente, mas sim aqueles que o conceito de desenvolvimento do sistema de informação representa apenas um dos subsistemas. A escolha das estratégias futuras terão melhores resultados com a maior aplicação em tecnologias telemáticas.

Para o Autor a abordagem avançada para planejamento de tráfego urbano e a escolha de relevantes estratégias indicam o aumento da necessidade de utilizar avançadas tecnologias telemáticas. A aplicação bem sucedida de tecnologias depende da técnica de integração do sistema, bem como a integração institucional que inclui coordenação do trabalho de diferentes serviços.

3.3.3. Análise multicritério e planejamento de rotas

Outro bom exemplo é o artigo apresentado por KESHKAMAT et al., (2009) do Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), localizado na Holanda, que apresenta uma abordagem holística através de um coerente método de análise espacial de rede para a geração de melhores alternativas de roteamento sob diferentes visões políticas, em uma rede de estradas.

A metodologia apresentada foi testada no projeto da Via Báltica, parte que corta a Polônia, que integra a rede transeuropeia de transportes. A metodologia mostra a sua capacidade de servir como um versátil sistema de apoio com base nos efeitos de decisão para o planejamento de rotas de transporte em um nível mais elevado de planejamento estratégico.

Destaca-se que esse projeto é visto como muito importante para a melhoria da acessibilidade entre os países da Europa Central, porém a obra foi suspensa em 2007 devido ao medo de danos ecológicos irreversíveis em importantes sítios naturais protegidos. O objetivo do projeto é criar um corredor de transporte rápido e eficaz da

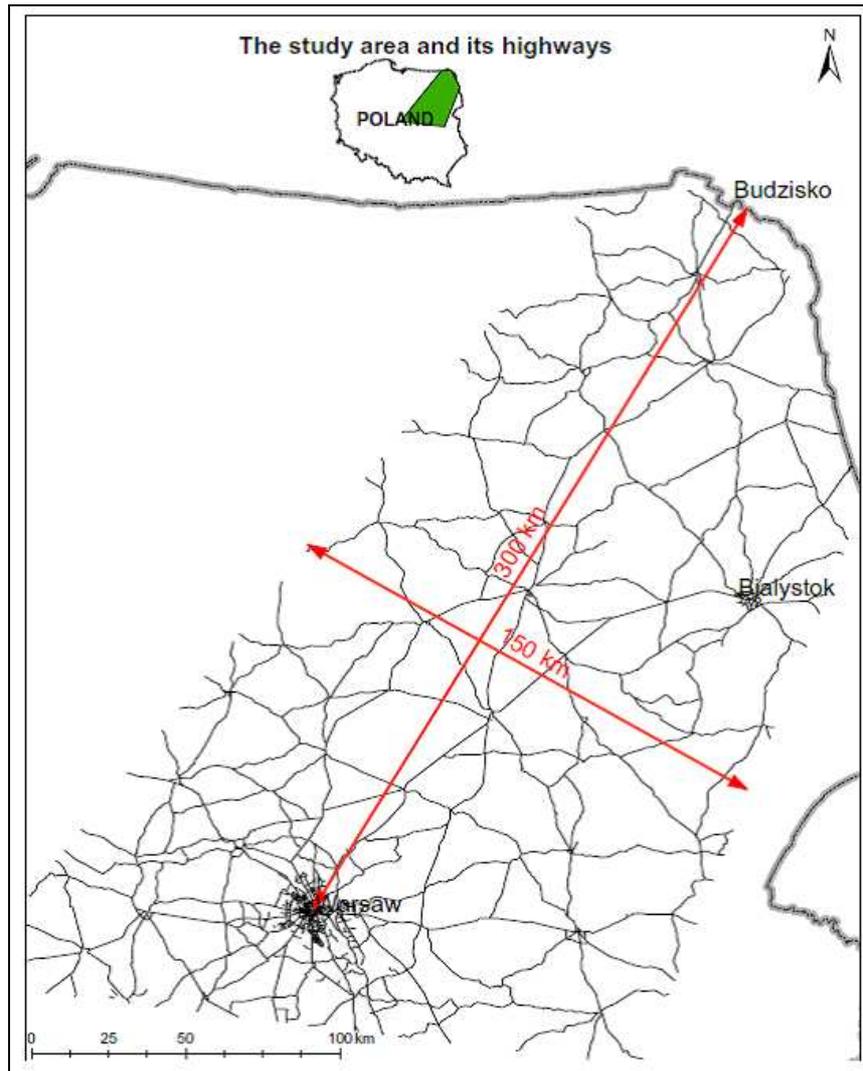
Escandinávia para a Europa Central e Oriental e é esperado que assuma um papel chave no desenvolvimento socioeconômico da Nova União Europeia.

A área de estudo vai de Varsóvia (Polônia central) até Budzisko (na fronteira com a Lituânia), por aproximadamente 300 km de comprimento por 150 km de largura sobreposição com algumas das áreas ecologicamente mais sensíveis e protegidas da Europa.

A Via Báltica corresponde a uma série de estradas existentes (na faixa do corredor). Além disso, o projeto abrange os ideais europeus de transporte intermodal, através do desenvolvimento paralelo da Ferrovia Báltica de alta velocidade.

A Figura 3 mostra uma vista geral da área de estudo e da rede rodoviária existente, localizada predominantemente num terreno suave. A elevação mais alta é de 300 m e a menor é de aproximadamente 59 m. Assim a partir da perspectiva de planejamento rodoviário, o regime de declive não forma uma barreira nessa região. Os solos variam muito de solos de turfa para glacial e fluvial.

Figura. 3: Visão geral da área de estudo da Via Báltica.



Fonte: Keshkamat et al., 2009.

Os Critérios de avaliação refletem as preocupações das partes interessadas e a variedade de impactos decorrentes do desenvolvimento em infraestrutura. Para este estudo especificamente uma série de partes interessadas foram consultadas para fornecer uma lista de critérios relevantes para o planejamento. Entre os interessados estão representantes de ONGs ambientais, órgãos como Ministério do Meio Ambiente, Autoridades de Parques Nacionais, da Diretoria Geral de Estradas Nacionais e Autoestradas, institutos de pesquisa independentes, instituto para o Desenvolvimento Sustentável, diversos outros especialistas e profissionais como da Universidade de Varsóvia. Estes critérios são agrupados de acordo com o desenvolvimento sustentável global e distribuídos em temas. Os temas que foram selecionados neste projeto são: (1) a eficiência do transporte, (2) ecologia, (3) impacto social e segurança, e (4) custos e

benefícios econômicos. Para cada critério dentro de um tema uma correspondente pontuação critério tem de ser definida, a qual está associada com um mapa (varredura) no processo multicritério, onde cada pixel tem um valor de adequação. Para o estudo de caso da Via Báltica, o conjunto de dados raster é mostrado na Tabela 2.

Tabela 2: Lista de temas utilizados no estudo do corredor Via Báltica

Eficiência do transporte	Proximidade de benefícios existente rede ferroviária Espacial; Proximidade com a Via Báltica proposta; Densidade de tráfego atual.
Ecologia	Internacionalmente áreas naturais protegidas (Natura 2000 sites); Áreas nacionais protegidas, como Nacional e Parques e Reservas (paisagem); Florestas e áreas seminaturais; Pântanos e turfeiras; Cursos de água e lagos.
Impacto social e segurança	Proximidade com áreas urbanas; Risco de acidentes em áreas urbanas; População atendida; Áreas de risco.
Custos econômicos e benefícios	Agricultura atual uso da terra; Zonas econômicas; Melhores solos agrícolas; Estado atual da estrada; Interseções com corpos d'água; Intersecções com estradas secundárias; Solos de problemas para construção; Estruturas auxiliares para as áreas urbanas.

Fonte: Adaptado de Keshkamat et al., 2009.

Os mapas raster são a entrada para a análise multicritério. Os critérios foram classificados em fatores ou restrições, com base no tipo de impacto. Um fator pode ser um benefício ou um custo. O mau desempenho de um fator pode ser compensado pelo bom desempenho de outro fator que pode conduzir a um bom desempenho geral no mapa de aptidão cumulativa.

Destaca-se que a atribuição dos pesos para os critérios dentro de um tema baseou-se no conhecimento dos especialistas. Cada especialista determinou com argumentos objetivos a importância dos critérios, frequentemente acompanhados de conhecimento científico. A importância foi determinada usando por exemplo a magnitude, a extensão, a duração e a importância de um efeito (e o critério derivado dele).

Com base nos temas definidos, critérios e pesos espaciais, cada critério foi representado pelo seu próprio mapa. Todos os mapas de entrada foram padronizados para valores de utilidade entre 0 (não indicado) e 1 (altamente adequado).

Após este procedimento quatro mapas de aptidão para o encaminhamento das estradas forma produzidos, uma para cada visão política, como está representado nas Figuras. 4-7.

Fig. 4:Mapa da Visão eficiente

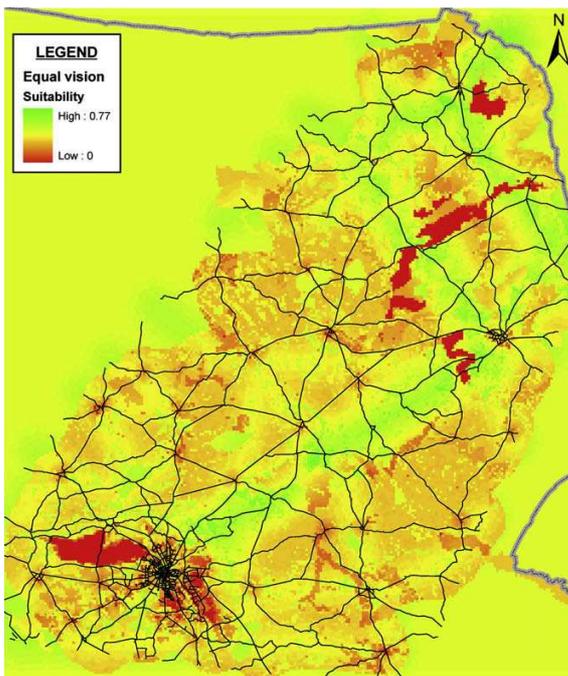


Fig. 5:Mapa da Visão ecológica

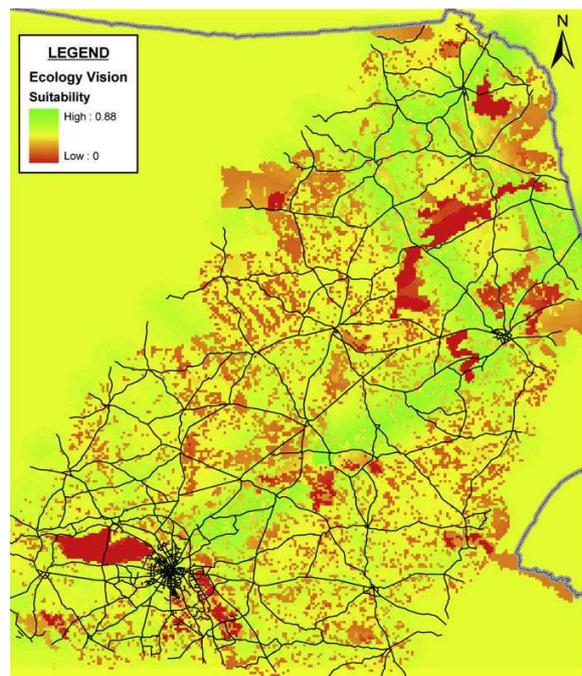


Fig. 6: Mapa da Visão social

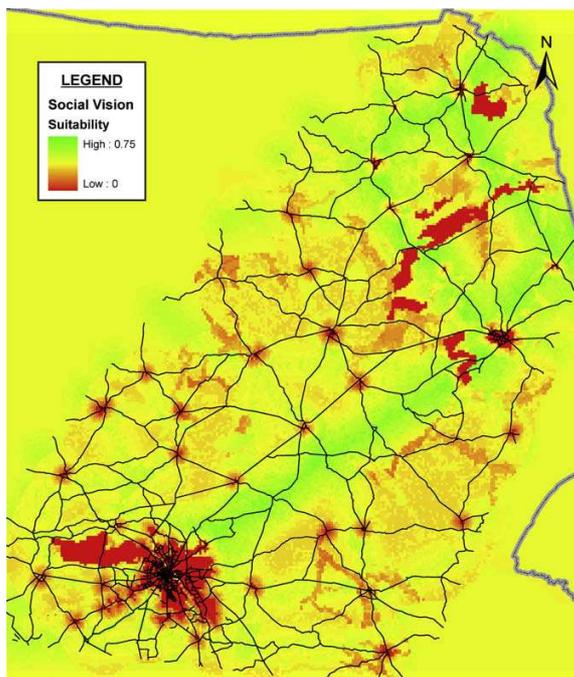
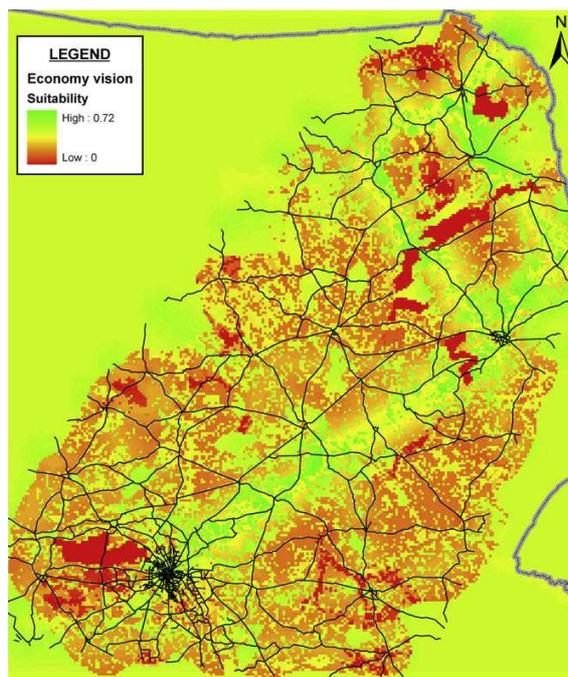


Fig. 7: Mapa da Visão econômica



Nota-se que nos mapas raster, áreas de aptidão baixa (valor 0) são simbolizados pela cor vermelha, enquanto que as áreas de maior adequação (valorizado 1) pela cor verde. Áreas de adequação intermediária são mostradas por cores intermédias do gradiente entre vermelho e verde.

Os valores de adequação dos quatro mapas raster finais são transferidos para a rede e convertidos para valores de impedância para ser utilizado numa análise de rede de transporte através do ArcGis.

Usando a metodologia estabelecida, uma rede foi criada para obter o caminho de menor impedância para cada uma das quatro visões, usando Warsaw como a origem e Budzisko como o destino, proporcionando assim quatro rotas ótimas, que em comparação com a rota preferencial gerada anteriormente pelo Governo polaco (Fig 4-7), chegou-se a conclusão que a via preferida do Governo teve uma impedância muito maior do que os seus correspondentes gerados pela pesquisa. Logo, a não utilização do estudo aumentaria significativamente a construção e os custos de operação. A comparação visual, das Figuras. 9-11 (vias ideias) com a Figura. 8 (rota preferencial do governo), apresenta os seguintes consistentes indicativos a serem considerados:

1. Prevenção de áreas ecologicamente sensíveis e áreas protegidas;
2. Acessibilidade a áreas economicamente ativas;
3. Evitar áreas perigosas;
4. Otimização dos custos financeiros, tais como a construção de auxiliar estruturas e comprimento total.

Fig. 8: Alternativa preferida pelos governantes

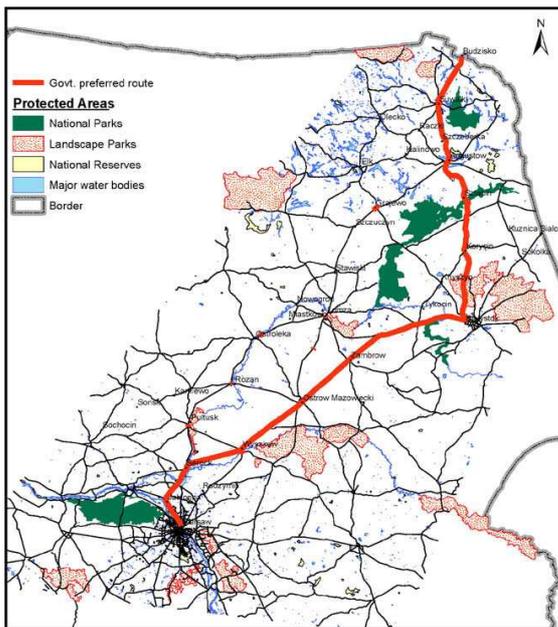


Fig.9: Alternativa governo (vermelho) x econômico (azul)

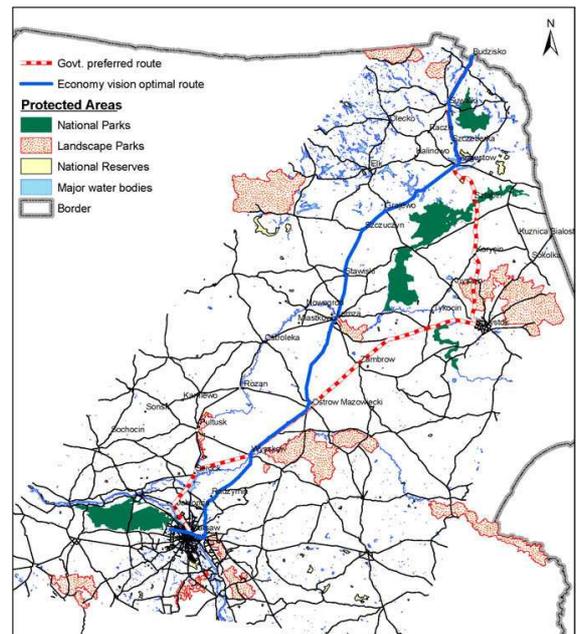


Fig. 10: governo (verm) x social (azul)

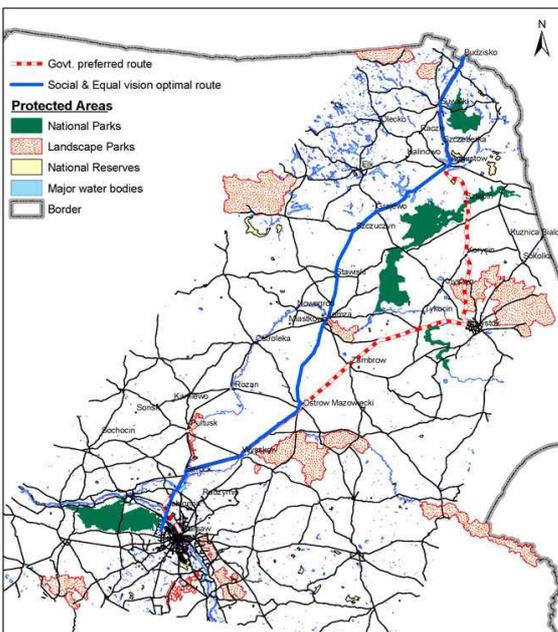
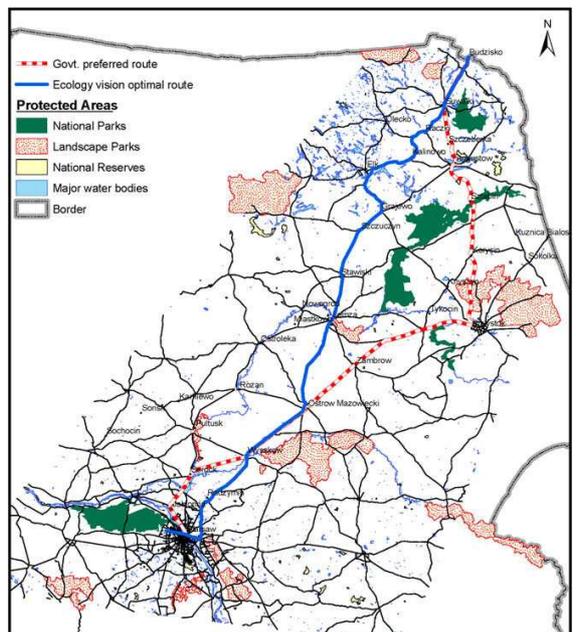


Fig.11: Alternativa governo (verm) x ecológico (azul)



Segundo os autores, outros critérios relevantes como corredores migratórios, os regimes de inclinação, solos suscetíveis, ruído de tráfego aéreo, a Poluição, etc, podem aumentar a versatilidade do método, sendo que a decisão definitiva sobre qual rota alternativa seria escolhida, ficou nas mãos das autoridades políticas.

Ainda segundo os autores, muitas vezes os governantes ignoram alternativas de rotas que poderiam ser mais adequadas a partir de critérios ambientais, sociais e econômicos. Para eles a aplicação do método é mais indicada para atualização e nem tanto para uma nova construção de rota.

3.4. Considerações Preliminares

Constatou-se que as abordagens multicritério proporcionam uma melhor adaptação aos contextos decisórios encontrados na prática. Elas permitem que um grande número de dados, interações e objetivos sejam avaliados de forma integrada.

Este fato é a maior vantagem dos métodos multicritério em relação aos modelos monocritérios tradicionais, dos quais se destaca a análise custo benefício entre os fatores. Por outro lado, a maior desvantagem destas abordagens é a inexistência de uma metodologia única que supra as deficiências dos inerentes a cada um dos métodos.

Ao final desta análise, constatou-se ainda que os métodos multicritérios para apoio à tomada de decisão agregam um valor substancial à informação, pois, não só permitem a abordagem de problemas considerados complexos e, por isto mesmo, não tratável pelos procedimentos intuitivo-empíricos usuais, mas também dão ao processo de tomada de decisão, clareza e transparência jamais disponível quando outros métodos de natureza monocritério são empregados [GOMES e MOREIRA (1998)].

Percebe-se que os modelos multicritérios apresentados, são algumas das metodologias desenvolvidas e exploradas cientificamente, além de apresentar a maior aplicação prática relatada. Torna-se necessário, portanto, selecionar o modelo mais adequado aos problemas complexos de decisão relacionados aos transportes, para que as preocupações dos principais atores sejam exploradas e que haja *trade-offs* entre objetivos conflitantes, levando à avaliação as opções de diferentes perspectivas.

4. BANCO DE DADOS E SIG

Em conjunto com o SIG, a análise espacial permitirá ir além da estatística convencional e da mera visualização de dados em mapas temáticos, tendo papel fundamental em análises nas quais o componente espacial é determinante, como em transportes. Através desta tecnologia é possível determinar a variabilidade espacial de fenômenos do nosso dia a dia, identificando padrões de ocupação de espaço e relacionamentos causais entre os diversos usos e ocupações existentes.

Sabe-se que na maioria das aplicações de SIG, os usuários utilizam esta ferramenta para mera visualização de dados geográficos em mapas temáticos. A simples produção de mapas temáticos pode levar a leituras errôneas da realidade, confundindo o tomador de decisão.

Neste capítulo destaca-se que a integração entre os sistemas é um desafio relevante para o melhor entendimento do espaço geográfico, sendo uma junção essencial para a análise de dados espaciais, que permite a união da capacidade de gerenciamento de banco de dados dos SIG com as técnicas de análise da estatística espacial.

4.1. Análise Espacial

A análise espacial é uma ferramenta muito utilizada na Geografia e serve para manipular dados espaciais de diferentes formas e extrair conhecimento adicional como resposta. Entre as possibilidades está a de realizar consulta de informações espaciais dentro de áreas de interesse definidas, manipulação de mapas e a produção de alguns breves sumários estatísticos dessa informação; investigação de padrões e relacionamentos dos dados em regiões de interesse, buscando assim um melhor entendimento do fenômeno e a possibilidade de se fazer projeções e previsões.

Para CÂMARA *et al.* (2000b), umas das formas de divisão dos dados com os quais a análise espacial lida seria classificá-los como ambientais ou socioeconômicos. Dados ambientais seriam todos os tipos de dados obtidos por coleta e que descrevem características físicas do meio (mapas geológicos, topográficos, ecológicos,

fitogeográficos e pedológicos), podendo ser analisados como se constituíssem uma amostra de uma superfície contínua. Já os dados socioeconômicos tratam de aspectos associados a levantamentos populacionais (como os censos demográficos), imóveis, rotas de transporte, saúde etc. Estes apresentam a localização específica do indivíduo no espaço, mas por questão de confidencialidade, são agrupados em áreas delimitadas por polígonos fechados, como, por exemplo, os setores censitários.

De acordo com CÂMARA *et al.* (2000a), a taxonomia mais utilizada para caracterizar os problemas de análise espacial considera três tipos de dados:

- Eventos ou padrões pontuais: fenômenos expressos por ocorrências identificadas como pontos localizados no espaço, denominados processos pontuais. O objeto de interesse deste tipo de dado é a própria localização espacial dos eventos em estudo, analisando a distribuição espacial destes pontos, testando hipóteses sobre o padrão observado;
- Superfícies contínuas: estimadas com base em um conjunto de amostras de campo que podem estar regularmente ou irregularmente distribuídas. O objetivo deste tipo de dado é reconstruir a superfície da qual se retirou e mediu as amostras;
- Áreas com contagens e taxas agregadas: tratam-se de dados associados a levantamentos populacionais, como censos e estatísticas de saúde e que originalmente referem-se a indivíduos localizados em pontos específicos do espaço. Esses dados são agregados em unidades de análise, usualmente delimitadas por polígonos fechados (setores censitários, zonas de endereçamento postal, municípios) onde se supõe haver homogeneidade interna, ou seja, mudanças importantes só ocorrem nos limites. Esta é uma premissa nem sempre verdadeira, dado que frequentemente as unidades de levantamento são definidas por critérios operacionais (setores censitários) ou políticos (municípios) e não há qualquer garantia que a distribuição do evento seja homogênea dentro destas unidades.

A importância da análise espacial está em poder valorar estatisticamente a natureza das associações entre os diferentes dados, por meio da análise exploratória desses dados e

sua consequente modelagem, com o emprego dos conhecimentos de estatística espacial (ROCHA, 2004).

Ressalta-se que neste trabalho a análise dos dados possibilitará identificar a existência de padrões de distribuição espacial, de áreas críticas e de tendências espaciais de crescimento. Para isto é necessário agregar os objetos espaciais e seus atributos contidos no espaço total em sub áreas, tais como setores censitários ou bairros. Essa agregação ajuda a identificar os fatores que determinam a concentração ou a dispersão espacial e a identificar também os fatores de risco associados a este evento.

Algumas análises podem ser realizadas usando dados contínuos ou discretos. A decisão sobre qual deles usar dependerá do tipo de problema vinculado aos dados. A análise de superfícies se mostra superior à análise por áreas nos casos em que o problema da descontinuidade nas fronteiras se mostre significativo. Entretanto, para regiões com características homogêneas, a análise agregada em áreas é mais simples e requer menor esforço computacional e capacitação técnica de recursos humanos (CÂMARA *et al.*, 2000b). Sintetizando, esta decisão está relacionada ao grau de homogeneidade da variável sobre a região de estudo.

Para TEIXEIRA (2003), apesar de dados tão distintos como redes de transporte, aspectos socioeconômicos, características da população, uso do solo, presença de facilidades urbanas e outros poderem facilmente ser analisados isoladamente, apenas o estudo de todos eles em conjunto irá dar ao planejador ou operador uma base sólida para tomar decisões. Para se poder efetuar a análise conjunta destes fatores, já é tradicional a utilização de mapas temáticos, nos quais podem ser analisados simultaneamente dados tão diferentes como a cobertura da malha viária, a população e a renda média de cada município de um determinado lugar.

4.1.1. Ferramentas da análise espacial

Segundo CARVALHO (1997), a análise espacial é uma técnica que compreende três métodos: métodos de visualização; métodos exploratórios, com o objetivo de investigar a existência de algum padrão nos dados; e métodos que auxiliam na escolha de um

modelo estatístico e na estimação dos parâmetros desse modelo.

QUEIROZ (2003), propôs uma subdivisão das ferramentas destes métodos de análise espacial em quatro grupos: seleção, manipulação, análise exploratória e análise confirmatória.

As ferramentas de seleção consistem de estatísticas simples, métodos gráficos e numéricos para sumarizarem dados (histogramas, diagramas de dispersão, estatística descritiva), envolvendo processos de consultas a banco de dados geográficos e a apresentação destes em mapas temáticos. As ferramentas de manipulação permitem criar novos dados espaciais utilizando propriedades e relacionamentos entre entidades espaciais, destacando-se as funções de agregação de dados espaciais e a geração e análise de áreas de influências.

As ferramentas de análise exploratória têm como objetivo visualizar e descrever distribuições espaciais, identificar padrões de associação espacial (clusters, ou seja, aglomerados espaciais) e observações atípicas (*outliers*, ou seja, valores extremos). Como exemplos destas ferramentas, destacam-se as funções de vizinhos mais próximos, de autocorrelação espacial e os estimadores de Kernel2. Essas ferramentas são essenciais ao desenvolvimento da análise confirmatória que, em geral, é sensível ao tipo de distribuição, à presença de valores extremos e à ausência de estacionaridade, envolvendo o conjunto de modelos de estimação e procedimentos de validação. Dentre as várias técnicas desta análise, destacam-se as modelagens espaciais lineares, as técnicas multivariadas e a econometria espacial.

4.1.2. *Estatística espacial*

A estatística espacial é uma das vertentes principais da análise espacial, abrangendo todo o ferramental matemático destinado a fornecer ao planejador a capacidade de estabelecer critérios quantitativos de agrupamento ou dispersão dos dados espaciais, determinando o grau de dependência espacial entre as observações. A técnica da estatística espacial nasce da necessidade de quantificação da dependência espacial presente num conjunto de geodados, distinguindo-se das demais técnicas empregadas

em análise estatística por considerar explicitamente as coordenadas dos dados no processo de coleta, descrição ou análise.

QUEIROZ (2003) cita que a estatística espacial consiste no emprego de ferramentas analíticas de dados estatísticos relacionados a eventos geográficos para auxiliar o entendimento, o controle, a descrição ou a predição de dados espaciais. O objetivo principal é caracterizar padrões espaciais e possíveis associações espaciais entre os dados. QUEIROZ (2003) cita que estes padrões espaciais causam problemas de mensuração, conhecidos como efeitos espaciais, tais como dependência espacial e heterogeneidade espacial, que afetam a validade dos métodos estatísticos tradicionais, os quais pressupõem a independência entre os eventos observados. A estatística espacial ainda é pouco difundida e usada com maior rigor na comunidade acadêmica nacional de transportes.

Sendo, a análise espacial, um estudo quantitativo de fenômenos que são localizados no espaço, um dos índices dos dados utilizados em estatística espacial refere-se sempre a uma localização geográfica, ou seja, o fenômeno estudado possui alguma forma de localização. Muitos dados de uso comum possuem alguma referência espacial, como, por exemplo, dados censitários, sempre relacionados ao local de residência do indivíduo.

De acordo com PAELINCK e KLAASSEN (1979) *apud* SERRANO e VALCARCE (2000), destacam-se cinco princípios básicos no campo da estatística espacial:

1) **Interdependência:** todo modelo espacial tem que se caracterizar por sua interdependência, ou seja, devem ser incorporadas as relações mútuas entre as observações e as variáveis. Um exemplo pode ser verificado em áreas onde residem pessoas com elevado nível de renda, uma vez que seus gastos não se restringem à área em que vivem, mas ocorrem também nas regiões vizinhas, igualmente estimulando o crescimento econômico destas últimas;

2) **Assimetria:** as relações espaciais são em princípio assimétricas. Um exemplo ocorre no comércio, onde a probabilidade de um residente da periferia ir fazer

compras no centro é maior do que a do residente do centro (ou próximo dele) ir fazer compras na periferia;

3) **Alotropia:** as causas de um fenômeno espacial podem não se manifestar diretamente no lugar onde ele ocorre. Assim, por exemplo, os fenômenos migratórios se explicam não só pela comparação de vantagens e inconvenientes nos espaços de origem e destino, mas também devido a causas que ocorrem em outros lugares do espaço (nível dos salários, por exemplo);

4) **Não linearidade:** a não linearidade de soluções espaciais ótimas obtidas a priori, conduz a modelos que requerem especial atenção para sua especificação;

5) **Inclusão de valores topológicos:** um modelo espacial deve incorporar variáveis topológicas, como coordenadas, distâncias, superfícies, densidades etc.

Segundo SERRANO e VALARCE (2000), quando se trabalha particularmente com dados de natureza espacial podem aparecer os denominados efeitos espaciais: a heterogeneidade e a autocorrelação espacial. O primeiro efeito aparece quando os dados utilizados para explicar um mesmo fenômeno são de unidades espaciais muito distintas. Neste caso, os problemas mais frequentes são a heterocedasticidade e a instabilidade estrutural. A heterocedasticidade espacial ocorre pela omissão de variáveis ou outras formas de erros de especificação que levam à aparição dos denominados erros de medidas. A dependência ou autocorrelação espacial, que será abordada posteriormente, surge sempre que o valor de uma variável em um lugar do espaço está relacionado com seu valor em outro ou outros lugares do espaço.

Pode-se perceber que esse fenômeno pode ser entendido como uma situação em que observações próximas no espaço possuem valores similares (correlação de atributos). Neste caso, o desafio da análise é medir o grau de associação espacial entre observações de uma ou mais variáveis. Então, nas próximas seções, serão discutidos a autocorrelação e alguns conceitos da estatística espacial, subsidiando informações necessárias para seções posteriores.

Segundo CÂMARA *et al.* (2000a), a dependência espacial está presente em todas as

direções e fica mais fraca à medida que aumenta a dispersão na localização dos dados. Essa noção parte do que se convencionou chamar de primeira lei da geografia: “todas as coisas são parecidas, mas coisas mais próximas se parecem mais que coisas mais distantes”.

Na estatística espacial, nota-se que a correlação pode ser entendida como a tendência a que o valor de uma ou mais variáveis associadas a uma determinada localização assemelhe-se mais aos valores de suas observações vizinhas do que ao restante das localizações do conjunto amostral. Ela também pode ser denominada autocorrelação, quando medir o grau de influência que uma dada variável tem sobre si mesma. Se a ocorrência de um dado evento influencia para que outros semelhantes aconteçam ao seu redor, tem-se autocorrelação positiva, ou atração, o que implica em uma distribuição aglomerada de eventos. Se a ocorrência deste mesmo evento dificulta ou impede a ocorrência de outros em seu entorno, tem-se autocorrelação negativa, ou repulsão, resultando em uma distribuição aproximadamente equidistante dos eventos (QUEIROZ, 2003).

4.2. Definição de Banco de Dados

Sabe-se que há muito tempo já é difícil se pensar em organizar dados e informações importantes de uma empresa ou instituição, sem que haja um banco de dados informatizado e devidamente implantado, a fim de agilizar a inserção de dados e a consulta a essa base, fornecendo respostas cada vez mais ágeis e confiáveis.

Um banco de dados pode ser mantido manualmente com os fichários de uma organização, uma empresa ou escritório, ou ainda mais comumente nos dias atuais, ser informatizado, ou seja, modelado e construído com auxílio de um computador.

De acordo com ELMASRI e NAVATHE (2005), uma definição para banco de dados pode ser bem genérica, como por exemplo, o conjunto de palavras que formam essa página como dados relacionados, porém, o uso do termo banco de dados é geralmente mais restrito e possui as seguintes propriedades:

- Um banco de dados é uma coleção lógica e coerente de dados com algum significado inerente. Uma organização de dados ao acaso (randômica) não pode ser corretamente Interpretada como um banco de dados;
- Um banco de dados representa alguns aspectos do mundo real, sendo chamado às vezes, de minimundo;
- Um banco de dados é projetado, construído e povoado por dados, atendendo a uma proposta específica. Possui um grupo de usuários definido e algumas aplicações preconcebidas, de acordo com o interesse desse grupo de usuários.

Acredita-se ser extremamente necessário que se faça uma limitação de quais tipos de dados serão armazenados no banco de dados, pois caso essa prática não venha a acontecer, seria praticamente inviável a modelagem do banco de dados, já que uma infinidade de informações de características diferentes teria que ser considerada no esquema

Portanto, ao se representar o mundo real, é necessário que primeiramente se conheça quais tipos de respostas são esperadas como resultado final, para que possa ser definido então o suposto minimundo.

4.2.1. Banco de Dados Geográficos

Sabe-se que dados geográficos são aqueles que possuem uma dimensão espacial, ou uma localização, diretamente ligada ao mundo geográfico real como as imagens de satélites de sensoriamento remoto, os dados de inventários cadastrais, os dados ambientais coletados em campo e os modelos numéricos de terreno (VINHAS, 2006). Bancos de dados geográficos (BDG) são coleções de dados georreferenciados, manipulados por Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Os SIG são sistemas computacionais capazes de capturar, modelar, armazenar, recuperar, manipular, analisar e apresentar dados geográficos.

Um Banco de Dados Geográfico é um componente de um Sistema de Informação Geográfico definido como uma coleção de dados referenciados espacialmente, que funciona como um modelo da realidade. Um banco de dados é um modelo da realidade por representar um conjunto selecionado de fenômenos da realidade, que podem estar associados a diferentes períodos de tempo (passado, presente ou futuro).

Em um banco de dados geográficos existem, além dos dados referentes aos fenômenos geográficos, outros objetos convencionais, presentes na maioria dos sistemas de informação. Por exemplo, uma fazenda é um fenômeno geográfico quando suas informações espaciais, tais como seus limites, estão armazenados no banco de dados.

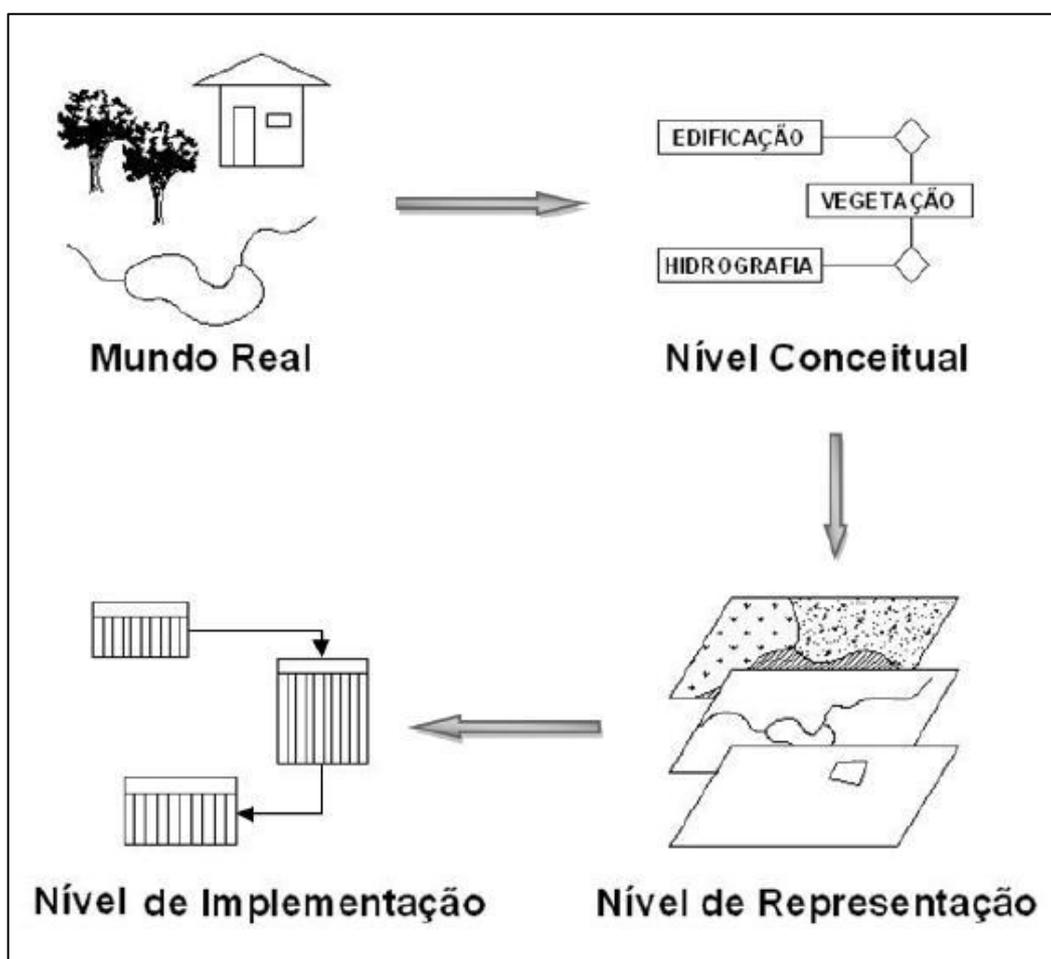
Neste mesmo banco de dados podem-se ter dados sobre os proprietários da fazenda, considerados objetos convencionais por não terem informações espaciais associadas. Em um esquema conceitual é importante que se possam diferenciar, facilmente, entre as entidades descrevendo esses dois tipos de objetos.

Entende-se que um banco de dados é então composto por informações geográficas, que é o resultado do processamento de dados georreferenciados. Um dado georreferenciado refere-se a uma medida observada de um fenômeno que ocorre sobre ou sob a superfície terrestre, onde a localização da observação é um componente fundamental do dado (LISBOA filho, 2002a).

Por exemplo, para representar um bairro de uma cidade através de suas ruas e seus lotes, ou um parque ecológico com sua malha hidrográfica e sua vegetação, estes devem estar devidamente apresentados de forma geométrica e georreferenciada.

Assim como nos bancos de dados convencionais, o BDG tenta representar a realidade de uma forma limitada, sendo almejado, de acordo com as limitações de representação e capacidade computacional, modelar e representar o mundo real. Isto pode ser simplificado e observado conforme a Figura 12, que permite notar os níveis de representação necessários.

Figura 12 – Níveis de Representação.



Fonte: Câmara, 1995.

Para CÂMARA (1995), a visão apresentada não é limitada à resolução de problemas somente do âmbito do Geoprocessamento, mas também na expectativa de união entre computação gráfica e trabalhos de processamento de imagens. O Geoprocessamento pode se beneficiar em termos de representação computacional da seguinte maneira:

- No universo do Mundo Real, encontram-se maneiras de se representar seus fenômenos naturais, como a hidrografia, a vegetação, as edificações, dentre outras;
- No universo do Nível Conceitual, pode-se individualizar os tipos desses fenômenos geográficos, separando os dados contínuos no espaço (campo geográfico) dos dados discretos (objeto geográfico);

- No universo do Nível de Representação, defini-se como serão representadas as diversas entidades formais, podendo variar de acordo com sua escala, projeção cartográfica e época de aquisição do dado, distinguindo-se entre representações matriciais ou vetoriais;

- No universo do Nível de Implementação, é onde há a realização do modelo de dados através das linguagens de programação. São escolhidas então as estruturas de dados para a implementação das geometrias antes definidas no universo de representação.

4.2.2. *Armazenamento de Dados Espaciais*

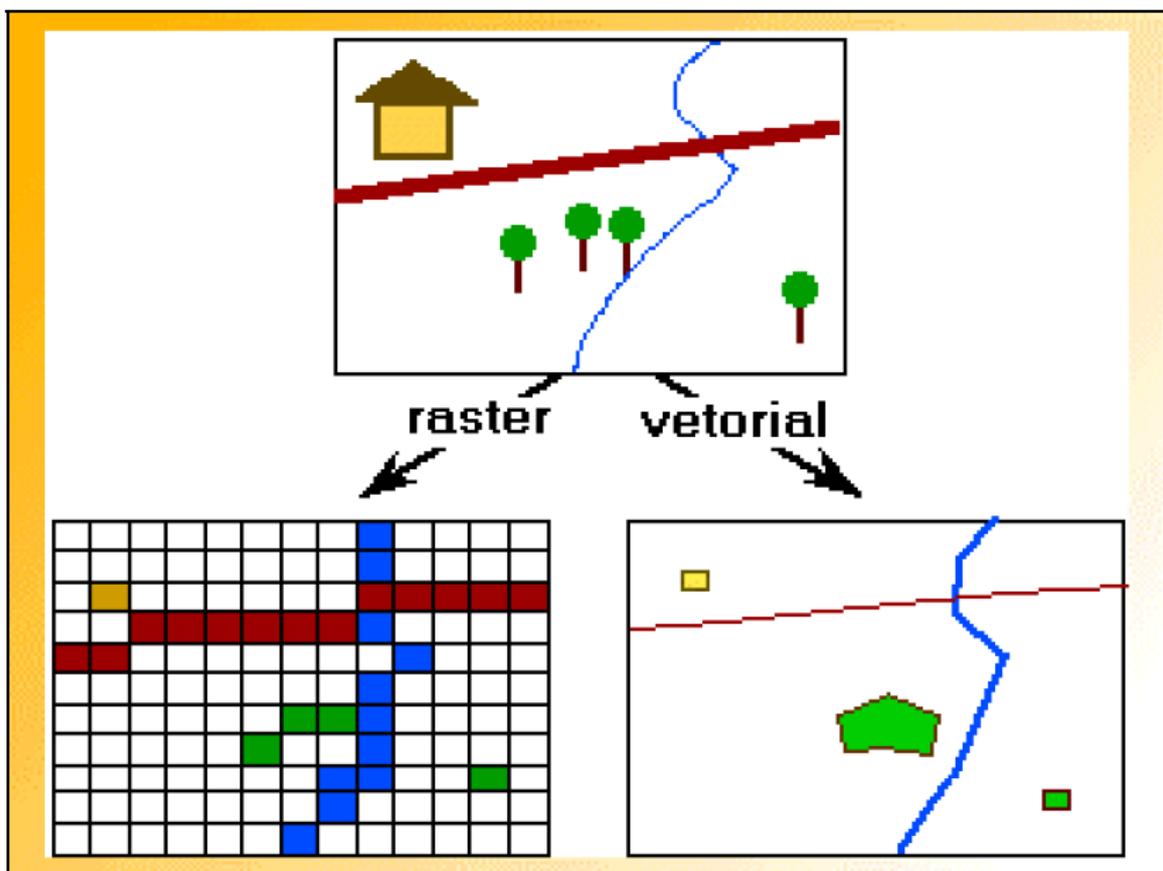
Dados espaciais podem ser estruturados de diversas formas, porém, existem duas abordagens que são amplamente utilizadas na estruturação dos componentes espaciais associados às informações geográficas: a estrutura matricial (“raster”) e a estrutura vetorial. Conforme LISBOA FILHO, (2001 p19),

Modelo Vetorial: Na estrutura vetorial, cada entidade do mundo real contida no espaço, sendo retratado, é representada, no banco de dados por um objeto com identificação própria e representação espacial do tipo ponto, linha ou polígono. A posição de cada objeto é definida por sua localização no espaço, de acordo com um sistema de coordenadas previamente especificado. Objetos vetoriais não preenchem todo o espaço, ou seja, nem todas as posições do espaço necessitam estar referenciadas na base de dados.

Modelo Matricial: Na estrutura matricial, a área em questão é dividida em uma grade regular de células de formato, normalmente, retangular. A posição da célula é definida pela linha e pela coluna onde está localizada na grade. Cada célula armazena um valor que corresponde ao tipo de entidade que é encontrada naquela posição. Uma área geográfica pode ser representada através de diversas camadas, onde as células de uma camada armazenam os valores associados a uma única variável ou tema.(Fig 13).

O armazenamento dos dados geográficos em um SIG é organizado em estruturas próprias que descrevem características dos dados, por exemplo, coordenadas dos pontos que formam um polígono representado geometricamente uma dada entidade geográfica. As entidades geográficas possuem uma representação geométrica ou geometria e atributos associados. A geometria é baseada nas primitivas: ponto, linha e polígono, que podem ser derivadas para formar outras estruturas.

Figura 13 – Representação Matricial e Vetorial.



Fonte: Lisboa, 2001 – Projeto de Banco de Dados para Sistemas de Informação Geográfica.

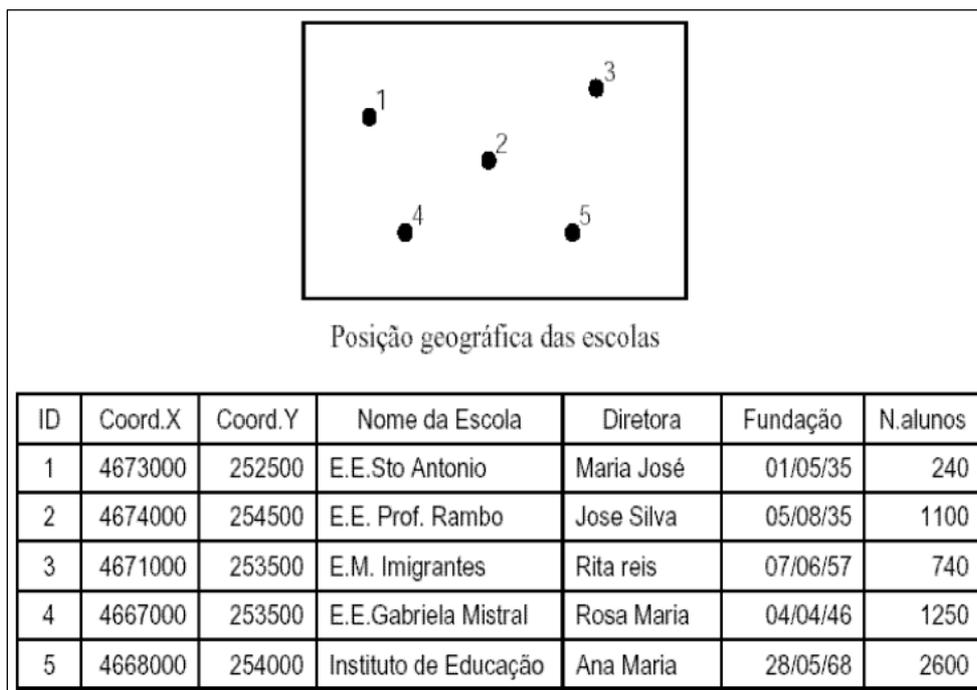
4.2.3. *Objetos Espaciais*

Os objetos espaciais são as representações das entidades do mundo real, armazenadas no Banco de Dados Geográfico. A seguir, é descrito como que objetos primitivos do tipo ponto, linha, área ou superfície, são usados para representar as diferentes entidades da realidade.

I. Ponto

Sabe-se que as entidades representadas por objetos do tipo ponto são aquelas que não possuem dimensões significativas, de acordo com a escala em uso. Entidades como postes elétricos, hidrantes, nascentes de rios, pontos de ônibus, normalmente são representadas pontualmente em mapas de escalas grandes (ex.: 1:5.000). Porém, em mapas de escalas um pouco menores (ex.: 1:20.000), os pontos são usados para representar a localização de escolas, hospitais, prédios públicos, entre outros. Já, em escalas bem pequenas, os pontos podem representar a localização de cidades no mapa. As coordenadas dos objetos tipo ponto podem ser armazenadas como dois atributos extras na tabela de atributos da entidade. Por exemplo, as coordenadas dos pontos que representam a localização de escolas municipais de um determinado bairro podem ser armazenadas na tabela de escolas, junto com os demais atributos descritivos.(Figura 14).

Figura 14: Exemplo de Uso de Pontos



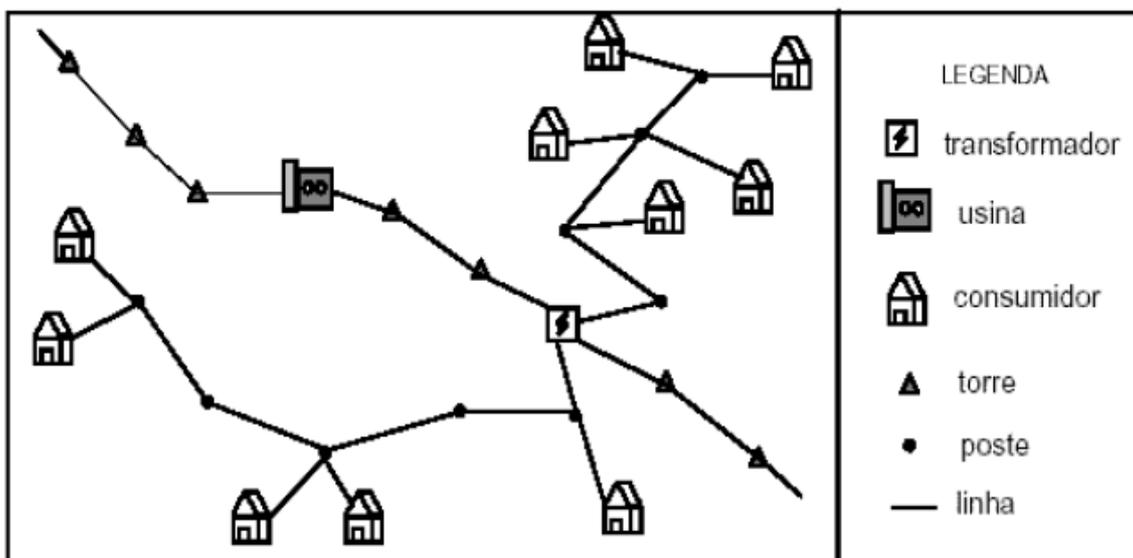
Fonte:Lisboa, 2001.

II. Linha

As entidades que são representadas por objetos do tipo linha são aquelas que possuem uma distribuição espacial linear (na escala em uso), como por exemplo: as ruas, rodovias, estradas de ferro, cabos telefônicos, rios, etc.

As linhas também são usadas, juntamente com os pontos, para representar estruturas de redes (Figura 15), que são usadas em aplicações do tipo redes de utilidades públicas (ex.: luz, telefone, gás e água), redes viárias (ex.: malha rodoviária, ferroviária, hidroviária, linhas aéreas) e redes naturais (ex.: hidrográfica).

Figura 15: Exemplo de Uso de Linhas



Fonte:Lisboa, 2001.

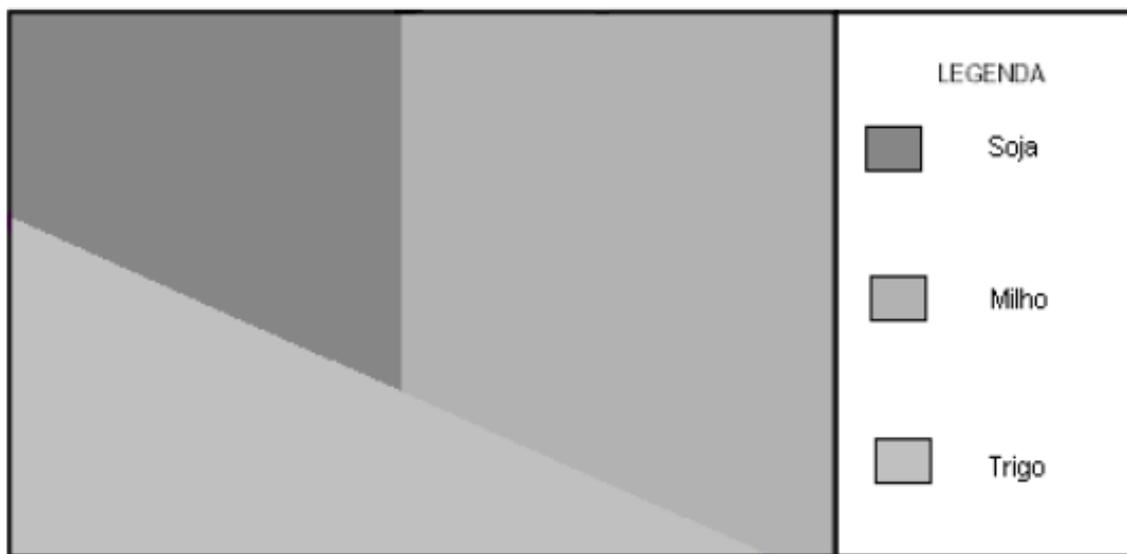
Percebe-se que os atributos dos dados em uma rede podem estar relacionados aos nós ou às ligações. Como exemplo de atributos de ligações pode-se citar: direção do sentido do tráfego em uma rua, distância entre duas cidades, diâmetro de uma tubulação, voltagem da rede elétrica, etc. Para atributos associados aos nós da rede pode-se citar: existência de semáforo em um cruzamento, tipo de válvula em um nó de rede de água, tipo do transformador de voltagem em uma rede elétrica, etc.

III. Polígono

Entidades com características bidimensionais são representadas no banco de dados por objetos do tipo polígono/área. Os limites das entidades podem ser definidos originalmente pelos próprios fenômenos (ex. limites de um lago, região costeira, etc), ou podem ter sido criados pelo homem (ex.: limites de um município, área de reserva florestal, etc).

Destaca-se quanto à distribuição no espaço, as entidades podem ser representadas por polígonos isolados com possibilidade de sobreposição ou cada posição tem que pertencer a exatamente uma única entidade. A representação dos objetos do tipo polígono, segundo as diferentes visões quanto a distribuição no espaço, depende do modelo de dados suportado pelo sistema. Conforme a figura 16.

Figura 16: Exemplo de Uso de Polígono.



Fonte:Lisboa, 2001

4.3. Definição de Sistema de Informações Geográficas (SIG)

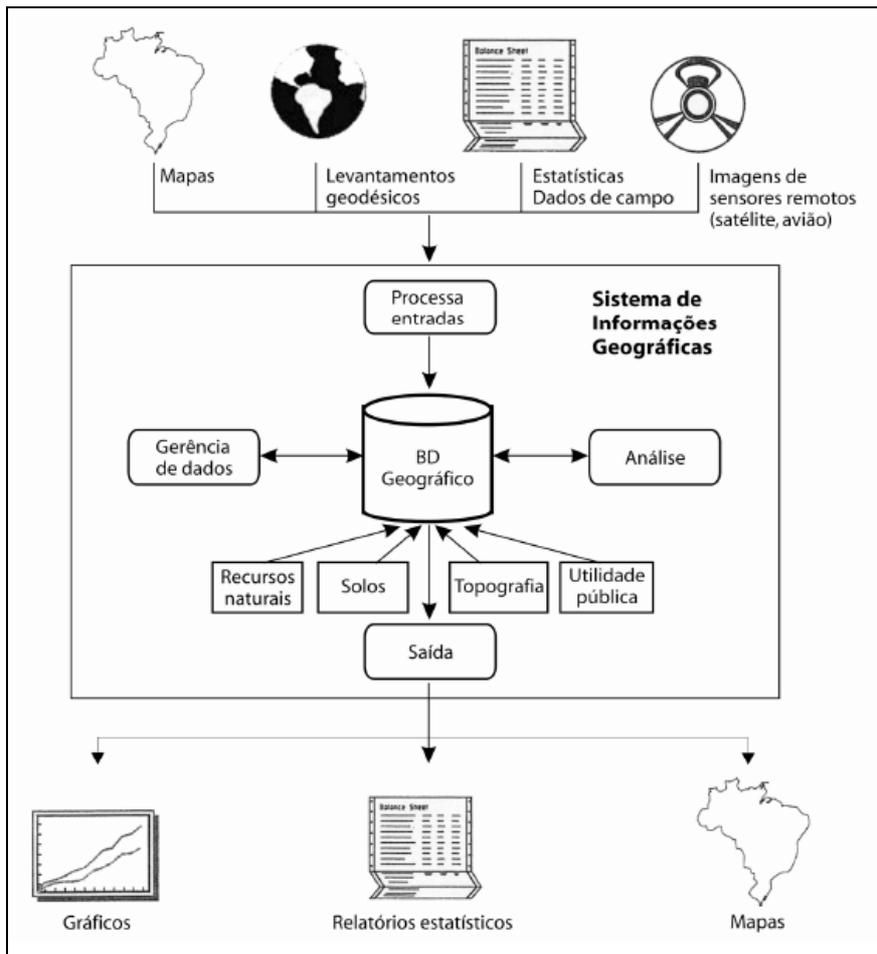
O Sistema de Informações Geográficas (SIG), como uma importante ferramenta no suporte de decisão no planejamento e na operação de transportes, tem se mostrado como

um solucionador de problemas relacionados aos dados geográficos, sendo capaz de tratar e armazenar as relações topológicas entre objetos. A partir da estatística espacial, um dos principais campos da análise espacial, é possível determinar a localização de agrupamento ou dispersão de dados espaciais, determinando o grau de dependência espacial entre as observações. A união destas ferramentas possibilita que o SIG vá além da formulação de mapas temático, e a análise espacial, da estatística convencional.

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) ou *Geographical Information System* (GIS), como é conhecido mundialmente, consiste em um conjunto de ferramentas capaz de adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais (CÂMARA, 2004). Ao analisar separadamente as três palavras que compõem o acrônimo SIG ou GIS, identifica-se a sua finalidade como uma poderosa ferramenta de tomada de decisão. A palavra sistema indica que o SIG é formado por vários componentes inter-relacionados e conectados com diferentes funções; informação pressupõe que os dados estarão organizados para produzir conhecimento; e geográfica implica no conhecimento da localização espacial dos dados. Assim toda informação gerada em um SIG está vinculada a um sistema de referência geodésico.

Segundo MIRANDA (2005, p. 25), existem diferentes definições de SIG na literatura. As que normalmente são encontradas consideram o SIG como “um sistema de computador que coleciona, edita, integra e analisa informação relacionada à superfície da Terra”. Para o autor, o SIG é formado por um conjunto de programas de computador contendo quatro subsistemas: entrada de dados; armazenamento e recuperação de dados; manipulação e análise de dados espaciais; e saída. A Figura 17 apresenta uma configuração básica em um SIG.

Figura 17 – Configuração básica de um SIG



Fonte: Miranda, 2005.

Sabe-se que os dados espaciais podem ter diferentes origens, tais como: mapas existentes; levantamentos geodésicos realizados com o auxílio de teodolitos, estações totais, níveis ou receptores GNSS; sensoriamento remoto aéreo (fotogrametria) ou espacial. Já os dados não espaciais, que irão fornecer atributos aos dados espaciais, podem ser obtidos de estudos já realizados, estatísticas de órgãos oficiais e levantamento de campo.

Segundo CÂMARA *et al.* (2000a), o termo Sistema de Informações Geográficas é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial. A ferramenta oferece ao usuário uma visão inédita de seu ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, interrelacionadas com base no que lhes é

fundamentalmente comum – a localização geográfica. Para que isto seja possível, a geometria e os atributos dos dados num SIG devem estar georreferenciados, ou seja, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica.

Dentro do SIG a análise é o seu principal componente. Segundo MIRANDA (2005), os variados sistemas disponíveis no mercado possibilitam ao usuário realizar inúmeras análises espaciais a partir de diversas funções. Para SILVA (2003), as principais funções encontradas nos SIGs são: consulta – permite arguir o banco de dados para obter as coordenadas geográficas de qualquer elemento, além do atributo relacionado a ele; operações de superposição – realizam superposição entre os vários planos de informação; análise de proximidade – também conhecida como operação de *buffer*, consiste em gerar subdivisões geográficas na forma de faixas; análise de contiguidade – consiste em realizar procedimentos matemáticos envolvendo atributos dos dados espaciais; análise de rede – realiza análises quantitativas a partir de elementos vetoriais e análises algébricas não cumulativas – compreendem a simultaneidade *booleana*, a possibilidade *fuzzy* e a probabilidade *bayesiana*.

Para SILVA (2004), os SIG baseiam-se no fato de que um objeto no espaço geográfico pode ser descrito através de um sistema de coordenadas (latitude, longitude, altitude, posição relativa), de suas propriedades (atributos) e de suas relações (topologia), compondo desta forma um conjunto de dados espaciais e não espaciais. A capacidade de ligar elementos espaciais a seus atributos é o seu princípio básico, de forma que qualquer elemento pode ser localizado a partir de seus atributos, assim como podem ser identificados os atributos de qualquer elemento cuja localização seja conhecida. A relação de elementos e atributos pode gerar um conjunto de informações temáticas, e assim serem gerenciadas através de “temas” ou “camadas”, que por sua vez constituem a base de dados de um sistema de informação geográfica.

De acordo com CÂMARA *et al.* (2000a), devido a sua ampla gama de aplicações, há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG:

- Como ferramenta para produção de mapas: geração e visualização de dados espaciais;

- Como suporte para análise espacial de fenômenos: combinação de informações espaciais;
- Como um banco de dados geográficos: com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

Essas três visões do SIG são antes convergentes que conflitantes e refletem a importância relativa do tratamento da informação geográfica dentro de uma instituição.

Com base no aspecto de multidisciplinaridade do SIG, pode-se observar sua aplicação em diversas áreas: planejamento urbano, geografia, agronomia, ambiental, florestal, engenharia, processamento de dados, pesquisas operacionais, arquitetura e urbanismo, gerenciamento de serviço, engenharia de transportes, entre outras. O SIG também pode ser utilizado servindo diretamente no auxílio à sociedade, proporcionando um avanço social e estratégico, melhores serviços ou serviços adicionais à população, melhor qualidade de vida e participação da sociedade nas decisões.

Os SIG vêm se tornando uma importante ferramenta para resolução de problemas de transportes, sendo empregado em: gerência de pavimentos, transporte coletivo, rodoviário e de carga, engenharia do tráfego e planejamento de transportes.

Acredita-se que com a utilização do SIG pode-se, ao mesmo tempo, ampliar e aprofundar a análise de transporte, porque esta ferramenta introduz novas oportunidades para o processamento de dados relacionados com o espaço geográfico em maneiras proveitosas que não são previamente possíveis. O maior objetivo na utilização do SIG, no sistema de transporte, é proporcionar aos planejadores de transporte, elaboradores de políticas e ao público em geral, um acesso fácil às relações geográficas importantes no processo de decisão.

Como exemplo de SIG utilizado para o planejamento, gerenciamento, operação e análise das características dos sistemas de transportes, será apresentado o *software* Transcad, produzido pela *Caliper Corporation*, que é o primeiro e único SIG desenvolvido especificamente para uso por profissionais de transporte. Possui vários módulos para manipulação de dados com relação à entrada, armazenagem, análise e

apresentação final, podendo ser utilizado para todos os modos de transporte, isoladamente ou combinados entre si.

Pretende-se agora fazer uma abordagem ao método de multicritério, naquilo em que consiste e como se aplica ao estudo aqui apresentado. Como o nome indica, o método multicritério pretende fornecer ao utilizador uma ferramenta que lhe permita avançar numa situação que envolva vários critérios de avaliação, que geralmente têm abordagens diferentes sobre a questão em estudo, revelando-se até, muitas vezes, contraditórios. É-se confrontado diariamente com este tipo de decisões – muitas vezes explicitamente e outras vezes sem consciência de tal fato – em que é necessário fazer uma avaliação dos múltiplos fatores em questão. Um exemplo prático e com que a maior parte das pessoas se consegue relacionar será na compra de um produto de consumo. Tome-se como exemplo a aquisição de um automóvel. É necessário ter em conta um grande número de fatores que irão influenciar a decisão final, tais como o custo inicial de compra do automóvel, o seu consumo, potência e cilindrada, número de lugares, a condição do veículo, a sua cor, etc. Como sabe-se, todos estes fatores terão um peso diferente na avaliação da decisão, consoante o objetivo final. Se desejarmos comprar um carro eficiente a um baixo custo, o preço ou o consumo do automóvel terão um peso superior à cor deste. No entanto se o objetivo for adquirir um carro para lazer próprio, o custo provavelmente não será tão importante como a aparência do carro. Resumindo, os fatores assumem diferentes pesos, consoante a sua relevância para o objetivo pretendido.

4.4. Considerações Preliminares

Constatou-se que atualmente, a aplicabilidade do SIG é indiscutível, e com o auxílio das ferramentas da estatística espacial, torna-se mais eficiente ainda. A aplicação das técnicas SIG e estatística espacial são indispensáveis na análise do fenómeno da mobilidade urbana, na qual a caracterização e o diagnóstico do padrão de distribuição espacial de variáveis como domicílios da população de baixa renda, oferta de empregos e vagas escolares na área em estudo, renda dos usuários e acessibilidade provida pelo sistema de transporte público, são imprescindíveis. Com certeza, nenhum desses fatores

apresenta uma distribuição uniforme e homogênea nas grandes e médias cidades brasileiras, sendo essencial a quantificação da variação espacial dos mesmos.

Os Sistemas de Informações Geográficas permitem manusear, atualizar, alterar, ou acrescentar outras informações, ou ainda trabalhar com parte dos dados, em função do problema em questão. Isso parece funcionar muito bem para as informações tipicamente necessárias para alimentar modelos de transporte, que são:

- Dados socioeconômicos e demográficos de população (habitantes, empregos, renda, produção industrial e agrícola, etc.);
- Dados sobre características de uso e ocupação de solo;
- Dados descrevendo a oferta de transporte;
- Dados sobre a demanda por transporte.

Destaca-se que na engenharia de transportes ou na área de planejamento urbano podemos afirmar que existem situações de avaliação que envolve informações mais complexas e de natureza conflituosa e que não podem ser tomadas sem a formulação dum modelo de análise que consiga organizar e sintetizar toda a informação disponível, de modo a que o planejador se sinta confortável a tomar uma decisão. Assim sendo, um método de decisão baseado em multicritério é um conjunto de métodos ou aproximações formais que procura, em situações com critérios múltiplos, ajudar o planejador a explorar diferentes soluções. É necessário, porém, ter a percepção de que as ferramentas de multicritério não fornecem uma resposta “certa” ou uma análise que retire responsabilidades do agente decisor. A sua importância no processo é fundamental, pois perante situações em que devido ao conflito dos critérios não existem soluções ótimas, é necessário encontrar compromissos, o que implica uma escolha por parte do agente de decisão.

5. METODOLOGIA

Todo o processo metodológico será pautado para dar suporte à gestão dos transportes públicos, possibilitando a identificação de áreas de demandas. Para avaliar essa metodologia foi desenvolvido um estudo piloto no bairro de Santa Cruz no Rio de Janeiro.

As etapas metodológicas serão definidas através da revisão bibliográfica. Obtendo um estudo de relações entre os níveis de atratividade e os fatores locacionais, tanto da forma quantitativa, quanto da forma qualitativa resultante do cruzamento de todos os critérios adotados para o estudo. Todo o processo será pautado na inclusão social e desenvolvimento humano, sendo os critérios econômicos, ambientais e sociais analisados com o objetivo fim de alcançar a mobilidade não de carros, mais sim das pessoas e da forma mais responsável possível. Para tornar o método mais compreensível será referenciado o bairro de Santa Cruz, localizado na Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro.

Esta fase do projeto tem por finalidade entender a extensão dos serviços prestados pelos órgãos responsáveis pelo planejamento, coordenação e execução das políticas de transporte e de uso e ocupação do espaço urbano e aplicar procedimentos metodológicos baseados na investigação científica apresentada na revisão bibliográfica, desde os insumos utilizados para a pesquisa como descrever cada fase do processo de construção do método.

O método está organizado em 6 etapas, a saber: etapa 1: escolha da plataforma computacional; etapa 2: coleta de dados; etapa 3: Definição dos pesos e grau de influência das diferentes indicadores, 4: Normalização dos Dados; etapa 5: execução da combinação linear ponderada; etapa 6: elaborar o mapa final de resultados.

5.1. Escolha da Plataforma Computacional

A escolha da plataforma computacional é uma etapa bastante flexível, uma vez que os SIGs possuem características bastante semelhantes. Todos eles comportam as fases de coleta, tratamento e visualização de dados espaciais. Os dados espaciais possuem a

característica de comportarem feições espaciais (ponto, linha e polígonos) associadas a informações cadastrais (dados censitários e de cadastro, no formato de tabelas). Geralmente cada SIG comporta um formato próprio de arquivo, entretanto existem vários conversores que permitem a utilização dos dados de uma plataforma em outra, e vice-versa.

Sabe-se que um ponto favorável à utilização desta metodologia envolvendo aplicações em SIG, é que os processos metodológicos podem ser aplicados as mais diversas plataformas operacionais existentes. Algumas plataformas trazem agregadas em suas opções de edição de dados, a opção para a criação de áreas de influência através de geoestatísticas, em outras é necessário à aquisição de um aplicativo (*plugin*) que possibilite a construção de áreas influência.

Algumas plataformas comerciais e não comerciais foram testadas. O ArcGis 10.1, SIG comercial da ESRI que trabalha com o formato de arquivo *.shapefile* (*.shap*), foi o escolhido, pois possui uma diversidade de operações que satisfaziam as nossas necessidades de processamento dos dados, bem como facilidades nas criações e elaborações dos resultados finais.

Escolhido a plataforma, agora será possível promover a descrição espacial, que consiste na elaboração de um conjunto de mapas temáticos, sobre uma base espacial unificada, sistematizando os diversos bancos de dados que informam sobre cada indicador. Essa sistematização do banco de dados é uma importante etapa dentro do processo de construção do método, pois é na organização dos dados que são percebidas as possibilidades ou não de uso de certo indicador na sequência do trabalho.

Nessa etapa são realizadas correções, atualizações e digitalização de dados indiretos de diversas fontes institucionais, resultando em representações tabulares e vetoriais.

5.2. Coleta de Dados

Os dados envolvidos no projeto constam de informações referentes ao espaço urbano estudado. A base cartográfica do bairro de Santa Cruz e dos bairros adjacentes, foi

adquirida junto ao Instituto Pereira Passos (IPP) , em formato shapefile, constando dos dados do cadastro urbano, como, bairro, setor, rua, identificador dos lotes e quadras.

Também foram adquiridas através de fotointerpretação as informações referentes ao uso e ocupação do solo e das atividades econômicas e de infraestrutura da região, bem como a identificação dos diversos tipos de ocupação residencial (condomínios, vilas, comunidades, lotes e apartamentos), para tal foram usadas ortofotos na escala 1:10.000 (um para dez mil) cedidas pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército. (DSG).

Destaca-se que a elaboração da base de dados cartográficos, composta na forma de planos de informação que foram conjugados nas aplicações de modelos de análise espacial, foi realizada em formato vetorial ou matricial, sendo escolhido o método de converter os modelos em formatos matriciais (raster). A questão se justifica pela relação de topologia implícita ao processo matricial, o que não só otimiza o cruzamento de dados, como também é condição sine qua non em alguns modelos.

A vantagem de adoção do sistema em raster está na necessidade de modelar o dado desde a sua representação inicial, até o seu cruzamento com outros dados. A aplicação dos processos de consultas, cruzamentos e ponderações de variáveis requerem o conhecimento das características específicas do dado, o seu modo de coleta, assim como a adoção de modelos de análise. Assim, a proposta é a de representação de variáveis em planos de informação armazenados na forma de matrizes.

Ressalta-se agora a grande importância de definir a unidade territorial de integração das análises, o que significa a escolha da resolução dos planos de informação e, conseqüentemente, a resolução ou precisão espacial das análises geradas. Para ser possível o cruzamento de dados os planos de informação deverão apresentar todos, a mesma resolução de armazenamento, ainda que suas elaborações tenham sido realizadas em outras resoluções. A definição da resolução é a escolha do tamanho do pixel na composição dos mapas em formato raster e do número de linhas e colunas na matriz de representação. Como muitos planos foram sintetizados de Mapas temáticos e de planilhas do Censo Demográfico de 2010 (IBGE), ficou definido o valor de pixel em 20 m (metros) para todos os planos resultantes para posterior combinação ponderada.

Esse valor ficou definido pelo fato do olho humano permitir distinguir uma medida linear de aproximadamente 0,1 mm. Um ponto, porém, só será perceptível com valores em torno de 0,2 mm de diâmetro em termos médios. Este valor de 0,2mm é adotado como a precisão gráfica percebida pela maioria dos usuários e caracteriza o erro gráfico vinculado à escala de representação. Dessa forma, a precisão gráfica de um mapa está diretamente ligada a este valor fixo de 0,2 mm.

Todos os dados da análise, sejam dados contínuos ou discretos foram delimitadas por polígonos. Isso foi necessário pois a maioria dos critérios estavam inicialmente agregados por municípios, bairros, áreas de ponderação (aponds) ou setores censitários, onde não se dispõe da localização exata dos eventos, mas de um valor por área. Alguns desses indicadores são contagens, como é o caso da maior parte das variáveis coletadas no censo Demográfico de 2010: por exemplo, o IBGE fornece, para cada apond, o número de chefes de família em cada uma das faixas de renda consideradas. Diversos indicadores de saúde também são deste tipo: o Ministério e Secretarias de Saúde organizam e disponibilizam dados de óbitos, partos, doenças transmissíveis por município. Utilizando duas contagens – óbitos e população, por ex. – taxas de densidade de ocorrência, como taxas de mortalidade ou incidência são estimados. Outros indicadores bastantes úteis são; proporções, como percentual de habitantes ; médias, como renda média do chefe da família por apond.

Os indicadores são essenciais, pois tornam visíveis as características da cidade que não são compreendidas com clareza, além de possibilitar a avaliação dos problemas considerados. Os indicadores precisam ter como característica a relevância para o processo de tomada de decisão. Um indicador, para ser representativo, precisa ser importante tanto para o pesquisador ou tomador da decisão quanto para o público ou usuários do local.

Segundo COSTA (2003) os indicadores são instrumentos que reduzem grande quantidade de informação a um número apropriado de parâmetros para análise e tomada de decisão. Traduzem conceitos abstratos e difíceis de serem mensurados em entidades operacionais e mensuráveis, fornecendo uma informação sintética sobre determinado

fenômeno. Sua utilização permite revelar condições e, ao mesmo tempo, tendências apontando aspectos deficientes ou que necessitam de intervenção.

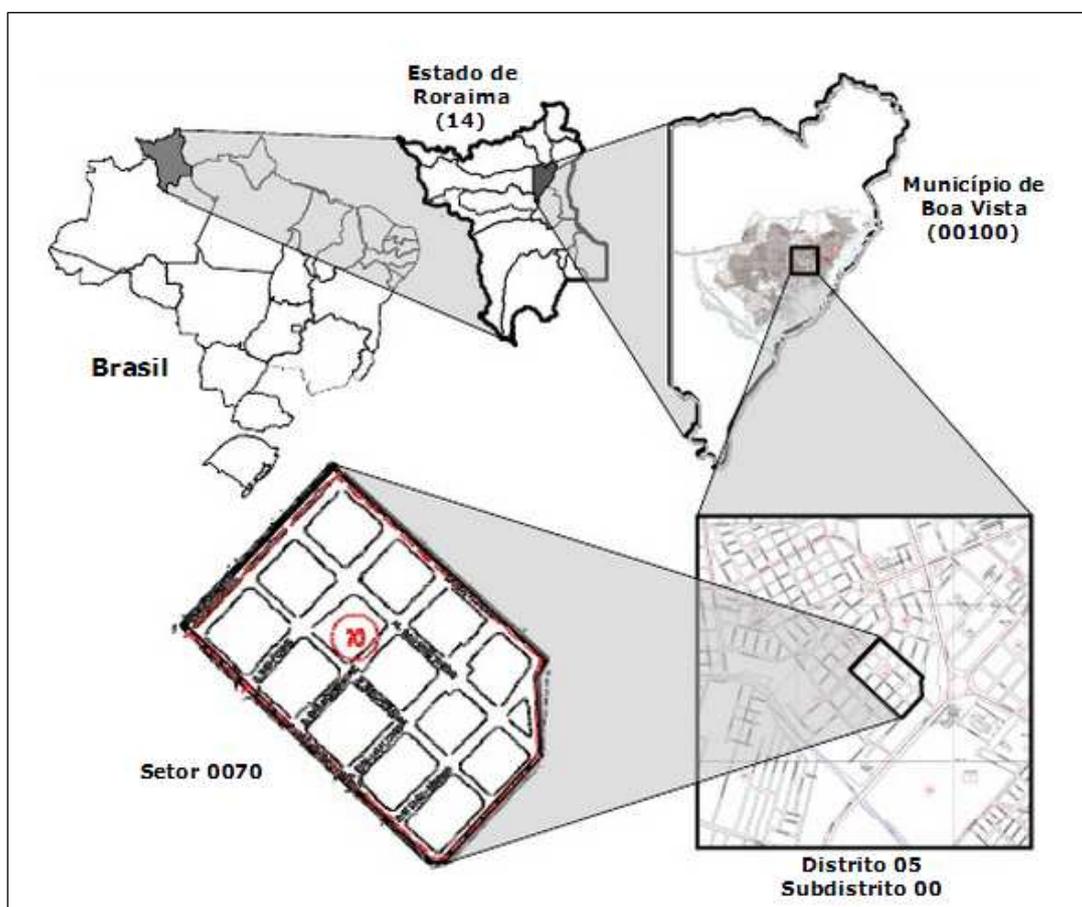
As variáveis analisadas utilizaram os setores censitários como a menor unidade de medida de área para definição dos pesos de cada critério, quando isso não foi possível adotou-se outras medidas, como: Aponds, Zonas de Trafego, Zoneamento do plano diretor ou mapas temáticos.

O país está dividido em unidades: estados, municípios, distritos e subdistritos. Dentro dos subdistritos, encontram-se os setores censitários, que se constituem, portanto, na menor unidade de agregação de domicílios em um município. O setor censitário é a unidade de controle cadastral formada por área contínua, situada em um único quadro urbano ou rural, com dimensão e número de domicílios ou de estabelecimentos definidos.

A Figura 18, ilustra um exemplo desta subdivisão. No Brasil temos o estado de Roraima, cujo código do IBGE é 14 (o 1 que significa região Norte e o 4, pelo fato de ser o 4º estado em sentido horário a partir de Rondônia). Dentro do Estado de Roraima, sua capital Boa Vista tem um código de cinco dígitos (00100) e, dentro deste município há distritos e subdistritos. No exemplo da figura, um recorte do subdistrito 06 que fica dentro do distrito 05. Finalmente, dentro de cada subdistrito, há aglomerados de cerca de 300 domicílios que são os setores e que recebem um código de quatro dígitos. Neste exemplo, temos o setor 0070. A codificação completa do setor é, portanto, 140010005060070.

Para a manipulação dos dados de setores censitários em 2010, o procedimento é mais delicado, dado que o IBGE não disponibiliza os microdados do universo para 2010.

Figura 18: Exemplo de uma divisão territorial feita pela IBGE.



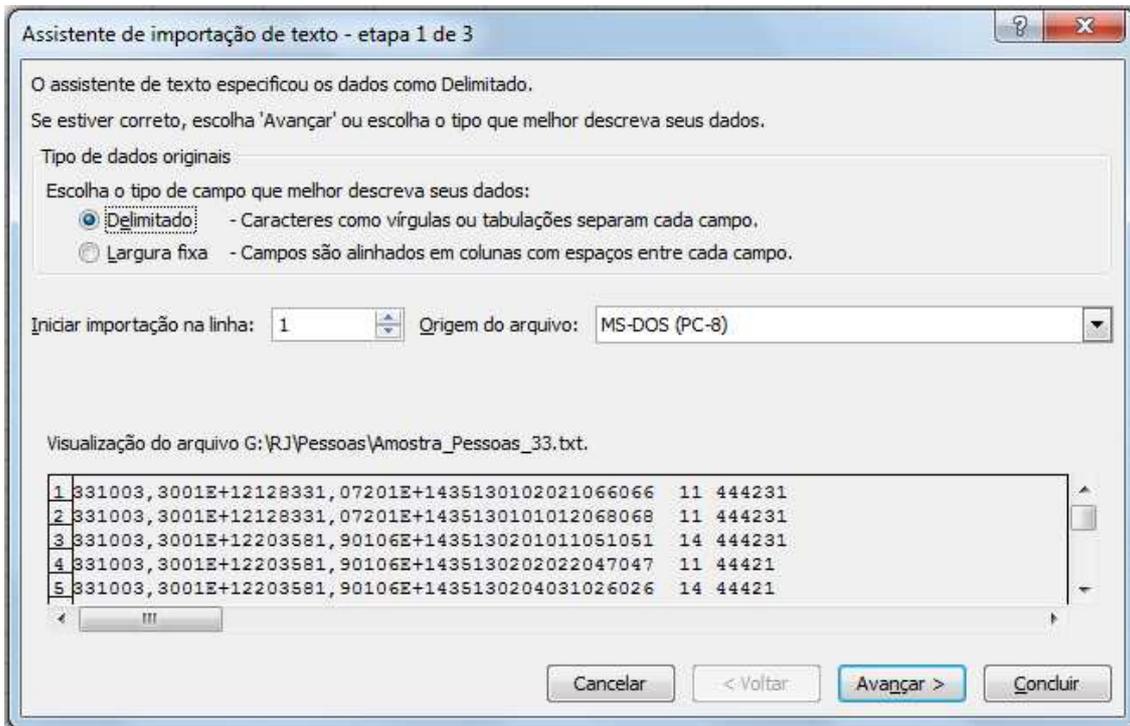
Fonte: Censo IBGE, 2000.

Somente são oferecidos os resultados das tabulações, por Aponds, no formato Excel. As planilhas do Excel foram convertidas para o formato SPSS e a partir daí, criou-se uma coluna com os códigos dos Setores Censitários em 2010, para que os dados pudessem ser trabalhados.

A Figura 19 apresenta o procedimento de conversão dos dados do censo para formato de planilha onde cada informação de interesse foi decodificada de acordo com a tabela de descrição das variáveis da amostra do Censo.

Nessa tabela estão relacionadas todas as variáveis analisadas, por exemplo, a variável Grau de Instrução possui o código V6400 que no arquivo do microdados corresponde a coluna 158, já a renda per capita possui o código V6531 que corresponde a coluna 296 a 303 dos microdados.

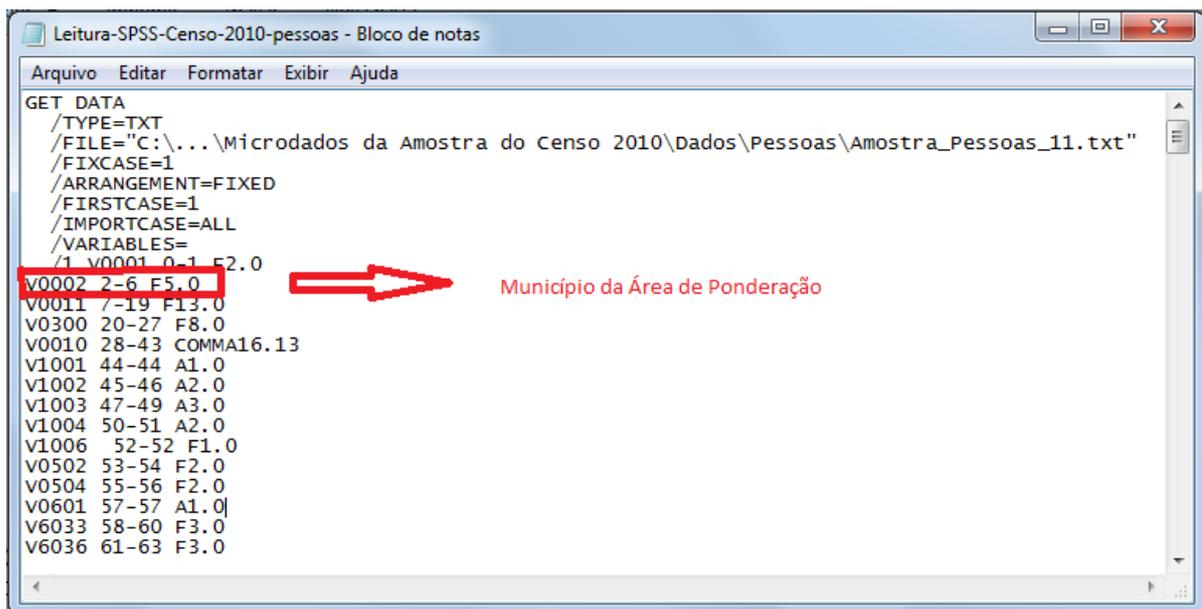
Figura 19: Conversão dos microdados do Universo do Censo no Excel



Fonte: Autor, 2013.

Na figura 20 observamos que o código V0002 ocupa as colunas de número 2 até a coluna de número 6, que decodificada representa o Município de origem dessa Apond.

Figura 20: Correspondência dos microdados com os códigos das variáveis.

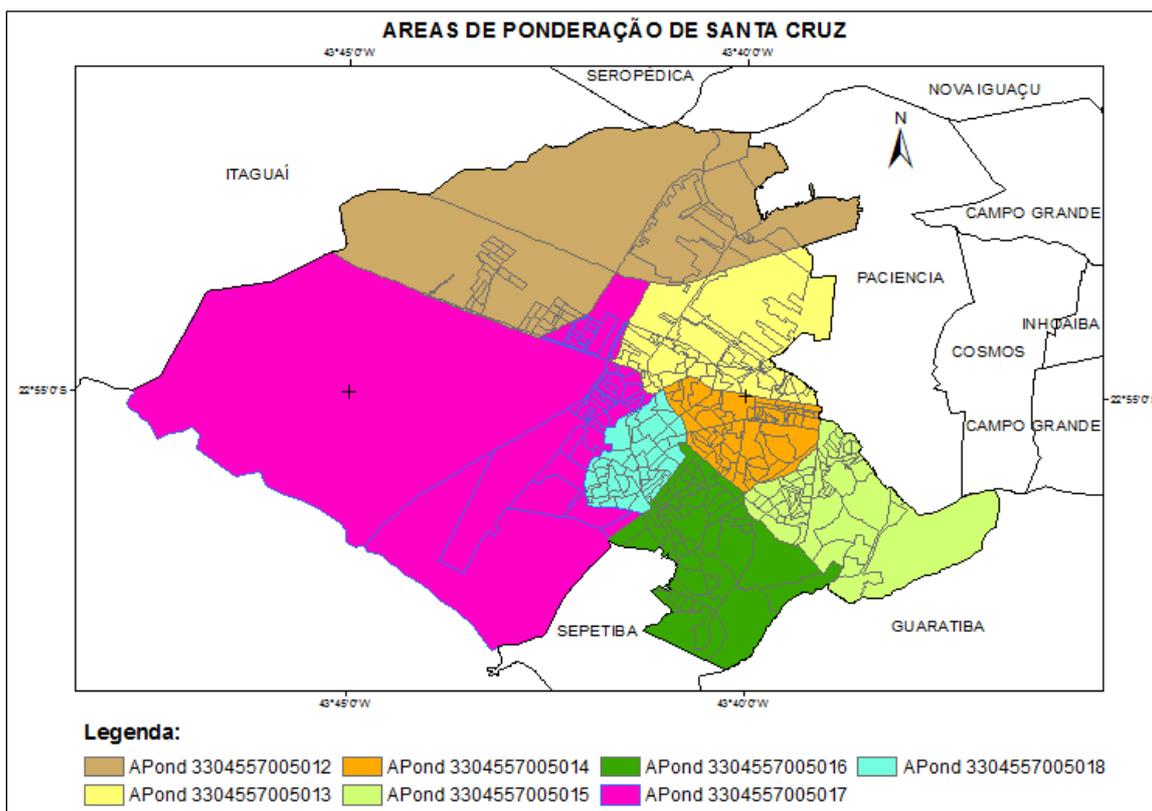


Fonte: Autor, 2013.

O IBGE define áreas de ponderação (Aponds) como sendo uma unidade geográfica formada por um agrupamento de setores censitários, para a aplicação dos procedimentos de calibração das estimativas com as informações conhecidas para a população como um todo. É, também, a menor unidade geográfica para identificação dos microdados da amostra, de maneira a preservar o sigilo em relação aos informantes da pesquisa.

Como exemplo, e preparação para posterior entendimento da fase de aplicação do método, usaremos o bairro de Santa Cruz, localizado na zona oeste do município do Rio de Janeiro, como referência para melhor assimilação de como procede à pesquisa demográfica do censo do IBGE. Santa Cruz é dividida em 7 aponds (figura 21) que respectivamente englobam 365 setores censitários.

Figura 21: Áreas de ponderação de Santa Cruz –RJ



Fonte: Autor, 2013.

Em Santa Cruz os dados da população do bairro, da população da amostra e o número de domicílios estão configurados conforme a tabela 3.

Tabela 3: Dados da base dos microdados referentes ao bairro de Santa Cruz - RJ

Apond	Setores Censitários	Pessoas Universo	Domicílios Universo	Pessoas Amostra	Domicílios Amostra
3304557005012	49	30013	8941	1461	423
3304557005013	51	30335	9302	1498	442
3304557005014	66	36796	11263	1696	517
3304557005015	58	31793	9543	1552	467
3304557005016	52	32879	10020	1759	491
3304557005017	47	29569	8996	1445	441
3304557005018	42	25948	8240	1292	402

Fonte: Autor, 2013.

Todas as outras informações e indicadores irão ser considerados sobre esse universo e todas as interações e cruzamentos resultantes serão validados para esse grau de precisão.

O processo de cruzamentos dos dados consiste na determinação de pesos e prioridades para cada indicador, comparando-o com outros indicadores. Essa determinação tem caráter subjetivo e é realizada segundo a Técnica participatória, na qual os participantes envolvidos no processo assumem o papel de avaliadores da maior ou menor importância de cada indicador.

Todas as variáveis escolhidas foram retiradas dos três exemplos de Análise Multicritério aplicada aos Transportes e de consagrados Índices de análise socioeconômicos. Os respectivos pesos de cada critério e o grau de influência que cada um representará no cálculo foram definidos através de entrevistas com 21 avaliadores com conhecimento embasado no assunto, entre eles estão operadores, planejadores, especialistas, urbanistas e membros do poder público. Dessa atividade resulta uma lista de indicadores, organizados em 3 níveis de Aspectos, conforme tabela 4, a seguir.

Tabela 4: Lista de Indicadores

ASPECTOS	INDICADORES
Sociais	- Média do Grau de Instrução;
	- Densidade populacional;
	- Distância de Hospitais, Escolas e Delegacias;
	- IDS
Econômicos	- Média da Renda Familiar;
	- Tipo de Uso do solo
	- Fator de Expansão de Viagens (PDTU 2003)
	- Acessibilidade às estações de trem e metrô e principais vias;
	- Zoneamento Plano Diretor
Ambientais	- Declividade do terreno;

Fonte: Autor, 2013.

5.3. Indicadores utilizados

A seguir serão descritos os indicadores selecionados na fase anterior e a forma de aquisição de cada um. Nesse momento é de fundamental importância a espacialização dos dados

5.3.1. Indicadores Sociais

1) **Média do Grau de instrução:** No Brasil, país caracterizado por ter distribuição de renda das mais desiguais do mundo, as pesquisas sobre a relação entre pobreza e grau de instrução vêm ganhando cada vez mais destaque, pois quanto maior o grau de instrução maior as possibilidades de ganho financeiro e maior o seu potencial de mobilidade, pois o mesmo tem poder de realizar seus deslocamentos independente de ter ou não meios acessíveis de transporte público, quanto maior a renda, maior o número de viagens realizadas pelo individuo e sua família conforme comprova o

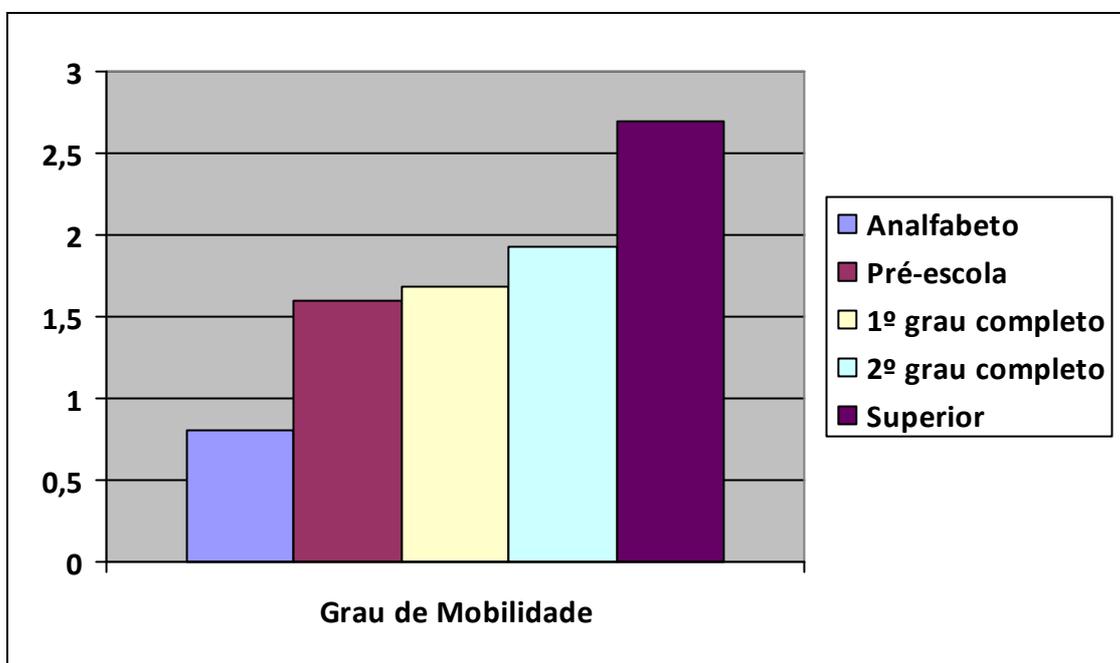
resultado da pesquisa do Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro (PDTU) realizada em 2003. Na tabela 5 e no gráfico 1 podemos verificar como a mobilidade cresce com o aumento do grau de instrução, observa-se uma amplitude que vai de 0,81 no caso dos analfabetos até 2,70 viagens/habitantes/dia no caso de pessoas com ensino superior completo.

Tabela 5: Grau de Mobilidade

Grau de Instrução	Grau de Mobilidade
Analfabeto	0,81
Pré-escola	1,60
1º grau completo	1,68
2º grau completo	1,93
Superior	2,70

Fonte: Adaptado do PDTU 2003 RJ

Gráfico 1: Faixas de Mobilidade.



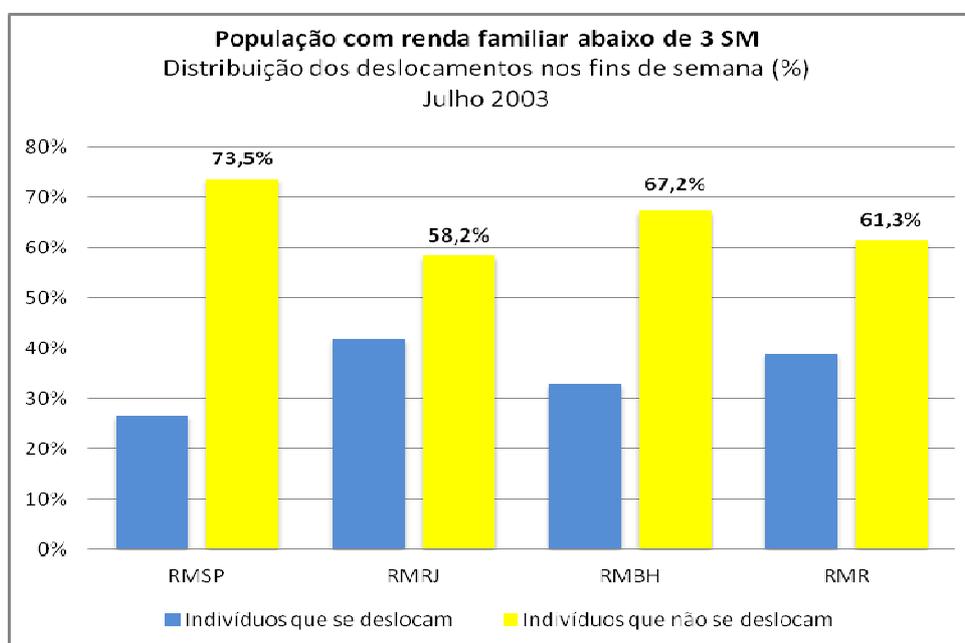
Fonte: Autor, 2013.

Já que as pessoas com menor grau de instrução possuem menor poder de mobilidade e em sua maioria são cativas dos meios de transporte público e forçadas às vezes a longas

caminhadas até o ponto de ônibus ou ao meio mais barato, havendo até casos que o deslocamento até o trabalho, escola, hospital ou outro fim seja realizado única e exclusivamente a pé, pois os gastos com o transporte inviabilizariam a renda dessas pessoas, cabe ao planejador de transportes e ao poder público estar atendo a essas demandas.

Sabe-se que a renda influencia diretamente na realização ou não de atividades de lazer. Essa atividade por sua vez está associada ao relacionamento social com parentes e amigos, é importante para aliviar as tensões dos grandes centros urbanos e, sobretudo, para manter as redes de solidariedade, fundamentais na estratégia de sobrevivência das populações de baixa renda. O alto valor das tarifas do transporte coletivo e as condições inadequadas da oferta de serviços estão impondo barreiras a esse tipo de mobilidade. Segundo o relatório apresentado pelo Projeto Mobilidade e Pobreza, realizado pelo ITRANS em 2003/2004, com o apoio de diversas entidades, pode se observar no Gráfico 2, a maioria dos entrevistados não se desloca nos finais de semana.

Gráfico 2: deslocamentos nos finais de semana nas principais regiões metropolitanas.



Fonte: Adaptado de ITRANS, 2003.

Como pode se analisar na Tabela 6, a mobilidade dos mais pobres cai mais ainda nos finais de semana. Esses fatos sugerem consequências negativas nas atividades de lazer e

de integração social (visitas a amigos e parentes), que são fundamentais para a manutenção e ampliação da rede de solidariedade dessa população.

Tabela 6:

Índices de mobilidade (número médio de deslocamentos por habitante/dia)

População com renda familiar abaixo de 3 SM mensais / Julho 2003

Índices de mobilidade	RMSP	RMRJ	RMBH	RMR
Por dia da semana				
Dias úteis (seg. a sex.)	0,88	1,00	0,90	0,86
Sábados e domingos	0,35	0,49	0,40	0,48
Por gênero (dias úteis)				
Homens	1,12	1,22	1,12	1,12
Mulheres	0,65	0,80	0,70	0,65

Fonte: Adaptado de ITRANS Pesquisa Mobilidade e Pobreza (2003)

Como se sabe, o relacionamento social, de convivência com parentes e amigos cria redes de apoio sem as quais as muitas pessoas não teriam como encontrar uma oportunidade de trabalho, por exemplo. Além disso, não se pode esquecer que as atividades de lazer são fundamentais para o equilíbrio psicossocial dos indivíduos, continuamente ameaçados pelas tensões e pela violência dos grandes centros urbanos.

Há três motivos principais para a redução dos deslocamentos com finalidade de lazer nos finais de semana. Primeiro, muitos desses deslocamentos precisam ser feitos pela família, em grupo, o que, diante das altas tarifas do transporte coletivo, implica gastos incompatíveis com o orçamento doméstico. Segundo, a oferta de serviços costuma cair drasticamente nos fins de semana, o que acarreta tempos de espera muito longos. Por fim, como são mantidos os itinerários dos dias úteis e os destinos dos deslocamentos mudam substancialmente nos fins de semana, as pessoas precisam usar mais de um modo de transporte ou completar as viagens com extensos percursos a pé.

As igrejas e templos, por estarem fisicamente acessíveis para estas populações (Gráfico 8) e, por isso, poderem ser acessadas a pé, acabam se tornando um dos principais locais de integração social desse segmento populacional.

2) **Densidade Populacional:** Observa-se nas grandes cidades uma distribuição desigual da população, notadamente nas suas extremidades (periferia) o acúmulo demográfico é acentuado e esse fenômeno não é acompanhado pelo número de empregos próximos a essas regiões, acarretando assim, longos deslocamentos para chegar ao trabalho e aos demais serviços cotidianos. Esse fenômeno deve ser levado em conta pelos planejamentos dos transportes e permitir que esse movimento seja atendido da forma menos dispendiosa e mais rápida possível para esses usuários. O transporte deve promover a integração dessas áreas densamente povoadas e não excluí-los ainda mais do sistema urbano. Quanto maior a acessibilidade a essas regiões maior será a possibilidade de ocorrer deslocamentos programados e de vital importância na manutenção da qualidade de vida dos moradores e usuários.

Na medida em que a cidade se expande também se acentuam as formas de segregação no espaço urbano, criando um “padrão periférico de crescimento” desprovido de serviços públicos nos setores de saúde, habitação, saneamento, lixo urbano, educação e transportes públicos, muito por culpa da lógica de centralização de atividades

Sabe-se que quando a densidade populacional é tratada corretamente torna-se vetor de desenvolvimento local e cabe à gestão pública estabelecer parâmetros e fazer cumprir normas para tornar adequada a densidade populacional da cidade, aproveitando a potencialidade das infraestruturas existentes, e ao mesmo tempo freando o crescimento populacional em locais com indícios de saturação

A identificação espacial dessas áreas adensadas tornará possível compreender qual foi o processo que motivou tal concentração, se foi a exclusão ou a lógica das centralidades de concentração de atividades de serviços e de infraestrutura urbana.

3) **Distância de Hospitais, escolas e delegacias:** Na dinâmica das áreas urbanas ocorrem diferentes deslocamentos diários para atender as necessidades da população. Os motivos destas viagens são indicadores importantes na análise do comportamento da demanda por transporte público. Novamente recorrendo ao estudo do PDTU 2003 da RMRJ verificamos na tabela 7 que o motivo de viagem para estudo representa 16,3% do total de viagens e para tratamento de saúde representa 1,6%. Podemos concluir que o motivo trabalho (20,8%) é o de maior demanda e para qual é direcionado a maioria dos

projetos de mobilidade, porém não podemos esquecer das crianças que vão para escola diariamente, mulheres que trabalham principalmente em casa ou cuja carreira se reparte entre períodos fora de casa, desempregados, pessoas idosas e impossibilitadas, pessoas para quem o acesso a todo o tipo de atividade socioeconômica e cultural no espaço urbano não são devidamente atendidos.

Os problemas de mobilidade para equipamentos de saúde podem ser de grande gravidade no caso dos atendimentos médicos especializados e continuados (normalmente centralizados em grandes unidades de atendimento) e do atendimento aos casos de urgência 24 (acidentes, partos etc.), por isso o estudo de acessibilidade é tão importante para melhorar o acesso a esses aparelhos públicos.

Tabela 7: Motivo de Viagens

MOTIVO DO DESTINO	TOTAL DE VIAGENS	(%)
Residência	9.935.056	49,9
Trabalho	4.146.903	20,8
Estudo	3.250.733	16,3
Assuntos pessoais e negócios	859.128	4,3
Outros	421.672	2,1
Compras	432.322	2,2
Saúde	325.295	1,6
Lazer	295.971	1,5
Transportar passag. Estudo/trabalho	248.874	1,2
Total	19.915.954	100

Fonte: Adaptado do PDTU 2003 RJ

4) **IDS:** Segundo CAVALLIER (2008), o chamado Índice de Desenvolvimento Social (IDS) foi inspirado no conhecido Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), calculado pela ONU (PNUD) para inúmeros países do mundo que, por sua vez tem servido de base para a construção de uma série de outros índices compostos. Sua finalidade é medir o grau de desenvolvimento social de uma determinada área geográfica em comparação com outras de mesma natureza. Como qualquer índice sintético do tipo, o IDS combina, de uma determinada forma, algumas variáveis que melhor caracterizem diversas facetas do fenômeno em estudo.

Ele é baseado nos resultados do Censo Demográfico do IBGE. Sua peculiaridade que o diferencia de tantos outros índices igualmente importantes e úteis, é o nível de desagregação espacial para o qual ele pôde ser calculado: o setor censitário. Se por um lado, essa escolha permite uma multiplicidade de informações, como se verá a seguir, impõe limitações quanto à disponibilidade de variáveis. Com efeito, só são aplicáveis aos setores censitários, as variáveis relativas ao questionário do universo do Censo.

Ainda segundo CAVALLIER (2008), a grande vantagem do IDS ao utilizar a menor unidade geográfica é de dispor dados estatísticos confiáveis e sistemáticos possibilitando a identificação e a comparação das diferenças intraurbanas tanto no máximo grau de detalhamento espacial quanto em qualquer agregação que seja possível fazer.

Foram utilizados 10 indicadores, construídos a partir de variáveis do Censo Demográfico 2000 do IBGE, para a composição do Índice de Desenvolvimento Social:

- Percentagem dos domicílios com serviço de abastecimento de água adequada - aqueles que têm canalização interna e estão ligados à rede geral;
- Percentagem dos domicílios com serviço de esgoto adequado - aqueles que estão ligados à rede geral;
- Percentagem dos domicílios com serviço adequado de coleta de lixo - aqueles que dispõem de coleta direta ou indireta de lixo;
- Número médio de banheiros por pessoa;
- Percentagem de analfabetismo em maiores de 15 anos;
- Percentagem dos chefes de domicílio com menos de quatro anos de estudo;
- Percentagem dos chefes de domicílio com 15 anos ou mais de estudo;
- Rendimento médio dos chefes de domicílio em salários mínimos;
- Percentagem dos chefes de domicílio com renda até dois salários mínimos;
- Percentagem dos chefes de domicílio com rendimento igual ou superior a 10 salários mínimos.

Índices sintéticos são de grande validade para mensurar padrões e comportamentos de áreas de interesse, onde devido ao grau de segmentação da amostra seria muito difícil identificar comportamentos discrepantes da maioria do entorno da referida amostra.

5.3.2. Indicadores Econômicos

1) **Média da Renda Familiar:** A mobilidade urbana é medida pelo número médio de viagens que uma pessoa faz por dia. Esta mobilidade guarda uma forte relação com a renda, isto é, quanto maior a renda familiar maior o número de viagens realizado por uma pessoa. As pesquisas do ITRANS apontam que as pessoas com renda familiar abaixo de três salários mínimos mensais fazem, em média, menos de um deslocamento por dia, o que é muito baixo. Para se ter uma ideia, em São Paulo, de acordo com a Pesquisa Origem e Destino do Metrô de SP, de 2002, as pessoas com renda familiar acima de salários mínimos mensais fazem, em média, três deslocamentos por dia. Evidentemente, o excesso de viagens por habitante não é um objetivo social e individualmente desejável. Mas, no caso da população de baixa renda, os reduzidos índices de mobilidade representam a privação de atividades importantes, como as viagens para o trabalho, procura de emprego, saúde, educação e lazer.

Sabe-se que a renda é outro fator de grande influência na mobilidade. Nos estudos já realizados, existe forte correlação entre as duas variáveis. No caso da RMRJ, os dados confirmam esta regra, conforme pode ser verificado na Tabela 8. Os dados indicam que a mobilidade varia de um mínimo de 1,46 viagem/habitante/dia para famílias até 2 salários mínimos, até um máximo de 4,08 viagens/habitante/dia para famílias com renda superior a 20 salários mínimos. O crescimento da mobilidade é proporcional à renda na medida em que se passa para rendas imediatamente superiores.

Tabela 8: Mobilidade segundo a faixa de renda média familiar mensal

Faixa de renda média (salários mínimos)	Mobilidade
Até 2 SM	1,45
De 2 a 5 SM	1,69
De 5 a 10 SM	2,04
De 10 a 20 SM	2,40
Acima de 20 SM	4,08
Total	1,77

Fonte: PDTU RMRJ, 2003

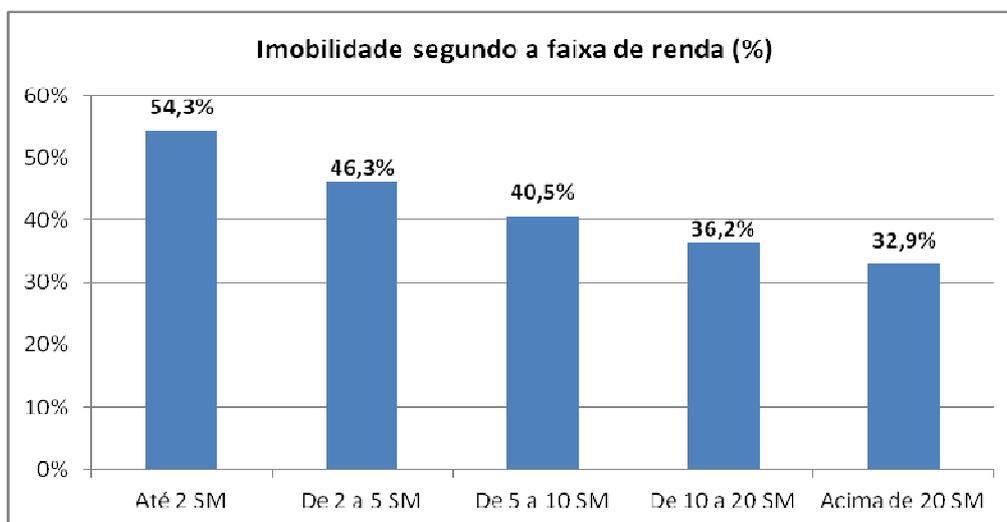
Se a mobilidade tem correlação positiva com a renda, com a imobilidade ocorre o inverso: ela diminui à medida que a renda cresce, conforme mostram a Tabela 9 e o Gráfico 3. Sob esta abordagem, observa-se que a imobilidade varia entre os extremos de 54,3% (até 2 salários mínimos) até 32,9% (mais de 20 salários mínimos).

Tabela 9 - Imobilidade segundo a faixa de renda

Faixa de renda média (salários mínimos)	Taxa de Imobilidade (%)
Até 2 SM	54,3
De 2 a 5 SM	46,3
De 5 a 10 SM	40,5
De 10 a 20 SM	36,2
Acima de 20 SM	32,9

Fonte: PDTU RMRJ, 2003.

Gráfico 3: Nível de Imobilidade nas principais regiões metropolitanas.

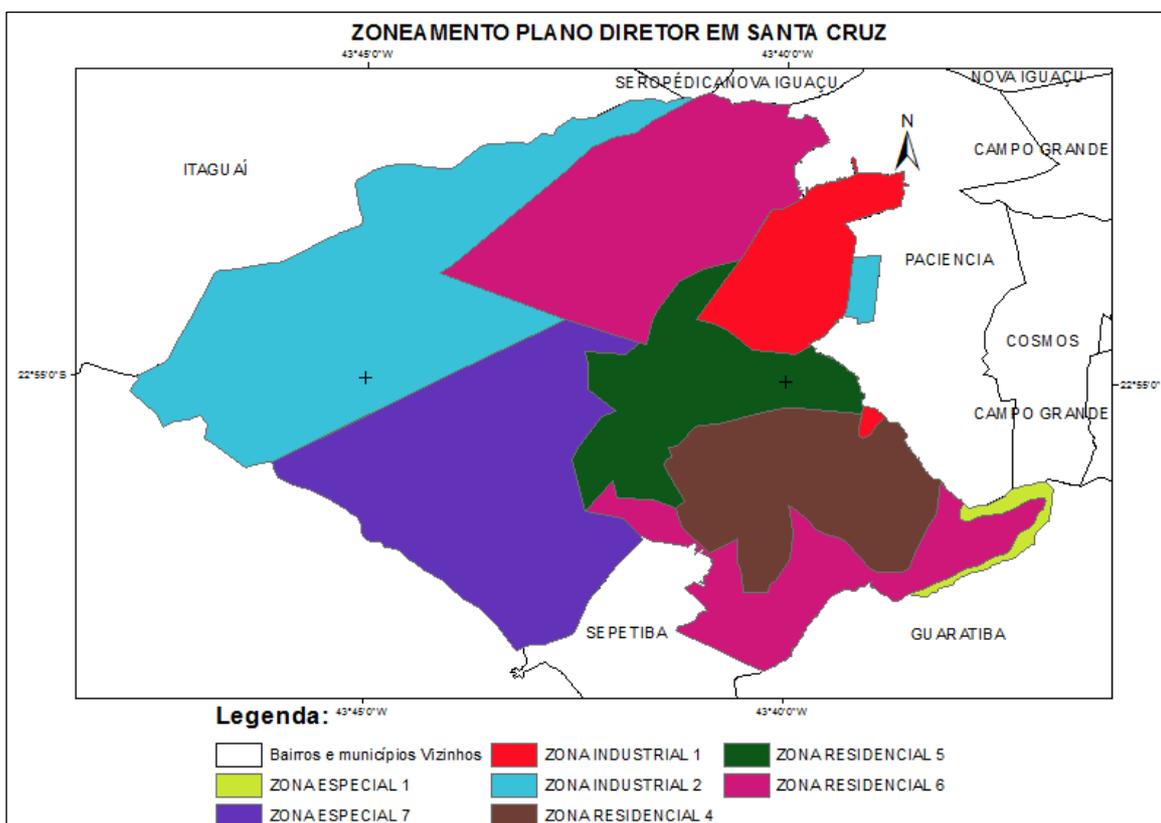


Fonte: PDTU RMRJ, 2003.

2) **Zoneamento Plano Diretor:** Ao planejar a ocupação do território, a Prefeitura define o que é mais adequado para cada área da cidade, levando em conta a infraestrutura existente, a infraestrutura planejada, as restrições de natureza ambiental, a paisagem e o ambiente cultural, para tal faz-se uso do Zoneamento Urbano, onde são consideradas as características e as necessidades de cada parte da cidade, tudo para

garantir a adequada utilização do solo, o desenvolvimento social e econômico e a proteção do meio ambiente. Exemplo disso é a figura 22 que apresenta a divisão do Bairro de Santa Cruz –RJ por Zonas de Planejamento.

Figura 22: Zoneamento de Santa Cruz –RJ conforme Plano Diretor



Fonte: Autor, 2013.

O ordenamento territorial é realizado através de dois elementos principais: a definição de usos e atividades e a determinação das características dos lotes e edificações. Os usos são divididos em categorias, e se referem ao tipo de atividade, como por exemplo, residencial, comercial, industrial, entre outros. Cada zona possui normas quanto à possibilidade ou não de ter cada um destes usos, em diferentes intensidades, não sendo permitidos aqueles que contrariem o que diz o zoneamento. Assim, uma área da cidade pode abrigar usos residenciais e comerciais de pequeno porte, e não permitir atividades industriais, por exemplo.

Percebe-se que utilizando essa divisão territorial como parâmetro para o planejamento do sistema de transporte local, podemos potencializar alguns benefícios como:

- Aumento da acessibilidade e redução dos custos de transporte;
- Qualidade de vida melhor para os indivíduos;
- Probabilidade de uma rentabilidade mais alta para as atividades econômicas;
- Aumento no valor dos imóveis tanto para fins habitacionais como para atividades econômicas;
- Conveniência para o setor imobiliário que obtêm lucro com a valorização dos imóveis devido aos investimentos públicos no setor de transporte;
- Alterações no espaço urbano com a chegada e/ou aumento da acessibilidade.

Quando o zoneamento planejado não é levado em consideração e a ocupação é feita de forma desestruturada, alguns efeitos negativos podem surgir como por exemplo:

- A atração da população de maior renda aos locais onde há maior acessibilidade faz com que os indivíduos de menor renda fiquem deslocados, podendo ocorrer a favelização em alguns lugares;
- Mudança nos padrões de uso do sistema de transporte – transporte coletivo sendo substituído pelo transporte individual;
- Mais congestionamento nas vias urbanas; e- Pressão para a expansão do sistema viário devido à demanda por serviços de infraestrutura.
- Maior dinâmica dos pólos existentes e a criação de novos pólos;
- Redução de carências pelo serviço público devido à atração de novas atividades econômicas;

3) **Fator de Expansão de Viagens:** Muitas pesquisas de mensuração de dados ou contagem censitária trabalham com amostras, sobre as quais são aplicados índices ou fatores matemáticos que possibilitam gerar projeções e estimativas dos valores totais do universo a ser pesquisado.

No estudo do PDTU 2003 da RMRJ esse processo matemático foi utilizado para estimar a matriz OD (origem/destino) com o objetivo de expandir da forma mais realista possível todas as viagens realizadas pelos moradores entrevistados na pesquisa.

O Chamado Fator de Expansão é calculado a partir das seguintes variáveis explicativas: número de moradores, número de estudantes e trabalhadores, instrução do chefe de família, número de crianças, renda e número de autos por domicílio. Para cada residência é calculado um valor de expansão para as viagens geradas por domicílios e numa segunda fase é obtido o fator de expansão das viagens por indivíduo.

Para cada zona de Tráfego é calculado o número de indivíduos residentes na mesma e o número de viagens realizadas por eles no dia anterior da pesquisa. Neste presente estudo esses valores serão agregados e para cada Zona de Tráfego será calculada uma média dos fatores de Expansão, com a qual poderemos identificar o número médio de viagens realizadas em cada Zona de Tráfego.

4) **Acessibilidade aos meios de transporte:** Essa variável é uma das mais complexas e importantes dentro do estudo de planejamento dos transportes, pelo fato dela ser resultante da combinação das características da rede de transportes, que une os locais de origem e destino das viagens , levando em conta a localização e as características da população residente e sua respectiva distribuição geográfica.

Destaca-se que uma das variáveis que mede essa acessibilidade é a distância máxima que as pessoas se dispõem a caminhar até o serviço de Transporte Coletivo (TC).

As cidades devem criar facilidades para o deslocamento das pessoas, buscando formas de atração para o uso do seu espaço público, criando espaços onde os cidadãos tenham fácil acesso aos serviços essenciais à vida social e à vida individual.

O'SULLIVAN (2000) defende como distância máxima que um passageiro está disposto a percorrer até à parada de ônibus ou estação mais próxima o valor de 400 metros ou o tempo de 5 minutos a pé. Valor idêntico é proposto por KIMPEL *et al.* (2007).

Baseado nesses parâmetros as principais vias de acesso e as estações de transporte de massa devem ser identificadas e mapeadas de forma a criar zonas de influencia(buffer) para cada um dos vetores de mobilidade presentes no área de estudo.

Com essas zonas de influência será possível escalonar o grau de interferência do fator tempo sobre os deslocamentos. Para compensar o espraiamento da cidade devemos priorizar o transporte de massa para as grandes distâncias observando o nível de carregamento que cada vetor de mobilidade contribui dentro do sistema e suas projeções futuras. Infelizmente o sistema não é pensado para maximizar os meios de transporte sobre trilhos, o ônibus ao invés de ser alimentador acaba por ser concorrente e paralelo ao eixo ferroviário, contribuindo ainda mais para o congestionamento e a deseconomia do sistema como um todo.

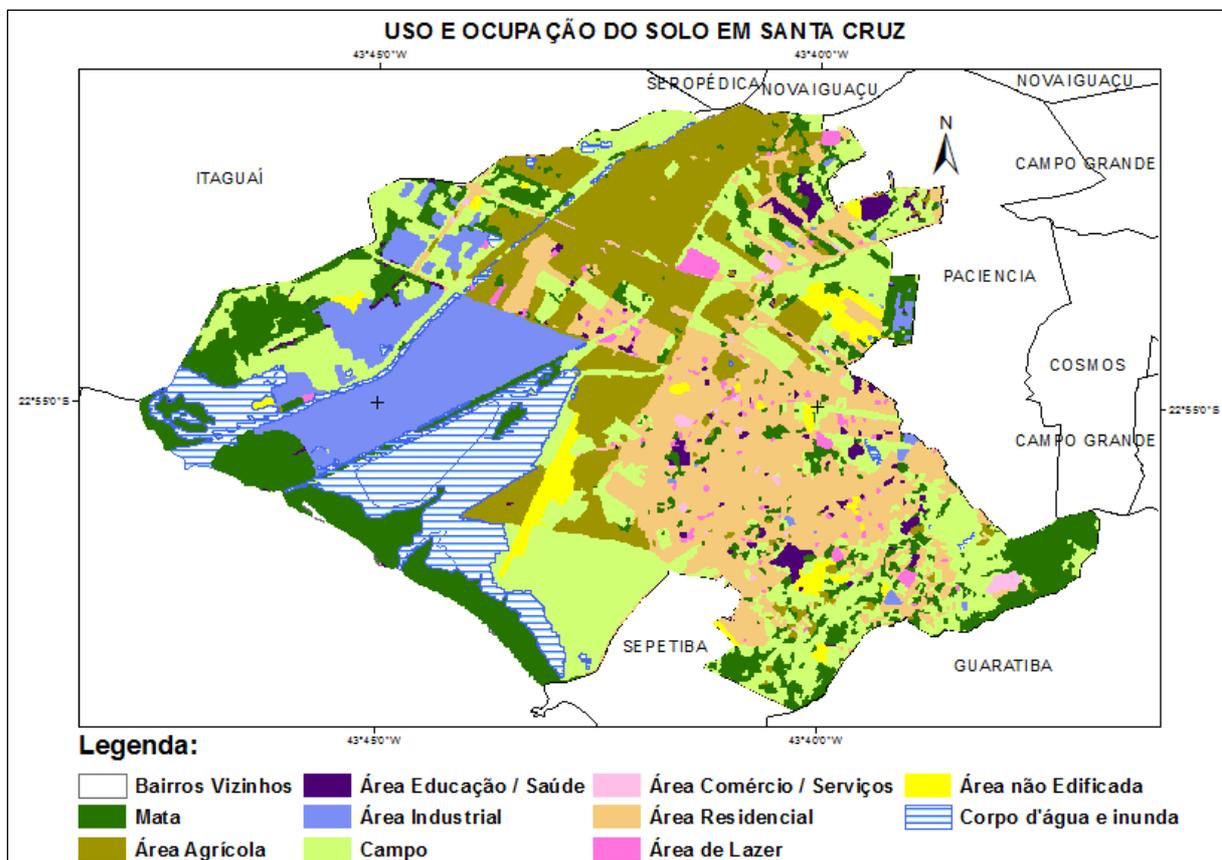
5) **Uso e Ocupação do solo:** O solo é a base de todas as atividades humanas. Os grupos humanos, durante a história, têm ocupado e utilizado o solo das mais diversas maneiras. Uma premissa básica do planejamento dos transportes é a de que usos diferentes do solo geram padrões de viagens diferentes. Se as viagens urbanas se fazem por meio do sistema viário urbano, então este também deve ser vinculado ao tipo de ocupação que ele serve. Esta visão, porém, não é considerada no planejamento das cidades brasileiras, que se baseia principalmente, na oferta de espaço não no gerenciamento da demanda, gerando custos sociais, econômicos e ambientais que hoje são inadmissíveis, como: grandes distâncias a serem vencidas pela infraestrutura básica viária e tempos de viagem elevados, sistemas de transporte restritos e aumento da poluição entre outros.

O mapa de Uso e ocupação do solo destaca-se como uma importante ferramenta na difícil tarefa de compreender o espaço urbano. Para este estudo será utilizado o mapa de uso e ocupação do solo (Figura 23), construído pelo IPP (Instituto Pereira Passos) no ano de 2010, por ele poderemos identificar as relações de transporte e uso do solo que por sua vez produzem impactos na qualidade de vida dos seus habitantes. Com o uso adequado dessa informação o planejador pode propor intervenções que visem diminuir o custo e o tempo dos deslocamentos e priorizar a utilização do transporte público e intensificar o processo de descentralização das atividades produtivas.

Ressalta-se que a localização das atividades urbanas relaciona-se diretamente com a eficiência do transporte, observamos que as áreas que oferecem melhor acessibilidade tendem a se desenvolverem e, portanto, intervenções para a melhoria nos transportes podem potencializá-las.

No espaço urbano cada vez mais fragmentado, menores distâncias e a maior proximidade das atividades do dia a dia tendem a ter maior peso na escolha pelo transporte não motorizado em detrimento do transporte motorizado, associado a esse fato, a maior acessibilidade ao serviço de transporte público pode implicar na melhor distribuição da demanda.

Figura 23: Mapa de Uso e Ocupação do Solo em Santa Cruz –RJ



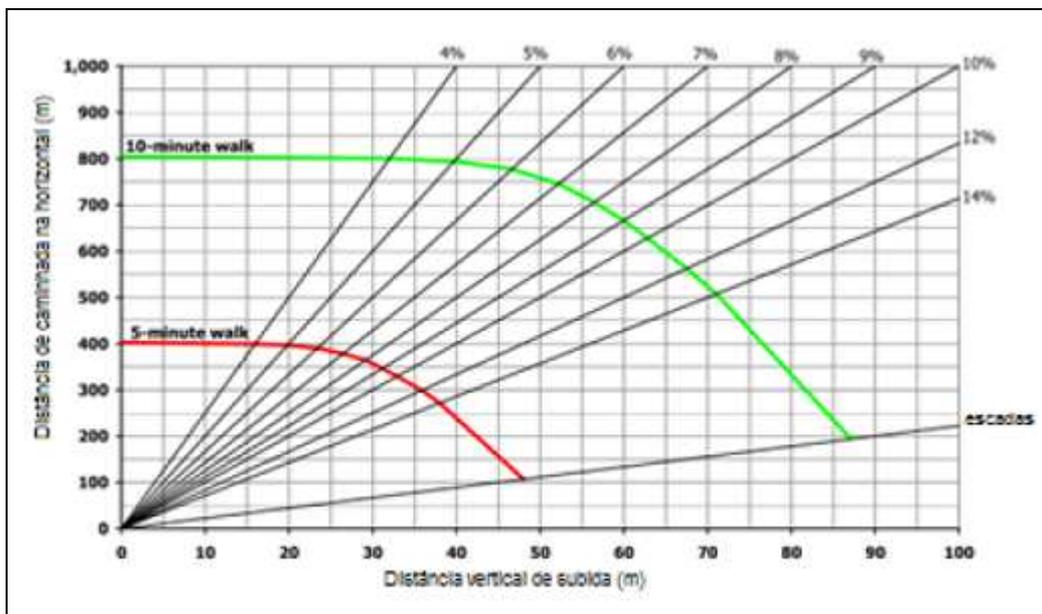
Fonte: Adaptado de IPP 2010.

5.3.3. Indicador Ambiental

1) **Declividade do terreno:** Vários fatores podem funcionar como condicionantes positivos que permitem encurtar a distância percorrida a pé até os pontos de ônibus e

estações, como por exemplo, calçadas livres de obstáculos, e presença de ciclovias, por outro lado, em áreas menos planas, as pessoas tendem a andar distâncias mais curtas devido ao esforço envolvido, diminuindo assim a mobilidade de boa parte da população. O gráfico 4, mostra um estudo realizado em Pittsburgh (TRB, 2003) e que relaciona a velocidade de caminhada com o declive topográfico, onde se pode ver que, declives de 5% ou menos têm muito pouco impacto na velocidade das pessoas, mas acima desse valor, a distância que se percorre durante 5 ou 10 minutos diminui.

Gráfico 4: Efeito do declive na distância de caminhada.

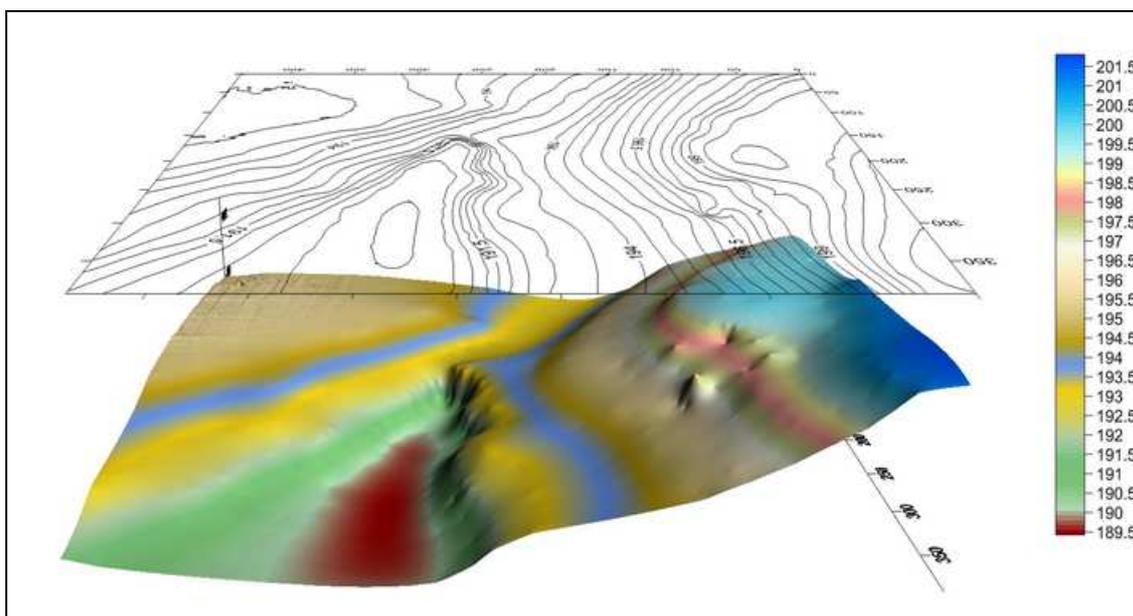


Fonte: TRB(2003)

Acredita-se que uma boa forma de identificar áreas mais planas e conseqüentemente mais favoráveis a mobilidade tanto de veículos quanto de pessoas é através do uso de Modelo Digital do Terreno (MDT). Os dados do modelo são representados pelas coordenadas xyz, onde z, o parâmetro a ser modelado, é função de xy, ou seja: $z=f(x,y)$. Estes modelos são construídos a partir da obtenção das curvas de nível e de pontos altimétricos destas áreas. Exemplo disso é a figura 24

Por esse indicador podemos identificar e aplicar os parâmetros de declividades máximas recomendadas pelo DNIT (antigo DNER) em seu Manual de Projeto Geométrico (IPR Publicações, Rio de Janeiro, 1999). Os valores indicados pelo órgão estão descritos na tabela 10.

Figura 24: Exemplo de MDT e malha de curvas de nível



Fonte: Miranda, 2005.

Tabela 10 – Parâmetros de declividade do DNIT

Classificação	Rampa máxima	Classificação conforme Uso do Solo
Via arterial principal	6 %	Via Expressa
Via arterial	8%	Via Expressa
Via coletora principal	10%	Via Principal
Via coletora secundária	12%	Via Principal
Via local	15%	Via local

Fonte: DNER, 1999.

Conhecer a topografia do terreno pode influenciar diretamente nos custos de implantação de novas vias de mobilidade e durante o planejamento a não consideração desse fator pode acarretar na inviabilização do projeto ou ainda levar a diminuição da velocidade de operação pela criação de rampas a serem vencidas e elevação da energia gasta para movimentar as composições e veículos.

5.4. Definição dos Pesos e grau de influência das diferentes Variáveis

“Os pesos são utilizados para desenvolver um conjunto de ponderações relativas para um grupo de fatores que vão servir como dados de entrada para a avaliação multicritério.” (FERREIRA; ROCHA; TENEDÓRIO; SOUSA, 2004).

Nota-se que tão importante quando a escolha das 10 variáveis a serem analisadas durante o estudo é a definição dos pesos que serão usados para quantificar a importância de cada variável. Para tornar essa quantificação mais isenta possível, foram escolhidas as médias dos valores atribuídos por 21 profissionais, entre pesquisadores, professores, planejadores urbanos, arquitetos, engenheiros, economistas e representantes do poder público.

Esses profissionais através de um simples questionário definiram o quanto cada variável representaria no cruzamento de informações que ocorrerá nas próximas fases. Para facilitar o processo e comparação das 10 variáveis com grandezas de medida tão diferentes, as variáveis foram agrupadas em 3 graus de importância:

- Grau A: Variável de importância crucial e determinante no processo de alocação, distribuição de demanda e qualidade do serviço de transporte público a ser prestado.
- Grau B: Variável que potencializa as variáveis de Grau A e contribuem no processo de identificar as pessoas ou grupo de usuários cuja mobilidade e acessibilidade possam ser melhor atendidas pelo sistema viário a ser instituído ou planejado
- Grau C: Variável de menor grau, porém importante para diferenciar grupos ou comportamentos a nível local dentro da área de estudo.

Para o preenchimento do questionário onde cada um dos 21 avaliadores apresentaram suas ponderações, foi necessário arbitrar uma quantidade máxima de variáveis por cada Grau de importância. Ficando definido o seguinte critério: Apenas 2 variáveis poderiam ser definidas como de grau A e sua influência na matemática final seria de 20% cada.

Outras 4 variáveis escolhidas receberiam Grau B com influência de 10 % cada e as outras 4 variáveis receberiam Grau C com influência de 5% cada, totalizando 100% de influência sobre o mapa resultante.

Já os pesos das classes dentro de cada mapa temático foram distribuídos numa escala de 1 a 9 levando em conta critérios como distanciamento, maior valor agregado, maior quantidade, por exemplo, quanto maior a renda menor o peso, isso significa que as pessoas com renda mais baixa devem ter prioridade em detrimento das bem remuneradas.

O resultado da ponderação dos questionários pode ser visto na tabela 11.

Tabela 11 – Grau de Influência de cada variável

Grau A	Influência
Média do Grau de Instrução;	20 %
Média da Renda Familiar;	20 %
Grau B	Influência
IDS;	10 %
Fator de Expansão de Viagens;	10 %
Acessibilidade às estações de trem, metrô e principais vias;	10 %
Densidade populacional;	10 %
Grau C	Influência
Tipo de Uso do solo;	5 %
Distância de Hospitais, Escolas e Delegacias;	5 %
Zoneamento do Plano Diretor;	5 %
Declividade do terreno.	5 %
TOTAL	100%

Fonte: Autor, 2013.

5.5. Normalização dos Dados

Em termos matemáticos, a normalização consiste em um processo pelo qual todos os valores em estudo são relacionados a um valor de referência estabelecido, e convertidos em novos números dentro de uma mesma escala. Os valores normalizados, resultantes desta transformação, não terão unidade. Isto elimina os problemas computacionais relativos à presença de diferentes unidades e, conseqüentemente, permite agrupamentos e comparações

Para a elaboração de cada mapa temático, a exemplo do cálculo do IDH e de muitos outros índices sintéticos, ocorrerá a normalização dos valores de cada um dos 12 indicadores. Todos serão compatibilizados e terão o mesmo intervalo de variação numa escala de 0 a 1 (0= menor valor; 1 = maior valor).

Para tanto, aplica-se a fórmula abaixo para cada um dos indicadores.

$VN_{ij} = 1 - (MV_i - V_{ij}) / (MV_i - mVi)$, onde:

VN_{ij} = valor normalizado na escala de 0 a 1 do indicador i no lugar j

MV_i = maior valor obtido pelo indicador i entre todos os recortes geográficos pesquisados;

mVi = menor valor obtido pelo indicador i entre todos os recortes geográficos pesquisados;

V_{ij} = valor obtido pelo indicador i no lugar j

Por exemplo, a renda média da população dentro do bairro de santa cruz no ano de 2010 é apresentada por áreas de ponderação, sendo que o menor valor encontrado foi de R\$ 410,00 e o maior valor R\$ 615,31. Para normalizar a APond 3304557005014 que possui renda média de R\$ 447,70 aplicando a fórmula de normalização linear apresentada chegaremos aos seguintes valores: valor máximo será 1, o valor mínimo será 0 e o valor normalizado para a APond 3304557005014 será de 0,18

Nota-se que o processo de normalização é responsável pela transformação de valores absolutos em valores relativos a uma referência. Embora traduzam um resultado exato e

fiel, a leitura de dados absolutos não tem a virtude de ressaltar de imediato as suas conclusões numéricas. Já a presença de dados relativos permitirá as comparações entre quantidades.

5.6. Combinação Linear Ponderada

Acredita-se que entre os métodos de análise multicritério a Média Ponderada é uma das técnicas mais utilizada em projetos que envolvam análise espacial. Neste método cada mapa de entrada será utilizado como uma evidência que receberá um peso diferente dependendo da importância para com a hipótese sobre consideração. Neste caso cada plano de informação receberá pesos diferentes, bem como as respectivas classes dos planos de informação. O resultado será um mapa com áreas que expressam um grau de importância relativa através dos valores numéricos de saída.

Neste estudo a agregação por critérios múltiplos realizou-se com recurso à Combinação Linear Ponderada (CLP), para tal foi necessário normalizar os fatores para que as entidades adquirissem um caráter contínuo e definir os pesos para cada fator.

No método de CLP são incluídos “(...) *fatores ponderados e constrangimentos, começando por multiplicar cada fator pelo seu peso e posteriormente aferindo a soma dos resultados obtidos; os constrangimentos são depois aplicados através de sucessivas multiplicações que visam a exclusão das áreas com valor zero (não susceptíveis de aplicação). Este procedimento é caracterizado pela intersecção total entre fatores e um risco médio. Os pesos dos fatores, não utilizados na intersecção booleana (nenhuma intersecção), são muito importantes neste caso, porque determinam como os fatores individuais se relacionam. Neste caso, quanto mais elevado o peso do fator, maior a influência deste no mapa final de aptidão.*” (FERREIRA; ROCHA; TENEDÓRIO; SOUSA, 2004).

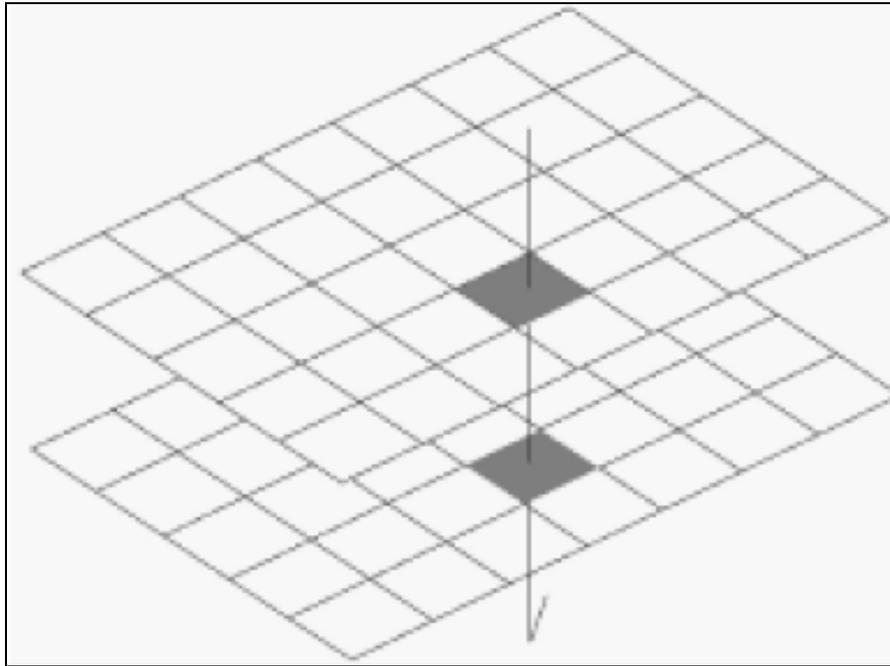
A combinação dos rasters ocorrerá dentro do ArcToolbox através da ferramenta “Weighted overlay”, onde cada variável receberá seus pesos e grau de influência de acordo com os valores predeterminados.

Essa etapa ocorrerá no ambiente de SIG, analisando localizações e proximidades, as quais informam diferentes desempenhos de cada lugar da cidade, em função de cada dado estudado. Sendo a maioria dos dados originalmente oferecidos em formato vetorial, aparecem dificuldades de comparação entre os mapas, pois esse formato não fornece diretamente relações de vizinhança entre os objetos. Para superar essa dificuldade, os mapas são convertidos para rasters, transcrevendo os dados para uma base espacial com células quadradas e limites coincidentes, o que permite compatibilizar os mapas temáticos e valorizar as relações contextuais e topológicas entre as funções urbanas e os indicadores de qualidade locacional.

Sabe-se que o raster é uma representação da superfície numa matriz ou malha de pontos espaçados regularmente, o que permite estimar o valor de cada célula através dos valores da vizinhança. Essa operação de conversão em raster, que integra a abordagem euclidiana, revela-se como recurso fundamental para atingir os resultados, pois permite trabalhar dados complexos de modo espacialmente homogêneo.

Ressalta-se a importância de definir a unidade territorial de integração das análises, o que significa a escolha da resolução dos planos de informação e, conseqüentemente, a resolução ou precisão espacial das análises geradas. Para ser possível o cruzamento dos dados os planos de informação deverão apresentar todos a mesma resolução de armazenamento, ainda que suas elaborações tenham sido realizadas em outras resoluções. Resumindo, a escolha da resolução é definida pela escolha do tamanho do Pixel na composição dos mapas em formato raster, conforme representado na Figura 25.

Figura 25 – Coincidência espacial - estudo e sobreposição de planos de informação.



Fonte: Moura, 2003.

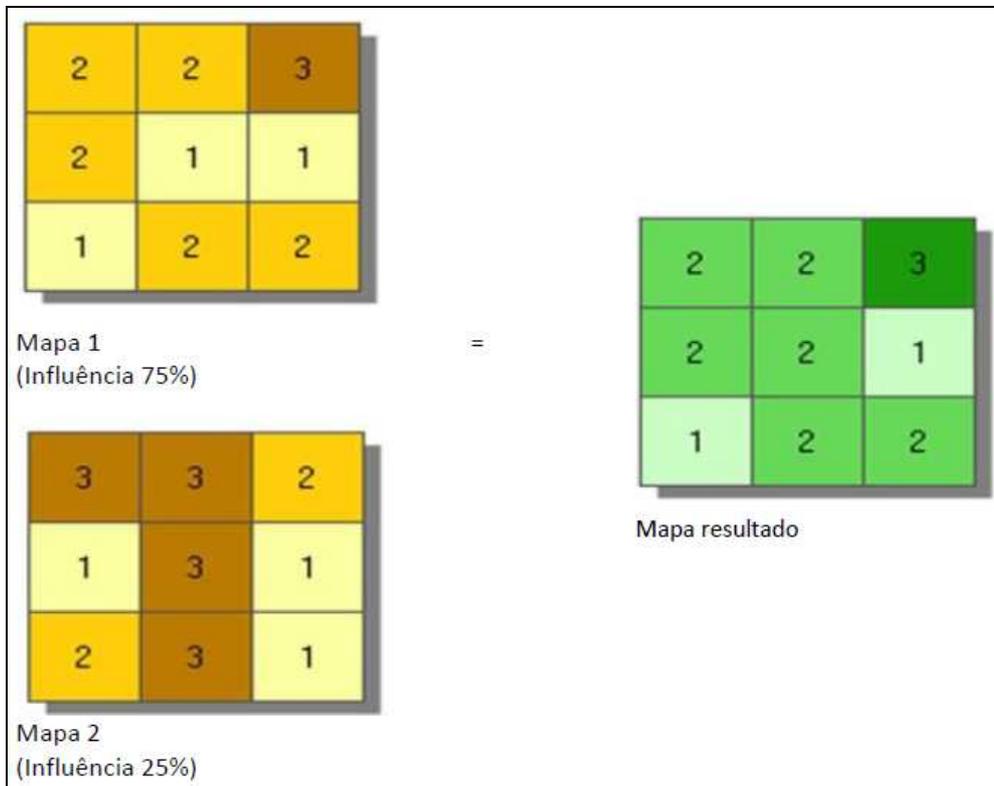
Dentro do ambiente de SIG, esses pesos finais são multiplicados pelos valores dos *grids* do mapa do respectivo indicador proposto, sendo somados os resultados das multiplicações. Em resumo, a sintaxe de cálculo é a soma das multiplicações dos pesos pelos *grids* de seus respectivos indicadores, integrando os dados e resultando no mapa final de resultados, que é um modelo digital celular que diferencia o espaço e informa sobre a qualidade locacional.

Nota-se que os pesos traduzem numericamente a importância relativa de cada critério. A ponderação de critérios pode ser realizada através de várias técnicas como: hierarquização de critérios, notação, distribuição de pesos, taxa de substituição, regressão múltipla, jogos de cartas, etc.

A análise dos problemas geográficos exige muitas vezes a ponderação de muitos fatores diversificados e o modelo proposto vai facilitar a sua apreciação e ponderação integrada, por sobreposição de mapas em formato raster reclassificados, que geram um produto final, que no caso presente será um mapa indicando a área a ser atendida com projetos de infraestrutura viária ou de modelos visando um melhor atendimento da demanda.

Para explicarmos apresentaremos o exemplo que nos é dado pelo ArcGis(Figura 26).

Figura 26 – Resumo do funcionamento da Análise Multicriterial do ArcGis.



Fonte: Adaptado de ESRI, 2005

Os dois raster de entrada foram reclassificados para uma escala de avaliação de 1 a 3. Cada quadrícula é atribuída uma influência percentual. A influência da primeira quadrícula é de 75% enquanto que a segunda é de 25 %. Os valores das células são multiplicadas pelas suas percentagens de influência, depois somados de forma a criar a varredura de saída. Podemos tomar como exemplo a célula superior esquerda de forma a percebermos melhor a operação que o modelo realiza: Assim $(2 * .75) = 1,5$ e $(3 * .25) = .75$. A soma de 1,5 e 0,75 é 2,25. Como em termos de resultado final o raster só aceita valores inteiros então se arredonda o resultado final para 2.

Acredita-se que esse modelo visa definir uma relação entre os níveis de atratividade e os fatores locais, tanto da forma quantitativa, quanto da forma qualitativa resultante do cruzamento de todos os critérios que serão abordados no estudo. Todo o processo é pautado na inclusão social e desenvolvimento humano, sendo os critérios econômicos,

ambientais e sociais analisados com o objetivo fim de alcançar a mobilidade não de carros, mais sim das pessoas e da forma mais responsável possível.

Escolhido os critérios, partiu-se para a definição das variáveis a serem estudadas no processo, onde cada variável irá gerar uma matriz em forma de *raster*, que por definição é um arranjo matricial bidimensional, onde cada célula corresponde a uma unidade elementar do espaço geográfico, recebendo um rótulo ou valor. Todos os *Rasters* serão gerados utilizando o software ArcGis 10.1 juntamente com o Traçado Origem/ destino das novas rotas propostas.

Pretende-se que esse modelo possa ser aplicado tanto em áreas já densamente ocupadas, onde as várias fragmentações do tecido urbano já reproduzam suas externalidades sobre as vias de transporte já existentes, como também possam ser aplicadas em regiões cuja ocupação do solo ainda não apresente uma vocação ou ordenação já definida, podendo a locação de uma nova via potencializar a geração de desenvolvimento local e de mobilidade urbana, graças a visibilidade e racionalidade a serem geradas pela melhor adequação da oferta a demanda por transporte público.

Como exemplo para a aplicação do método, foi escolhido o bairro de Santa Cruz, localizado na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, bairro marcado pelas Viagens pendulares em direção ao centro da Cidade e a Barra da Tijuca, ligando as residências aos postos de trabalho. A população basicamente é de baixa renda e distribuída em condomínios residenciais afastadas da maioria dos serviços públicos essenciais. Vale ainda ressaltar o baixo valor monetário do solo, sendo ainda local de várias indústrias com grande potencial poluente.

5.7. Conclusões Preliminares

O planejamento dos transportes destaca-se como um processo contínuo e, portanto, não pode se encerrar na formulação de um plano. A demanda por transportes deriva de um conjunto complexo de fatores, desde os locais até os econômicos. Logo uma sistematização apropriada para o estudo e o gerenciamento da demanda compreende mais de uma área do conhecimento, envolve mais de uma esfera do poder, e transcende

a realização de um mandato governamental. É preciso planejar a mobilidade urbana dentro de um contexto multidisciplinar.

Acredita-se que o emprego do SIG vai ajudar no trabalho de campo proporcionando redução de tempo e a facilidade na obtenção dos resultados finais. O cruzamento de informações georreferenciadas, geradas pelo SIG, acelera a identificação de áreas susceptíveis à expansão urbana. No entanto, o resultado final é uma simples aproximação ao problema, muito expedita, para se ter rapidamente a ideia do fenômeno.

Neste estudo, apenas foi possível levar em consideração alguns temas, no entanto era de alguma importância ter tido em consideração outros, como o preço do m² do solo ou IDH que são dados para uma análise mais macro do tecido urbano. Infelizmente muitas informações do Censo 2010 não atendem a escala que permita um estudo a nível de bairros ou distritos. Para esse fim devemos utilizar essa metodologia em projetos a nível municipal, estadual ou em estudos de eixos de desenvolvimento regional.

Percebe-se que a disponibilidade de um sistema amplo de indicadores sociais relevantes, válidos e confiáveis certamente potencializa as chances de sucesso do processo de formulação e implementação de políticas públicas, na medida em que permite, em tese, diagnósticos sociais, monitoramento de ações e avaliações de resultados mais abrangentes e tecnicamente mais bem respaldados.

Garantindo assim que os principais equipamentos e polos geradores se localizam em zonas servidas pelos transportes coletivos, ou nos casos em que tal não for possível, melhorar o serviço de transporte coletivo.

6. APLICAÇÃO PRÁTICA DO ESTUDO

Para exemplificar todos os questionamentos e interações estatísticas propostas nas fases anteriores, acredita-se que nada pode ser melhor que espacializar esse conhecimento em um exemplo prático e didático. Com essa medida poderemos ver se os cálculos matemáticos e a análise multicritério realmente podem indicar ao planejador do transporte um caminho a seguir.

6.1. Área de Estudo

A Área escolhida para demonstração do método foi o bairro de Santa Cruz no Rio de Janeiro, pelo fato de estar inserido na região que mais cresce demograficamente segundo os dados divulgados pelo IBGE a partir do Censo realizado em 2010. Na última década, os bairros da zona oeste cresceram 150%. Assim, dos dez bairros cariocas mais populosos em 2010, sete ficam na zona oeste: Campo Grande (328,3 mil), Bangu (243,1 mil), Santa Cruz (217,3 mil), Realengo (180,1 mil), Jacarepaguá (157,3 mil), Barra da Tijuca (135,9 mil) e Guaratuba (110 mil).

Além de ser uma região com ocupação menor que as demais, outro motivo para o crescimento da Zona Oeste é a realização das Olimpíadas de 2016 na capital carioca, fazendo com que a região seja um dos principais focos de desenvolvimento de obras de infraestrutura de transportes e de instalações esportivas para os jogos olímpicos.

Ressalta-se que a Região Administrativa de Santa Cruz (XIX RA), está localizada no extremo oeste do Município do Rio de Janeiro e é composta pelos bairros de Paciência, Santa Cruz e Sepetiba. A RA ocupa uma área total de 165,53 Km² assim distribuída: Paciência, 27,41 km²; Santa Cruz, 122,53 km² e Sepetiba, 11,62 km². Segundo o IBGE a população total da RA era, em 2010, de 368.535 habitantes, distribuída da seguinte forma: Paciência, 94.627 habitantes; Santa Cruz, 217.333 habitantes; e Sepetiba 56.575 habitantes.

A zona industrial de Santa Cruz faz divisa com o município de Itaguaí e nela estão instalados, dentre outros estabelecimentos, a Casa da Moeda do Brasil, a Gerdau/

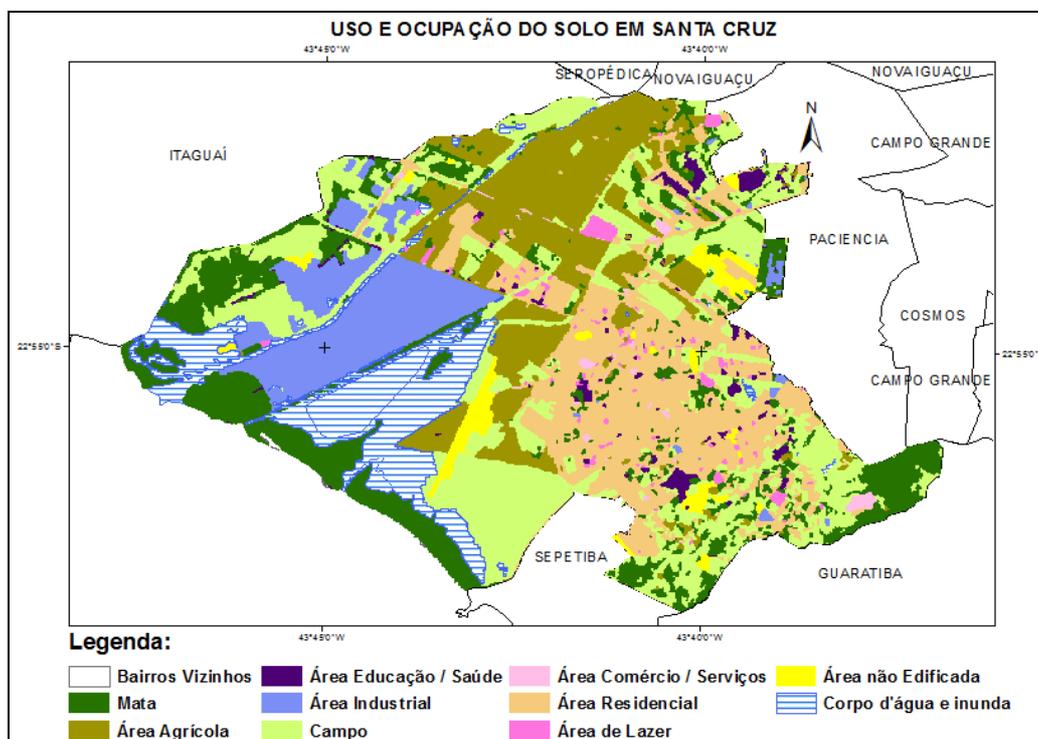
Cosigua, a Valesul, White Martins, a Fábrica Carioca de Catalisadores, a Usina de Santa Cruz e a CSA. Por todos esses condicionantes econômicos e demográficos, fica clara a necessidade de investimentos em transporte público para que a demanda gerada seja atendida da melhor forma possível e para que o desenvolvimento econômico não vire vetor de falta de mobilidade ou de desordem no processo de uso e ocupação do solo.

6.2. Uso e Ocupação do Solo na Área de Estudo

O estudo de uso e ocupação do solo no bairro de Santa Cruz partiu da vetorização das classificações de uso e cobertura do solo da Cidade do Rio de Janeiro, realizadas a partir da interpretação das ortofotos 1:10.000 do ano de 2010, em conjunto com experiências acumuladas em trabalhos de campo e vistorias realizadas pelo IPP.

O mapa original apresentava 16 classes de uso, porém para facilitar o entendimento e o objetivo central, algumas classes foram agrupadas chegando ao número final de 10 classes a serem consideradas, como pode ser visto na figura 27. No processo de interpretação foi considerado o uso ou a cobertura predominante. Utilizou-se, ainda, o referencial de 1 hectare (10.000 m²) como área mínima a ser representada, embora eventualmente algumas áreas inferiores tenham sido vetorizadas.

Figura 27 – Mapa de Uso e Ocupação do Bairro de Santa Cruz-RJ



Fonte: Autor, 2013.

A ocupação predominante ficou distribuída conforme a tabela 12:

Tabela 12 – Distribuição do Uso e Ocupação do Solo

Classe	Área em m ²	%
Mata	19.598.077	16
Área agrícola	19.050.374	15,6
Área educação / Saúde	2.015.264	1,7
Área industrial	11.526.220	9,4
Campo	29.420.308	24
Área comércio / Serviços	762.673	0,4
Área residencial	23.020.107	18,8
Área de lazer	1.446.442	1,2
Área não edificada	3.009.920	2,5
Corpo d'água e área úmida	12.683.166	10,4
Total	122.532.556	100

Fonte: Autor, 2013.

Através dos valores encontrados podemos fazer algumas interações sobre cada uma das classes observadas na área de estudo.

Constatou-se que em torno de 16% da área do bairro é coberta por mata, essa vegetação que ainda resiste ao crescimento urbano está quase em sua totalidade dentro da APA da Orla da Baía de Sepetiba e na Serra do Cantagalo, fora essas áreas apenas alguns resíduos da mata atlântica ainda resistem.

A área agrícola cobre 15,6 % do bairro e sua existência foi amplamente incentivada em 1930, quando o então Presidente Getúlio Vargas criou Colônias Agrícolas, entre elas a colônia japonesa. Essa região passa por constantes mudanças fruto da especulação imobiliária e da desvalorização da atividade agrícola. Ainda assim Santa Cruz é um dos maiores produtores de hortaliças do município.

Em relação à educação e saúde, no ano de 2010, destaca-se que o bairro de Santa Cruz possui um sistema educacional público formado por 70 unidades escolares municipais, sendo 45 escolas, 18 Creches, 6 Cieps e 1 escola especial que atendem cerca 41.104

alunos durante o ensino fundamental e médio, fora outras instituições privadas como Colégio Apolo XII, Colégio Dom Óton Mota, Santa Mônica Centro Educacional e outros.

Percebe-se porém, uma grande carência no ensino médio, que é suprido por escolas da rede pública estadual e as instituições particulares. As escolas da rede estadual são em número insuficiente para atender a demanda, especialmente de ensino técnico e profissionalizante. Apesar disso, está localizado no largo do Bodegão um CETEP que oferece inúmeros cursos profissionalizantes e cursos técnicos de boa qualidade através da ETE Santa Cruz. A transferência para Santa Cruz da instituição SESI/SENAI de ensino profissionalizante também está sendo fundamental para atender a demanda por mão de obra qualificada, dos novos empreendimentos industriais que aportam na região.

Santa Cruz conta com diversos hospitais e postos de saúde, com destaque ao Hospital Dom Pedro II e a Policlínica Lincoln de Freitas, além de vários hospitais privados, o os hospitais da rede Cemeru e Memorial. Porém, a maior parte dos moradores dependem do sistema público de saúde e sofrem com a falta de médicos e leitos da rede de hospitais.

Destaca-se que o problema é maior quando há casos de epidemia de dengue. A falta de informação e a negligência de moradores fazem com que o bairro tenha um dos mais altos índices de proliferação do mosquito na cidade. Os postos de saúde e hospitais têm sido insuficientes para a demanda. Contudo, a implantação recente das Unidades de Pronto Atendimento - UPA's, e Clínicas da Família nas adjacências do bairro, com destaque para a UPA 24 horas na Avenida Cesário de Melo, junto ao Conjunto habitacional, Cesarão e a Clínica da Família Lenice Rocha, situada no Conjunto habitacional Saquassu, espera-se amenizar a carência pelo atendimento médico às famílias de baixa renda de Santa Cruz.

Constatou-se que Santa Cruz possui 9,4 % de sua área ocupada por grandes equipamentos e distritos industriais, entre eles a Companhia Siderúrgica do Atlântico (TKCSA). Esses empreendimentos (figura 28) foram instalados, especialmente nas proximidades da Avenida João XXIII e geram grande progresso econômico na região de Santa Cruz e Itaguaí, porém, o passivo ambiental que essas atividades podem gerar é

uma grande preocupação dos moradores vizinhos que temem pela deterioração da qualidade de vida.

Figura 28 – Empreendimentos Industriais de Santa Cruz-RJ



Fonte: PACS, 2009.

As áreas com vegetação rasteira, graminóides, situadas em planícies ou encostas, utilizadas ou não para atividades pastoris são enquadradas como campo e equivalem a 24% do total.

Sabe-se que o crescimento da população na cidade do Rio de Janeiro foi empurrando os mais pobres para locais distantes do centro, próximo às ferrovias. O adensamento destas áreas longínquas permitiu o surgimento espontâneo de rede de serviços em vários pontos, formando os subcentros. Um desses subcentros é Santa Cruz que possui uma área menor que 0,5% usada pelo setor de comércio e serviços. Nos últimos anos o setor tem apresentado grande crescimento visando o mercado local, devido ao crescimento e aumento de renda da população. Seu maior polo atrativo é o Santa Cruz Shopping que ocupa uma área de 4.911 m² com 133 lojas.

A área Residencial já atinge 18,8 % do total do bairro e a tendência é de crescimento ainda maior, motivado pelos grandes projetos de infraestrutura, por ser a região com o maior vazio em termos de espaço para construção civil e pelo incentivo federal através do programa “minha casa minha vida” de financiamento imobiliário para a população de baixa renda. Com o aumento populacional da zona oeste, no entanto, não significa que a região está se desenvolvendo em ritmo semelhante, o crescimento desordenado faz surgir aglomerados populacionais em áreas carentes em Santa Cruz, onde os investimentos em saneamento e transportes não traduzem para o social o desenvolvimento econômico do bairro.

Por ser um dos bairros com poucas opções de lazer da zona oeste, os moradores de Santa Cruz são obrigados a procurar outros bairros para realizar suas atividades recreativas de cultura e lazer. Os maiores destinos para esse fim são os bairros de Campo Grande, Recreio dos Bandeirantes e a Barra da Tijuca, principalmente para os shoppings centers e as praias.

Destaca-se que uma das poucas e boas opções de lazer em Santa Cruz é o parque temático Cidade das Crianças, que oferece aos visitantes quadras esportivas, parque aquático, biblioteca, planetário digital, além de atividades ao ar livre.

A classe de Áreas não Edificadas registrou 2,5% de ocupação e esta enquadrada no grupo de Áreas urbanas, representa supostamente um período de transição para áreas efetivamente ocupadas, em função da preparação de terrenos para implantação de canteiros de obras. Pode ser perfeitamente entendido como indicativo do forte crescimento do bairro ao longo dos últimos anos. Tal hipótese, no entanto, só poderá ser confirmada após a comparação com novos mapas de uso do solo ao longo do tempo.

Sobre os 10,4 % de área ocupada pelo Corpo d'água e área úmida podemos dizer que também passa por grande ameaça, por exemplo, próximo a Itaguaí, observa-se uma redução significativa nas áreas sujeitas a inundação. Parte desse território migrou para a classe corpo d'água, tornando permanente a inundação, enquanto outras áreas se transformaram em industriais, o que certamente exigiu um importante trabalho de drenagem e movimento de terra. O grande alívio para essas áreas é o fato de sua grande maioria estar dentro de áreas protegidas, como a APA da Orla da Baía de Sepetiba ou

sob a tutela da Aeronáutica dentro da área da Base Aérea de Santa Cruz.

Feita essa análise mais detalhada do Uso do solo no bairro de Santa Cruz estamos prontos para entender a dinâmica dos diversos fatores econômicos, sociais e ambientais que agem sobre esse querido bairro carioca.

6.3. Construção dos mapas temáticos por variáveis.

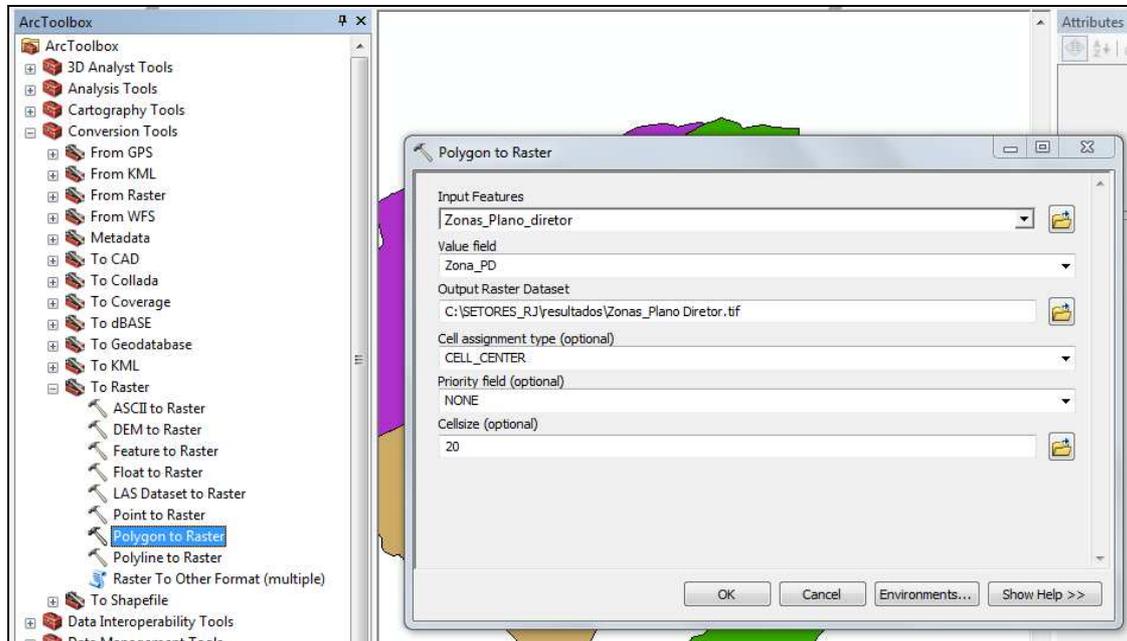
Agora, pretende-se colocar em prática as etapas do método desenvolvido: a 1ª etapa foi a escolha do ArcGis 10.1 como software de processamento e análise; a 2ª etapa foi a coleta de todos os dados, insumos e fontes de informações que fossem úteis para mensurar e espacializar as variáveis consideradas importantes para traçar o perfil e área de abrangência dos usuários a serem atendidos pelo processo; 3ª etapa foi a aplicação dos valores de pesos e grau de influência que cada variável recebeu dos 21 profissionais escolhidos para atribuir certo grau de importância àquelas variáveis que possuem maior ou menor influência no conjunto da análise; na 4ª etapa foi necessário normalizar os dados para um mesmo patamar de comparação, onde o valor máximo passou a ser 1 (um) e o valor mínimo 0 (zero); na etapa 5 com os dados já tratados, partiu-se para a matemática de dados (combinação) que nada mais é que a ferramenta computacional aplicando as considerações e projeções escolhidas, que como produto chega a etapa 6, o raster final do trabalho, que materializa o resultado de todo o processo científico do estudo.

Resumindo, através de técnicas de geoprocessamento, que consistiu basicamente nas etapas de interpolação de dados georreferenciados, reclassificação e sobreposição de layers, o planejador público terá em mão uma poderosa ferramenta de análise para decidir onde e como poderá interferir no espaço urbano para otimizar e valorar o sistema de transportes local.

Para o cruzamento usaremos as 10 variáveis já escolhidas com os valores correspondentes aferidos no bairro de Santa Cruz. Para a realização desta etapa foi utilizada a ferramenta “Weighted Overlay” do ArcGis 10.1. Para tanto, foi necessário, primeiramente, transformar os Mapas em formato shapes de cada variável para o

formato Raster. Para esta atividade foi utilizada a ferramenta “Polygon to Raster” conforme a figura 29.

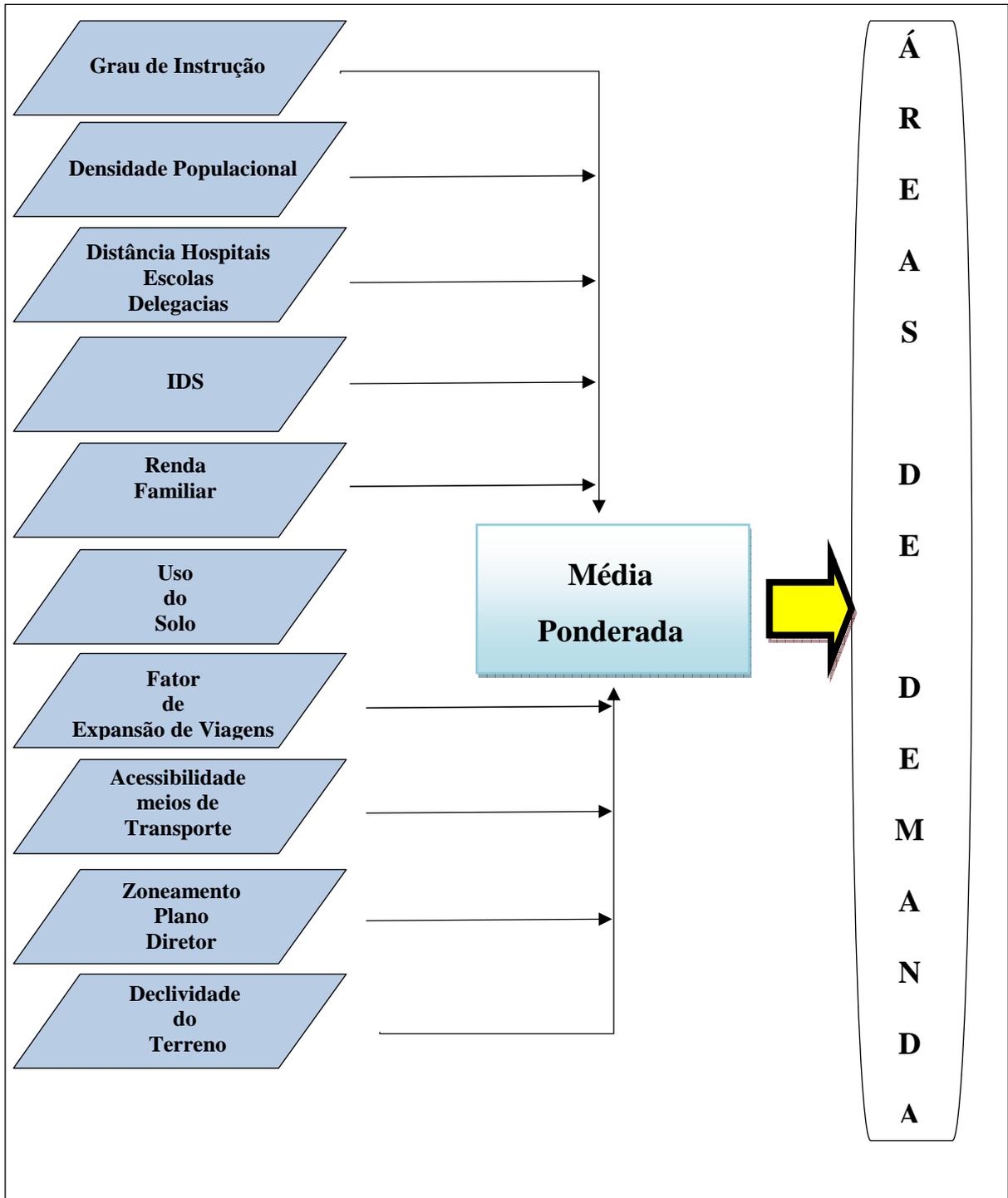
Figura 29 – Ferramenta Polygon to Raster



Fonte: Layout ArcGis.

Como todo o método já foi apresentado e as variáveis estão prontas para o processamento, iremos agora tratar separadamente cada um das 10 variáveis, abordando desde sua aquisição até o passo de conversão em raster conforme o Fluxograma da figura 30.

Figura 30 – Fluxograma da combinação de rasters



Fonte: Autor, 2013.

6.3.1. Mapa da Média do Grau de Instrução

Como se ressaltou no capítulo 5.2, que fala sobre a coleta de dados, foi necessário realizar a decodificação dos dados do Censo 2010 do formato SPSS para o formato Excel para tornar mais fácil a identificação e manipulação das informações. De acordo o manual que descreve as variáveis da amostra, foi usada a variável V0633, que identificou os entrevistados pelo Grau de Instrução da seguinte maneira:

01 – Creche, Pré-escolar (Maternal e Jardim de Infância), Classe de alfabetização;

02 - Alfabetização de Jovens e Adultos;

03 – Antigo Primário (Elementar);

04 – Antigo Ginásio (Médio 1º Ciclo);

05 – Regular do Ensino Fundamental ou 1º Grau (da 1ª a 3ª série/ do 1º ao 4º ano);

06 – Regular do Ensino Fundamental ou 1º Grau (da 4ª série/5º ano);

07 - Regular do Ensino Fundamental ou 1º Grau (da 5ª a 8ª série/ do 6º ao 9º ano);

08 - Supletivo do Ensino Fundamental ou do 1º Grau;

09 - Antigo Científico, Clássico, etc. (Médio 2º ciclo);

10 - Regular ou Supletivo do Ensino Médio ou do 2º Grau;

11 - Superior de Graduação;

12 - Especialização de Nível Superior (mínimo de 360 horas);

13 – Mestrado ;

14 – Doutorado;

Branco: para os que frequentavam escola ou creche ou aqueles que nunca frequentaram.

O passo seguinte foi calcular a média do total dos valores encontrados pelo número de entrevistados dentro de cada Apond (Área de Ponderação), que como já foi dito anteriormente, é a menor unidade mensurável do Censo 2010.

Após a decodificação, divisão por Apond, cálculo da média e normalização dos valores encontrados, chegou-se aos seguintes números demonstrados na tabela 13.

Tabela 13 – Média do Grau de Instrução por Apond

Apond	Nº de Entrevistados pelo Censo 2010	Média	Valores Normalizados	Equivalência (Aproximada)
3304557005012	1461	7,55	0,19	6º ao 9º anos
3304557005013	1498	8,03	0,69	Fundamental Completo
3304557005014	1696	7,37	0	6º ao 9º anos
3304557005015	1552	7,51	0,15	6º ao 9º anos
3304557005016	1759	8,13	0,8	Fundamental Completo
3304557005017	1445	8,05	0,71	Fundamental Completo
3304557005018	1292	8,32	1	Fundamental Completo

Fonte: Dados do Censo 2010.

De acordo com a tabela 13, a Apond 3304557005014 foi a área que apresentou o menor nível de escolaridade, ela é formada pelas comunidades do Rola, Antares e jardim das pedrinhas (figura 31), todas dominadas pelo tráfico de drogas e com elevado índice de criminalidade. Essa região sofre ainda com a falta de saneamento básico e infraestrutura básica. Já a Apond 3304557005018 fica na região central de Santa Cruz, compreende todo o centro comercial do bairro e possui as melhores escolas na região, como por exemplo o Centro educacional Santa Mônica, colégio Apolo XII e a Faculdade Machado de Assis.

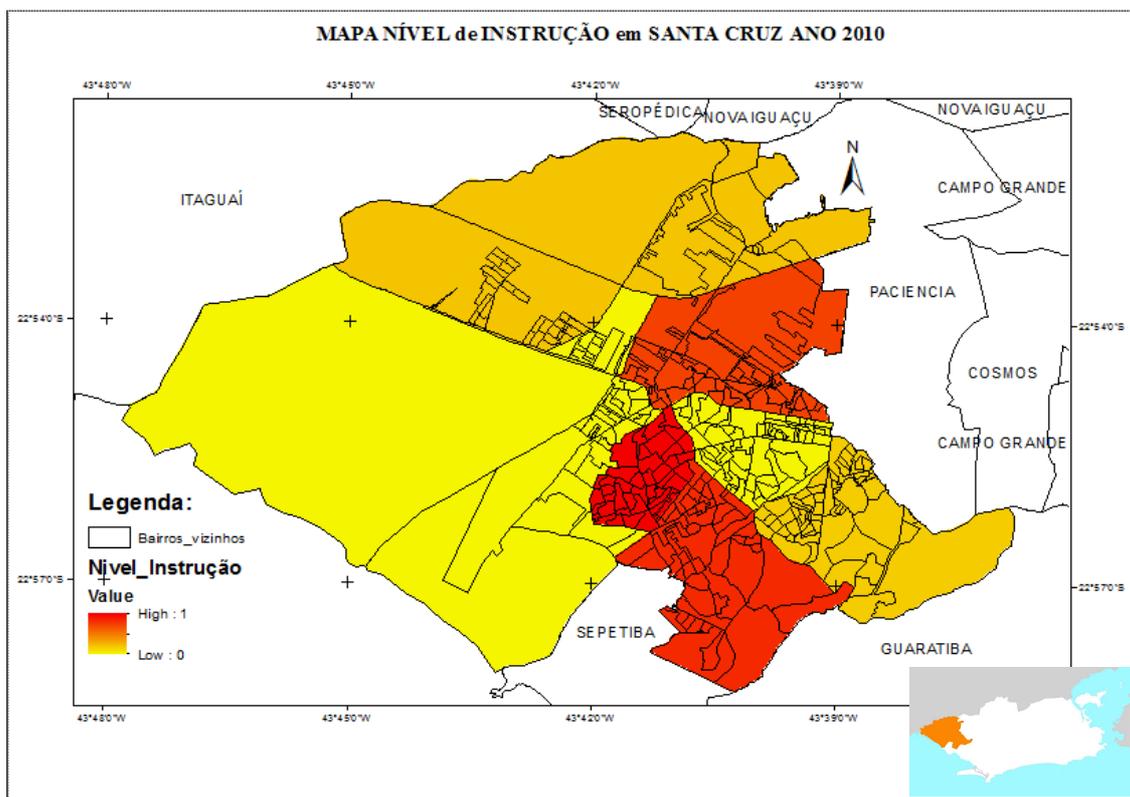
Figura 31 – Apond 3304557005014



Fonte: Autor, 2013.

O mapa resultante do nível de instrução já em formato raster (figura 32), está pronto para ser ponderado com os demais indicadores e de acordo com a tabela 10 da página 86, esse mapa terá 15% de influência na matemática do mapa final.

Figura 32 – Nível de Instrução em Santa Cruz



Fonte: Autor, 2013.

6.3.2. Mapa da Média do Nível de Renda

Ressalta-se que de acordo com manual que descreve as variáveis da amostra, a variável V6531 representa o rendimento domiciliar per capita, em julho de 2010 (em reais). Considerou-se como rendimento nominal mensal domiciliar per capita a divisão do rendimento mensal domiciliar pelo número de moradores do domicílio particular, exclusive aqueles cuja condição no domicílio fosse pensionista, empregado doméstico ou parente do empregado doméstico expresso em reais.

O valor do salário-mínimo na data de referência do Censo era de R\$510,00 (quinhentos e dez reais) e a distribuição da média da renda per capita por Apond segue conforme a tabela 14.

Tabela 14 – Média Nível de Renda per capita por Apond

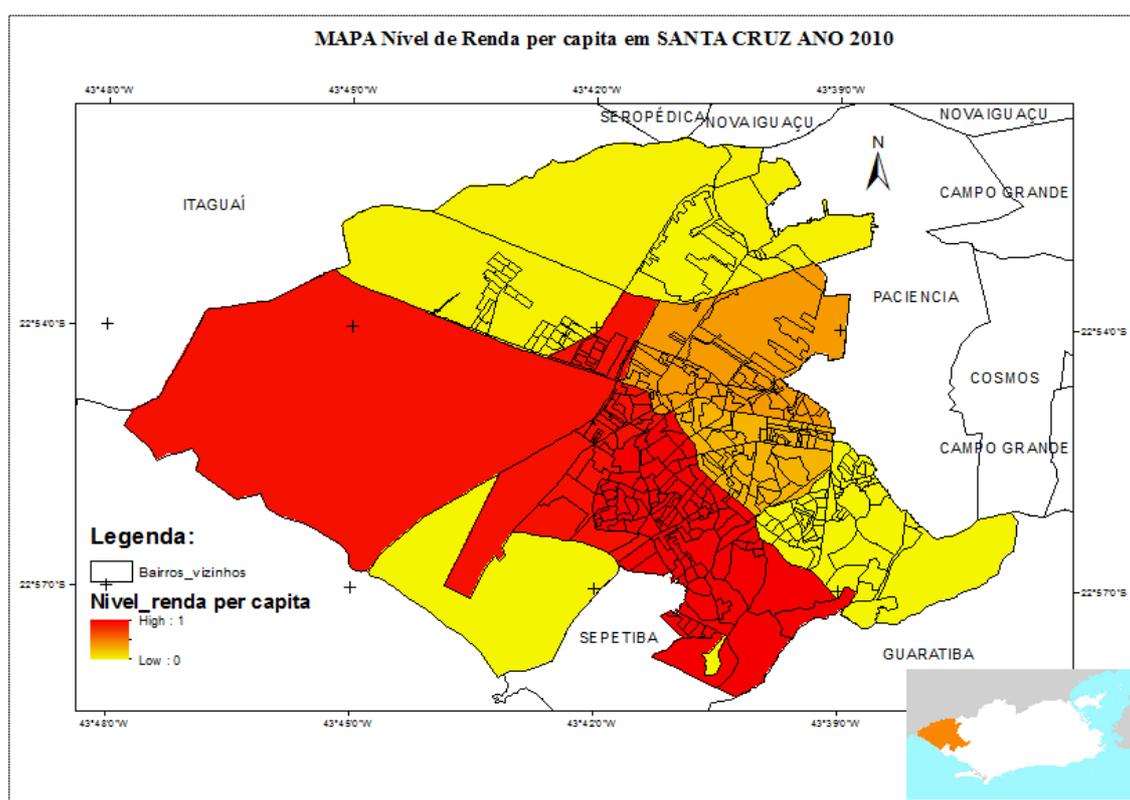
Apond	Nº de Entrevistados pelo Censo 2010	Média Per capita	Valores Normalizados
3304557005012	1461	R\$ 415	0,02
3304557005013	1498	R\$ 565	0,24
3304557005014	1696	R\$ 447	0,18
3304557005015	1552	R\$ 410	0,15
3304557005016	1759	R\$ 540	0,63
3304557005017	1445	R\$ 528	0,58
3304557005018	1292	R\$ 615	1

Fonte: Adaptado do Censo IBGE 2010.

Constatou-se que a área de ponderação que apresentou a menor renda foi a 3304557005015, que já em relação ao nível de instrução foi a segunda pior analisada. Essa região possui uma das maiores reservas de espaço não edificado e sua ocupação é basicamente de famílias removidas de outras áreas da cidade ou ocupações irregulares no modo de autoconstrução.

O mapa do nível de renda já em formato raster (figura 33), recebeu de acordo com a tabela 11 da página 86, o valor de 20% de influência na matemática do mapa final.

Figura 33 – Nível de Renda em Santa Cruz



Fonte: Autor, 2013.

6.3.3. Mapa do Índice de desenvolvimento Social (IDS)

Sabe-se que o IDS foi inspirado no conhecido Índice de Desenvolvimento Humano – IDH, calculado pela ONU (PNUD), sua base de cálculo é realizada sobre 10 indicadores do Censo do IBGE e sua menor unidade de coleta e controle cadastral é o setor censitário que possui uma média de 250 domicílios. Seus valores são mensurados na escala de 0 até 1, sendo 0(zero) o menor valor e 1(um) para o maior IDS possível. A Tabela 15 corresponde às faixas de IDS encontradas no bairro.

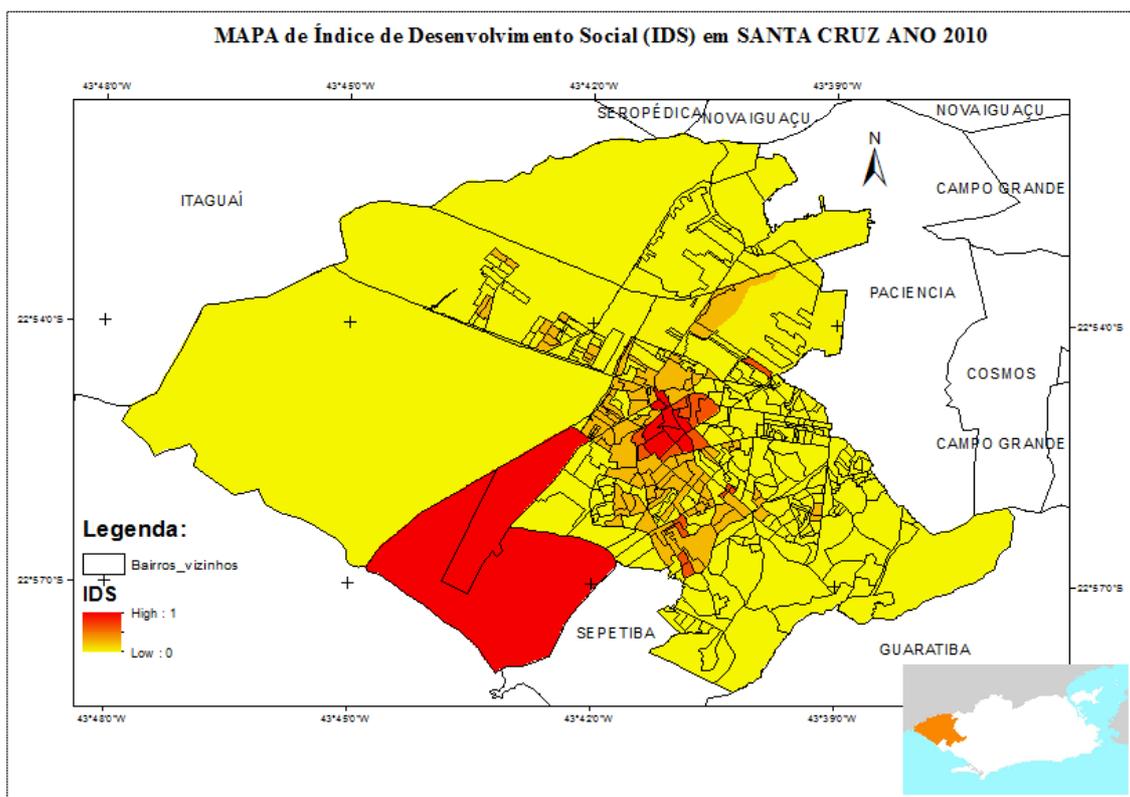
Tabela 15 – Faixas de IDS

Faixas de IDS	Valores Normalizados
0,118 – 0,455	0
0,456 – 0,496	0,51
0,497 – 0,528	0,57
0,529 – 0,561	0,61
0,562 – 0,593	0,67
0,626 – 0,669	0,76
0,670 – 0,731	0,84
0,786 – 0,919	1

Fonte: IPP 2010.

Segundo CAVALLIERI (2008) a região administrativa de Santa Cruz (XIX RA) tem um dos piores IDS do Rio de Janeiro, chegando ao valor de 0,478, ficando a frente apenas do Complexo do alemão (0,474), da Rocinha (0,458) e de Guaratiba. Já analisando o desempenho por bairros, a situação não muda muito, Santa Cruz com o valor de 0,476 ocupa a posição de 147 de 158 possíveis. Na figura 34 estão representados os valores do bairro já normalizados.

Figura 34 – Mapa do IDS em Santa Cruz



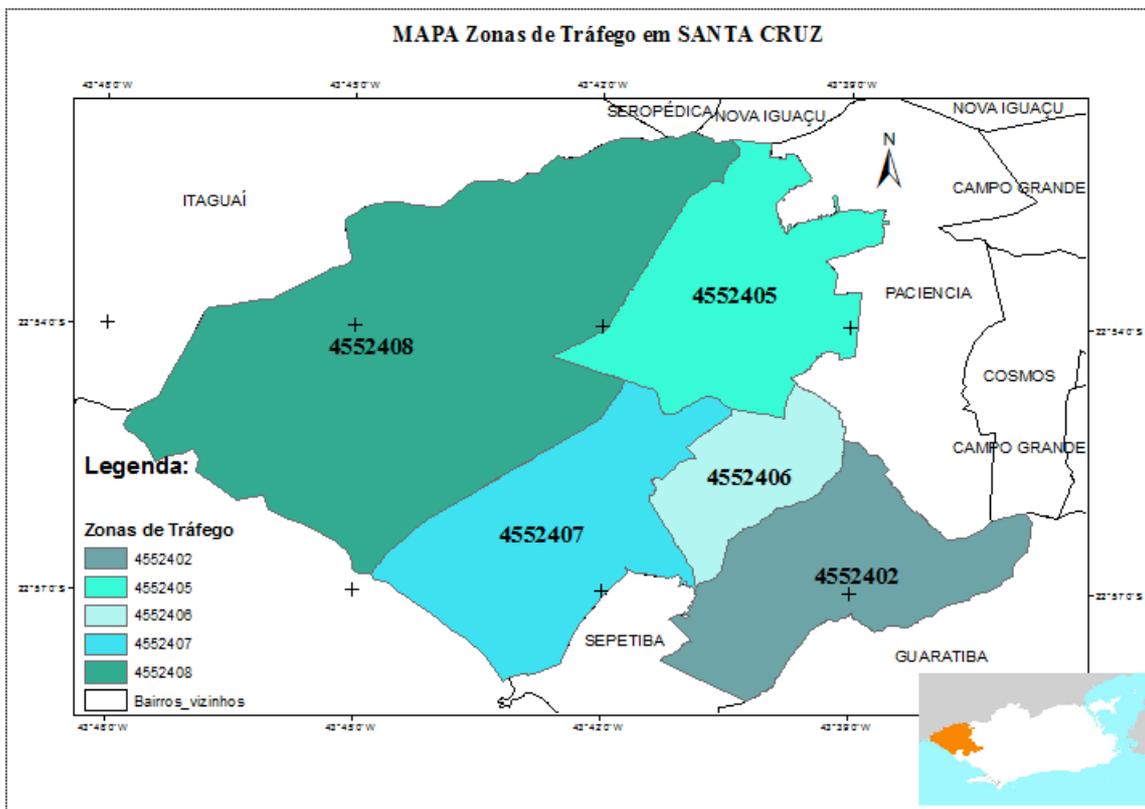
Fonte: Autor, 2013.

Os setores censitários que englobam o centro comercial e a área militar da Força Aérea foram os locais com maior IDS no bairro. Lembrando que para o cálculo dos pesos, os setores com menor IDS terão prioridade e receberam os maiores pesos.

6.3.4. Mapa do Fator de Expansão de Viagens

Ressalta-se que para cada zona de Tráfego existente dentro do bairro de Santa Cruz calcularemos o número de indivíduos residentes na mesma e o número de viagens realizadas por eles no dia anterior da pesquisa. No estudo, esses valores serão agregados e para cada Zona de Tráfego será calculada uma média dos fatores de Expansão, com a qual poderemos identificar o número médio de viagens realizadas em cada Zona de Tráfego (Figura 35).

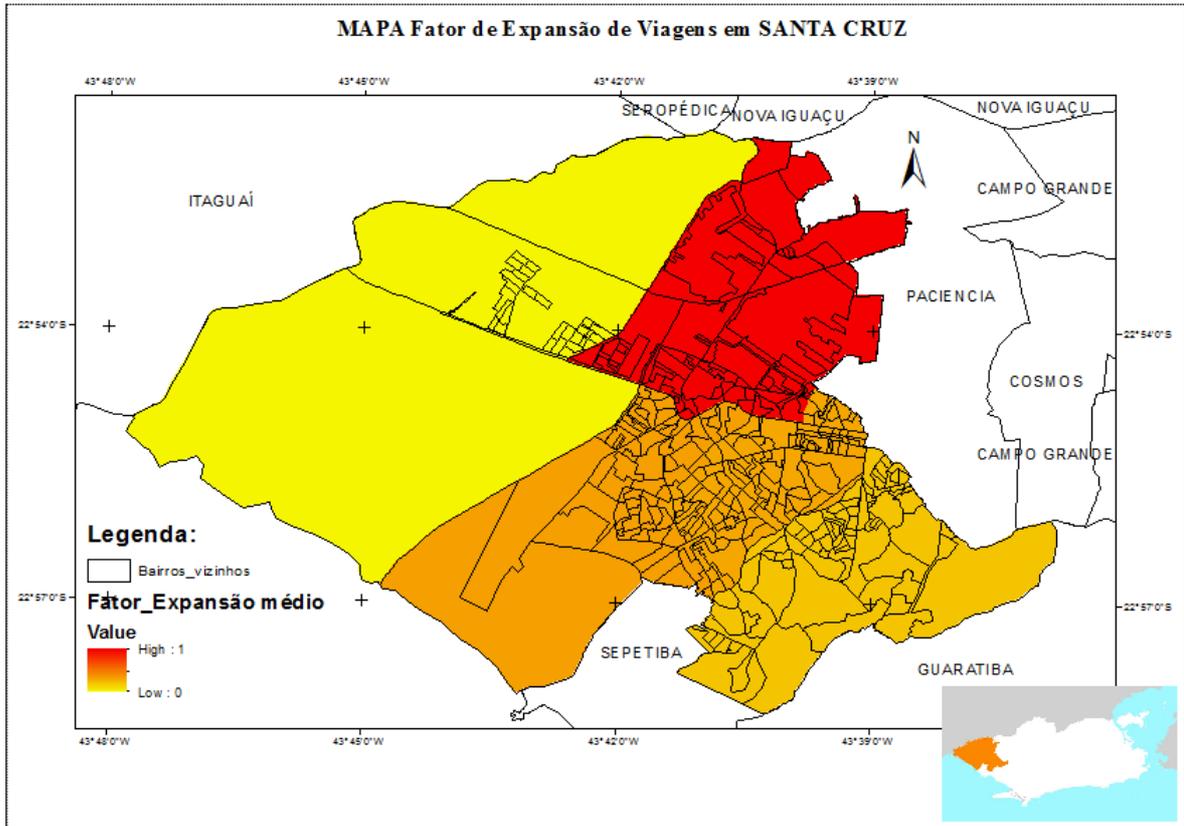
Figura 35 – Zonas de Tráfego em Santa Cruz



Fonte: Autor, 2013.

Como se constata através da figura 35, o bairro de Santa Cruz é dividido em 5 Zonas de Tráfego e para cada uma dessas zonas é calculado a média do Fator de Expansão de Viagens, que nada mais é que uma ponderação entre número de moradores, número de estudantes e trabalhadores, instrução do chefe de família, número de crianças, renda e número de autos por domicílio, com o intuito de estimar o número de viagens total por zona de tráfego. Logo, quanto menor o valor do fator de expansão, maior a necessidade de atender as possíveis demandas reprimidas. Na figura 36, as zonas de tráfego já estão com os valores normalizados para o futuro cruzamento de mapas.

Figura 36 – Mapa Fator de Expansão de Viagens em Santa Cruz

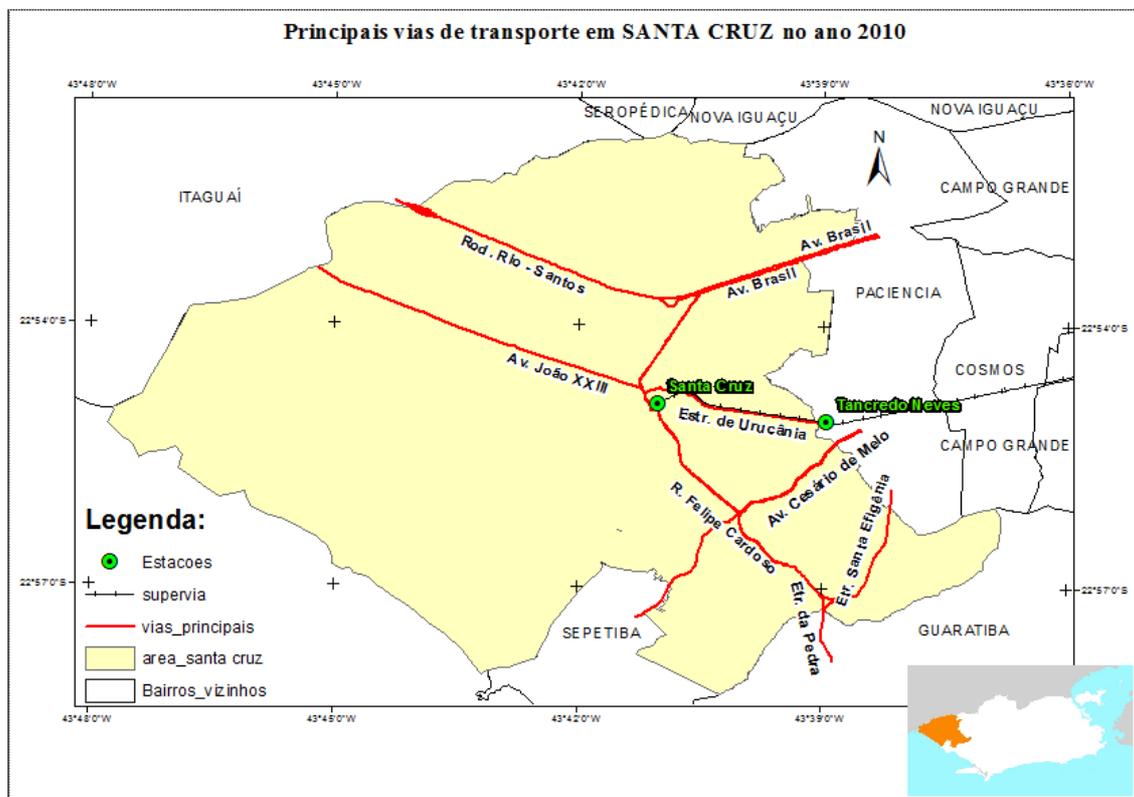


Fonte: Autor, 2013.

6.3.5. Mapa de Acessibilidade às estações de trem e principais vias

Para tal, foi necessário levantar todas as informações em relação aos níveis de carregamento e a matriz origem destino (O/D) do bairro. Santa Cruz possui importantes vias arteriais e coletoras, entre elas a Av. Brasil, a Rod. Rio-Santos e a Av. Cesário de Melo, que ligam o bairro respectivamente ao centro do Rio de Janeiro, ao município de Itaguái e ao centro do bairro de Campo Grande. Além de possuir 2 estações da rede ferroviária administrada pela Supervia, conforme mapeado na figura 37. Na tabela 16 estão numerados os principais destinos que a população do bairro acessa por dia para realizar a maioria de seus afazeres diários. De acordo com essa tabela que é baseada dos dados da matriz O/D estimada na pesquisa do PDTU 2003, podemos desmistificar a ideia que a maioria da população tem como destino o centro do Rio de Janeiro e além disso perceber a força de atração que os subcentros vizinhos exercem sobre o bairro.

Figura 37 – Vias de Transporte em Santa Cruz



Fonte: Autor, 2013.

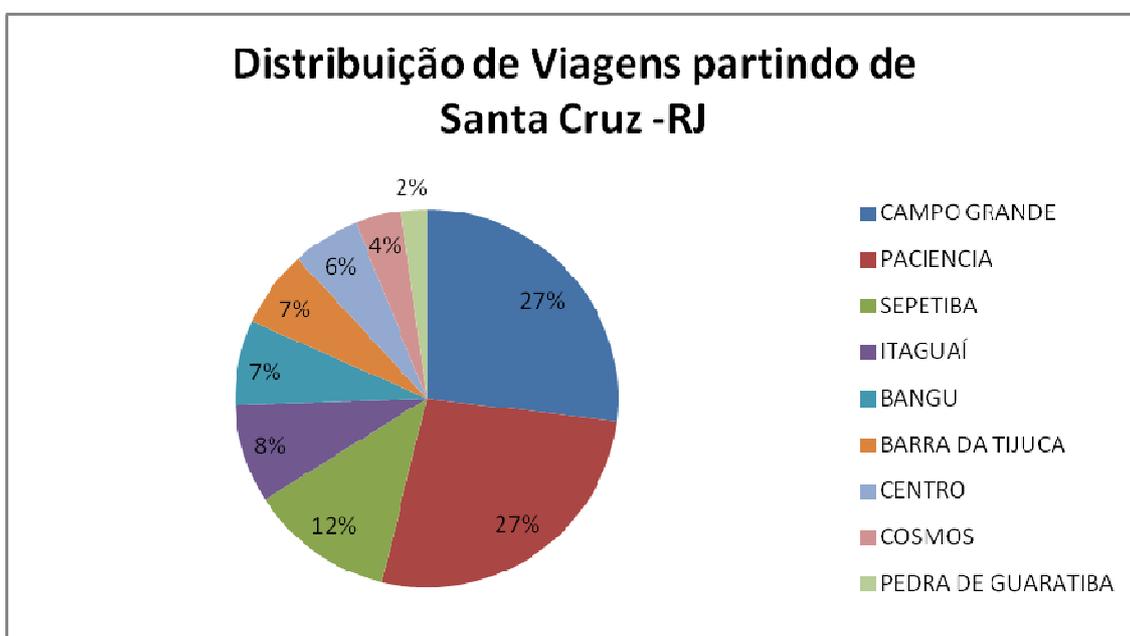
Tabela 16 – Número de Viagens por Destino

Destino da Viagem	Nº de Viagens / dia
Santa Cruz	207.045
Campo Grande	19.819
Paciência	19.757
Sepetiba	9.022
Itaguaí	6.203
Bangu	5.286
Barra da Tijuca	4.804
Centro do Rio de Janeiro	4.230
Cosmos	2.885
Pedra de Guaratiba	1.571

Fonte: PDTU 2003.

Sabe-se que boa parte dessas viagens é feitas a pé, como por exemplo o deslocamento das crianças até a escola. Já analisando o gráfico 5, também extraído do PDTU 2003, sem as viagens realizadas dentro de Santa Cruz, percebemos que a Barra da Tijuca e o centro do Rio de Janeiro, ocupam apenas a 6ª e a 7ª posições de viagens realizadas. A importância em dar visibilidade a essa realidade e potencializar as relações do bairro com seus maiores polos de atração deve ser papel indiscutível dos agentes públicos de infraestrutura urbana. Entender o seu entorno e dar mobilidade aos usuários de sua área de influência é fundamental para evitar os desperdícios de tempo e dinheiro em projetos que não atendam a real dinâmica do local, bairro ou região.

Gráfico 5: Distribuição de Viagens partindo de Santa Cruz.



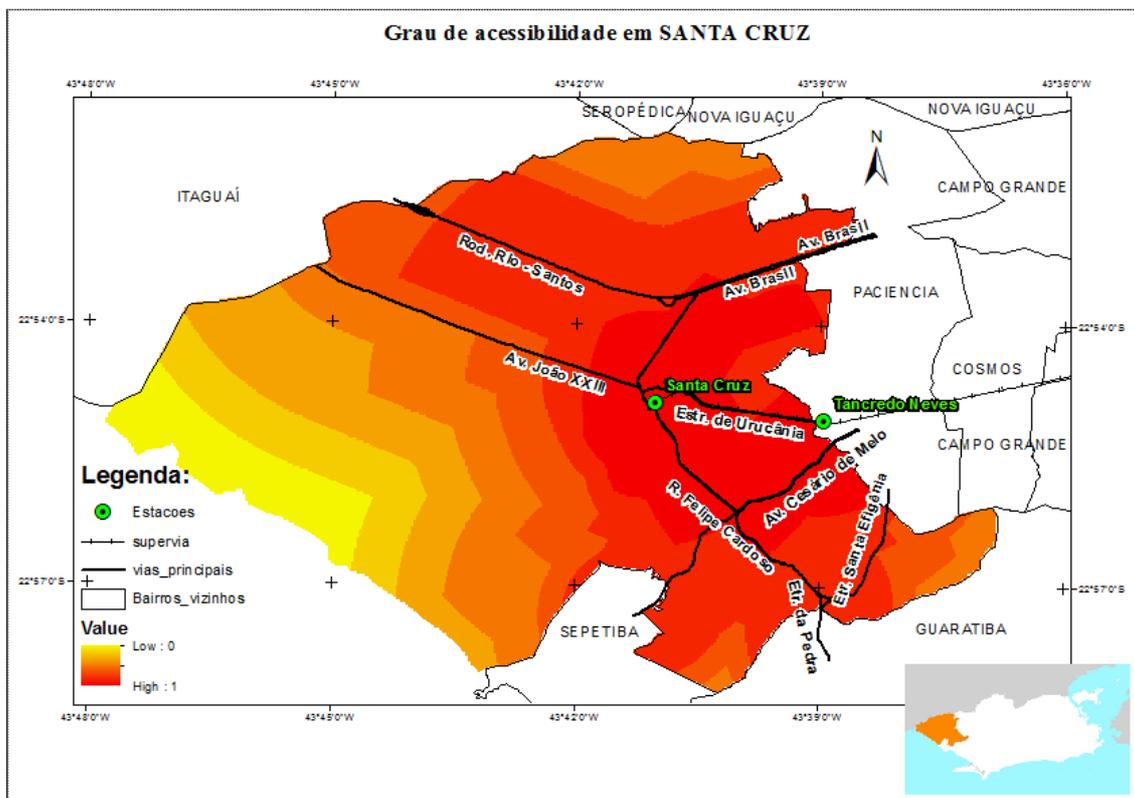
Fonte: Adaptado de PDTU 2003.

Nota-se que em relação ao total transportado por meio de transporte coletivo, a pesquisa do PDTU indicou que 64% das viagens diárias são feitas por meio de ônibus, 32% por vans e apenas 4% são atendidas por trens. Esses valores demonstram como a política pública de transportes não é voltada para o transporte de massa, apesar de 66% das viagens realizadas para fora de Santa Cruz terem como destino bairros que são atendidos pela malha ferroviária da Supervia.

Logo, ao definir o peso que cada modo de transporte assumirá na matemática do mapa

de acessibilidade por transportes, o modo transporte coletivo por ônibus terá um peso maior não pela sua eficiência, mais sim por sua maior participação em valores absolutos na matriz O/D. Resumindo, terá maior prioridade as áreas mais afastadas dos eixos viários, do que aquelas mais afastadas das estações de trem. O mapa 38 é o resultado do cruzamentos de 3 mapas secundários: o primeiro que atribuiu áreas de influência (buffers) com raios de 1 km de distância da estação Santa cruz , o segundo que atribuiu raios de 1km de distância da estação Tancredo Neves e um terceiro que identificou zonas de influência a cada 1 km dos principais eixos viários do bairro.

Figura 38 – Mapa de acessibilidade aos meios de transporte



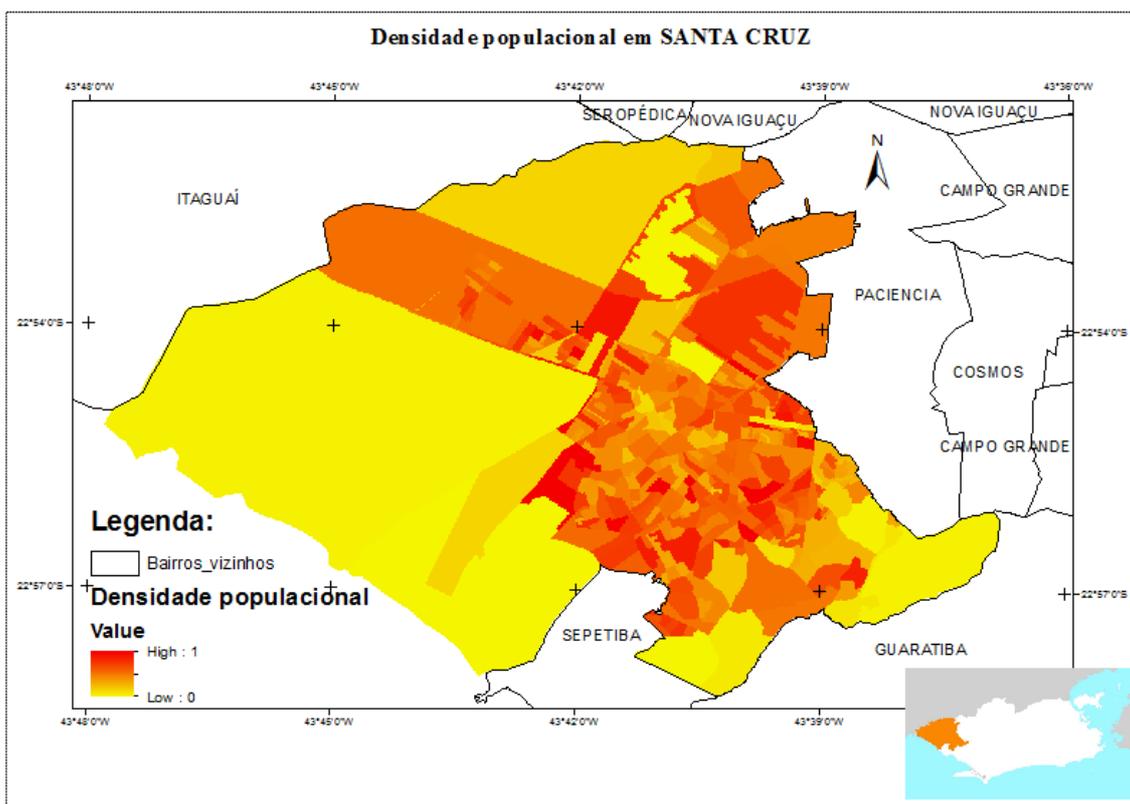
Fonte: Autor, 2013.

6.3.6. Densidade Populacional

Sabe-se que o processo de expansão urbana na cidade do Rio de Janeiro é marcado pela exclusão social. Quando o espaço urbano é devidamente constituído de infraestrutura, seu preço se eleva, tornando-se inacessível para os mais pobres, seja pela ação direta do Estado através de remoções ou pela pressão do mercado imobiliário. Na formação da

população de Santa Cruz não foi diferente, ela passou a ocupar as áreas que não interessavam à especulação imobiliária, ou áreas de risco ambiental, desprovidas de infraestrutura adequada e de serviços públicos essenciais. O mapa 39 apresenta a distribuição por setor censitário dos 217,3 mil habitantes no ano de 2010.

Figura 39 – Mapa da Densidade Populacional em Santa Cruz.



Fonte: Autor, 2013.

Constatou-se que muitos dos setores censitários, apesar de pequenos em espaço físico (m²), apresentavam uma grande ocupação em número de habitantes. Esse fato, confirma a tendência de verticalização das edificações no bairro, principalmente pela construção de novos conjuntos habitacionais voltados para os indivíduos de baixa renda e a requalificação de imóveis antigos para a função habitacional.

Acredita-se que para atender a demanda por transporte público, devemos saber onde estão esses usuários e quantos são, para então traçar a melhor forma de viabilizar sua mobilidade, combatendo assim a taxa de imobilidade que em muitos casos é fruto da baixa acessibilidade por transporte justamente daqueles que mais precisam, os chamados cativos do transporte público.

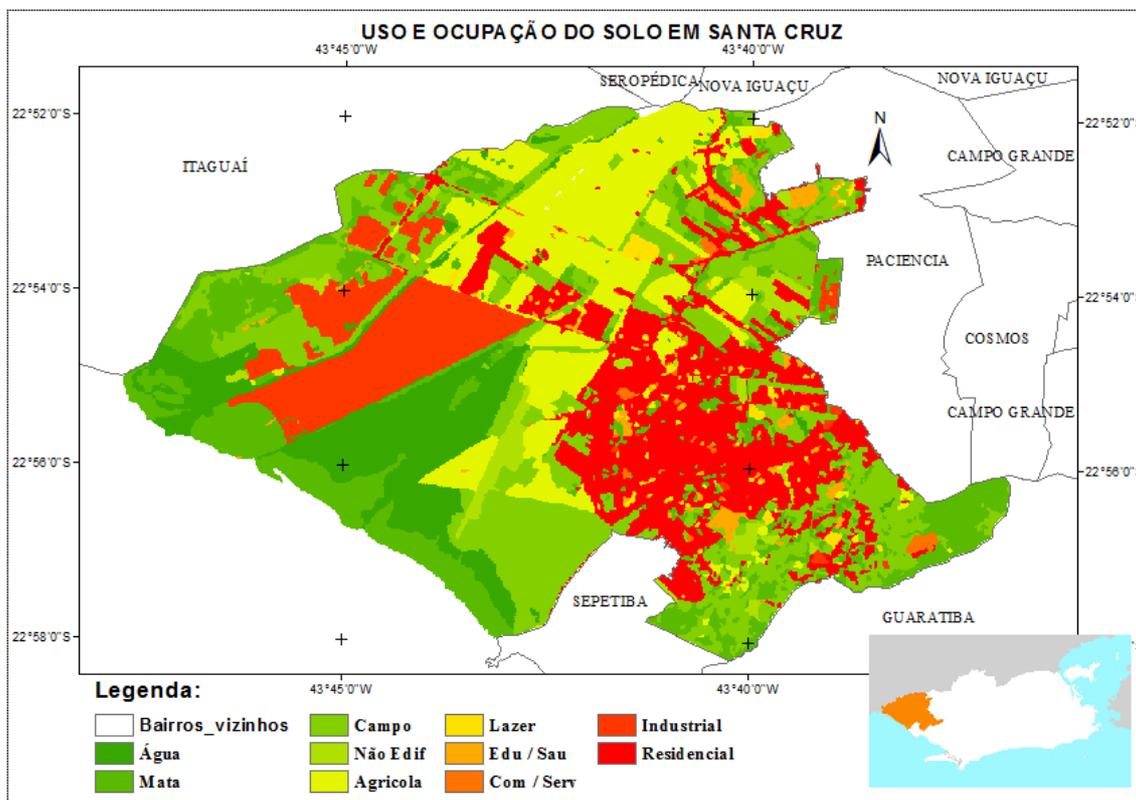
6.3.7. Tipos de Uso do solo

Aplicando a metodologia, essa variável foi espacializada através da classificação de cada uso e ocupação do solo presentes. Serviram de insumo as ortofotos na escala 1:10.000 cedidas pelo IPP e o Mapa de Uso e Ocupação do Município do Rio de Janeiro produzido em 2010 também pelo IPP.

Para a classificação das imagens referentes ao ano de 2010 utilizou-se o módulo da classificação supervisionada Máxima Verossimilhança do software Envi 5.0, que assume que as estatísticas para cada classe em cada banda são distribuídas normalmente e calcula a probabilidade de um dado pixel pertencer a uma classe específica. Cada pixel é designado a uma classe que tenha a mais alta probabilidade (por isso, máxima verossimilhança).

A figura 40 representa o resultado da classificação após ser exportada para o formato shapefile, passando depois pela suavização da geometria e validação para eliminação de duplicidades ou vazios.

Figura 40 – Uso e Ocupação do Solo em Santa Cruz.

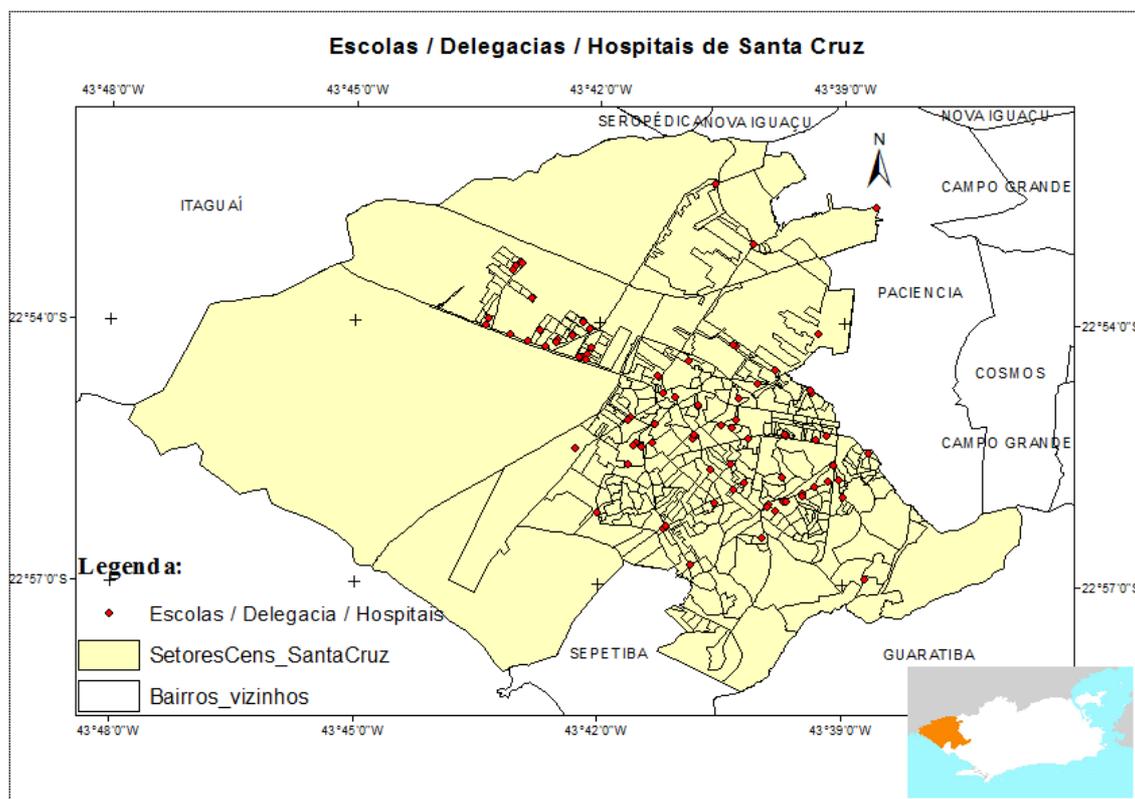


Fonte: Autor, 2013.

6.3.8. Distância de Hospitais, escolas e delegacias

Conforme a figura 41, foi preciso copiar para o mesmo arquivo shape todos os pontos de escolas, hospitais e delegacias do bairro. Analisando a tabela 7, as viagens com destino a unidades de saúde e escolas correspondem a 19,1 % do total das viagens realizadas no bairro. Quanto mais distantes de suas residências forem esses locais, maior será a resistência ou dificuldade para realizá-los. Não podemos esquecer que a grande maioria dessas viagens é feita por crianças ou idosos, e dar mobilidade a essa camada da população é atender ao princípio de humanidade e respeito aos fisicamente mais frágeis.

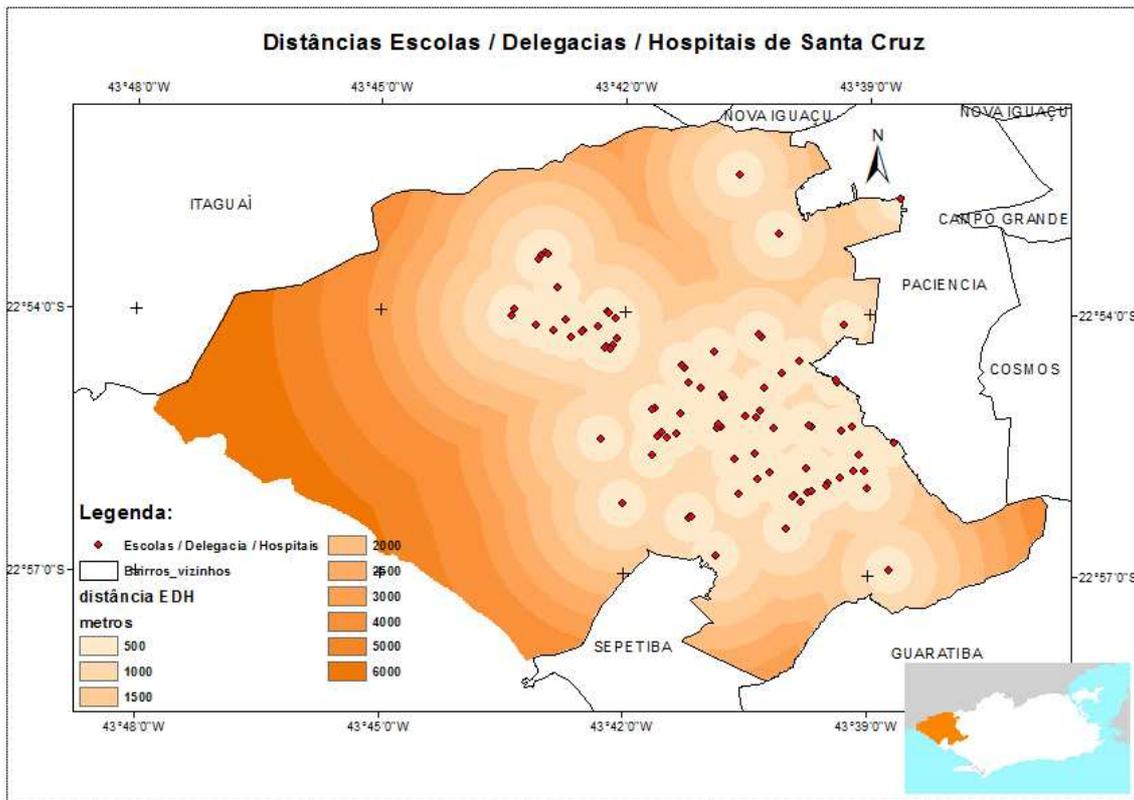
Figura 41 – Escolas/ Delegacias e Hospitais em Santa Cruz



Fonte: Autor, 2013.

Para calcular o quanto cada morador está distante desses pontos de destino, foi construído um mapa do bairro distribuído por raios de 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 e 6000 metros. Quanto mais distantes os habitantes estiverem desses locais, maior deve ser a atenção por parte dos governantes e planejadores do espaço urbano para com os mesmos no sentido de proporcionar transporte público rápido e acessível. A figura 42 identifica esses raios de ação.

Figura 42 – Raios de distância das Escolas/ Delegacias/ Hospitais em Santa Cruz.



Fonte: Autor, 2013.

6.3.9. Zoneamento do Plano Diretor

Sabe-se que o zoneamento feito pela prefeitura do Rio de Janeiro (IPP) é uma das formas de ordenamento territorial que indicam a melhor forma e vocação urbana de cada região a ser ocupada pelas atividades humanas. Essa classificação foi seguida e para cada atividade foi atribuído um peso de prioridade para a necessidade de melhorar sua mobilidade.

É consenso entre todos os estudiosos de transporte público que a solução mais adequada para dar mobilidade à população, principalmente nos grandes centros, é o transporte de massa sobre trilhos, por questões técnicas e de capacidade transportada. No bairro de Santa Cruz a distribuição das prioridades com que cada zona do plano diretor deva ser atendida por transporte público levou em consideração também a distância das estações de trem que cortam o bairro. A tabela 17 resume os valores definidos para esse trabalho.

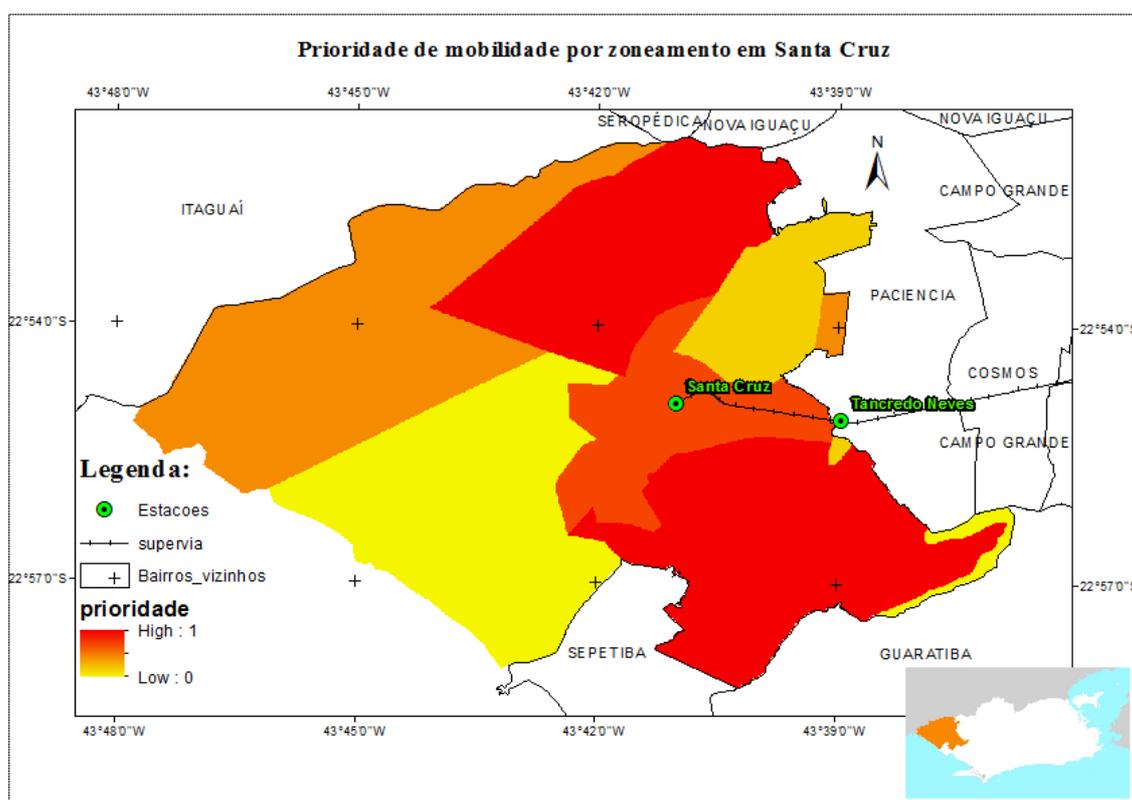
Tabela 17 – Prioridade por transporte pelas zonas do plano diretor

Zona do Plano Diretor	Prioridade normalizada
Zona Residencial 6	1
Zona Residencial 4	0,8
Zona Residencial 5	0,6
Zona Industrial 2	0,4
Zona Industrial 1	0,2
Zona Especial 7	0,1
Zona Especial 1	0

Fonte: Adaptado de IPP 2010.

As áreas residenciais foram definidas como as prioritárias para atendimento e dentro delas as mais distantes das estações de trem receberam pesos maiores. O mesmo raciocínio foi empregado para as zonas industriais. Já as zonas especiais que são áreas de interesse ambiental e protegidas por lei a prioridade foi definida como baixa.

Figura 43 – Prioridade de mobilidade por zoneamento em Santa Cruz



Fonte: Autor, 2013.

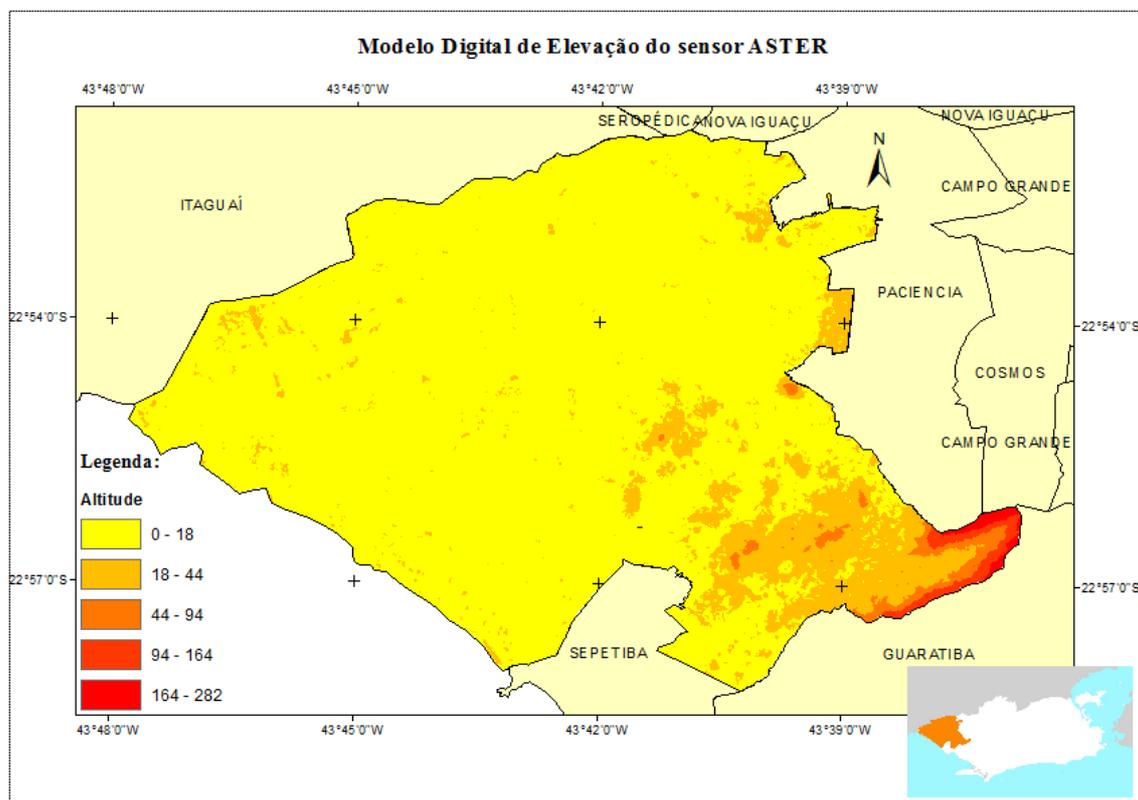
6.3.10. Declividade do terreno

Os Modelos Digitais de Elevação (MDE) são representações contínuas da topografia do terreno onde são distribuídas espacialmente às variações de altitude numa área de interesse determinada. Estes modelos podem ser interpolados espacialmente e otimizados no que tange a obtenção de valores altimétricos e de declividade.

Para a construção do MDE foi necessário recorrer ao sensoriamento remoto por satélite. Essa ferramenta deu agilidade e a precisão necessária para traçar a declividade máxima suportada pelos meios de transporte na sua operação ideal.

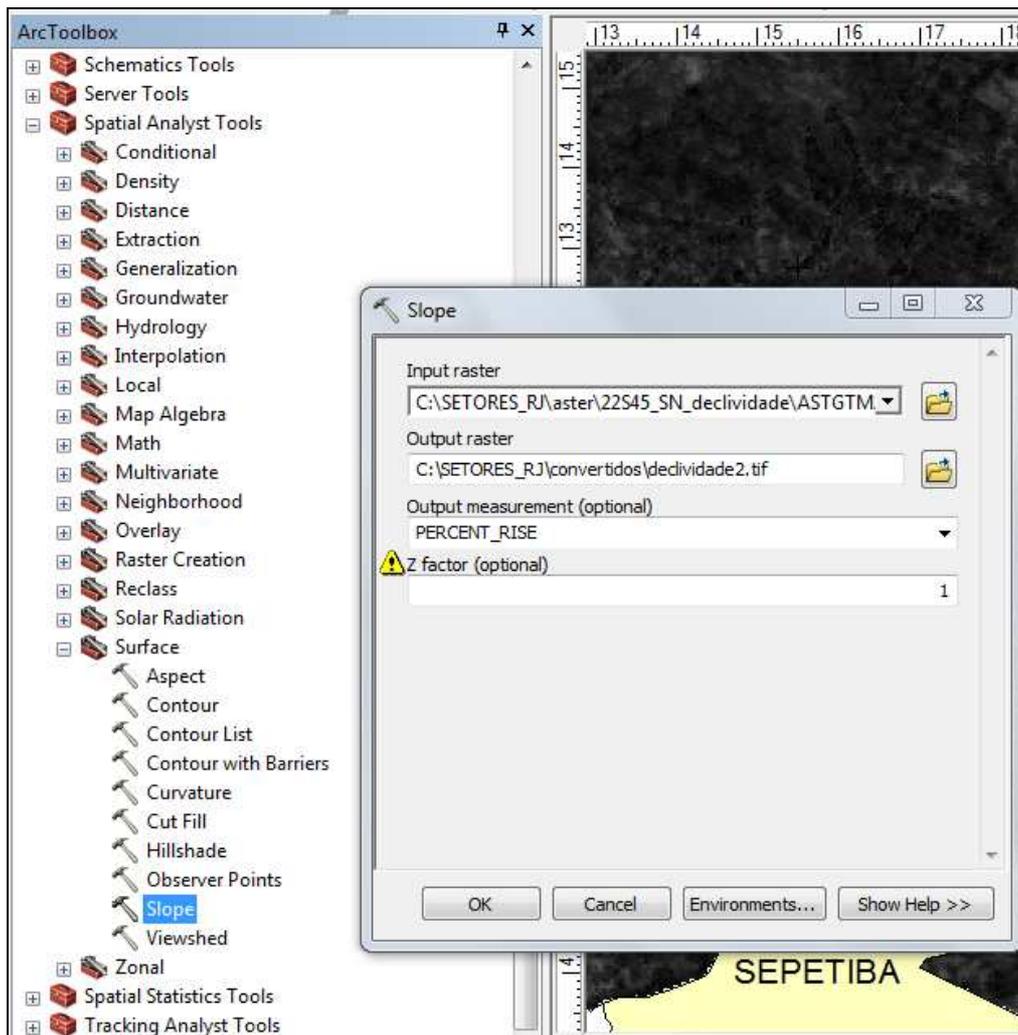
Destaca-se que para este trabalho foram utilizados os dados de MDE com 30 m de resolução espacial oriundos do sensor ASTER, lançado pela NASA em 1999, coletando dados desde Fevereiro de 2000. Sobre essa imagem datada de maio 2011 (figura 44) foi feita uma geoestatística no ArcGis 10.1 utilizando a ferramenta “slope” do módulo Spatial Analyst tools/ surface (figura 45).

Figura 44 – MDE do sensor ASTER referente à Santa Cruz.



Fonte: NASA, 2011.

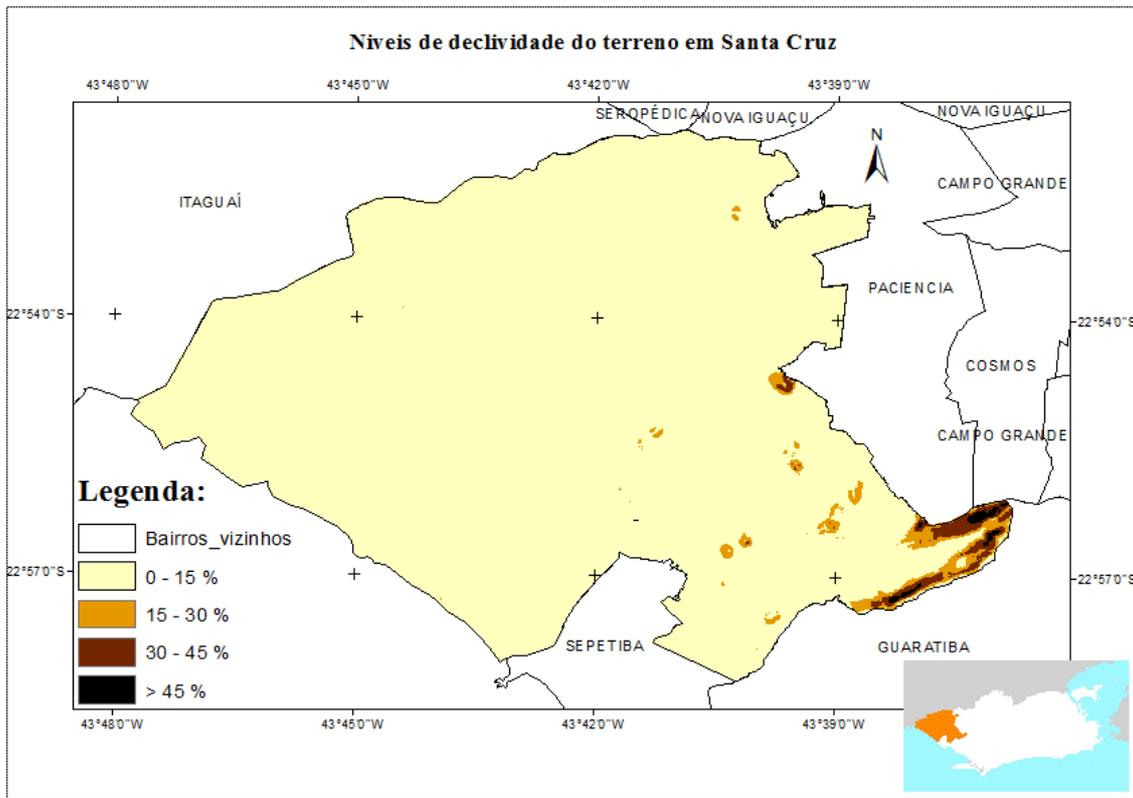
Figura 45 – Ferramenta “slope” do ArcGis.



Fonte: Layout ArcGis.

Como resultado do processo foi construído um mapa de declividade do terreno (figura 46) levando em consideração os valores de rampa máxima definidos pelo DNIT. Como o valor máximo para o tráfego em áreas urbanas é de 15% de inclinação, conforme descrito na tabela 10, foi gerado uma gradação de 15 em 15% para identificar as áreas topograficamente ideais à operação do transporte em geral.

Figura 46 – Níveis de declividade do terreno



Fonte: Autor, 2013.

6.4. Cruzamento e ponderação dos indicadores

Para a geração do mapa final com o cruzamento de todas as variáveis levantadas no decorrer do trabalho, utilizou-se a ferramenta do ArcGis 10.1 chamada “Weighted overlay”, que basicamente é uma técnica onde se aplica uma escala de valores comum a fatores diversos e diversificados de forma a criar uma análise integrada. A análise dos problemas geográficos exige muitas vezes a ponderação de muitos fatores diversificados e este modelo facilita a sua apreciação e ponderação integrada, por sobreposição de mapas em formato raster reclassificados, que geram um produto final, que no caso presente se refere ao mapa de rotas de demandas por transporte público.

Nota-se que um último processo foi necessário antes de realizar o cruzamento dos dados. Por necessidade do modelo matemático utilizado pelo ArcGis, os valores normalizados na escala de 0 a 1 foram multiplicados por 100 para ficarem com valores inteiros. Os valores nulos receberam o valor 1 para poder entrar no cálculo.

Cada variável recebeu pesos internos para cada classe, nível, quantidade, grau ou distância usada para determinar a maior ou menor prioridade. Esses valores são apresentados nas tabelas 18 a 27.

Tabela 18 – Pesos da variável Grau de instrução

Apond	Média tabular	Valores Normalizados	Valores (x 100)	Pesos
3304557005012	7,55	0,19	19	6
3304557005013	8,03	0,69	69	5
3304557005014	7,37	0	1	9
3304557005015	7,51	0,15	15	7
3304557005016	8,13	0,8	8	8
3304557005017	8,05	0,71	71	4
3304557005018	8,32	1	100	3

Fonte: Autor, 2013.

Tabela 19 – Pesos da variável Renda Média

Apond	Média Per capita	Valores Normalizados	Valores (x 100)	Pesos
3304557005012	R\$ 415	0	1	9
3304557005013	R\$ 565	0,24	24	6
3304557005014	R\$ 447	0,18	18	7
3304557005015	R\$ 410	0,15	15	8
3304557005016	R\$ 540	0,63	63	4
3304557005017	R\$ 528	0,58	58	5
3304557005018	R\$ 615	1	100	3

Fonte: Autor, 2013.

Tabela 20 – Faixas de IDS

Faixas de IDS	Valores Normalizados	Valores (x 100)	Pesos
0,118 – 0,455	0	1	9
0,456 – 0,496	0,51	51	8
0,497 – 0,528	0,57	57	7
0,529 – 0,561	0,61	61	6
0,562 – 0,593	0,67	67	5
0,626 – 0,669	0,76	76	4
0,670 – 0,731	0,84	84	3
0,786 – 0,919	1	100	2

Fonte: Autor, 2013.

Tabela 21 – Fator de Expansão

Zonas de Tráfego	Média	Valores Normalizados	Valores (x 100)	Pesos
4552402	287,33	0,2	20	8
4552405	448,2	1	100	5
4552406	309,21	0,31	31	7
4552407	315,79	0,34	34	6
4552408	246,71	0	1	9

Fonte: Autor, 2013.

Tabela 22 – Acessibilidade

Faixa de ação	Valores Normalizados	Valores (x 100)	Pesos
Faixa 2	1	100	3
Faixa 3	0,83	83	4
Faixa 4	0,67	67	5
Faixa 5	0,50	50	6
Faixa 6	0,33	33	7
Faixa 7	0,17	17	8
Faixa 8	0	1	9

Fonte: Autor, 2013.

Tabela 23 – Densidade Populacional

Nº de Habitantes Por setores Censitários	Valores Normalizados	Valores (x 100)	Pesos
0 - 177	0	1	1
178 - 354	0,12	12	2
355 - 531	0,25	25	3
532 - 708	0,37	37	4
709 - 885	0,50	50	5
886 - 1062	0,62	62	6
1063 - 1239	0,75	75	7
1240 - 1416	0,87	87	8
1417 - 1600	1	100	9

Fonte: Autor, 2013.

Tabela 24 – Uso do Solo

Tipo uso do solo	Valores Normalizados	Valores (x 100)	Pesos
Água	0	10	1
Mata	0,2	20	2
Campo	0,3	30	3
Não Edificado	0,4	40	4
Agrícola	0,5	50	5
Lazer	0,6	60	6
Educação / Saúde	0,7	70	7
Comercio / Serviços	0,8	80	8
Industrial	0,9	90	9
Residencial	1	100	9

Fonte: Autor, 2013.

Tabela 25 – Zonas Plano Diretor

Zonas Plano Diretor	Valores Normalizados	Valores (x 100)	Pesos
Zona Especial 1	0	1	3
Zona Especial 7	0,1	10	4
Zona Industrial 1	0,2	20	5
Zona Industrial 2	0,4	40	6
Zona Residencial 5	0,6	60	7
Zona Residencial 4	0,8	80	8
Zona Residencial 6	1	100	9

Fonte: Autor, 2013.

Tabela 26 – Grau de declividade

Inclinação	Valores Normalizados	Valores (x 100)	Pesos
0 – 15 %	0	1	9
15 – 30 %	0,49	49	5
30 – 45 %	0,82	82	1
> 45 %	1	100	1

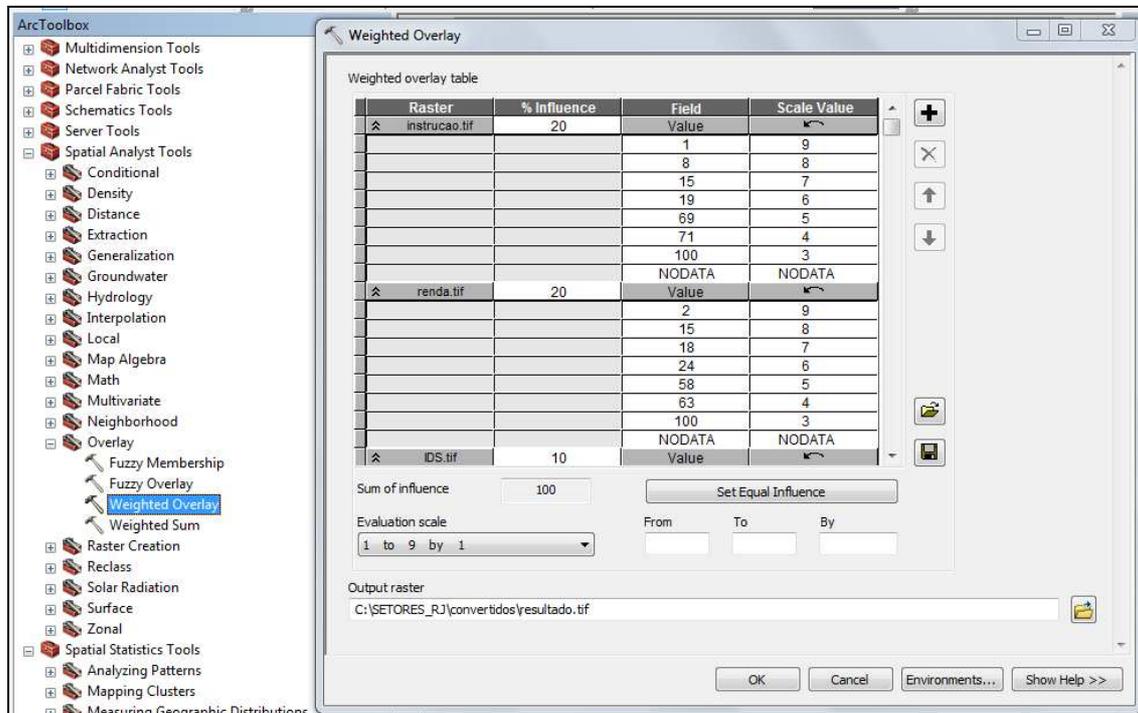
Fonte: Autor, 2013.

Tabela 27 – Distância Escolas/ Delegacia/ Hospitais

Distância em metros	Valores Normalizados	Valores (x 100)	Pesos
500	0	1	1
1000	0,1	10	2
1500	0,2	20	3
2000	0,28	28	4
2500	0,36	36	5
3000	0,45	45	6
4000	0,63	63	7
5000	0,82	82	8
6000	1	100	9

Feito isso se pode atribuir para cada variável os valores definidos de grau de influência e os pesos estabelecidos. A figura 47 ilustra o momento de tabulação dos valores através da ferramenta “Weighted overlay” do ArcGis

Figura 47 – ferramenta Weighted overlay.



Fonte: Layout ArcGis.

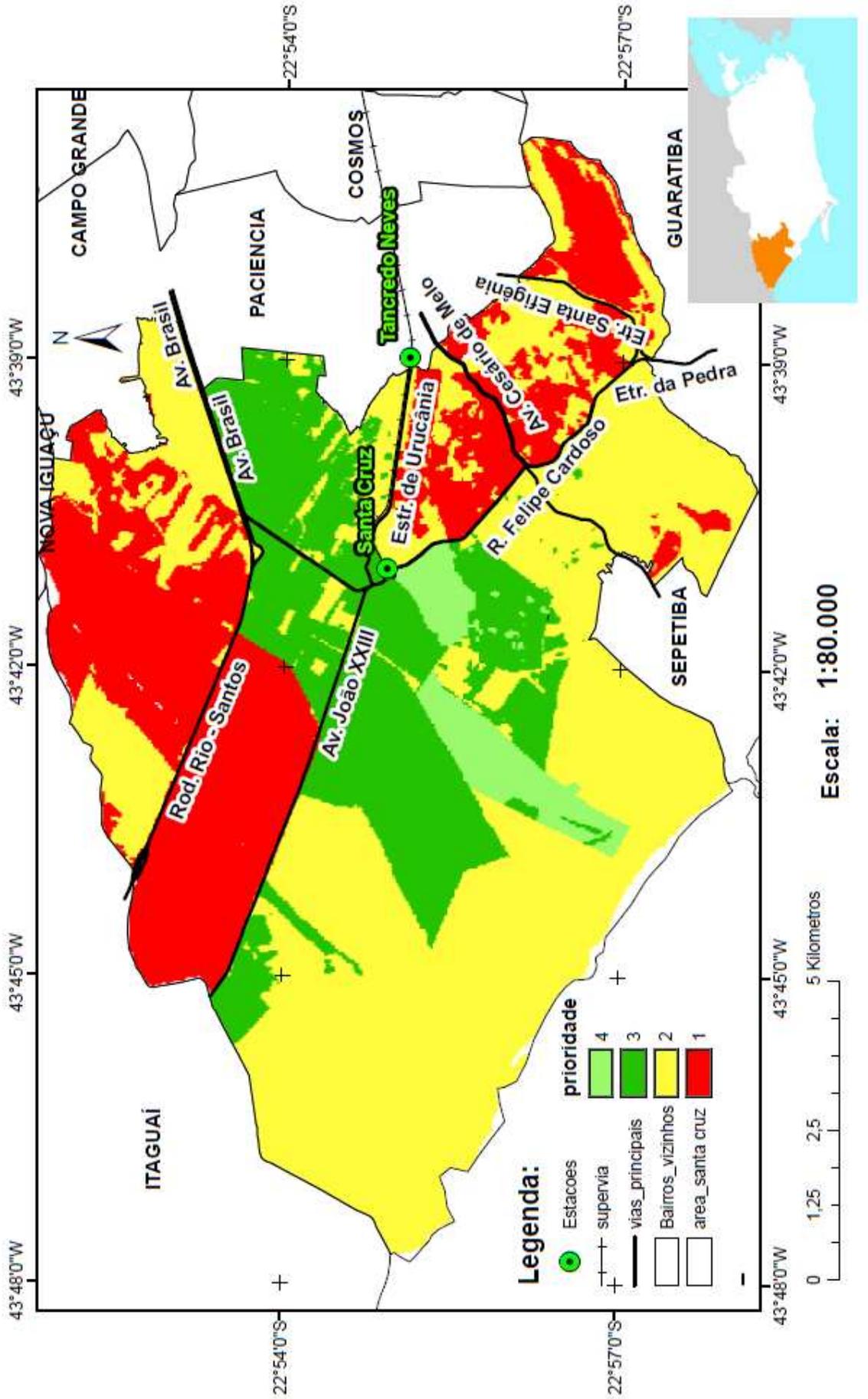
Como resultado de todo o processo de análise multicritério chegou-se ao mapa síntese aqui chamado de Resultado técnico, onde será possível identificar as regiões mais carentes de infraestrutura urbana, regiões essas que o setor de transportes poderá ser melhor empregado para realizar o seu papel integrador e de facilitador das atividades cotidianas da população.

6.5. Identificação das áreas de Demanda não atendidas

Como resultado do processo de análise multicritério, a figura 48 apresenta o mapa do resultado técnico, dividido em 4 classes de prioridade a serem atendidas pelo poder público. Prioridade 1 (de maior importância na cor vermelha), prioridade 2 (amarelo), prioridade 3 (verde escuro) e prioridade 4 (de menor prioridade na cor verde claro).

Figura 48

Resultado técnico para identificação de áreas de demanda em Santa Cruz



Constata-se através do mapa com o resultado técnico que existem falhas na operação do sistema de transporte coletivo que tensionam a lógica de benefícios inerentes a sua existência planejada. Uma das maiores falhas está na privação do acesso aos serviços de transporte coletivo e nas inadequadas condições de mobilidade urbana dos mais pobres. Dois fatores convergem para a exclusão do acesso dos mais pobres aos serviços de transporte coletivo: as altas tarifas dos serviços, incompatíveis com os rendimentos dos segmentos mais pobres e (b) a inadequação da oferta dos serviços, principalmente para as áreas periféricas do bairro.

Nitidamente existe por parte do planejamento de transporte uma limitação em propiciar uma ampla mobilização da força de trabalho no bairro. O papel principal do sistema de transportes coletivo urbano passou a ser o de disponibilizar a força de trabalho ao centro do Rio de Janeiro, aos subcentros vizinhos e para as outras regiões produtivas da cidade, deixando de lado necessidades básicas do trabalhador como escola, saúde e lazer. Isso é feito através da prioridade que o poder público confere ao transporte coletivo urbano em determinadas vias e pela distribuição da frequência dos ônibus principalmente nos horários de ida e volta ao trabalho.

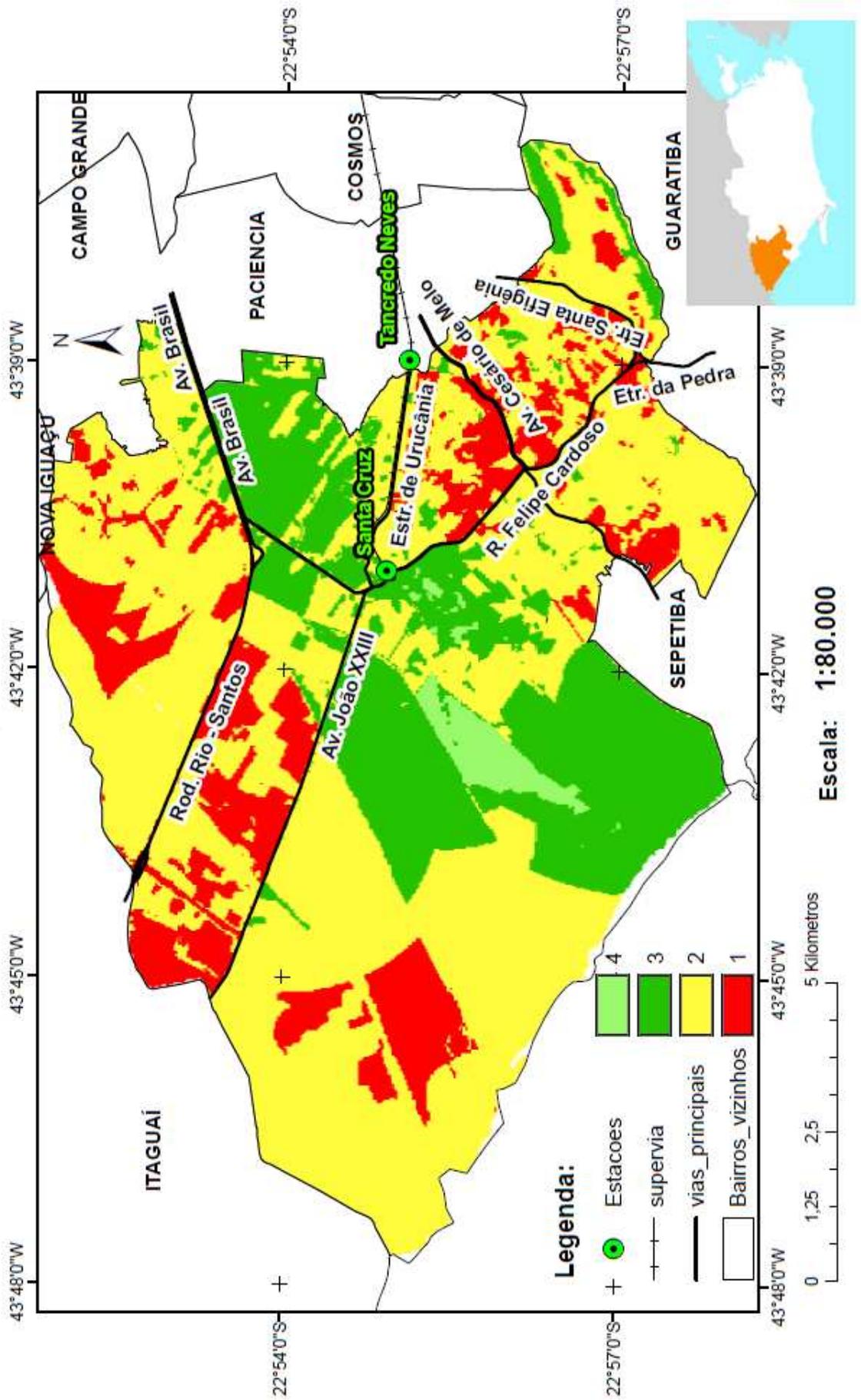
A lógica da progressiva descentralização das atividades produtivas no município do Rio de Janeiro que deu origem a vários subcentros, entre eles o subcentro de Santa Cruz, através da chegada de indústrias, zonas residenciais e comerciais, atualmente não é mais seguida no planejamento interno do bairro. Infelizmente o setor de transportes potencializa e promove as centralidades, criando assim áreas segregadas economicamente e socialmente.

Ainda pelo mapa resultado verifica-se o quanto o uso e ocupação do solo marcham para oeste, afastando-se cada vez mais do transporte de massa (trem), esse movimento é fruto da busca pela maior proximidade dos novos polos industriais no município de Itaguaí e Sepetiba, que juntos já consomem boa parte da mão de obra residente no bairro.

Pode-se perceber que o modelo estatístico usado na pesquisa tem como sua maior vantagem, a possibilidade de criar diversos padrões de análise, com diversos cenários existentes ou pretendidos pelo planejador público. Para realçar essa funcionalidade outro mapa resultado foi criado, só que desta vez todas as variáveis receberam o mesmo grau de influência e o resultado desse novo cruzamento está na figura 49.

Figura 49

Resultado alternativo para identificação de áreas de demanda em Santa Cruz



Destaca-se que nesse novo resultado, agora chamado de resultado alternativo, não se levou em consideração a demanda já existente, ou o nível de serviço para cada zona de ponderação ou zona de tráfego. Apenas considerou que num ambiente mais igualitário, as distâncias da residência para as escolas, delegacias, hospitais ou as diversas atividades desenvolvidas pelo ser humano possuam o mesmo grau de necessidade de serem atendidas que as variáveis de renda ou instrução, variáveis essas muito mais deterministas que qualitativas.

Esse resultado alternativo pode ser interpretado como um modelo de identificação não de áreas carentes em transporte público, mais sim áreas com deficiências de infraestrutura urbana no geral, com forte tendência a exclusão ou segregação espacial.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1. Conclusões

O presente estudo baseou-se no desenvolvimento de um procedimento para identificar possíveis áreas de demandas suprimidas ou não atendidas por infraestrutura urbana e pelo transporte público, para isso analisou-se espacialmente a mobilidade no bairro de Santa Cruz, Rio de Janeiro. Seu principal objetivo é que o resultado possa auxiliar os tomadores de decisão na caracterização e localização de regiões que necessitem da aplicação de técnicas e políticas que priorizem o transporte público, pedestres, ciclistas e pessoas.

A partir da pesquisa bibliográfica e da metodologia definida no capítulo 5 foi possível à construção dos mapas temáticos de cada variável analisada no capítulo 6. Essa análise ocorreu de forma isolada e conjunta, onde se constatou que:

1) Ao analisar a mobilidade no bairro de Santa Cruz, percebeu-se que está diretamente relacionada com a qualidade de vida da comunidade inserida no bairro. O conceito de mobilidade foi estudado não só quantitativamente, mas também qualitativamente, com o objetivo de entender os deslocamentos das pessoas, tentando descobrir os motivos das viagens e as características dos indivíduos envolvidos.

2) As ferramentas de análise de dados na área possibilitaram uma caracterização espacial da mobilidade no bairro de Santa Cruz, mostrando-se eficazes para apresentar concentrações e tendências espaciais. A união das ferramentas SIG e estatística espacial foi bastante proveitosas, comprovando-se sua eficiência.

3) O emprego do SIG proporcionou uma variedade de colocações e interações em áreas onde não existiam qualquer informação de forma tabular ou mensurável, não só no setor de transportes como também nos estudos de Ciências sociais e urbanismo.

4) O cruzamento de informações georreferenciadas, geradas pelo SIG, acelerou a identificação de áreas suscetíveis à expansão urbana desordenada. Como o bairro de Santa Cruz apresenta 24% de seu território ocupado por campo e 15,6% ocupados por área agrícola, existe o perigo real de essas áreas serem gradativamente ocupadas por

áreas residenciais sem infraestrutura ou ainda servirem de capital para a especulação imobiliária.

5) Constatou-se que a mata residual existente dentro do perímetro urbano sofre cada vez mais pressão do setor imobiliário e áreas inteiras de lazer (praças, bosques, campos de futebol e outras amenidades) são convertidas em estacionamentos ou imóveis particulares.

6) A presença de grandes indústrias, entre elas a Companhia Siderúrgica do Atlântico(TKCSA), são responsáveis pela mudança da matriz O/D (origem/destino) do bairro. Hoje, o centro do Rio de Janeiro já não é o destino principal das viagens realizadas a partir do bairro. O bairro de Sepetiba e o município de Itaguaí já respondem juntos por 20% do total dos deslocamentos realizados.

7) A maioria das viagens realizadas a partir de Santa Cruz são para os bairros de Campo Grande (27%) e Paciência (27%). Esses valores refletem que a economia do bairro já mudou o seu referencial de centralidade. Esses valores indicam que o Subcentro de Campo Grande e os bairros vizinhos possuem as amenidades e equipamentos públicos necessários para a população de Santa Cruz atingir seus objetivos diários quem não são realizados no próprio bairro. Não havendo mais a necessidade de realização de grandes deslocamentos.

8) Observou-se que 66% das viagens realizadas para fora do bairro poderiam ser realizadas por trem, sendo que apenas 4% efetivamente escolhem esse modo de transporte. Isso se deve a pouca integração dos meios de transporte e a não priorização do transporte de massa.

9) A oferta deficiente para atender a demanda atual por transporte público, acarreta na necessidade da coexistência do transporte alternativo (vans e kombis) que responde por 32% do total de viagens . Essa deficiência acaba por tornar “reféns”, a população mais carente de acessibilidade. Por exemplo, as comunidades ao longo da Avenida João XXIII não possuem transporte regular por ônibus e dependem diretamente do serviço irregular das vans e kombis, serviço esse sem nenhuma garantia de segurança ou regularidade de serviço.

10) Confirmou-se que na distribuição do espaço urbano, a acessibilidade, entre outros, provoca uma maior procura pelos solos mais centrais, procura esta que gera acentuado aumento no preço dos terrenos. Em Santa Cruz não é diferente, a valorização do solo na região central do bairro onde estão localizados os principais serviços, comércio e condomínios residenciais de classe média, causa o chamado fator segregação-gradiente: que empurra o indivíduo de baixa renda para a periferia, o qual se instala nessas localidades por falta de alternativa. A região norte do bairro é um exemplo dessa segregação, onde basicamente predomina o estilo de autoconstrução com pouca ou nenhuma infraestrutura urbana.

11) Ao realizar o levantamento bibliográfico constatou-se de fato a falta de estudos que abordem o tema proposto, embora existam alguns poucos que tratem de assuntos correlatos, mas que não aprofundam o tema.

12) A política habitacional utilizada no bairro reforçou a exclusão social e a segregação espacial dos mais pobres, ao destinar-lhes moradias precárias na periferia do bairro, distantes e desprovidas de serviços e equipamentos urbanos essenciais. Tal política teve como efeito o aumento das distâncias a serem percorridas e a produção de áreas vazias ou pouco adensadas. Isso inviabiliza a oferta eficiente de transporte coletivo, cuja provisão, em geral, acontece posteriormente e tardiamente, não atendendo as reais necessidades da população e nem da cidade. No avanço do processo de ocupação do bairro, infelizmente, avançam concomitantemente o rodoviarismo, a especulação imobiliária e a periferização da população de baixa renda. Não é pensado por parte dos governantes e planejadores do transporte público o investimento em transporte de massa nem tão pouco a racionalização das linhas de ônibus já existentes.

13) O índice de Desenvolvimento Social (IDS), confirmou os baixos valores contabilizados para a média do grau de instrução e da renda per capita no bairro. A qualidade de vida está diretamente ligada a essas variáveis. Essa certeza também é confirmada pelos 21 profissionais entrevistados na pesquisa. Essas 2(duas) variáveis receberam os valores máximos no grau de influencia para a matemática do Mapa final do estudo.

14) Apesar do recente desenvolvimento econômico do bairro, alavancado em boa parte pelas indústrias de grande porte instaladas no local, o desenvolvimento social por sua vez, não cresce na mesma proporção, propiciando o surgimento de áreas segregadas no entorno desses grandes empreendimentos, onde a economia informal e os empregos indiretos absorvem a mão de obra não qualificada de seus moradores.

15) Comparando-se o mapa de acessibilidade aos meios de transporte como o Mapa Final do resultado técnico, observou-se que as vias coletoras, como por exemplo a Rua Felipe Cardoso; e vias arteriais, como por exemplo a Av. Brasil, já não atendem ao quesito acessibilidade com plenitude, pois a grande maioria das áreas classificadas como prioridade 1 a serem atendidas por melhores condições de transporte público estão na região noroeste do bairro, que por sua vez está distante desses eixos de mobilidade.

16) Ao identificar na matriz O/D o número crescente de viagens em direção ao Município de Itaguaí e somando-se a isso a observação que no mapa resultado técnico a região localizada entre a Av. João XXIII e a Rodovia Rio-Santos foi classificada como prioridade 1, pode-se indicar que essa região tem grande potencial para abrigar uma nova rota de mobilidade, de preferência transporte sobre trilhos, interligando o centro de Itaguaí ao centro de Santa Cruz. Esse novo eixo possibilitaria uma nova rede de interações urbanas através da melhor acessibilidade aos Meios de Transporte e maior acessibilidade aos destinos pretendidos.

17) O mapa resultado alternativo, reflete uma visão mais social e humanista na identificação de áreas não só com baixa acessibilidade e mobilidade, como também ao mesmo tempo sofrem com a carência por infraestrutura urbana, necessárias para a manutenção da qualidade de vida.

7.2. Recomendações

Em resumo, o modelo utilizado, ainda que adequado aos objetivos do estudo, poderia ter sua eficiência aprimorada caso os dados fossem mais acurados, com informações de todas as variáveis a nível de setor censitário ou a utilização de uma visão mais macro, por exemplo, um corredor regional de desenvolvimento ou ligação de cidades vizinhas com forte relação de dependência mútua.

O estudo ao identificar áreas degradadas, não edificadas ou outras áreas livres, poderia propor um melhor aproveitamento dessas áreas, como por exemplo, requalificação para áreas residenciais, comerciais e de serviços, e avaliar o impacto que essa reclassificação poderia causar na demanda por transportes no bairro.

Elaborar melhorias no modelo proposto, com novas variáveis e com outros modelos matemáticos, como por exemplo o método de análise hierárquica de SAATY, com o objetivo de aferir e melhorar os resultados pela busca de um transporte mais integrado ao espaço urbano e a sua população.

Espera-se que essa dissertação venha a contribuir no desenvolvimento e aperfeiçoamento do processo de planejamento de transportes.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, William. **Location and Land Use**. Harvard University Press, 1964.
- BARAT, Josef. **Estrutura Metropolitana e Sistema de Transportes : estudo do caso do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: INPES, 1975.
- BRASILEIRO, Anísio; ORRICO FILHO, Rômulo D.; SANTOS, Enilson M.; ARAGÃO, Joaquim. **Desafios do Transporte para um Desenvolvimento Urbano Equilibrado, Sustentável e Inclusivo**, In: XX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes (XX ANPET), Brasília, 2006. Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes 2006. Rio de Janeiro/Brasília : ANPET, v. II. p. 843-854, 2006 .
- CÂMARA, G. **Software livre para GIS: entre o mito e a realidade**. Revista, **InfoGeo**, Curitiba, ano 5, n. 30, p. 30-34, 2004.
- CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**. 1995. Tese (Doutorado em Computação Aplicada). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos – SP, Brasil. 1995.
- CÂMARA, G. *et al.* **Análise espacial e geoprocessamento**. In: Fuks, S. D. *et al.* **Análise Espacial de Dados Geográficos**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Divisão de Processamento de Imagens, 2000a. Disponível: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1-intro.pdf> [capturado em 14 nov. 2012].
- CARDOSO, L; MATOS, R. 2007. **Acessibilidade Urbana e Exclusão Social: novas Relações, velhos Desafios**. In: *X Simpósio Nacional de Geografia Urbana*, Florianópolis.
- CARDOSO, C.E.P. **Análise do transporte coletivo urbano sob a ótica dos riscos e carências sociais**. 123f. Tese (Doutorado em Serviço Social), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2008.
- CARVALHO M. S. **Aplicação de métodos de análise espacial na caracterização de áreas de risco a saúde** [on line]. Disponível: http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser301/referencias/marilia_tese.pdf [capturado em 10 jun. 2012].
- CASTELLS, M. **Fim do Milênio**. São Paulo. Ed: Paz e Terra, 1996
- CASTELLS, M. (1983) a **Questão Urbana**. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- CAVALLIERI, Fernando; LOPES, Gustavo. **Índice de Desenvolvimento Social - IDS: comparando as realidades microurbanas da cidade do Rio de Janeiro**. Coleção Estudos Cariocas/IPP-Rio. Abril de 2008.
- CERVERO, Robert. **Balanced Transport and Sustainable Urbanism: Enhancing Mobility and Accessibility Through Institutional, Demand Management, and**

Land-Use Initiatives, Urban Planning Overseas, v. 20, n. 3, p. 15-27, 2005.

CHURCH, A.; FROST, M.; SULLIVAN, K.. **Transport and Social exclusion in London, In: Transport Policy**, UK, v. 7, n. 3, p. 195-205, June 2000. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/>> Acesso em: 15 abr. 2012.

CORREA, R. L. (1995) **O Espaço Urbano**. São Paulo. Editora Ática.

COSTA, M. S. **Mobilidade Urbana Sustentável: Um Estudo Comparativo e as Bases de um Sistema de Gestão para Brasil e Portugal**. 2003. 196 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2003.

DUNHAM, J. A. (2005). **Planejamento de Transportes: Alguns Aspectos Metodológicos**. Programa de Engenharia de Transportes PET/COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro RJ. Disponível em [http://br.monografias.com/trabalhos/planejamentotransportes/planejamento transportes.shtml](http://br.monografias.com/trabalhos/planejamentotransportes/planejamento%20transportes.shtml). Acesso: 12/02/13.

ELMASRI, R. & NAVATHE, S.B. **Sistemas de Banco de Dados**. 4ª Edição. Pearson Addison Wesley. São Paulo – SP. 2005. 724Pp.

FERREIRA, José C.; ROCHA, Jorge; TENEDÓRIO, José A.; SOUSA, Paulo M. – **Ensaio de Delimitação de Corredores Verdes na Área Metropolitana de Lisboa** (http://www.igeo.pt/IGEO/portugues/servicos/CDI/biblioteca/PublicacoesIGP_files/ESI_G_2004/p_044.pdf).

GOMES, L. F. M. A.; ARAYA, M. C. G. & CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos**. São Paulo: Pioneira, 2004.

INE – Instituto Nacional de Estatística. **Movimentos Pendulares e Organização do Território Metropolitano: Área Metropolitana de Lisboa e Área Metropolitana do Porto 1991/2001**. Lisboa, Portugal, 2003^a.

ITRANS – Instituto de Desenvolvimento e Informação em Transporte (2004). **Mobilidade e Pobreza: Relatório Final**. Brasília, ITRANS.

KAVRAN, Z., G. Stefancic, and A. Presecki. **Multicriteria Analysis and Public Transport Management**. In *Urban Transport XIII: Urban Transport and the Environment in the 21st Century*, Wessex Institute of Technology, Southampton, United Kingdom, 2007.

KESHKAMAT, S.S., J.M. Looijen, M.H.P. Zuidgeest 2009, “**The formulation and evaluation of transport route planning alternatives: a spatial decision support system for the Via Baltica project, Poland**”, *Journal of Transport Geography* 17(1), 54-64.

KIMPEL, T J., DUEKER, K. J. E EL-GENEIDY, A. M. (2007) **Using GIS to measure the effect of overlapping service areas on passenger boardings at bus stops**. *URISA, Journal of the Urban and Regional Information Systems Association*, 19, Ed. 1.

Disponível em http://www.urisa.org/Journal/Under_Review/kimpel/using_gis_to_measure_the_effects.htm, acesso em Maio de 2013.

KNEIB, E. C. (2004) **Caracterização de empreendimentos geradores de viagens: contribuição conceitual à análise de seus impactos no uso, ocupação e valorização do solo urbano**. Dissertação de Mestrado em Transportes. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília.

LAUTSO, K.; 2004, Spiekemann, K; Wegener, M.; Sheppard, I.; Steadman P.; Martino A.; Doming, R.; Gayda S.; **PROPOLIS – Final Report**, 2nd Edition, Filand 2004

LEFEBVRE, H. (2004) **Evolução Urbana**. Belo Horizonte. Editora UFMG.

LEMOS, Diana S.C.P.S.; SANTOS, Márcio P.S.; PORTUGAL, Licínio S.. **Análise da Relação entre o Sistema de Transporte e a Exclusão Social na Cidade do Rio de Janeiro**, In: ENGEVISTA, Rio de Janeiro, v. 6, n. 3, p. 36-53, 2004.

LISBOA FILHO, J. – **Projeto de Banco de Dados para Sistemas de Informação Geográfica**- Universidade Federal de Viçosa (UFV) – Departamento de Informática, Viçosa, 2001.

LUCAS, Karen. **Social Exclusion Unit**. *Journal of Transport Geography*. Transportation Research Board.

MAGALHÃES, David José Ahouagi Vaz de. **Localização Residencial e Acessibilidade ao Local de Trabalho dentro do Aglomerado Urbano formado pelos Municípios de Teresina (PI) e Timon (MA)**, In: XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, Caxambú-MG, Setembro de 2004.

MIRANDA, José Iguelmar. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. Brasília: Embrapa, 2005.

MOURA, Ana Clara Mourão. **Geoprocessamento no apoio a políticas do programa Vila Vila em Belo Horizonte-MG: intervenções em assentamentos urbanos precários**. Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro, Brasil, 21-24 out 2007, SBC, p. 1544-1553.

MOURA, Ana Clara M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. Belo Horizonte, Ed da Autora, 2003, 70 p.

MUTH, Richard F. **Models of Land-Use, Housing, and Rent: An Evaluation**. *Journal of Regional Science*, 25, 1985, pp. 593-606.

OLIVERA, Lourdes D.; PLAT, Didier; POCHEP, Pascal. **Transportation Conditions and Access to Services in a Context of Urban Sprawl and deregulation. The case of Dar es Salaam**, In: *Transport Policy*, UK, v. 10, n., p. 287-298, July 2003. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/>> Acesso em: 17 set. 2012.

O'SULLIVAN, D., MORRISON, A. e SHARER, J. (2000) **Using desktop GIS for the investigation of accessibility by public transport: An isochrone approach.** *International Journal of Geographical Information Science*, 14, pp. 85 - 104.

PAVIANI, Aldo. Vazios urbanos: terras para preservar ou especular? **Revista Eletrônica Minha Cidade**, Brasília, ano 9, v.. 9, p. 253, jan. 2013. Brasília.

PROPOLIS(2000)WorkPlan.http://www.ltcon.fi/propolis/PROPOLIS_Abstrat_Summary.pdf

PRESTON, John; RAJÉ, Fiona. **Accessibility, mobility and transport-related social exclusion**, In: **Journal of Transport Geography**, v. 15, n. 3, p. 151-160, January 2008. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/>> Acesso em: 15 set. 2012.

QUEIROZ M. P. **Análise espacial dos acidentes de trânsito do município de Fortaleza** [on line]. 2003. Disponível: <http://www.det.ufc.br/petran/teses/tese27.pdf> [capturado em 21 mai. 2012].

RAIA Jr., A.A. 2000. **Acessibilidade e Mobilidade na Estimativa de um Índice de Potencial de Viagens utilizando Redes Neurais Artificiais e Sistemas de Informação.** Tese, Doutorado em Engenharia Civil – Transportes pela Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos.

RIBEIRO, Luiz César de Q.; LAGO, Luciana Corre do. **A Oposição Favela-Bairro no Espaço Social do Rio de Janeiro**

RODRIGUES, Eduardo Vítor; Samagaio, Florbela; Ferreira, Hélder; Mendes, Maria Manuela; Januário, Susana. **A Pobreza e a Exclusão Social: Teorias, Conceitos e Políticas Sociais em Portugal**

ROSSETTO, Adriana Marques [et al.]. **Proposta de um Sistema de Indicadores para Gestão de Cidades visando ao Desenvolvimento sustentável.** COBRAC 2004 – Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, SC, 2004. Disponível em: <http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2004/060.pdf> Acesso em: 10 jul. 2013.

SANCHEZ, Thomas W.. **Poverty, policy, and public transportation**, In: **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, In Press, Corrected Proof, Available online 20 February 2008. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/>> Acesso em: 15 de setembro. 2012.

SANTOS, Luís Delfim; MARTINS, Isabel. **A qualidade de vida urbana. O caso da cidade do Porto.** Faculdade de Economia do Porto. Universidade do Porto. Porto (Portugal), 2002. Disponível em: <<http://www.fep.up.pt/investigacao/workingpapers/wp116.pdf>> Acesso em: 31 Fevereiro. 2012.

SANTOS, Enilson M.; SILVA, Ana P.Q.; MORAIS, Thatiana M.O.Q..**Exclusão Social, Transporte e Políticas Públicas**, In: Confederação Nacional do Transporte. (Org.). Transporte em Transformação IX: Trabalhos Vencedores do Prêmio CNT. 1ª ed.

Brasília: LGE, v.1, 2005, p.23-40

SERRANO, R. M. e VALCARCE, E. V. **Técnicas econométricas para el tratamiento de datos espaciales: la econometría espacial**. 1 ed. Barcelona: Ediciones de la Universidad de Barcelona, 2000. 158 p. ISBN 84-8338-224-5.

SILVA, A. N. R. da, *et al.*. **SIG: uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes**. 1 ed. São Carlos: Ed. dos autores, 2004. 229 p. ISBN 85-904931-1-3.

SILVA, Ardemirio de Barros. **Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: UNICAMP, 2003.

SOARES, U, P. (2006). **Procedimento para A Localização de Terminais Rodoviários Interurbanos, Interestaduais E Internacionais de Passageiros**. Dissertação de Mestrado. PET/COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro-RJ.

SOARES, S. R. (2003). **Análise Multicritério com Instrumento de Gestão Ambiental**. Dissertação de Mestrado UFSC. Florianópolis-SC.

SOUSA, Marcos T. R.. **Mobilidade e Acessibilidade no Espaço Urbano, In: Sociedade & Natureza, Uberlândia**, n.17 (33), 2005, p. 119-129.

SOUZA, T. A. R. ; HISSA, L. B. V. ; MICHEL, R. F. M. ; MORAES, A. M. L. . **Análise de Multicritério Aplicada ao Diagnóstico do Risco Ambiental do Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos: Um Estudo de Caso sobre a BR-381**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2009, Natal. Anais.2009.

SMOLKA, Martim O.. **Expulsando os pobres e redistribuindo os ricos: “dinâmica imobiliária” e a segregação residencial na cidade do Rio de Janeiro**, In: Revista Brasileira de Estudos Populacionais, n.9 (1), 1992, p. 3-20.

SPOSATI, Aldaíza. **Exclusão Social abaixo da Linha do Equador**, 1998.

TORRES, Haroldo da Gama. **Segregação Residencial e Políticas Públicas: São Paulo na década de 1990**, In: Revista Brasileira de Ciências Sociais, n.54 (19), 2004, p. 41-55.

TRANSLAND (2000)– **Integration of Transport and Land Using Planning**. Working paper disponível em www.inro.tno.nl/transland

TRANSPLUS (2002) – **Analysis of Land use and Transport Indicators** (excerpt from reports D2.2 and D3).www.transplus.net .

TURNER, Jeff; KWAKYE, Edward. **Transport and survival strategies in a developing economy: case evidence from Accra, Ghana, In: Journal of Transport Geography**, v. 4, n.3, p. 161-168, 1996. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/> Acesso em: 22 out. 2012.

VARGAS, H.C., CATILHO, L.H. de (2006) **Intervenções em centros urbanos: objetivos, estratégias e resultados**. Barueri, SP:Manole.

VASCONCELLOS, E. A. (2000) **Transporte Urbano nos Países em Desenvolvimento: reflexões e propostas**. Annablume.3a. Edição. São Paulo, SP.

VILLAÇA, F. (2001) **Espaço intra-urbano**. São PAULO, Studio Nobel.

VILLAÇA, Flávio. **Espaço intra-urbano no Brasil**. São Paulo: Studio Nobel,1998.

VINHAS, Lúbia. **Um Subsistema Extensível para o Armazenamento de Geo-Campos em Bancos de Dados Geográficos**. 2006. 114 f. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos - SP, 2006.