

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**ESTUDO EXPLORATÓRIO DA SINTAXE ESPACIAL COMO
FERRAMENTA DE ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO**

ANA PAULA BORBA GONÇALVES BARROS

ORIENTADOR: PAULO CESAR MARQUES DA SILVA

CO-ORIENTADOR: FREDERICO ROSA BORGES DE HOLANDA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TRANSPORTES

BRASÍLIA/DF: JULHO – 2006

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

ESTUDO EXPLORATÓRIO DA SINTAXE ESPACIAL COMO
FERRAMENTA DE ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO

ANA PAULA BORBA GONÇALVES BARROS

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
TRANSPORTES

APROVADA POR:

Prof. Paulo Cesar Marques da Silva, PhD (ENC – UnB)
(Orientador)

Prof. Frederico Rosa Borges de Holanda, PhD (FAU – UnB)
(Co-orientador)

Prof. Maria Alice Prudêncio Jacques, PhD (ENC – UnB)
(Examinadora Interna)

Prof. Helena Beatriz Bettella Cybis, PhD (PPGEP – UFRGS)
(Examinadora Externa)

BRASÍLIA/DF, 03 DE JULHO DE 2006

FICHA CATALOGRÁFICA

BARROS, ANA PAULA BORBA GONÇALVES

Estudo Exploratório da Sintaxe Espacial com Ferramenta de Alocação de Tráfego [Distrito Federal] 2006.

171p., 210 x 297mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Transportes, 2006).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Planejamento de Transportes

2. Alocação de Viagens

3. Sintaxe Espacial

4. Análise de Segmento

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BARROS, A. P. B. G. (2006). Estudo Exploratório da Sintaxe Espacial como Ferramenta de Alocação de Tráfego. Dissertação de Mestrado em Transportes, Publicação T.DM – 012A/2006, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 171p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Ana Paula Borba Gonçalves Barros

TÍTULO: Estudo Exploratório da Sintaxe Espacial *como Ferramenta de Alocação* de Tráfego.

GRAU: MESTRE

ANO: 2006

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestre e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito da autora.

Ana Paula Borba Gonçalves Barros

SQN 406, Bl I, apt 202, Asa Norte, CEP: 70847-090 Brasília – DF – Brasil.

anapaulabgb@yahoo.com.br

Av. Tavares Bastos, Bl: 15, apt 201, Marambaia, CEP: 66615-005 Belém – PA – Brasil.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família:

Em especial ao meu querido pai que sempre esteve presente (em todos os sentidos) na minha caminhada estudantil e acadêmica e ensinou-me a ter garra e determinação e à minha querida mãe que com muita paciência incentivou-me a prosseguir no caminho da academia.

Às minhas queridas irmãs que são minhas grandes amigas.

AGRADECIMENTOS

Muitas vezes me indago: “O que seria de nós sem pessoas queridas?”. Nos momentos que mais nos sentimos só e sem rumo, lá estão eles prontos a nos ajudar. Por isso não devemos NUNCA nos esquecer dos agradecimentos. Agradecimentos estes que sempre serão insuficientes.

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado à oportunidade de estar num constante aprendizado científico e na caminhada da evolução espiritual.

Em seguida à minha Grande Família, grande por ser composta por pessoas de bem e de grande coração. À minha mãezinha querida, por estar sempre ao meu lado, mesmo que somente espiritualmente; ao meu Pai, que com punhos de aço sustenta a família, inclusive a mim; às minhas queridíssimas irmãs que tanto amo e admiro e aos meus avós - Amélia Borba e Irandir Barros – com quem tanto aprendi (in memorian).

Às minhas grandes amigas e companheiras Michelle Andrade e Érica Ramalho, sempre dispostas a ajudar em todos os aspectos.

Ao Detran – DIVENG (Departamento de Engenharia), mais diretamente à pessoa de Kelen, por sua atenção e fornecimento de dados para a pesquisa.

Ao DER (Departamento de Estradas e Rodagem), mais precisamente à Mônica Velloso, que além de fornecer os dados necessários à pesquisa, é uma das mais queridas colega de mestrado.

A UFGRS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) – LASTRAN – no nome da Prof. Helena Cybis, por seu acolhimento no estudo do SATURN com contato direto de seus orientandos Cristiano Della Giustina, Paula Ariotti e Davi Araújo. Estes últimos um agradecimento todo especial. À Paula por ter me acolhido em sua casa e por ajudar-me com a formatação do trabalho. Ao Davi pelo inesgotável auxílio na empreitada de meu aprendizado do “software”. Pessoa que conheci e me encantei por sua atenção, simplicidade e encorajamento nos momentos em que tanto precisei.

À professora Adellaida por seu carinho e atenção. À Professora Maria Alice, sempre preocupada com o andamento da pesquisa e sempre muito atenciosa, além das contribuições na parte da análise estatística. Em especial ao Professor Paulo Cesar, por suas inúmeras orientações em diferentes aspectos, seja no que tange a pesquisa – no qual aprendi o verdadeiro sentido da ciência –, seja no meu progresso como pessoa.

Ao Professor Frederico de Holanda, por suas inovadoras idéias na interface entre Arquitetura e Transporte.

Aos professores Frederico de Holanda e Albertina por terem cedido à carta de recomendação para a submissão ao Mestrado de Transporte.

Aos amigos do Mestrado em Arquitetura: Darja Kos, Delaise Telles, George Da Guia, Jairo Bastidas, Juliana Garrocho, Kyung Eun, Liza Andrade, Valéria Bertolini, que

muito foram prestativos em um dos momentos que mais precisei.

Aos Professores da Graduação em Arquitetura: Marco Aurélio, Paulo Ribeiro, e em especial à Professora Helena Tourinho e ao Professor Antônio Lamarão, por acreditarem em meu potencial. A este último com um carinho especial por ter sido o orientador do meu trabalho final de graduação, no qual muito aprendi principalmente na exposição oral.

À minha linda e queridíssima professora e grande amiga Alegria Benzecry, por seu estímulo em minha vinda para Brasília e para que fizesse o mestrado.

Aos grandes amigos Fernanda e César, pessoas muito generosas que me acolheram nesta cidade quando não havia onde ficar e que hoje os considero como se fossem minha segunda família.

À querida amiga Polianna Serejo, que nos momentos alegres e tristes estava ao meu lado sempre pronta a ajudar e à Diney por sua grande amizade.

Aos amigos Patrícia e Emerson Izolan pela atenção atribuída a mim em minha primeira estada em Porto Alegre.

Ao professor Pastor Taco por sua amizade e auxílio na elucidação dos conceitos acerca do segundo capítulo.

Aos colegas da turma de mestrado, de turmas anteriores e posteriores que estão numa constante convivência. Em especial aos colegas: André Nunes, Glenda Taco, João Belém, Leandro Bernardes, Leandro Rodrigues, Marianne Trindade e Ricardo Gomes.

À Kátia colega do mestrado por ter me ajudado na localização dos pontos de pardais, e ao Allan por seu auxílio estatístico.

Ao Júlio Messias, um grande companheiro da vida acadêmica, que bom seria se todos tivessem um Messias em sua vida.

Ao programa de pós-graduação em Transportes pelo apoio financeiro na realização do estudo do SATURN na cidade de Porto Alegre.

À Capes pelo apoio financeiro.

Pessoas que direta e indiretamente ajudaram no processo deste trabalho.

E finalmente, ao Valério, na certeza que minhas palavras serão insuficientes para descrever minha profunda gratidão. Em todos os momentos esteve presente, mesmo quando “ausente”. Pessoa que me guiou quando estava sem direção, que me deu força quando estava sem ela, que me fez acreditar em mim quando muitas vezes não o fazia.

Pessoa linda, o amor da minha vida, uma dádiva divina que me foi concedida. Agradeço a ele e por ele (existir em minha vida).

RESUMO

ESTUDO EXPLORATÓRIO DA SINTAXE ESPACIAL COMO FERRAMENTA DE ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO.

Este trabalho discute características dos modelos configuracionais (Sintaxe Espacial) e dos modelos de alocação convencionais (SATURN), com o objetivo de avaliar o potencial da Sintaxe para estimação de rotas potencialmente atraentes. A iniciativa se associa a estudos que vem sendo realizados neste viés, no intuito de ampliar o leque de alternativas de ferramentas para projetos em transportes. A dissertação desenvolve parâmetros de comparação entre a Sintaxe e o SATURN em termos de aspectos teóricos, metodológicos e técnicos. Para os resultados foram utilizados dois tipos de categorias de análises: fluxos – interpretado em termos visuais e estatísticos – e rotas. Os achados apontaram para um resultado positivo, demonstrando como uma ferramenta configuracional como o mapa axial e, mais precisamente, o mapa de segmento, podem contribuir para estudos em transporte, principalmente num primeiro estágio de investigação. Nesta situação os modelos configuracionais foram mais econômicos e rápidos que os de transporte e seu resultado de saída pode funcionar como uma base para as ferramentas tradicionais de tráfego. As correlações foram elevadas, principalmente quando em base logarítmica, e a interpretação visual expôs cenários similares para a sintaxe espacial e o SATURN.

Palavras-chave: Modelos Configuracionais, Sintaxe Espacial, Análise de Segmento, Modelos de Alocação de Tráfego, Engenharia de Tráfego, SATURN.

ABSTRACT

EXPLORATORY STUDY OF SPACE SYNTAX AS A TRAFFIC ASSIGNMENT TOOL

This research discusses features of configurational (Space Syntax) and traffic assignment models, aiming at evaluating the potential of Syntax for estimating possible powerful traffic routes. This theme is related to studies with this approach, intending to broaden the variety of alternative tools for transport projects. In this dissertation, comparative parameters between syntax and SATURN were developed, regarding theoretical, methodological and technical points of view. For the results, two kinds of analytical categories were applied: flow (visual and statistical) and routes. Findings presented a positive result, showing how a configurational tool such as space syntax axial map and, more precisely, segment map, can contribute to transport studies, mainly for the first investigation stage. In this situation, configuration models use was cheaper and faster than traffic models and gave a general overview which can work as a basis for transport traditional tools. Correlations were high, especially when on logarithmic basis, and the visual interpretation displayed similar sceneries for space syntax and SATURN.

Key words: Configurational Models, Space Syntax, Segment Analysis, Traffic Assignment Models, Traffic Engineering, SATURN.

“É na experiência da vida que o homem evolui”

(Harvey Spencer Lyus)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	PROBLEMA	2
1.2	JUSTIFICATIVA	3
1.3	OBJETIVOS.....	5
1.4	METODOLOGIA.....	5
1.5	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	6
2	PROCESSO DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES	7
2.1	MODELOS DE PLANEJAMENTO NO SETOR DE TRANSPORTES	7
2.1.1	Modelo Clássico de Transporte ou <i>UTMS (Urban Transportation Model System)</i>	8
2.1.2	As Quatro Etapas.....	9
2.2	CRÍTICAS AO MODELO	18
2.3	TÓPICOS CONCLUSIVOS	21
3	MODELOS TRADICIONAIS DE ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO E MODELOS CONFIGURACIONAIS.....	22
3.1	SIMULAÇÃO	22
3.2	MODELOS TRADICIONAIS DE ALOCAÇÃO DE VIAGENS.....	24
3.2.1	Tipos de Abordagens da Análise de Tráfego.....	26
3.2.2	SATURN.....	28
3.2.3	Processo de Modelagem do SATURN.....	30
3.3	MODELOS CONFIGURACIONAIS	32
3.3.1	Sintaxe Espacial ou Teoria da Lógica Social do Espaço	33
3.3.2	Análise de Segmento ou <i>Segment Analysis</i>	42
3.3.3	Críticas ao Modelo.....	46
3.4	EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO DO SATURN E DA SINTAXE ESPACIAL	47

3.4.1	SATURN	47
3.4.2	Sintaxe Espacial	48
3.4.3	Sintaxe em Transporte	51
3.4.4	Utilização conjunta do SATURN e da Sintaxe Espacial	52
3.5	TÓPICOS CONCLUSIVOS	61
4	METODOLOGIA.....	62
4.1	ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SATURN E SINTAXE ESPACIAL ..	62
4.1.1	Aspectos Teóricos	62
4.1.2	Aspectos Metodológicos	63
4.1.3	Aspectos Técnicos	67
4.2	METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS	71
4.2.1	Análise Visual.....	72
4.2.2	Análise Estatística.....	73
4.2.3	Análise das Rotas	76
4.3	TÓPICOS CONCLUSIVOS	76
5	Estudo de Caso.....	78
5.1	CONCEPÇÃO DE BRASÍLIA	78
5.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO - SETOR NOROESTE	81
5.3	APLICAÇÃO DO FERRAMENTAL	87
5.4	TÓPICOS CONCLUSIVOS	99
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS	100
6.1	ANÁLISE VISUAL	100
6.2	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	114
6.3	ANÁLISE DAS ROTAS	130
6.4	TÓPICOS CONCLUSIVOS	138

7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	140
7.1	REPRESENTAÇÃO DOS MODELOS	140
7.2	CONCEPÇÃO DOS MODELOS.....	141
7.3	COMPLEXIDADE DOS MODELOS	141
7.4	INTERFERÊNCIA DO ANALISTA	142
7.5	VIAS UTILIZADAS	142
7.6	DADOS	143
7.7	PROCESSO DE MODELAGEM.....	143
7.8	CONTRIBUIÇÕES	144
7.9	RECOMENDAÇÕES.....	145
	REFERÊNCIAS	146
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	153

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Esquema de viagens baseadas nos domicílios	10
Figura 2.2	Esquema de viagens não baseadas nos domicílios.....	10
Figura 2.3	Esquemas de Divisões de Zonas	14
Figura 3.1	Caminhos para o estudo de um sistema.	23
Figura 3.2	Estrutura Geral do Modelo de Alocação.....	25
Figura 3.3	Esquema de uma rede com trama reticulada.....	25
Figura 3.4	Diagrama da relação parabólica entre velocidade e fluxo	27
Figura 3.5	Centróides ou centro de uma zona de tráfego	31
Figura 3.6	Demonstração de um polígono convexo (esquerda) e não convexo (direita)	36
Figura 3.7	Esquema de possibilidades de movimentos em uma trama retangular.....	37
Figura 3.8	Ilustração das etapas de construção de um mapa axial	40
Figura 3.9	Ilustração de mapas colorizados a partir dos valores obtidos da matriz	41
Figura 3.10	Mapa Axial do Plano Piloto	43
Figura 3.11	Análise de Segmento do Plano Piloto	44
Figura 3.12	Hierarquia Viária do Plano Piloto	45
Figura 3.13	Croqui dos “cantos” no Mapa de Segmento	46
Figura 3.14	Ponte Redinha-Santos Reis, a segunda ponte sobre o rio Potengi	50
Figura 3.15	Correlação entre integração e uso do solo.....	50
Figura 3.16	Entorno para incluir as duas pontes e a Zona Norte de Natal	51
Figura 3.17	Mapa Axial – Raio 3	53
Figure 3.18	Mapa Axial – Raio 7	54
Figura 3.19	Mapa Axial – Raio 11	55
Figura 3.20	Mapa Axial – Raio 15	56
Figura 3.21	Mapa Axial – Raio 19	57
Figura 3.22	Mapa Axial – Raio n	58
Figura 3.23	À esquerda – hierarquia mais elevada, à direita- melhor distribuição de acessos.	59
Figura 4.1	Representação de uma curva: 1 – Rede propriamente dita, 2 – Quebra Única, 3 – nós dummy em vermelho.....	64
Figura 4.2	Representação de uma curva: 1 – Rede propriamente dita, 2 - Sintaxe	

Espacial, 3 – SATURN e quebra única em vermelho e 4 – Análise de Segmento.	65
Figura 4.3 Representação de uma rede com a via principal curva: 1 – Rede propriamente dita, 2 - Sintaxe Espacial, 3 – SATURN e 4 – Análise de Segmento.	66
Figura 4.4 Representação de uma rede com traçado regular: 1- Rede propriamente dita, 2 – SATURN, 3 - Sintaxe Espacial e 4 – Análise de Segmento.	67
Figura 4.5 Correlação entre Integração e Conectividade	70
Figure 4.6 Mapa de Conectividade do Plano Piloto	71
Figura 4.7 Representação das faixas de fluxos do SATURN com a escala cromática da S.E.	72
Figura 4.8 Vias que foram utilizadas na correlação	74
Figura 4.9 Localização das vias que possuem contagem	75
Figura 5.1 Mapa Axial do Distrito Federal	80
Figura 5.2 Mapa Axial do Plano Piloto	81
Figura 5.3 Mapa do Distrito Federal	82
Figura 5.4 Mapa do Plano Piloto	83
Figura 5.5 Novos Limites do Parque Ecológico Burle Marx ao lado do Noroeste	83
Figura 5.6 Localização do Setor Noroeste no Plano Piloto	84
Figura 5.7 Delimitações do Setor Noroeste	85
Figura 5.8 Delimitações do Setor Sudoeste	85
Figura 5.9 Super Quadras do Setor Noroeste	86
Figura 5.10 Novos Limites do Parque Ecológico Burle Marx e Novos Pontos de Interseções com a implantação do Setor Noroeste	87
Figura 5.11 Divisão do Plano Piloto em Zonas de Tráfego Internas e Externas	88
Figura 5.12 Conectores e Hierarquia Viária do Plano Piloto	91
Figura 5.13 Mapa Axial Plano Piloto sem o Noroeste	92
Figura 5.14 Mapa Axial do Plano Piloto com o Noroeste	93
Figura 5.15 Mapa de Segmento do Plano Piloto sem o Noroeste	94
Figura 5.16 Mapa de Segmento do Plano Piloto com o Noroeste	95
Figura 5.17 Fluxo Veicular do Plano Piloto sem o Noroeste	96
Figura 5.18 Detalhe do Fluxo Veicular do entorno do Noroeste atualmente sem a implantação	97
Figura 5.19 Fluxo Veicular do Plano Piloto com o Noroeste	98

Figura 5.20	Detalhe do Fluxo Veicular do entorno do Noroeste após a implantação.	99
Figura 6.1	Faixas de Fluxos (Bandwidths) do Eixão Norte e Sul – SATURN	101
Figura 6.2	Integração das vias: Eixão Norte e Eixão Sul	102
Figura 6.3	Faixas de Fluxos (Bandwidths) do Eixo Monumental, L4 Sul e Setor Policial – SATURN	103
Figura 6.4	Integração das vias: Eixo Monumental, L4 Sul e Setor Policial	104
Figura 6.5	Faixas de Fluxos (Bandwidths) da EPIA – SATURN	105
Figura 6.6	Detalhe da EPIA	106
Figura 6.7	Integração da EPIA – S.E.	107
Figura 6.8	Faixas de Fluxos das vias: W5 norte e sul e UnB – SATURN	108
Figura 6.9	Detalhe da W5 Norte e da UnB	109
Figura 6.10	Integração das vias: W5 norte e sul e UnB – S.E.	110
Figura 6.11	Faixas de Fluxos das vias que dão acesso: EXTRA, Autódromo, UnB e Palácio da Alvorada	111
Figura 6.12	Integração das vias que dão acesso: EXTRA, Autódromo, UnB e Palácio da Alvorada – S.E.	112
Figura 6.13	Mapa de Segmento do Plano Piloto	113
Figura 6.14	Correlação em Regressão Linear Simples entre SATURN & Integração Global em Mapas Axiais.	115
Figura 6.15	Correlação em Regressão Linear Simples entre SATURN & Integração Global na Análise de Segmento.	116
Figura 6.16	Correlação em Regressão Logarítmica Linearizada entre SATURN & Integração Global nos Mapas Axiais	117
Figura 6.17	Correlação em Regressão Logarítmica Linearizada entre SATURN & Integração Global em Análise de Segmento.	118
Figura 6.18	Correlação em Regressão Linear Simples entre SATURN & Contagens.	120
Figura 6.19	Modelo SATURN – EPIA com a parte norte com contagens e a parte central sem contagens.	120
Figura 6.20	Detalhe de retornos localizados na Esplanada dos Ministérios com fluxos nulos – SATURN	121
Figura 6.21	Detalhe de vias (W4 e vias de acesso aos fundos das quadras) com fluxos nulos – SATURN	121

Figura 6.22	Correlação em Regressão Linear Simples entre Integração Axial & Contagens.	122
Figura 6.23	Correlação em Regressão Linear Simples entre Integração Axial (Análise de Segmento) & Contagens.	123
Figura 6.24	Correlação em Regressão Logarítmica Linearizada entre SATURN & Contagens.	124
Figura 6.25	Correlação em Regressão Logarítmica Linearizada entre Integração Axial & Contagens.	125
Figura 6.26	Correlação em Regressão Logarítmica Linearizada entre Integração Axial (Análise de Segmento) & Contagens	125
Figura 6.27	Correlação em Regressão Linear entre SATURN e Integração com o Noroeste.....	127
Figura 6.28	Correlação em Regressão Linear entre SATURN e Análise de Segmento com o Noroeste.....	127
Figura 6.29	Correlação em Regressão Logarítmica Linearizada entre SATURN e Integração com o Noroeste.....	128
Figura 6.30	Correlação em Regressão Logarítmica Linearizada entre SATURN e Mapa de Segmento com o Noroeste.....	128
Figure 6.31	Rota entre o final da Asa Norte e a Esplanada dos Ministérios - SATURN.	131
Figure 6.32	Rota entre o Sudoeste e a Esplanada dos Ministérios – SATURN.....	132
Figure 6.33	Rota entre o Parque da Cidade e o final da Asa Norte – SATURN.....	133
Figure 6.34	Rota entre o Noroeste e o Lago Sul – SATURN	134
Figure 6.35	Mapa Axial.....	135
Figure 6.36	Mapa de Segmento.....	136
Figure 6.37	Escala cromática das vias mais integradas escolhidas para a rota	137
Figure 6.38	Escala cromática das vias que ligam os eixos W e L.....	138

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Fatores de Influência.....	12
Tabela 2.2	Matriz Origem-Destino (O/D) de 2000 do Distrito Federal	15
Tabela 2.3	Classificação de Alocação de Tráfego.....	17
Tabela 2.4	Críticas ao Modelo de Transporte.....	20
Tabela 4.1	Comparação Geral entre a Sintaxe Espacial e o SATURN	68
Tabela 5.1	Zoneamento Utilizado no Estudo de Caso.....	89
Tabela 6.1	Relação entre Categoria e Correlação.....	115
Tabela 6.2	Resumo dos Resultados dos Valores de r de <i>Pearson</i> e R^2	129

LISTA DE SIGLAS

CODEPLAN	Companhia do Desenvolvimento do Planalto Central
EPIA	Estrada Parque Indústria e Abastecimento
EPTG	Estrada Parque Taguatinga Guará
DER	Departamento de Estradas e Rodagem
DETRAN	Departamento de Trânsito
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
O-D	Origem Destino
S.E.	Sintaxe Espacial
SMU	Setor Militar Urbano
UCL	University College London
ZT	Zona de Tráfego

1 INTRODUÇÃO

As cidades concentram múltiplas atividades humanas, inclusive e principalmente a comercial, potencializando sua capacidade produtiva (Rolnik, 1995; Ferraz e Torres, 2004). Segundo Ferrari (1979), não há certeza se a cidade provocou o surgir do comércio ou vice-versa. Por outro lado, Rolnik (1995) acredita que a cidade cria o mercado, por se tratar de um aglomerado de pessoas num espaço limitado.

O que se sabe é que as atividades comerciais localizam-se no *núcleo central* da cidade, ou *fazem* este núcleo central, entendido não como o centro geométrico do assentamento, e sim como o local onde se situa a maior concentração de comércios e serviços de uma cidade.

Centros urbanos são também referidos como centros ativos e, segundo Kneib (2004), são aqueles que concentram atividades e para os quais os sistemas de transporte promovem o acesso dos usuários de modo a confirmar a forte relação entre centralidade, atividades e acessibilidade.

Nesta pesquisa, centro é definido pelos dois critérios adotados por Alarcón (2004): o funcional (aglomeração de atividades de comércio e serviço) e o morfológico (concentração das vias mais acessíveis na malha viária urbana). A definição baseia-se no fato de que, ao se pensar em cidades, muitas vezes a idéia imediata que chega à mente seria ou a de uma estrutura compacta e amontoadas, à semelhança de uma cidade medieval ou um assentamento colonial brasileiro, ou então de um conjunto de artérias e vias margeando arranha-céus e edificações, numa direta associação ao conceito de metrópole.

Com o crescimento urbano ocorrido especialmente a partir do século XIX, diversas atividades antes localizadas no núcleo central das cidades foram transferidas para áreas periféricas em novas centralidades emergentes, alimentando, também, o processo de expansão urbana. O fato gerou o surgimento de assentamentos urbanos polinucleados,

com centros principais e diversos subcentros ou centros secundários (Villaça, 2001).

Com o aumento da periferia, o fenômeno da suburbanização afastou ainda maiores massas populacionais dos centros urbanos, provocando, portanto, o aumento da distância entre a população e os centros e, por conseguinte, fomentando a necessidade maior de deslocamentos com um grau maior de abrangência.

A expansão urbana periférica horizontal foi acompanhada pelo crescimento verticalmente, com o surgimento do edifício em altura. As cidades, portanto, se transformaram drasticamente em pouco mais de um século. Os subúrbios se tornaram comuns e são uma identidade clara de grande parte dos assentamentos humanos no mundo hoje em dia.

No Brasil das últimas décadas, estes assentamentos são compostos não somente por pessoas de baixa renda, mas também pela classe média (com o advento dos conjuntos habitacionais do BNH nas décadas de 50 e 60) e pela classe alta (com os condomínios fechados). Os movimentos provocaram um crescimento no número de deslocamentos entre centro x periferia, impulsionado pelo aumento no número de veículos no tráfego.

1.1 PROBLEMA

Aliado ao aumento do número de veículos no tráfego e a falta de interesse político na implantação de projetos de planejamento urbano e de transportes tem causado inúmeros problemas urbanos que atingem as cidades brasileiras. Entre estes, os de congestionamentos são os mais alarmantes, afetando a acessibilidade, a mobilidade e a segurança do tráfego (Ferraz e Torres, 2004). A acessibilidade é associada à facilidade de acessar os locais, ou seja, a facilidade de ligações entre esses locais e a moradia das pessoas (origem e destino). A mobilidade, por sua vez, é a facilidade de deslocamento das pessoas para acessar os locais, dependendo das características do sistema de transporte urbano (infra-estrutura viária, sistema de circulação do trânsito, transporte público, etc.).

Cabe ressaltar que os problemas de circulação não são novidade: existem registros de

que desde o Império Romano problemas de tráfego e congestionamentos já existiam embora se tratasse de veículos a tração animal (Andrade, 1994 e Vasconcellos, 1998).

1.2 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista o aparente diálogo entre a *Sintaxe Espacial (ou Teoria da Lógica Social do Espaço)* e modelos de transporte, por ambos se basearem na estrutura urbana existente e nas relações entre as diversas partes da cidade como pontos de geração de fluxo/tráfego decidiu-se pelo uso dessas ferramentas, verificando o comportamento individual e comparativo de cada uma.

Além disso, motivou a realização da pesquisa o fato de que estudos que já foram desenvolvidos associando sintaxe a transporte não alcançaram um estágio satisfatório de análise e conclusão, o que impulsiona o debate e o desejo de maior firmeza nos argumentos que porventura sejam desenvolvidos.

Por tais motivos, estudos que se dedicam à distribuição do fluxo são úteis para compreender essa dinâmica urbana e propor soluções. Entre as ferramentas utilizadas existentes, as que serão adotadas neste estudo englobam:

- (a) os modelos de transporte, que se baseiam em um extensivo número de dados como: características sócio-econômicas da área, número de viagens realizadas, modo de transporte escolhido, motivo das viagens etc.; e
- (b) os modelos configuracionais, que são aqueles que estudam a configuração do espaço das cidades – concernente ao forma/espço espacial da cidade – e suas relações topológicas – relações que mostram como as partes interagem entre si.

Nos modelos convencionais de transporte, o Modelo de Quatro Etapas é o mais recorrente, e a alocação de tráfego ou alocação de viagens consiste em sua 4ª etapa. Esta, por sua vez, trata do método utilizado para a escolha de rotas das viagens realizadas de uma zona de tráfego a outra. Consiste em uma etapa de extrema importância para o bom entendimento da utilização da estrutura viária das cidades, permitindo a geração de intervenções nas condições dessa estrutura de forma a evitar

certos transtornos principalmente no que tange à fluidez do tráfego urbano.

Embora estejam entre as ferramentas mais utilizadas, sabe-se a respeito da alocação de viagens que: ferramentas convencionais de alocação exigem grande quantidade de dados, além de considerarem essencialmente as relações geométricas do espaço, entretanto seus resultados de saída são apresentados sob a forma de fluxo em unidades de veículos; e que sob outro viés, os modelos configuracionais necessitam de pouco mais que mapas, além de que incorporam as relações topológicas do espaço; apresentando um resultado mais expedito e de boa apreensão gráfica, entretanto seus resultados de saída se apresentam em potencial de fluxo. Em outras palavras, estes modelos, analisam as relações de acessibilidade da rede viária, o que se associa ao entendimento do que é topologia. Por outro lado, há que se registrar que modelos do primeiro tipo estimam a alocação, numa rede viária cujos elementos têm capacidades definidas, de viagens que de fato existem (ou que são previstas), enquanto modelos do segundo tipo estimam o potencial que, proporcionalmente, cada via tem de acomodar um volume não quantificado de viagens.

A presente pesquisa propõe uma investigação comparativa entre os modelos convencionais de alocação de tráfego, a partir do uso do aplicativo SATURN, e os modelos configuracionais por meio da abordagem da análise sintática do espaço, ou Sintaxe Espacial.

A pesquisa se justifica a partir de três perspectivas: (a) Instrumental: estudos prévios foram feitos envolvendo modelos configuracionais e transportes – Maha (1997) – e modelos de alocação de tráfego – Alves (1999), além de Cybis *et al.* (1996), que realizaram pesquisa semelhante ao presente estudo, entretanto não obtiveram um nível satisfatório de análise e conclusão; (b) Teórico: a incorporação das relações topológicas analisadas pela Sintaxe Espacial aos estudos efetuados nas análises de alocação do fluxo, complementando os modelos de alocação de tráfego, aponta para uma produtiva interação entre áreas de conhecimento; (c) Prático: há possibilidades de o instrumental ser adotado em projetos de planejamento de transporte como apresentado em estudo recente da autora (Barros *et. al.*, 2005), que abordou a aplicação da ferramenta na definição de parâmetros de hierarquia viária.

Portanto, comparam-se as ferramentas para extrair possibilidades de uso conjunto que sejam viáveis para o planejamento de transportes.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo principal desta pesquisa é avaliar o potencial da Sintaxe Espacial como ferramenta de estimação de rotas potencialmente atraentes. Esta avaliação consiste em realizar análises comparativas com o SATURN – um modelo tradicional de alocação de viagens – sob aspectos teóricos, metodológicos e técnicos.

Os objetivos específicos também são de extrema relevância ao processo de concepção deste estudo, como:

- Estudar conceitualmente e criticamente a Sintaxe Espacial e os princípios da alocação.
- Desenvolver parâmetros de comparação entre a Sintaxe Espacial e um modelo convencional de alocação de viagens em termos de: bases conceituais; confiabilidade dos resultados; consumo de recursos e de dados;
- Gerar uma base de dados a partir da aplicação no estudo de caso.

1.4 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada com base em levantamento bibliográfico acerca dos conceitos, princípios e aplicações da Sintaxe Espacial e dos modelos de alocação convencionais. Também foram utilizados dados de contagem veicular de vias que foram disponibilizados pelo Detran e DER.

A metodologia proposta na pesquisa foi realizada a partir de uma comparação entre as ferramentas em três aspectos: teóricos, metodológicos e técnicos. Cabe ressaltar que além de várias pesquisas em trabalhos, não somente na área de transporte como em

áreas afins, a escolha destes aspectos é também fundamentada em Holanda (2001).

Para a realização das análises dos resultados dos modelos optou-se por adotar dois tipos de análises: a dos fluxos – composta pelas análises visual e estatística – e a de rotas, a fim de obter um resultado mais consistente e abrangente.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Com base no problema e na metodologia proposta, esta dissertação apresenta-se estruturada em sete capítulos. A introdução contempla o projeto de pesquisa focando as estruturas das cidades, centros urbanos, deslocamentos nos aglomerados urbanos, além de expor o problema, a justificativa, os objetivos e a metodologia aplicada à pesquisa; no Capítulo 2 é apresentada uma revisão bibliográfica acerca do processo de planejamento de transportes, bem como suas críticas mais frequentes; o Capítulo 3 apresenta a conceituação de sistemas de simulação, além de detalhar as características dos modelos utilizados na pesquisa, SATURN (Modelos de Alocação de Viagens) e Sintaxe Espacial (Modelos Configuracionais), as aplicações destes em estudos que os inserem isoladamente e outros que os utilizam em conjunto; o Capítulo 4 aborda a comparação e a metodologia de análise utilizada entre os modelos em questão, em termos de teoria, metodologia e técnica, e acrescenta ainda um breve estudo sobre o Depthmap®, software utilizado em recentes pesquisas para análise de segmentos, na Bartlett School of Graduate Studies, em Londres, sobre a Sintaxe Espacial; a aplicação do ferramental é realizada no Capítulo 5, no qual se encontra, também, iniciando o capítulo, um breve apanhado histórico sobre a cidade de Brasília, a caracterização da área do estudo de caso (Setor Noroeste), bem como os resultados da aplicação; as análises dos resultados são apresentadas no Capítulo 6; e, por fim, o Capítulo 7 contém as conclusões e recomendações do trabalho.

2 PROCESSO DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES

Apresenta-se neste capítulo o processo de planejamento de transportes, de modo a se ter uma visão crítica em relação às etapas deste processo tão vastamente utilizado em estudos de transporte. Este tópico divide-se em três partes:

- a primeira trata dos tipos de modelos de planejamento no setor de transportes, e neste está inserido o *Modelo Convencional Empírico* ou *Modelo Clássico de Transporte* ou *UTMS (Urban Transportation Model System)* ou ainda Modelo de Quatro Etapas ou Modelo Seqüencial, tendo o mesmo significado;
- na segunda o enfoque é dado para cada uma das quatro etapas detalhadamente ;
- na terceira e última parte, são apresentadas críticas ao Modelo de Quatro Etapas, vistas de alguns pontos de vista, como: técnico, estratégico, político e ideológico.

Vale ressaltar que as críticas realizadas às três primeiras etapas do modelo de transporte foram necessárias, pois são a base da última etapa – a de alocação de viagens – de direto interesse ao estudo.

2.1 MODELOS DE PLANEJAMENTO NO SETOR DE TRANSPORTES

Inicialmente é relevante conceituar o que vem a ser planejar. Planejar é traçar planos para a realização de algo; organizar segundo um plano, projetar (Bueno, 2000). O Planejamento de Transportes é o processo de previsão de demandas de viagens e fluxo de tráfego realizado a fim de melhorar as condições operacionais do sistema de transporte atual e futuro (Taaffe, 1996).

O planejamento de transportes, assim como o planejamento urbano ou em qualquer outra área, se utiliza de modelos que norteiam as possíveis soluções de problemas existentes.

Em planejamento de transportes, as três principais categorias de modelos utilizados,

segundo a classificação de Toni (2000), são:

- (a) *modelos convencionais empíricos* - são os mais utilizados em Transportes, conhecidos como “Modelo de Quatro Etapas” ou “Modelo Sequencial”.
- (b) *modelos comportamentais* - utilizam fatores de motivação dos usuários
- (c) *modelos atitudinais* – procuram captar as reações dos usuários não compreendidas pelos modelos anteriores.

Neste estudo é utilizado o Modelo de Quatro Etapas, por nele estar inserida a etapa da *Alocação de Viagens*, que será o objeto de comparação com a Sintaxe Espacial (S.E.) ou *Space Syntax*, por utilizar os fluxos veiculares. A abordagem do trabalho tem foco somente no âmbito das capacidades das vias, bem como os fluxos que nelas se incorporam, por ser o entendimento comum entre o ferramental utilizado.

É interessante ressaltar que nos tópicos subseqüentes são compilados tanto conceitos clássicos como algumas contribuições mais recentes.

2.1.1 Modelo Clássico de Transporte ou *UTMS (Urban Transportation Model System)*

O modelo clássico de transporte possui a mesma estrutura desde sua formulação na década de 60. Contudo, avanços significativos têm sido realizados na especificação de seus diversos submodelos e, mais ainda, tem-se conseguido uma melhor definição da forma da interação que estes devem ter entre si de modo que haja uma solução única do complexo problema de equilíbrio entre oferta e demanda (Ortúzar, 2000).

O modelo clássico considera uma rede multimodal de transporte – aquela que utiliza mais de um modo –, um zoneamento da área de estudo – que consiste no fracionamento de áreas urbanas em setores conforme características comuns – e a coleta e codificação de dados para calibração e validação dos modelos, de forma a melhor alcançar a simulação. Nos dados dos modelos de previsão do modelo clássico inserem-se informações:

- Sócio-econômicas da população de cada zona da área estudada;

- Atividades econômicas, incluindo empregos, áreas de comércio;
- Atividade educacional e de lazer.

De posse desses dados, obtidos geralmente por meio de uma pesquisa origem-destino, podendo também serem utilizadas alternativas menos usuais como a análise do consumo de energia elétrica de cada domicílio, pode-se estimar modelos que permitam prever o total de viagens geradas e atraídas entre cada par de zonas, os modos e os trajetos utilizados. A pesquisa origem-destino é usualmente realizada nos domicílios, em que os residentes – também usuários de transporte –, são questionados sobre seus destinos rotineiros.

2.1.2 As Quatro Etapas

As três primeiras etapas – *geração, distribuição e divisão modal* – constituem a parte do modelo de demanda, findada com a previsão do número de viagens entre cada par de zonas por cada modo de transporte disponível, dados os custos de viagens interzonais; posteriormente, a partir dos dados obtidos nestas etapas, é realizada a última, a de alocação, que constitui a parte do modelo de oferta. Alguns aspectos dessas etapas do modelo convencional de transporte são explicados a seguir.

Geração de Viagens

Mello (1975) conceitua esta etapa como sendo “o número total de viagens gerados de uma origem e atraídos para um destino de cada zona da área de estudo”. Ele enfatiza a importância da homogeneidade destas zonas e afirma que o número de viagens ocorrerá em função das características das zonas de tráfego. Bruton (1979) diz ainda que esta etapa está diretamente relacionada à previsão dos tipos de viagens de pessoas ou veículos, normalmente em zonas de tráfego ou aglomerados de zonas de tráfego. O conceito adotado pelo segundo autor valoriza a homogeneidade das zonas, que pode ser em termos de uso do solo, renda etc. O número de viagens produzidas e atraídas por cada zona de tráfego é o modo como Hanson (1986) conceitua a *geração de viagens*.

As viagens, quer sejam de pessoas, quer sejam de cargas, conceituam-se como sendo os movimentos realizados de uma origem a um destino (Ortúzar, 2000). Podem ser

classificadas em duas categorias: as viagens *baseadas nos domicílios* (HB) e as *não baseadas nos domicílios* (NHB). As primeiras são as viagens que têm origem ou destino nas casas, como: *casa – estudo*, *estudo – casa*, *casa – comércio*, *comércio – casa*, *casa – lazer*, *lazer – casa* (Figura 2.1), e as últimas não são originadas nem destinadas às casas, melhor dizendo, são os deslocamentos entre outros locais, como exemplos: *trabalho – estudo*, *estudo – comércio*, *comércio – trabalho*, *trabalho – lazer* (Figura 2.2).

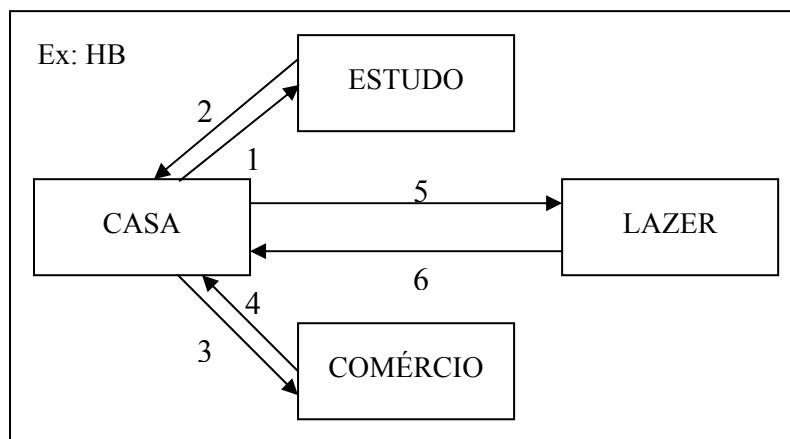


Figura 2.1 Esquema de viagens baseadas nos domicílios

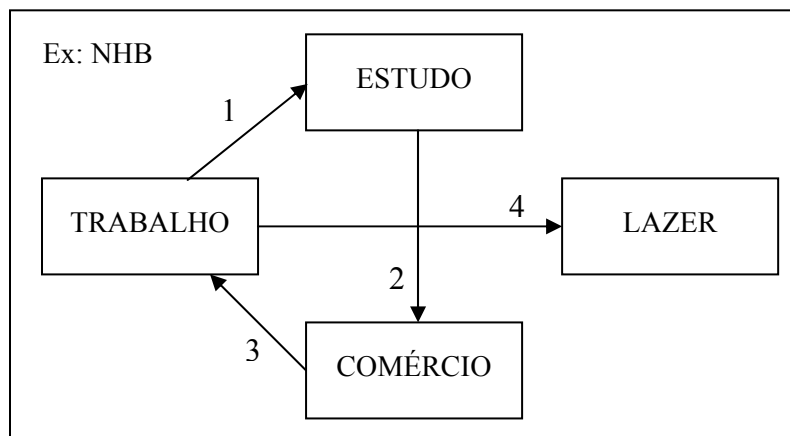


Figura 2.2 Esquema de viagens não baseadas nos domicílios

Para Ortúzar e Willumsen (1990), as viagens são classificadas segundo: (1) o motivo (trabalho, estudo, compras, lazer etc), (2) a hora do dia (*pico* – período de uma hora de

duração de um dia, no qual a via é mais intensamente utilizada – e *fora do pico*) e (3) tipo de pessoa (nível de renda, relação com o veículo – número de carros –, tamanho e estrutura da casa). Vasconcellos (2001), por sua vez, confirma as palavras de Ortúzar e Willumsen (1990) ao dizer que “a mobilidade aumenta com a renda”, levando em consideração a disponibilidade de transporte motorizado na residência, o nível educacional, a ocupação das pessoas, dentre outros.

Bruton (1979) afirma que os fatores que influenciam a geração de viagens são divididos em três grupos – uso do solo (comercial, residencial, institucional etc), residências (tipos de domicílio: permanente – residência ou transitório – hotéis; ocupação dos residentes - tipo de emprego do chefe da família) e outros fatores (valor do mercado imóvel, grau de urbanização da área). Fricker e Whitford (2004), por outro lado, afirmam que o número de viagens realizadas depende não somente da renda e do número de veículos existentes em uma residência, mas também do número de motoristas e de pessoas que trabalham na família.

Inúmeros fatores afetam a geração de viagens; dentre os que se destacam podem ser citados: *localização da zona de tráfego em relação às áreas centrais; padrões de uso do solo; características dos sistemas de transporte e características socioeconômicas da população* (Mello, 1975).

Além da modelagem das viagens de pessoas, deve-se, também, modelar as viagens de cargas. Por isso, Ortúzar (2000) acredita que para a geração de viagens é necessário estimar modelos para quatro grandes grupos, que são:

1º - Produção de viagens de pessoas (PVP);

2º - Atração de viagens de pessoas (AVP);

3º - Produção de viagens de veículos de carga (PVC);

4º - Atração de viagens de veículos de carga (AVC).

O conceito de Ortúzar (2000) mostrado na Tabela 2.1 insere-se no de Mello (1975),

visto que considera que a PVP é influenciada diretamente por seis fatores: *renda, número de veículos, tamanho da família, número de pessoas por família, composição da família, número de motoristas na família e acessibilidade*. Todos estes fatores estão diretamente relacionados com as características socioeconômicas da população. A AVP é influenciada pelo número de empregos: *pessoas que trabalham em serviços industriais, as que trabalham em serviços comerciais e as que trabalham em outros serviços*. E, por fim, a PVC e a AVC têm interferência direta do *número de empregados, número de vendas, área construída da empresa*.

Tabela 2.1 Fatores de Influência

Grupos	Fatores de influência
PVP	Renda, número de veículos, tamanho da família, número de pessoas por família, composição da família (pai, mãe, filhos), número de motoristas na família e acessibilidade.
AVP	Pessoas que trabalham em serviços industriais, as que trabalham em serviços comerciais e as que trabalham em outros serviços.
PVC AVC	Número de empregados, número de vendas, área construída da empresa.

Fonte: Ortúzar (2000) – adaptada

Distribuição de Viagens

A distribuição de viagens, a segunda etapa do modelo clássico, para Bruton (1979), consiste no estabelecimento de ligações entre várias zonas para as quais os cálculos de geração de viagens foram realizados. Ortúzar (2000) aprofundou a visão e afirmou que esta etapa trata de distribuir as viagens geradas por cada zona entre suas possíveis zonas de destino, a fim de produzir matrizes de viagens para os distintos propósitos modelados nos diversos períodos do dia que estejam sendo considerados no estudo (horário de pico, horário fora do pico etc.).

Além disso, são requeridas informações sobre os *custos generalizados* de viagem entre cada par de zonas. Entende-se por custos generalizados aqueles que, sob alguns aspectos, de uma forma ou de outra, acabam interferindo no tempo gasto no processo de

uma viagem. Têm-se como exemplos: estado das vias, modo de dirigir dos condutores, distância, tempo, dentre outros.

Para o exemplo de usuários de transporte individual, os custos generalizados podem ser: tempo gasto nos semáforos, nas paradas obrigatórias, interseções e desconforto para o motorista quando o volume de tráfego é grande, dentre outros.

No caso do usuário de transporte coletivo, estes custos podem se traduzir no tempo gasto entre a origem e o ponto de parada, tempo de espera na parada, tempo que permanece no veículo, tempo gasto entre o ponto de descida e o destino, ocupação dos veículos, além dos já mencionados no transporte individual.

A distribuição de viagens visa descobrir de que modo as viagens estão ou são distribuídas em uma região dividida em zonas. O termo *região* nesta pesquisa contempla qualquer área que esteja circunscrita em uma cidade, visto que terá como foco uma área inserida no contexto urbano.

A região em estudo deve ser dividida em zonas; para melhor caracterização das áreas geralmente se aproveitam divisões consagradas como os setores censitários do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no caso do Brasil. São áreas que nem sempre coincidem com divisões administrativas (como é o caso da divisão do IBGE) e, por conta disso, precisam sofrer alguns ajustes em sua estruturação de modo a compatibilizar o diálogo com outras bases de dados (Figura 2.3).

Entretanto, alguns estudiosos como Ortúzar (2000) e Teixeira (2003) afirmam que estas zonas devem ser divididas por sua homogeneidade em termos de renda, uso do solo, composição da população dentre outros fatores, por estes fatores estarem intrinsecamente ligados à análise da demanda de transporte. Em tese, este entendimento seria mais coerente do que o sugerido no parágrafo anterior. Entretanto, a dificuldade na obtenção de dados pede que sejam aproveitadas informações existentes de forma a tornar mais viável a execução dos estudos.

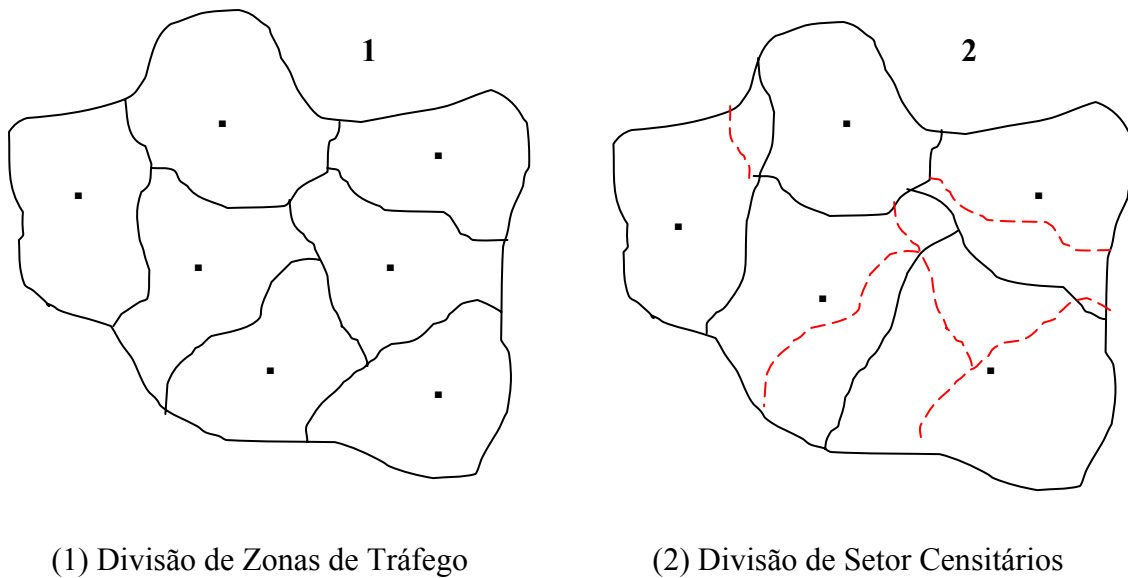


Figura 2.3 Esquemas de Divisões de Zonas

A representação dessa distribuição é realizada por meio de uma matriz de origem e destino das viagens. Mesmo com custo elevado e dificuldades de levantamento das viagens, a pesquisa origem-destino é o método que Ortúzar (2000) afirma oferecer, em geral, possibilidades de obtenção de dados mais úteis.

A matriz origem-destino constitui uma tabela na qual, distribuídas em linhas e colunas, colocam-se as zonas da área em estudo de modo a realizar o cruzamento das mesmas permitindo a visualização do número de viagens realizadas entre cada par de zonas. Como exemplo a Tabela 2.2 mostra a matriz de viagens diárias em um dia útil do mês de novembro de 2000, por todos os modos e motivos segundo algumas Regiões Administrativas do Distrito Federal.

A matriz de viagens representa a demanda do sistema viário, consideradas as viagens de uma origem a um destino. O número de viagens realizadas em uma região depende do potencial que as zonas de tráfego têm de atraí-las ou produzi-las. E este potencial está intrinsecamente ligado ao uso do solo, por ser responsável pelos movimentos realizados em uma área, em uma cidade.

Tabela 2.2 Matriz Origem-Destino (O/D) de 2000 do Distrito Federal

Região Administrativa de Origem	ORIGEM (Produção)									
	Brasília	Lago Sul	Lago Norte	Cruzeiro	Guará	Núcleo Bandeirante	Candangolândia	Taguatinga	Samambaia	Ceilândia
Brasília	400489 54,33	19628 2,66	18416 2,50	41970 5,69	44751 6,07	13128 1,78	4450 0,60	38697 5,25	16943 2,30	43650 5,92
Lago Sul	20303 37,20	8847 16,21	500 0,92	1534 2,81	2313 4,24	1042 1,91	546 1,00	2297 4,21	780 1,43	2174 3,98
Lago Norte	18154 59,47	588 1,93	7167 23,48	289 0,95	825 2,70	33 0,11		681 2,23	239 0,78	237 0,78
Cruzeiro	41924 44,20	1562 1,65	292 0,31	33934 35,78	6067 6,40	284 0,30	121 0,13	3066 3,23	904 0,95	2251 2,37
Guará	44917 22,60	2349 1,18	758 0,38	5934 2,99	95185 47,89	2934 1,48	1640 0,83	14734 7,41	5405 2,72	11940 6,01
Núcleo Bandeirante	13013 28,10	1041 2,25	33 0,07	302 0,65	3210 6,93	14905 32,19	2342 5,06	2256 4,87	1222 2,64	1491 3,22
Candangolândia	4616 23,61	546 2,79		161 0,82	1771 9,06	2287 11,70	7919 40,50	710 3,63	96 0,49	386 1,97
Taguatinga	37420 10,07	2709 0,73	778 0,21	2759 0,74	14409 3,88	2552 0,69	816 0,22	225757 60,77	21080 5,67	41320 11,12
Samambaia	17252 10,69	819 0,51	239 0,15	870 0,54	5602 3,47	1222 0,76	64 0,04	20844 12,91	103369 64,04	6943 4,30
Ceilândia	44046 12,34	2069 0,58	237 0,07	2503 0,70	11901 3,34	1291 0,36	348 0,10	41083 11,51	6910 1,94	238791 66,92

DESTINO (Atração)

Fonte: CODEPLAN (2002)

Divisão Modal

Para Mello (1975), a divisão de viagens ou – como ele prefere chamar – *repartição intermodal do tráfego* “é a alocação das viagens pelos diferentes meios de transporte”. Este conceito está ultrapassado, visto que o processo sofreu muitas modificações e as etapas de alocação e divisão modal não mais se definem conjuntamente. Bruton (1979) define essa etapa como sendo “a divisão proporcional de total de viagens realizadas pelas pessoas, entre diferentes modos de viagem”.

Hanson (1986), por outro lado, apresenta um conceito que trata do modelo que prevê a proporção de viagens por cada modo de transporte entre cada par de zonas origem/destino e o objetivo desta etapa é prever o número de viagens de cada origem para cada destino por cada modo.

Essa proporção de viagens de cada modo de transporte depende da escolha dos usuários. Estes, por sua vez, sofrem interferências de algumas variáveis, que, segundo Ortúzar

(2000), são:

1. Características do próprio usuário:

- *se possui ou não licença de motorista;*
- *estrutura da família* – solteiro, casal com filhos ou sem filhos etc;
- *renda;*
- *número de pessoas por família;*
- *decisões de destinos* – ir ao trabalho, levar as crianças à escola;
- *número de veículos por família.*

2. Características da viagem, dividida em dois tipos:

- Propósito da viagem – trabalho, estudo, lazer etc.
- Período do dia – pico, fora do pico.

3. Características dos modos de transporte; podendo ser fracionadas em duas categorias:

- Fatores quantitativos (tempo relativo de viagem, custo de estacionamento, custos monetários etc).
- Fatores qualitativos (conforto, regularidade, segurança etc).

Alocação de Viagens

A alocação “tem por finalidade estabelecer os volumes de tráfego que utilizarem os diferentes trechos da rede” Mello (1975). A última etapa do modelo, a alocação de tráfego ou alocação de viagens, considera aspectos da oferta – as vias ou a rede – e equilíbrio oferta-demanda – equilíbrio da rede com a oferta de veículos – do transporte. Esta aloca as viagens de veículos (automóveis individuais e transporte coletivo público) entre os pares origem-destino para os sistemas de vias, desconsiderando o sistema de vias locais mediante o tamanho da rede.

A classificação dos métodos de alocação de tráfego, segundo Ortúzar e Willumsen

(1990), baseiam-se na resposta de duas perguntas: (i) se a restrição da capacidade está incluída na alocação e (ii) se efeitos estocásticos estão incluídos. A partir do cruzamento das respostas destas questões têm-se os métodos de alocação (Tabela 2.3).

A *alocação com restrição de capacidade* procura compatibilizar o volume veicular que utiliza a via e o tempo de viagem nesta via.

Efeitos estocásticos enfatizam a variabilidade da percepção dos custos pelo motorista e a composição de distâncias que procuram ser minimizadas (distância, tempo de viagem, custos generalizados).

Tabela 2.3 Classificação de Alocação de Tráfego

		Efeitos estocásticos são incluídos?	
		Não	Sim
A restrição de capacidade é incluída?	Sim	Tudo-ou-nada	Estocástico puro de Dial e Burrell
	Não	Equilíbrio de Wardrop	Equilíbrio Estocástico

Fonte: Ortúzar e Wullimsen (1990) – adaptada.

A alocação tudo-ou-nada – na qual a alocação de todo o fluxo é disposta sobre o melhor caminho entre um par O/D, em que a escolha se baseia em uma variável qualquer.

Segundo McCabe (2000) Wardrop identificou dois princípios passíveis de serem usados para prever as rotas que podem ser tomadas por motoristas entre um par origem-destino. Estes princípios são: (1) os tempos de viagens de todas as rotas realmente usadas são iguais ou menores do que aqueles que seriam experimentados por um único veículo numa rota não utilizada, e (2) o tempo de viagem médio de todos os motoristas é um mínimo, o que implica que o total das horas por veículo agregadas gastas em viagens seja um mínimo.

O primeiro princípio é um tanto quanto egoísta, visto que é observada apenas a visão do tempo médio total do sistema, equivalente ao custo médio da teoria econômica, entendido como se os motoristas considerassem somente seus próprios tempos de viagens na escolha das rotas. O segundo, por outro lado, é mais abrangente, uma vez

que a escolha das rotas pelos motoristas é determinada a partir do tempo marginal do sistema, equivalente ao custo marginal da teoria econômica, considerando os tempos do sistema como um todo e não individualmente como o anterior (Hutchinson, 1979). Entretanto, a crítica maior a este princípio é que o usuário normalmente não leva em conta a escolha dos demais usuários para realizar a sua escolha.

A literatura registra problemas não somente na etapa da alocação, mas em todas as demais, além do modelo de um modo geral. Na seção seguinte serão discorridas críticas de alguns autores a respeito dos modelos de planejamento dos transportes, em especial, ao Modelo de Quatro Etapas.

2.2 CRÍTICAS AO MODELO

Embora Ortúzar e Willumsen (1990) e Manheim (1979) concordem sobre haver inconsistências no modelo convencional de transporte, Manheim (1979) deixa claro que tais inconsistências são do ponto de vista da análise de equilíbrio. Ele explica que “a estimação do final das viagens assume implicitamente um nível de serviço geral do sistema, enquanto o cálculo da distribuição interzonal requer um nível de serviço explícito. A última etapa do processo, a alocação de tráfego, prevê o nível atual de serviço, ou o tempo de viagem, para fluxos na rede. Contudo, a estimação inicial do nível de serviço utilizado na geração e distribuição de viagens raramente é revisada para ser condizente com o tempo de viagem previsto pela alocação”.

Toni (2000) parafraseia outros autores em relação às críticas ao modelo convencional de planejamento: (a) apresenta o enfoque sistêmico abordado por (Rattner, apud Toni, 2000), no qual descreve o objeto e não analisa as relações de poder entre os atores sociais; (b) alto custo e complexidade dos modelos, insensíveis às políticas efetivadas, inflexíveis e dependentes de suposições restritivas, que impedem sua utilização fora dos contextos de origem (Atkins, apud Toni, 2000); e (c) a falta de transparência nas estruturas dos modelos e clareza em suas explicações. (Faé *et al.*, apud Toni, 2000);

Para Toni (2000), o planejamento público e governamental no setor de transporte deve incorporar teorias endógenas originárias, por exemplo, da ciência política ou da

sociologia organizacional, e não permanecer restrito no campo da engenharia ou da teoria microeconômica pura.

As críticas de Vasconcellos (2000) em relação aos Modelos Tradicionais de Planejamento possuem diferentes focos, como: o técnico, o estratégico, o político e o ideológico apresentados na Tabela 2.4.

Bruton (1979) questiona a aplicabilidade do processo de planejamento dos transportes no que tange aos aspectos conceitual e técnico. O primeiro não apresenta uma abordagem compreensiva, que incorpore “fatores econômicos e populacionais, uso do solo, valores sociais e comunitários”. O segundo apresenta problemas técnicos associados à “previsão de tráfego e planejamento da rede e muito pouca atenção às necessidades de transportes da comunidade como um todo”.

Toni (2000) diz que o processo de planejamento é bastante oneroso e consome muito tempo. Bruton (1979) acrescenta ainda que, além de requerer uma administração cuidadosa e uma equipe de profissionais especializados há ainda a questão do excesso de coleta de dados quando não há um planejamento adequado, o que influencia no custo da pesquisa.

Tabela 2.4 Críticas ao Modelo de Transporte

Técnico	• Ausência de abordagem compreensiva; • Não há um enfoque interdisciplinar; • A demanda não apresenta uma explicação comportamental unificadora; • As premissas surgem de outras áreas (e não do transporte); • Os impactos sociais e ambientais são ignorados; • Há inúmeras fontes de erro nos dados utilizados; • Os dados de viagem apresentam somente um ponto no tempo; • Os erros podem se propagar sem conseqüências perceptíveis;
	• Pressupostos sobre condições de mercado e utilidade do consumidor são discutíveis; • A seqüência das etapas do modelo pode não retratar a realidade; • A geração de viagens não permite que o transporte existente afete a demanda; • A distribuição não considera processos complexos de decisão do usuário; • A atribuição de viagens é baseada apenas no tempo de percurso; • Há dificuldade na estimação do tráfego desviado e gerado.
	• O processo de modelagem reproduz as condições atuais no futuro.
	• Pouca atenção é dada ao financiamento e ao apoio na implementação.
	• Exíguas possibilidades de participação da comunidade. • O processo é desenvolvido em uma arena fechada; • Os modelos são usados para garantir um suporte “científico” a decisões políticas já tomadas.
	• Geração de premissas em países desenvolvidos; • Aparente “neutralidade” e interesse voltados a “todos”; • Estímulo ao uso do automóvel.

Fonte: Vasconcelos, 2000.

2.3 TÓPICOS CONCLUSIVOS

Dentre as principais categorias de modelos, os convencionais empíricos – Modelo Quatro Etapas – são os mais utilizados no processo de planejamento de transportes, e também são os mais criticados. As críticas são dirigidas não somente às etapas individualmente, mas também ao modelo com um todo.

Dentre os críticos mencionados, Vasconcellos (2000) é o mais claro em seus argumentos, por apresentá-los por categoria e de maneira detalhada. E sua crítica ideológica é ainda especialmente relevante, visto que as demais são consequências dela.

Toni (2000), por sua vez, ao mencionar a possibilidade de incremento do planejamento por teorias diferentes das convencionais – engenharia e microeconomia –, apresenta uma característica bastante inovadora no que tange o aspecto teórico.

Outro autor que apresenta uma abordagem muito interessante é Rattner (apud Toni, 2000) que faz referência ao enfoque sistêmico que descreve o objeto sem analisar as relações de poder entre os atores sociais.

Estas críticas são interessantes ao presente trabalho para respaldar a proposição aqui explorada: por que não utilizar um modelo que analise as relações topológicas do sistema ao invés de permanecer aplicando um modelo em que inúmeras inconsistências são verificadas e que vão se somando, reduzindo progressivamente a validade do resultado?

E é a partir deste questionamento que se apresenta o capítulo subsequente, o qual aborda os modelos tradicionais de alocação de tráfego – que corresponde a uma das etapas do processo de planejamento, atualmente muito utilizada em análise de redes – e os modelos configuracionais – Sintaxe Espacial, ferramenta de vasta aplicação em análises de configuração de espaços – para respaldar as análises comparativas entre os ferramentais.

3 MODELOS TRADICIONAIS DE ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO E MODELOS CONFIGURACIONAIS

Este capítulo apresenta as características gerais dos modelos tradicionais de alocação de tráfego e dos modelos configuracionais, posteriormente focando nos modelos utilizados na análise comparativa – SATURN e Sintaxe Espacial.

O capítulo divide-se em quatro partes: a primeira expõe o que é simulação; a segunda trata dos modelos convencionais de alocação de tráfego; a terceira aborda os modelos configuracionais e, por fim, na quarta seção, são apresentados estudos já realizados com os modelos, isolada ou comparativamente.

3.1 SIMULAÇÃO

Inicialmente é necessário esclarecer os conceitos de sistema e de modelo para facilitar o entendimento do leitor no decorrer do trabalho.

Segundo Taylor e Schmidt (apud Law e Kelton, 2000), sistemas são definidos como um conjunto de entidades, pessoas ou máquinas que agem ou interagem a partir de alguns princípios lógicos, visando a consecução de determinados objetivos.

Modelagem consiste em uma representação e aproximação dos atributos de uma situação real, de modo a simular situações atuais e futuras com o objetivo de entender e prever o comportamento de sistemas reais (Owen *et. al.*, 1996).

A modelagem pode ser utilizada em diversos campos de estudos. Em arquitetura, a modelagem consiste na representação de espaços internos (edifício) ou externos (cidade). Na área de tráfego, por sua vez, é a representação do comportamento dos fluxos viários em sistemas de redes. Sua importância está em possibilitar o adequado planejamento de estruturas viárias, bem como de cidades, a partir de simulações.

A palavra “simulação” é derivada do latim “simulatus” que significa “imitar” (Portugal, 2005). Implica dizer que, de modo geral, pode ser definida como a imitação de uma situação real, a partir da utilização de modelos.

Por meio da simulação, “procura-se replicar em um computador a seqüência de eventos hipotéticos do sistema estudado ao longo do tempo, tratando-se as entidades que percorrem o modelo de forma agregada ou individualizada” (Portugal, 2005).

Na investigação dos sistemas há necessidade de estudá-los de forma a avançar no entendimento das várias relações entre seus componentes de modo a prever performances sob novas condições que sejam consideradas. A Figura 3.1 mapeia as diferentes formas que um sistema pode ser explorado, com detalhes expostos na seqüência.

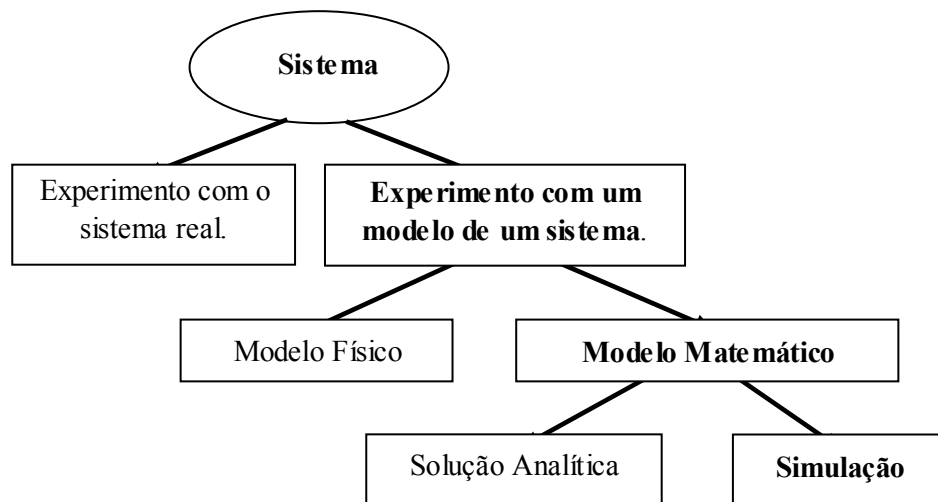


Figura 3.1 Caminhos para o estudo de um sistema.

Fonte: Law e Kelton (2000) – adaptada

- Experimento com o sistema real *versus* experimento com um modelo de um sistema – a aplicação de uma situação em um sistema real apresenta um ponto positivo e outro negativo, pois embora tenha a precisão exata dos fatos, possui um gasto considerável de tempo e dinheiro e é, as vezes, inexecutável; por outro lado, a aplicação de uma mesma situação em um modelo de um sistema, embora não seja muito oneroso, não apresenta a mesma precisão, requerendo ainda estratégias

muitas vezes complexas para alcançar uma aproximação do que seria a realidade.

- Modelo físico *versus* modelo matemático – o modelo físico consiste na reprodução física de um sistema real que pode se apresentar na escala real, reduzida ou aumentada; os modelos matemáticos, por sua vez, são representações de sistemas a partir de relações lógicas e quantitativas que são manipuláveis e modificáveis de forma a se perceber como o sistema reage e como reagiria caso a suposição seja válida.
- Solução analítica *versus* simulação – sistemas passíveis de resolução por meio de soluções analíticas são aquelas que podem ser resolvidas por meio de equações matemáticas simples ou diretas; por outro lado, caso a solução envolva cálculos matemáticos complexos, a interpretação do sistema se dará por meio de simulações.

Este trabalho considera a importância da modelagem na simulação e busca caminhos que facilitem o uso de modelos em estudos de transporte.

3.2 MODELOS TRADICIONAIS DE ALOCAÇÃO DE VIAGENS

Os modelos de alocação de viagens são utilizados na previsão do carregamento do sistema viário, a partir da escolha de rotas pelos usuários. A escolha de rotas nesses modelos obedece a critérios de busca por caminhos ótimos, que, de acordo com Van Vliet (2004), são determinados a partir do critério de mínimo tempo de deslocamento, da menor rota ou até mesmo de uma combinação dos dois fatores. Esses modelos, como mostra a Figura 3.2, são estruturados a partir de:

- (a) Dados de entrada: codificação da rede viária;
- (b) Dados de saída: alocação, análises.

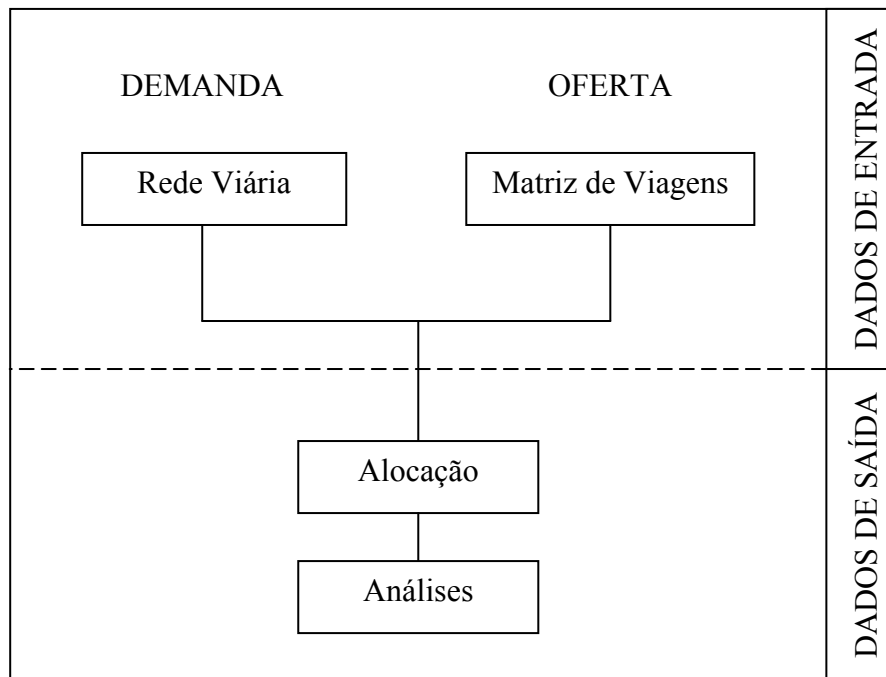


Figura 3.2 Estrutura Geral do Modelo de Alocação

Fonte: Van Vliet (2004)

A representação da rede viária (ou codificação da rede) de uma cidade é feita pelas principais ruas e avenidas, em alguns casos, desconsiderando-se as vias locais, por serem ditas como não apresentando relevância para o sistema (Figura 3.3) (Van Vliet, 2004). A rede consiste em nós e arcos, onde os nós representam as interseções e os arcos representam as ligações entre dois nós consecutivos.

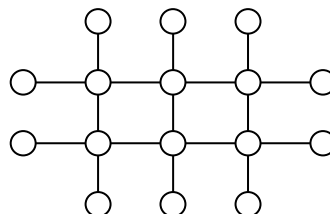


Figura 3.3 Esquema de uma rede com trama reticulada

De modo que realize a alocação e a simulação de uma rede viária é necessário

que se saiba que tipo de abordagem deve ser dado a cada situação, como detalhado na seção a seguir.

3.2.1 Tipos de Abordagens da Análise de Tráfego

As teorias do fluxo de tráfego respaldam-se em leis da matemática, da probabilidade e da física para tentar entender o comportamento do tráfego veicular (Silva, 2001). E este comportamento pode ser analisado por pelo menos três níveis de agregação do modelo: abordagem macroscópica, abordagem microscópica e abordagem mesoscópica. Dentre estas, somente a macroscópica é dada maior destaque por ser aquela de interesse da pesquisa.

Abordagem Macroscópica

Este nível descreve o comportamento do tráfego de maneira altamente agregada baseada na teoria dos fluidos, por meio das Leis da Hidrodinâmica.

O fluxo de tráfego pode ser descrito em termos de 3 variáveis fundamentais que são apresentadas em conjunto: (1) volume ou fluxo, (2) densidade ou concentração e (3) velocidade (Hutchinson, 1979, Salter e Hounsell, 1996).

- (1) volume ou fluxo – número de veículos que passam em um determinado ponto por unidade de tempo, normalmente expresso em unidade de carro de passeio por hora (ucp/h).
- (2) densidade ou concentração – número de veículos em um comprimento unitário de rodovia, geralmente expresso em unidade de carro de passeio por quilômetro (ucp/km).
- (3) velocidade – média harmônica das velocidades de percurso dos veículos ao longo de um trecho $\equiv$ velocidade média no espaço.

Algumas relações podem ser representadas entre estas variáveis de modo a descrever o tráfego, como: densidade x fluxo, densidade x velocidade e velocidade x fluxo. Esta última será apresentada nesta pesquisa, por ser abordada pelo modelo em estudo (SATURN). Segundo Van Vliet (2004) “o SATURN faculta duas abordagens para avaliar a velocidade do arco: velocidade de cruzeiro constante (independente do fluxo); ou velocidade definida

a partir de relações fluxo-velocidade” (Figura 3.4).

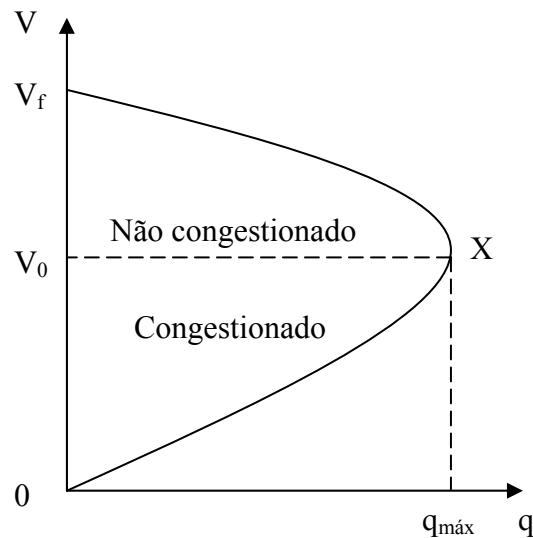


Figura 3.4 Diagrama da relação parabólica entre velocidade e fluxo

Fonte: Silva (2001)

À medida que o fluxo aumenta, a velocidade diminui, até o ponto X em que há a saturação do sistema, em outras palavras, há o congestionamento. A partir do ponto X o fluxo diminui e a velocidade permanece baixa.

Por esses modelos tratarem o tráfego de maneira agregada, necessitam de um menor volume de dados e, por conta disso, requerem menor esforço em sua execução.

Se, por um lado, a calibração dos modelos macroscópicos é menos complexa que a dos modelos microscópicos, por outro, há a possibilidade de fornecerem uma representação menos precisa da realidade pelo fato de tratarem o tráfego de modo mais simplificado (Araújo, 2003).

Abordagem Microscópica

A abordagem microscópica foi baseada nos *modelos de perseguição ou leis de seqüência*

(*car following*), que representam individualmente os veículos no tráfego.

Estes modelos normalmente são mais complexos e detalhados por necessitarem de um volume maior de dados de entrada.

Abordagem Mesoscópica

É a abordagem que representa um nível intermediário entre as demais abordagens, pois trata dos pelotões de veículos, formados basicamente em função da operação semafórica (Silva, 2001).

“Os modelos mesoscópicos são normalmente utilizados em redes semafóricas e procuram explicar a deformação destes pelotões ao longo do tempo e do espaço com base na Teoria da Dispersão de Fluxos de Tráfego” (Portugal, 2005).

Após a breve explanação dos níveis de agregação em que o tráfego pode ser apresentado, na sequência é apresentado o SATURN – modelo de alocação de viagens – suas características e o motivo pelo qual foi escolhido para a presente pesquisa.

3.2.2 SATURN

O SATURN (*Simulation and Assignment of Traffic to Urban Road Networks*) é um programa de análise de redes. Foi concebido no final da década de setenta e desde então vem sendo aperfeiçoado, com uma vasta utilização em muitos países (Van Vliet, 2004). O modelo foi desenvolvido no *Institute for Transport Studies*, na *University of Leeds*, na Inglaterra. De acordo com Van Vliet (2004), o modelo é composto basicamente por duas funções com diferentes objetivos: *o módulo de alocação de tráfego* – que escolhe as rotas da rede viária a serem utilizadas – e *o módulo de simulação* – que modela o comportamento das interseções viárias do sistema. Além dessas funções apresenta ainda:

- Simulador de cruzamentos individuais;
- Modelo que permite alterações na rede, no banco de dados e na análise do sistema (simulações);

- Um pacote para manipulação de matrizes para a produção, e atualização de matriz (ME2) de viagens;

Segundo Van Vliet (2004), o SATURN é um modelo essencialmente macroscópico, mas pode, em alguns casos, ser mesoscópico. Isto dependerá das características das vias e das necessidades de modelagem;

Também dependendo destes fatores o SATURN apresenta dois tipos de redes: a *rede de simulação* e a *rede buffer*, descritas abaixo.

Rede de Simulação

A Rede de Simulação é considerada mesoscópica, por permitir a simulação de veículos em pelotões. Este enfoque é mais adequado para aplicações em redes com congestionamentos urbanos. Este tipo de rede requer alguns dados referentes aos nós e aos arcos, como:

- tempos semaforicos;
- número de faixas nas interseções;
- volume veicular por faixa;
- conversões permitidas em cada faixa;
- relações de prioridade (ou preferência);
- velocidade média na via (pode ser a estimada).

Rede Buffer

A Rede Buffer é uma rede simplificada, para aplicações em redes sem conflitos de interseções ou em planejamento estratégico, pois enfatiza os arcos e apresenta maior nível de agregação das informações consideradas, necessitando de menor número de dados e somente dos arcos, como:

- sentido de circulação;
- velocidade permitida da via;
- número de faixas;
- capacidade da via;

- volume veicular por faixa (para a matriz O-D).

A rede *buffer* é geralmente utilizada em estudos de redes sem conflitos de interseções, em planejamento estratégico, ou no caso desta pesquisa, para se adequar ao aspecto macroscópico da Sintaxe Espacial.

Considerando essas características, para a análise comparativa que se realizou decidiu-se utilizar o *software* SATURN pelos seguintes motivos:

- (i) sua simulação é de caráter essencialmente macroscópico, assim como a Sintaxe Espacial;
- (ii) vasta utilização em estudos;
- (iii) sua disponibilidade na instituição

3.2.3 Processo de Modelagem do SATURN

O SATURN possui uma série de etapas em sua modelagem, o que torna o modelo complexo:

(1) A primeira etapa é a da concepção do modelo, onde são definidas as hipóteses iniciais da modelagem, como: definição da área de estudo; seleção das vias modeladas, excluindo as locais e divisão de zonas de tráfego com base no uso do solo.

(2) A etapa seguinte consiste no levantamento e codificação dos dados do modelo que representam a rede viária (oferta) – hierarquia, número de faixas, amarração (nós A e B), sentidos; e a demanda (matriz O-D) – contagens, construção da matriz semente representando os potenciais de geração e atração de viagens (com base no uso do solo).

(3) A calibração, a terceira etapa do modelo, é o processo de ajustar dados de entrada de um modelo de maneira a apresentar uma melhor equivalência entre resultados da simulação e da realidade. Apresenta algumas sub-etapas: atualização da matriz (refinamento da matriz semente); reclassificação e redefinição dos parâmetros das

hierarquias viárias; redefinição dos conectores. Conectores são os percursos de acesso ao centro ou centróide de uma zona de tráfego (Figura 3.5).

Uma sub-etapa da calibração é a validação do modelo realizado com base nas contagens volumétricas; verificação da consistência do modelo através do conhecimento da área de estudo (análise de rotas, níveis de saturação).

A etapa de calibração é executada alternativamente com a etapa de validação, até que o modelo atinja desempenho considerado satisfatório. Assim, os parâmetros em calibração são ajustados e os resultados estimados pelo modelo são comparados com os referenciais de validação, até que a equivalência seja considerada satisfatória.

(4) A quarta etapa refere-se à validação do modelo realizado com base nas contagens volumétricas; verificação da consistência do modelo através do conhecimento da área de estudo (análise de rotas, níveis de saturação).

A etapa de calibração é executada alternativamente com a etapa de validação, até que o modelo atinja desempenho considerado satisfatório. Assim, os parâmetros em calibração são ajustados e os resultados estimados pelo modelo são comparados com os referenciais de validação, até que a equivalência seja considerada satisfatória.

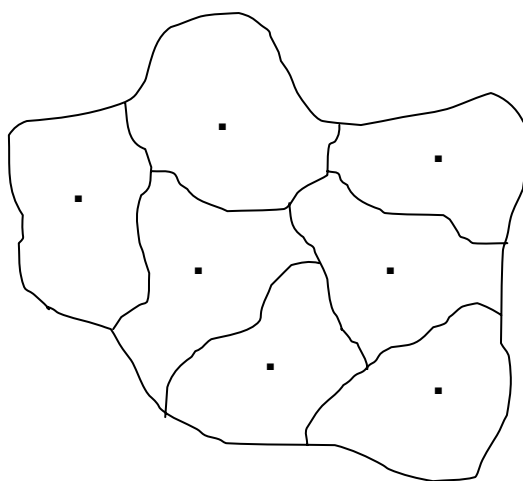


Figura 3.5 Centróides ou centro de uma zona de tráfego

(5) E, por fim, a análise de resultados realizada após algumas calibrações e validações necessárias para que o modelo esteja consistente.

3.3 MODELOS CONFIGURACIONAIS

Modelos configuracionais conceituam-se como sendo aqueles que representam a configuração dos espaços, sejam eles internos – na escala do edifício – ou externos – na escala da cidade.

São exemplos de modelos configuracionais de espaços internos:

- (1) *As Maquetes* – eletrônicas ou não – que reproduzem e simulam as condições das estruturas internas do edifício, como por exemplo:
 - conforto ambiental;
 - disposição de aberturas (portas e janelas);
 - localização de dispositivos elétricos e hidráulicos.
- (2) *Sintaxe Espacial* – que permite a identificação, a partir da forma, de locais mais e menos propícios aos deslocamentos no interior de edifícios.

São exemplos de modelos configuracionais de espaços externos:

- (1) *Os Planos de Massa Construída*, que correspondem àqueles planos volumétricos que permitem verificar, por exemplo, em que medida a estrutura de um determinado edifício interfere nos aspectos ambientais da cidade (disposição no sítio urbano, posicionamento de aberturas etc), ou no padrão estético do local (índices de gabaritos).
- (2) *As Maquetes Detalhadas* – eletrônicas ou não – que simulam o comportamento das estruturas construídas no espaço urbano, a fim de averiguar, dentre outros:
 - sua localização no sítio urbano;
 - localização de suas entradas e saídas;
 - posicionamento com relação ao nascente e poente.
- (3) *Sintaxe Espacial* – que permite a identificação, a partir da forma, de vias/ruas mais e menos propícias aos deslocamentos na escala da cidade.

A configuração neste estudo é analisada a partir da topologia, que vem a ser o estudo das relações espaciais que independem de forma e tamanho, associando-se à posição, hierarquia e conexão. (Medeiros, 2003).

Tendo em vista o aparente diálogo entre a *Sintaxe Espacial* (ou *Teoria da Lógica Social do Espaço*) e o planejamento de transporte, por ambos se basearem na estrutura urbana existente e nas relações entre as diversas partes da cidade como pontos de geração de fluxo/tráfego decidiu-se pelo uso das ferramentas, verificando o comportamento individual e comparativo de cada uma.

Além disso, motivou a realização da pesquisa o fato de que estudos que já foram desenvolvidos associando sintaxe a transporte não alcançaram um estágio satisfatório de análise e conclusão, o que impulsiona o debate e o desejo de maior firmeza nos argumentos que porventura sejam desenvolvidos.

3.3.1 Sintaxe Espacial ou Teoria da Lógica Social do Espaço

O termo *Teoria da Lógica Social do Espaço* é auto explicativo, pois trata do estudo do espaço a partir da lógica social que nele está embutida. Significa dizer que na concepção de um espaço arquitetônico estão implícitos (ou explícitos) os atributos sociais pertencentes à sociedade que o constrói.

Breve Histórico

O surgimento da Sintaxe Espacial aconteceu durante a década de 70, na Bartlett School, Universidade de Londres, com pesquisas realizadas por Bill Hillier e Adrian Leaman (Holanda, 2001). O termo “Sintaxe Espacial” surgiu somente em 1976, numa publicação intitulada “Space Syntax”, Environment & Planning, de Hillier, Leaman, Stansall e Bedford.

No entanto, é somente a partir da publicação do livro *The Social Logic of Space*, em 1984, de Bill Hillier e Julienne Hanson, que o referencial epistemológico, os conceitos e as categorias analíticas básicas foram reunidos pela primeira vez em um único volume.

Contribuíram também para a sedimentação das idéias as seguintes obras:

- PEPONIS, J. (1989) *Space Syntax: Social Implications of Urban Layouts*.
- HILLIER, B. (1996) *Space is the machine*.
- HANSON, J. (1998) *Decoding Homes and Houses*.
- HOLANDA, F., AMORIM, L (2000). *URBAN DESIGN International*.

Atualmente existem vários grupos de pesquisa adotando a metodologia ao redor do mundo, o que fomentou a realização de cinco primeiros simpósios internacionais de Sintaxe Espacial em Londres (1997), Brasília (1999), Atlanta (2001), Londres (2003) e Delft (2005).

No Brasil são vários os pesquisadores que lidam com a abordagem, especialmente na UFPE, UFRN, UFRGS e UnB.

Definições

Pode-se definir a Sintaxe Espacial como um conjunto de técnicas de análise configuracional de espaços enfatizando os encontros de pessoas em espaços arquitetônicos – cidades e edificações. Holanda (2001) acrescenta que a Sintaxe Espacial não é apenas um conjunto de técnicas, mas sim “uma teoria, que implica um método, além de um conjunto de técnicas”.

De forma a elucidar o conceito, é necessário analisá-lo sob três abordagens: *aspectos teóricos, metodológicos e técnicos*.

Aspectos Teóricos

Trata-se da concatenação dos itens de conhecimento, delimitados pela própria teoria, a respeito de determinados campos da realidade (Holanda, 2001).

O objetivo principal da Teoria da Lógica Social do Espaço (ou Teoria da Sintaxe Espacial)

é estudar o relacionamento entre o espaço arquitetônico – entendido como sendo também o espaço urbano – e a sociedade – vista como um sistema de possibilidades de encontros (Holanda, 2002).

A Teoria da Lógica Social do Espaço, por meio de um método e de técnicas, estabelece relações entre categorias em dois âmbitos:

(1) a função do espaço – âmbito *sintático* – a cidade enquanto arquitetura possui características que permitem sua leitura. Considerando os atributos físicos, isto é, a estrutura da cidade, o observador é capaz de interpretá-la e identificar os espaços a partir das feições urbanas;

(2) o significado do espaço – âmbito *semântico* – como ocorre a relação entre grupos e indivíduos, clivagens sociais, hierarquias de poder.

Aspectos Metodológicos

Metodologia consiste no processo que deve ser seguido para se alcançar um determinado objetivo.

No método se definem as categorias que serão analisadas (Holanda, 2001). No caso desta pesquisa as categorias são *físicas* (potenciais de acessibilidade da malha) e *sociais* (fluxos veiculares).

Esta pesquisa tem como foco os aspectos co-presenciais que, de acordo com Holanda (2001), foram aqueles abordados inicialmente pela Sintaxe Espacial. Entende-se por aspectos co-presenciais aqueles nos quais o desempenho do espaço arquitetônico associa a configuração às expectativas de aglomerados humanos, propiciando uma presença compartilhada, advindo daí o termo.

Uma vez que a escala de investigação do trabalho é a urbana, adota-se como processo de representação aquele que traduz os potenciais de geração de fluxo na escala da cidade ou de um fragmento desta – de forma a traçar paralelos com transporte – equivalente aos

mapas axiais, a ser melhor explicado mais adiante.

Adotando-se este viés, para se chegar às técnicas ou ferramentas precisas de leitura e representação do espaço, têm-se os seguintes procedimentos metodológicos ou etapas de consolidação da pesquisa:

- Representação Linear – consiste na construção dos segmentos de linha sobre uma determinada base cartográfica, a partir das precisas indicações.
- Análise do Mapa – corresponde à análise dos mapas a partir de aplicativos especialmente desenvolvidos para o fim (Axwoman®, Axman®, Orangebox®, Ovation®, Spatialist®, Depthmap® etc) que geram índices de integração, conectividade etc.
- Correlação – etapa de associação dos dados configuracionais processados com outros de naturezas diversas, permitindo relacionamento e diálogo entre informações.
- Simulação – possibilita a simulação para diversas situações.

Aspectos Técnicos

Técnicas são ferramentas da metodologia utilizadas para representar uma dada realidade (Holanda, 2001).

A Teoria da Sintaxe Espacial utiliza basicamente duas:

(1) a *convexidade*, técnica que fragmenta um espaço arquitetônico em *espaços convexos* (Figura 3.6). Espaços convexos podem ser definidos como aqueles em que nenhuma linha pode ser traçada entre quaisquer dois pontos do espaço que passe por fora dele (Hillier e Hanson, 1984; Holanda, 2002);

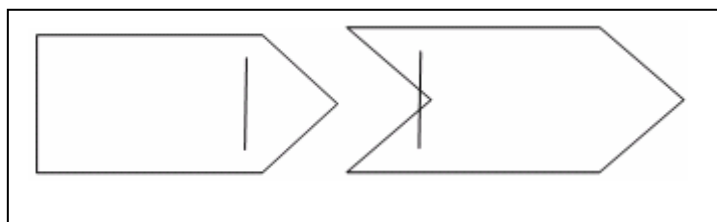


Figura 3.6 Demonstração de um polígono convexo (esquerda) e não convexo (direita)

(2) a *axialidade*, técnica que apresenta os possíveis trajetos, sejam de pessoas ou veículos, em uma determinada trama urbana (Figura 3.7).

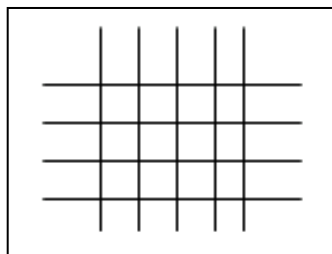


Figura 3.7 Esquema de possibilidades de movimentos em uma trama retangular

Para esta pesquisa a técnica a ser utilizada será a da *axialidade*, visto que é a que utiliza o mesmo objeto do modelo de alocação, a via. Para isso, uma descrição do procedimento da construção dos mapas axiais deverá ser realizada de forma a esclarecer o seu funcionamento.

Mapas Axiais

Os mapas axiais representam os espaços urbanos numa malha colorizada que ilustra as possibilidades de deslocamentos lineares pela cidade. Estes deslocamentos podem ser de veículos, se os mapas retratarem as vias ou fluxos de veículos (se considerados apenas os leitos carroçáveis), ou de pedestres, se os mapas representarem os fluxos de pedestres (avaliando calçadas, faixas de travessia, traços de comportamento, etc). Neste estudo serão considerados somente os fluxos de veículos.

A ferramenta, como qualquer outra, procura representar aspectos da realidade, implicando simplificações que, todavia, não comprometem seus resultados desde que o pesquisador esteja ciente e pondere o fato.

A ferramenta, por outro lado, identifica categorias hierárquicas que nenhuma outra ferramenta morfológica consegue revelar com a mesma precisão em termos de *potencial*. Em outras palavras, os mapas axiais revelam a capacidade de áreas ou eixos em concentrar

movimentos mais ou menos intensos, somente pela configuração do sistema urbano (Medeiros, 2005). Significa dizer que, apenas considerando a trama urbana e sua forma de articulação, é possível deduzir que áreas/vias promovem ou restringem a circulação.

Nas figuras (3.8 e 3.9), de autoria de Medeiros (2005), são apresentadas as etapas da construção dos mapas axiais.

Em programas que permitam a elaboração das representações lineares (qualquer aplicativo de CAD ou de desenho), são construídos, a partir de base cartográfica digital, segmentos de linhas ao longo de eixos viários, de forma que o espaço de estudo seja representado pelo menor número dos maiores eixos conectados (Figura 3.8 – A).

De posse do mapa, este “é disposto em aplicativos que (1) numeram cada segmento de reta equivalente à via (Figura 3.8 – B) e (2) calculam todos os possíveis percursos ao longo da trama viária, com base nas conexões entre linhas (Figura 3.8 – C)” (Medeiros, 2005).

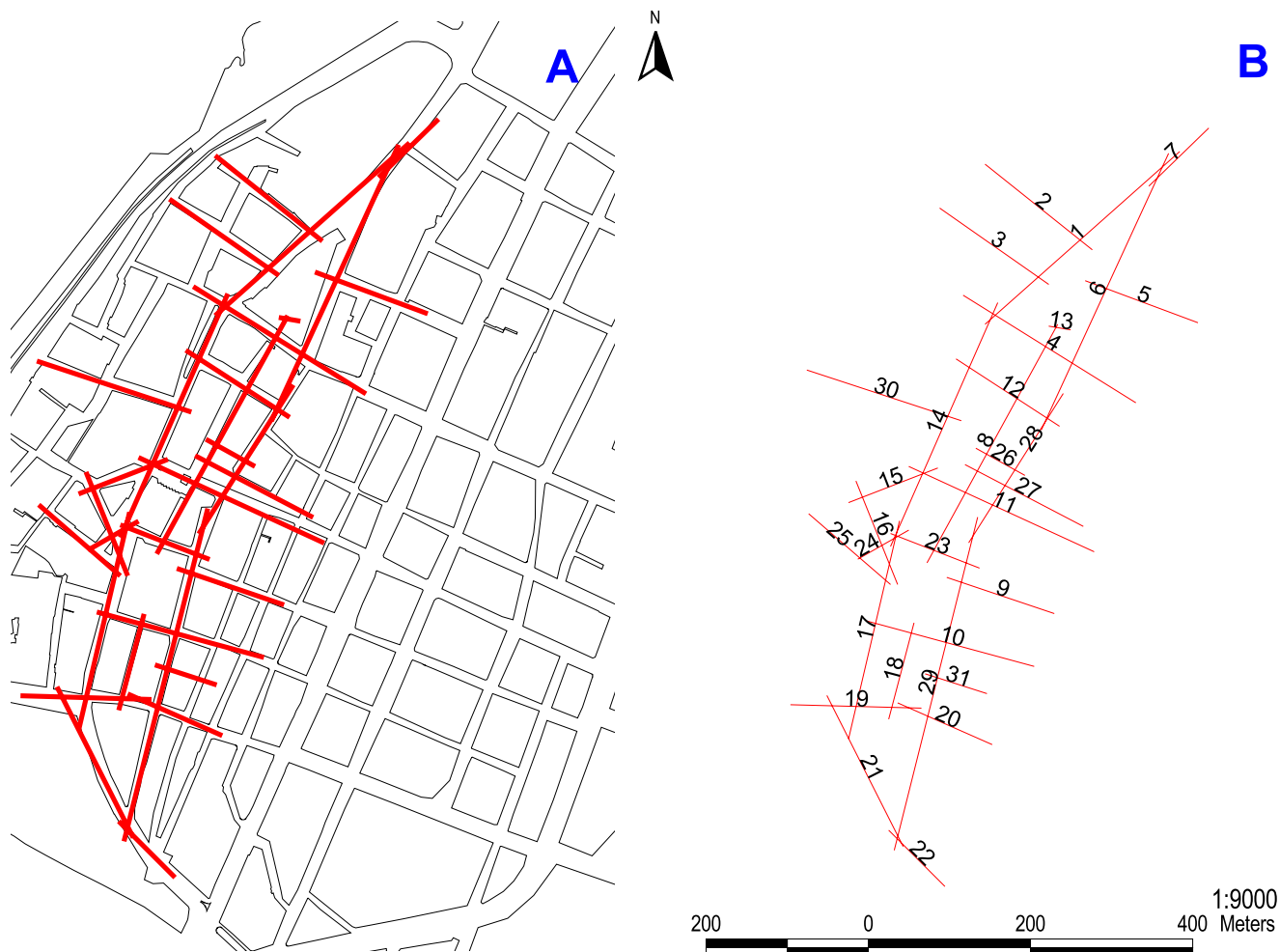
Após a construção do mapa, este é analisado por meio de programas específicos que calculam – por meio da conectividade da malha viária – o potencial de acessibilidade de cada linha. Isto é, a análise apresenta o quão acessíveis são os segmentos considerando o sistema como um todo. A conectividade consiste na quantidade de conexões que um determinado segmento de linha apresenta.

Os valores numéricos obtidos para cada linha (Figura 3.8 – D) são gerados a partir do resultado do cálculo matemático, realizado por meio de uma matriz. Dentre tais valores obtém-se também o *índice de integração*, que pode ser convertido para uma escala de cores que passa do vermelho – representando eixos mais integrados do sistema – perpassando pelo laranja, verde, azul claro, até o azul escuro – que representa os eixos menos integrados (Figura 3.9).

O sistema pode ser analisado globalmente ou localmente. Na análise global (R_n) calculam-se para cada linha ou eixo todos os possíveis caminhos para todos os demais eixos do sistema, ou seja, o R_n representa a acessibilidade de uma dada via em relação a todas as outras do sistema (Figura 3.9 – B e C). Na análise local (R_3 , R_4 , $R_5...$) calcula-se para cada eixo apenas as linhas que estiverem até o terceiro, quarto, quinto nível de conexão, e assim

sucessivamente (Figura 3.9 – D). Implica dizer que se pode realizar qualquer nível de análise local, a depender do objetivo do estudo.

Os mapas analisados permitem também a identificação dos *núcleos de integração* (Figura 3.9 – C), que representam os centros de atividades mais significativos de uma cidade (centros ativos), e, promovendo um paralelo com transportes, para onde usualmente converge o maior número de viagens.



Os mapas acima representam a construção de um mapa axial. A partir de uma base cartográfica disponível, desenha-se a representação linear (eixos).

A - Sobre cada via (rua ou segmento de rua, no caso de vias sinuosas), foi traçada uma linha reta inserida no espaço correspondente ao leito carroçável, de modo a representar a malha viária pelo menor número possível de linhas retas (ou eixos).

B - A fração da malha viária é assim traduzida em representação linear e em um mapa axial quantificado.

C - Cada linha recebe um número de identificação que permite a construção de uma matriz de conexões.

D - Dessa matriz derivam valores numéricos expressivos de conectividade, controle, integração Rn e integração R3, além de outros.

Figura 3.8 Ilustração das etapas de construção de um mapa axial

Fonte: Medeiros (2005)

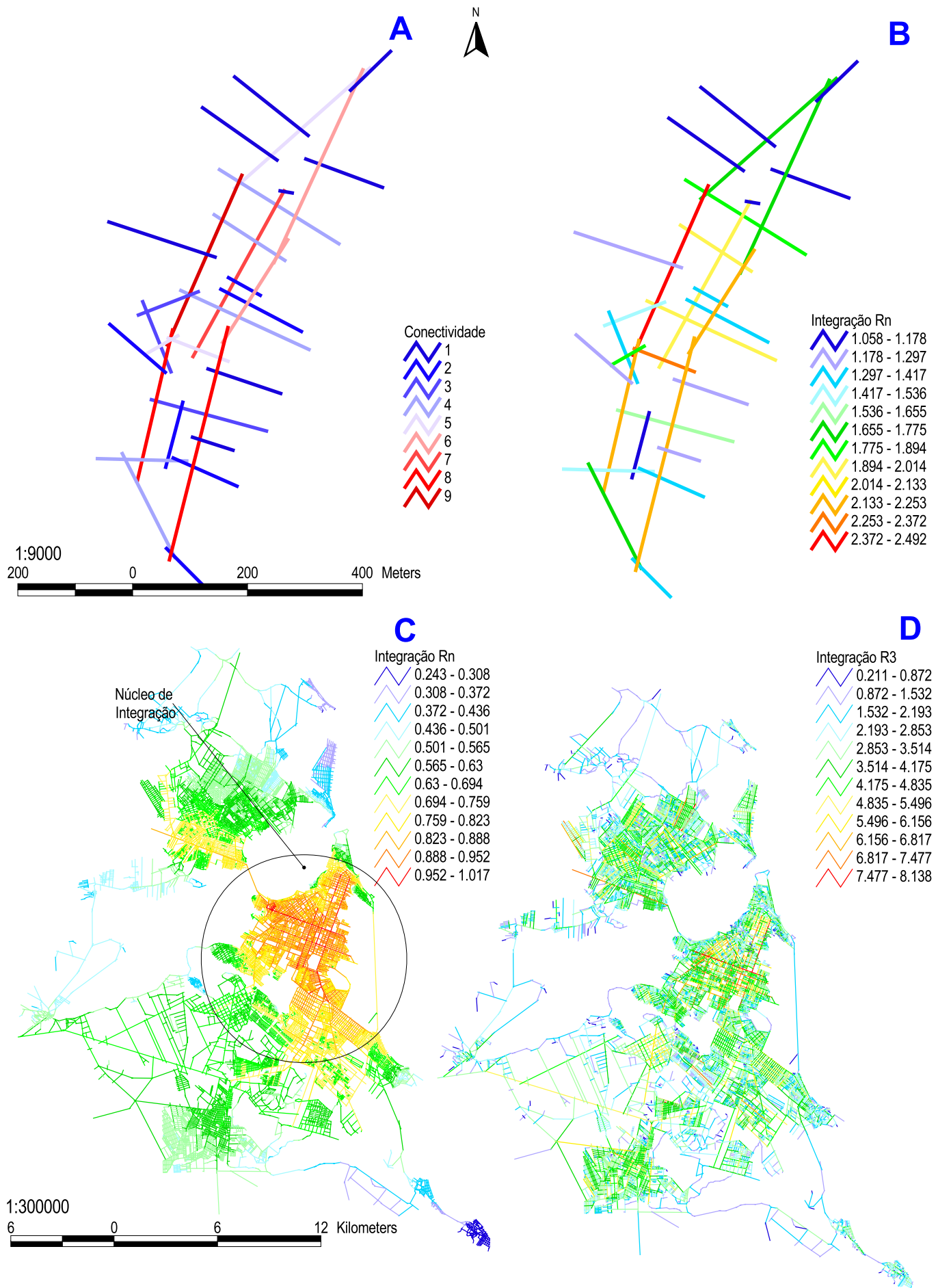


Figura 3.9 Ilustração de mapas coloridos a partir dos valores obtidos da matriz

Fonte: Medeiros (2005)

3.3.2 Análise de Segmento ou *Segment Analysis*

Uma nova abordagem da Sintaxe Espacial vem sendo estudada em caráter inicial, procurando avançar no campo de pesquisa dos segmentos e responder a algumas das críticas mais frequentes com relação à representação dos elementos dos mapas axiais. O enfoque se dedica à transformação das linhas do mapa axial em segmentos de eixos, considerando como referência os cruzamentos de vias ou *links*, mais precisamente nos nós – como designação corrente na área de transportes. O mapa resultante é denominado mapa de segmentos ou mapa de segmentação; por sua natureza, é semelhante a modelos utilizados em cadastramentos urbanos e engenharia de tráfego, o que permite comparações. O processo é realizado com o auxílio do software Depthmap®, criado na *UCL (University College London)*.

O mapa de segmentação é construído a partir de um *mapa axial tradicional* – entende-se por esta expressão os mapas axiais contruídos de modo tradicional e hoje aplicados em estudos no mundo inteiro – que, automaticamente, é convertido em segmentos a partir dos cruzamentos entre vias.

Embora com resultados ainda em avaliação, as primeiras conclusões indicam que o mapa de segmentação é um aperfeiçoamento da análise global de um sistema; entretanto, a nível local, este não apresenta resultados tão bons quanto o global. Turner (2004) afirma que “o mapa de segmentação é interessante do ponto de vista da análise global e desinteressante do ponto de vista da análise local, pois o mapa axial após segmentado apresenta inúmeros segmentos de linhas (vias) que o torna muito integrado do ponto de vista local”. As nuances locais são, portanto, perdidas. As Figuras 3.10 e 3.11 mostram a diferença entre um mapa axial convencional e a análise de segmentos, respectivamente. Enquanto o mapa axial mostra o centro ativo ou a centralidade urbana – que corresponde às áreas para onde convergem em quantidade e diversidade fluxos e usos diversos – o mapa de segmentos, por outro lado, tende a revelar com mais precisão a estrutura viária hierarquizada, que corresponde a hierarquia viária apresentada pelo SATURN (Figuras 3.11 e 3.12).

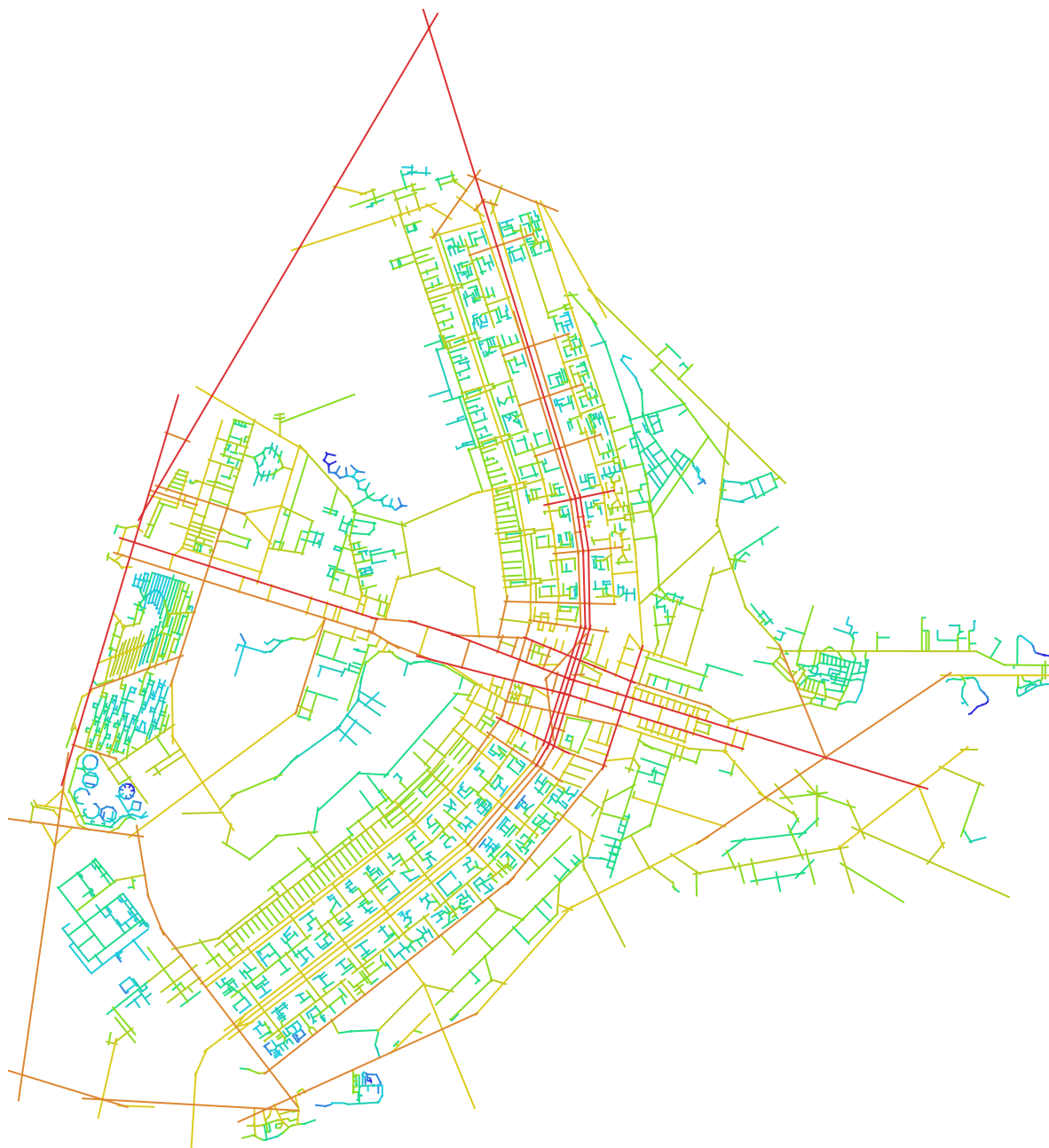


Figura 3.10 Mapa Axial do Plano Piloto

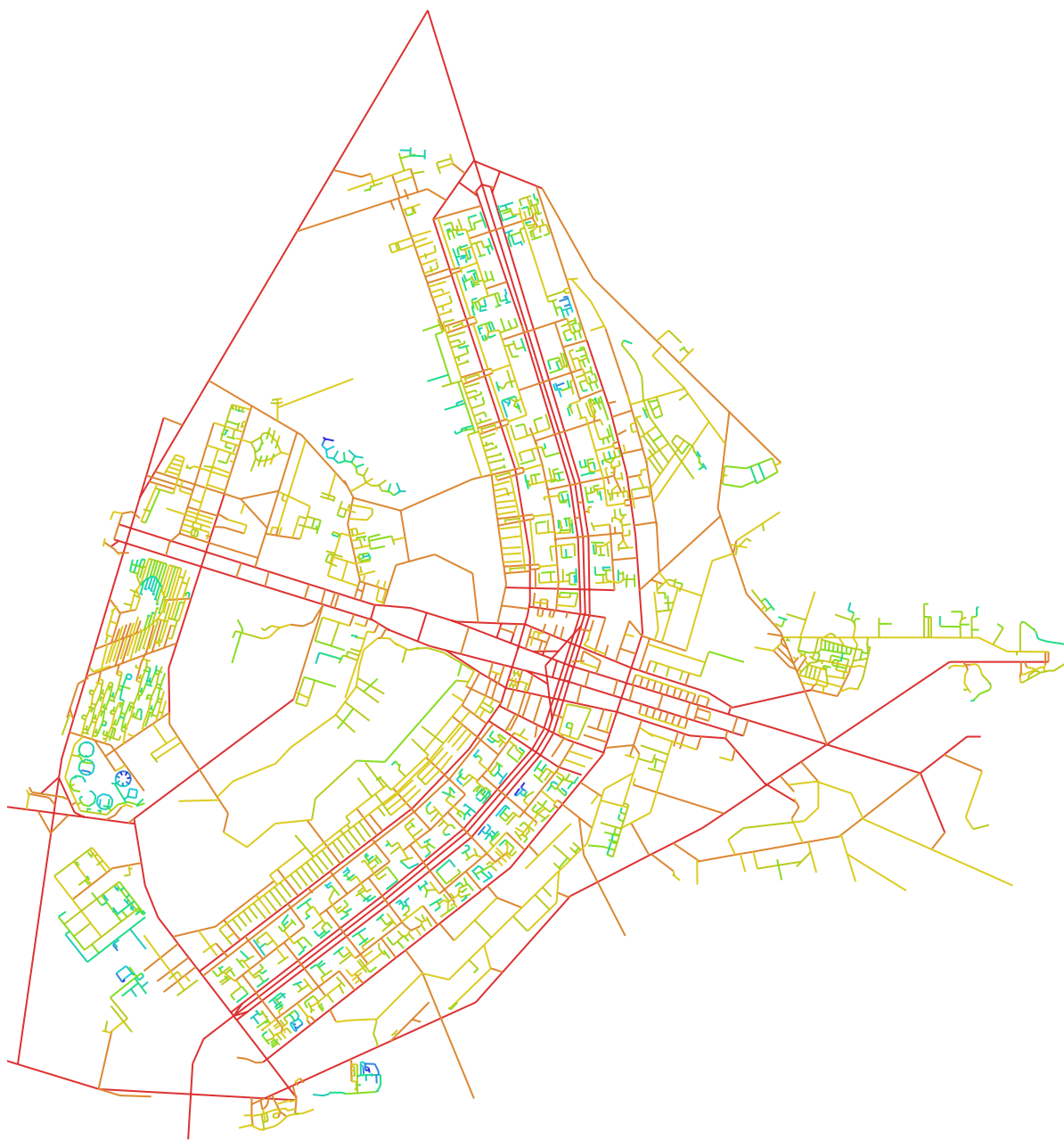


Figura 3.11 Análise de Segmento do Plano Piloto

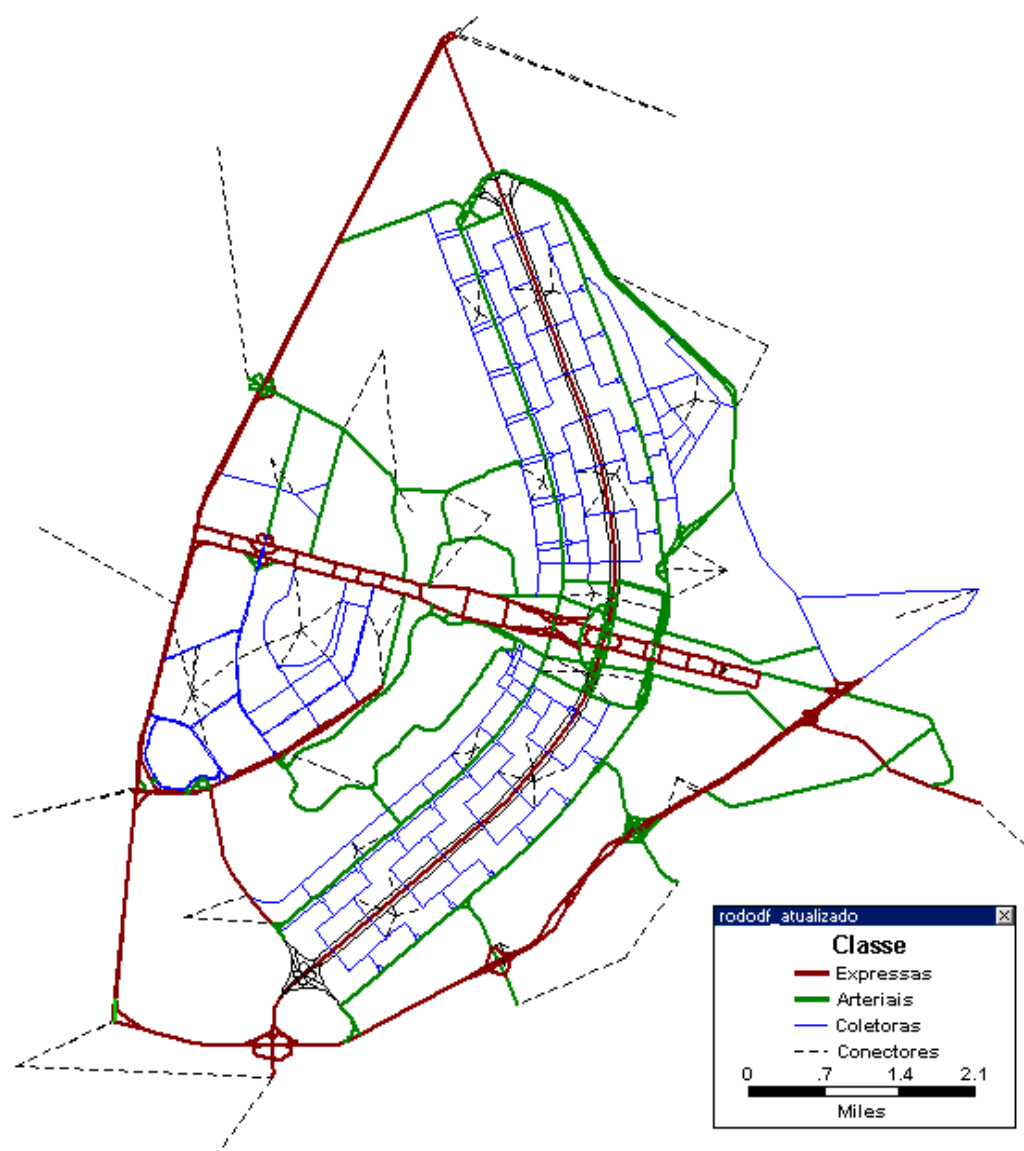


Figura 3.12 Hierarquia Viária do Plano Piloto

Vale comentar, igualmente, que o mapa de segmento possui alguns problemas de representação em relação aos “cantos” das linhas que se conectam (Figura 3.13). O mapa, ao ser segmentado, tem estes cantos incluídos na contagem, como se fossem segmentos de linhas, embora sejam apenas uma estratégia de desenho dos pesquisadores no momento em que estão construindo o mapa axial, de forma a assegurar o estabelecimento da conexão.

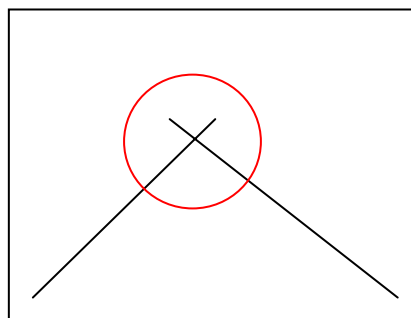


Figura 3.13 Croqui dos “cantos” no Mapa de Segmento

Na seção seguinte são apresentadas críticas com relação aos modelos configuracionais, no que tange, principalmente, a sua técnica.

3.3.3 Críticas ao Modelo

Alguns estudos realizados na área de transportes sugerem que o método da Sintaxe Espacial necessita de aprimoramento principalmente no que tange à representação dos segmentos de reta (vias), como diz Maha (1997): “a representação da malha viária através do mapa axial necessita ser aprimorada, uma vez que, ao se representar diversos segmentos de vias que constituem o mesmo trajeto reto, por uma única linha axial, torna difícil detectar propriedades específicas a cada via ali representada”. Neste caso a Análise de Segmento responde às críticas em relação à representação das vias.

Alves (1999) também critica a maneira como a Sintaxe Espacial é representada, principalmente no momento da realização das análises. Ele afirma que o modelo utiliza médias, desvio padrão e medianas, o que não convém para um modelo que não permite que os deslocamentos sejam analisados por meio de segmentos, e, ao contrário, a alocação

“trabalha com o conceito de semi-retas”. O que o faz concluir que “a comparação direta entre os resultados precisa ser melhor estudada, pois em muitos casos, onde o eixo se prolonga por distâncias maiores correspondendo a várias semi-retas, pareceu mais conveniente se trabalhar com a somatória ao invés da média”.

O autor acima chegou a um resultado que contradiz os resultados da pesquisa realizada por Cybis *et al.* (1996), na qual os modelos (SATURN e Sintaxe Espacial) obtiveram comportamentos parecidos, criando a possibilidade de verificar a “uniformização das categorias para complementar o desempenho dos modelos”, como por exemplo, “desenvolver um modelo comum integrando as duas principais variáveis: distância e configuração”.

Alves (1999) diz ainda que se deve “tentar estabelecer uma metodologia conjunta de carregamento dos modelos, procurando métodos estatísticos apropriados que auxiliem uma comparação mais direta entre os resultados. O que seria um primeiro passo para o desenvolvimento de um modelo conjunto”.

3.4 EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO DO SATURN E DA SINTAXE ESPACIAL

3.4.1 SATURN

No Brasil, o SATURN é utilizado principalmente por pesquisadores da UFRGS – Lastran – orientados pela professora Helena Cybis e pelo professor Antônio Lindau. Os trabalhos dizem respeito, essencialmente à cidade de Porto Alegre.

O trabalho de Pinto *et alli.* (1998) utilizou bases digitais (sistema viário, zonas de tráfego e sistemas de linhas de ônibus) e dados da rede viária (nome, numeração e largura dos logradouros). As conclusões da pesquisa indicam que para o planejamento urbano é de fundamental importância a utilização de modelos de transporte. Entretanto, ressalta-se que esses modelos necessitam de bases de dados muito grandes e que requerem frequentes atualizações e revisões.

O artigo de Cybis *et. al.* (1999) “descreve o processo de construção, calibração e

verificação do ajuste de um modelo de alocação de tráfego” na cidade de Porto Alegre com o software SATURN. O trabalho apresenta as decisões tomadas no processo da implantação, definindo os parâmetros do modelo, ajustes de matrizes de viagens, calibração do modelo e verificação do ajuste à realidade da cidade. Este trabalho, além de utilizar um grande número de dados relativos à rede viária, requer profissionais ou pesquisadores com grande experiência, principalmente, na realização da calibração e verificação do ajuste do modelo.

Observa-se que em todos os trabalhos supracitados houve a necessidade de utilização de um volume considerável de dados, o que representa um custo significativo na elaboração da pesquisa.

3.4.2 Sintaxe Espacial

Como exemplos de aplicação das técnicas de Sintaxe Espacial podem ser listadas, além das consultorias que vêm sendo fornecidas pelo Space Syntax Laboratory (braço comercial da The Bartlett School of Architecture, University College London – UCL, em Londres), alguns trabalhos realizados em diferentes universidades.

Exemplo destas aplicações é o estudo que Medeiros (2002) desenvolveu sobre as consequências de intervenções na malha viária pertencente ou adjacente ao centro histórico de Natal sobre o conjunto arquitetônico modernista e pré-modernista ali remanescente.

Para a pesquisa foram considerados vários projetos viários, então em fase de execução ou elaboração, que visavam adequar à malha existente um plano de reforma das praias centrais de Natal, incluindo a construção de uma segunda ponte sobre o Rio Potengi (Figura 3.14), desenvolvida no entorno dos bairros da Cidade Alta e Ribeira – correspondentes ao centro antigo urbano.

Partindo-se da premissa de que alterações na configuração global podem afetar a configuração local e vice-versa, e afetar também vários outros fatores urbanos associados direta ou indiretamente à qualidade e quantidade dos acessos, buscou-se no trabalho quantificar e avaliar essas transformações. Foram examinadas correlações entre medidas de acesso (valores de integração), uso do espaço e estado de preservação de edifícios (Figura

3.15) nos bairros de Cidade Alta e Ribeira, através de instrumentos de representação, quantificação e correlação pertencentes à metodologia da análise sintática do espaço.

Foram identificadas correlações positivas entre acessibilidade viária e uso comercial, bem como entre uso comercial e descaracterização ou modificação do casario, o que permite inferir que usos compatíveis com vias que têm altos valores de integração tendem a se mostrar deletérios quanto à preservação da feição original de imóveis ali localizados (Figura 3.15). Coerentemente com esses achados, constatou-se que na Cidade Alta – onde o desmonte do casario pré-modernista e modernista tem atingido níveis alarmantes nas últimas décadas – a média de integração é mais alta do que a da Ribeira, melhor conservada. Quando se simula o traçado que resultará da conclusão dos projetos em andamento, entretanto, ocorre uma inversão, com valores médios de integração aumentando significativamente na Ribeira (Figura 3.16), propriedade que, como indicam estudos de sintaxe do espaço em várias partes do mundo, costuma apontar um incremento da área como pólo atrator de movimento e de uso comercial.

Embora a valorização comercial seja comumente considerada fator positivo na elaboração de estratégias de requalificação de centros históricos, como tem sido o caso nas iniciativas envolvendo a Ribeira e projetos semelhantes em outros sítios históricos do Nordeste, defende-se aqui a necessidade de considerar a equação maior acessibilidade = incremento do uso comercial = desmonte do casario em um contexto que, como indicam estudos anteriores, não parece consolidada a noção de integridade estilística como valor imobiliário. Dessa forma, acredita-se aqui que a simulação de intervenções planejadas, através de instrumentos de representação e análise sintática, pode contribuir com novos dados freqüentemente ausentes da discussão sobre a construção de salvaguardas para a preservação de conjuntos arquitetônicos, como é o caso do já fragilizado casario remanescente no centro histórico de Natal, em especial na Ribeira.



Figura 3.14 Ponte Redinha-Santos Reis, a segunda ponte sobre o rio Potengi

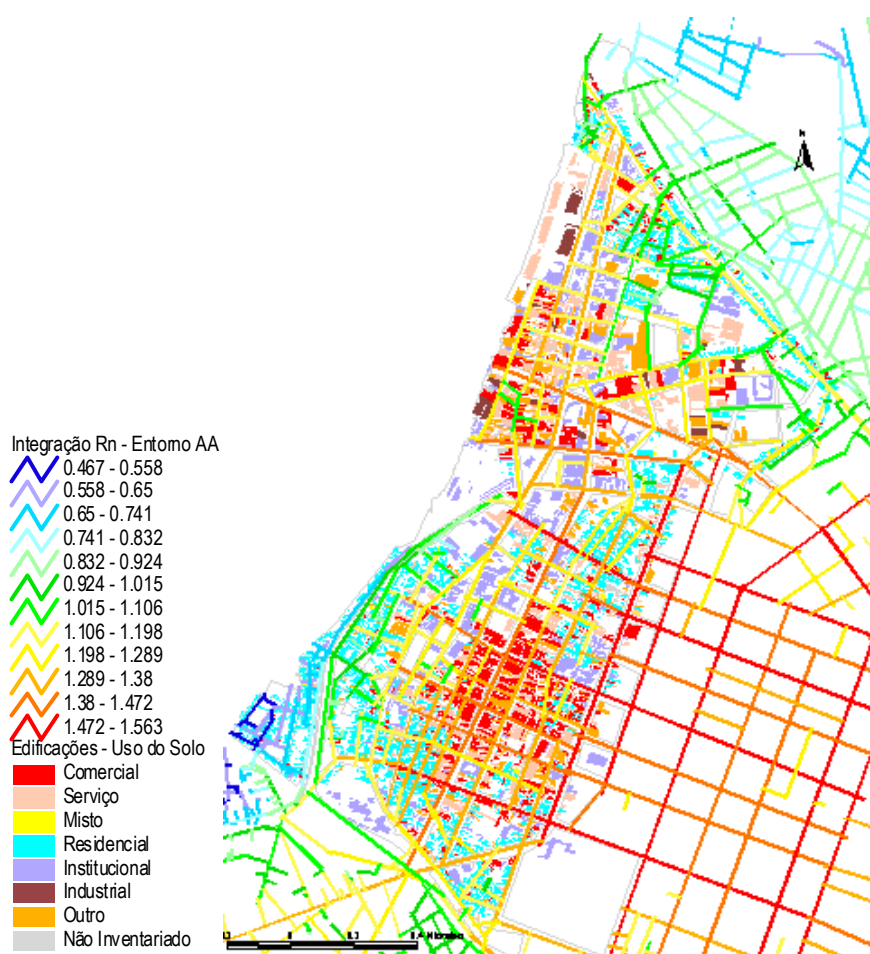


Figura 3.15 Correlação entre integração e uso do solo

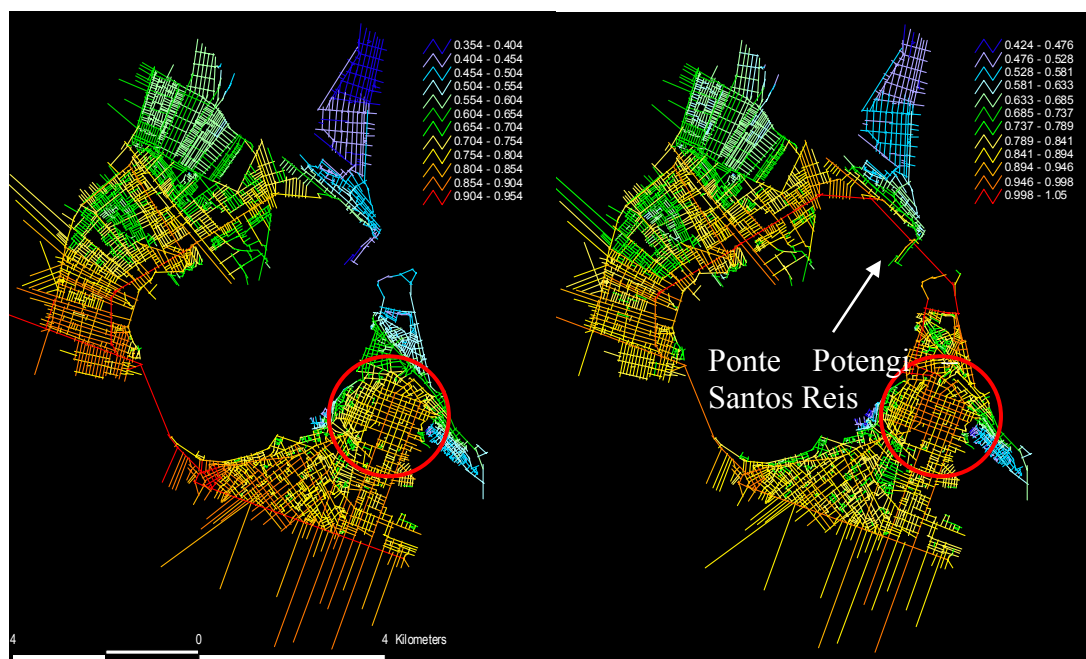


Figura 3.16 Entorno para incluir as duas pontes e a Zona Norte de Natal

3.4.3 Sintaxe em Transporte

A análise comparativa entre a Sintaxe Espacial e os modelos convencionais de alocação vem ocorrendo nos últimos anos, entretanto ainda não alcançou resultados sólidos, certamente por serem estudos exploratórios e iniciais.

São exemplos os trabalhos de Maha (1997) e Alves (1999). A primeira analisou sintaticamente a malha viária da cidade de Anápolis, a fim de tentar explicar a distribuição espacial das densidades dos ônibus nas vias que constituem a rede viária para o sistema de transporte público.

Nesta pesquisa a autora concluiu que há relação entre o nível de integração de uma via e sua potencialidade de atrair grandes fluxos de ônibus, o que confirma que a Sintaxe Espacial, por meio de sua teoria embasada nos aspectos topológicos, pode sim indicar as vias do sistema com potenciais de atrair mais fluxos veiculares.

A pesquisa de Alves (1999), por sua vez, comparou um modelo tradicional do

planejamento de transportes, o de alocação de tráfego com o atributo “tudo ou nada”, com um modelo configuracional, a Sintaxe Espacial, por meio da simulação de fluxos de pedestres no SCS (Setor Comercial Sul) de Brasília. O trabalho objetivou estabelecer pressupostos para a formulação de políticas e projetos para a implementação de intervenções específicas para pedestres em áreas centrais urbanas e, como resultado, a investigação, diferentemente da pesquisa de Cybis *et al.* (1996), apresentou conclusões positivas no que tange à aplicação conjunta das ferramentas em estudo.

3.4.4 Utilização conjunta do SATURN e da Sintaxe Espacial

O trabalho de Cybis *et al.* (1996) critica os modelos configuracionais por associar a utilização das vias somente ao seu alto nível de integração, ou seja, os autores afirmam que “pouco provavelmente motoristas estariam dispostos a percorrer distâncias grandes o suficiente apenas para utilizar vias de alta integração”.

Na realidade, a idéia básica da Sintaxe Espacial é a utilização de vias mais integradas de modo a evitar a realização de grande número de conversões, além da sensação de desorientação causada ao motorista, como se verifica no artigo Well Connected (2000), onde se afirma que “os humanos preferem as rotas mais fáceis às aquelas que são labirínticas”, ou seja, preferem aquelas que apresentam menor quantidade de mudanças de direção. Quando uma pessoa pede uma informação com relação a que rota percorrer, o caminho que certamente as pessoas indagadas indicarão será o caminho em que houver menos conversões, ou seja, “ainda que seja a rota mais longa, será aquela mais simples de memorizar”(op. cit.). Caminhos com maior número de mudanças de direção, não são os utilizados.

Aliás, o mesmo trabalho de Cybis *et al.* (1996) faz uma crítica aos modelos convencionais de alocação e diz que estes “residem na tortuosidade de algumas rotas indicadas, que poderiam não ser utilizadas na prática por problemas de orientação e pela necessidade dos motoristas realizarem movimentos freqüentes de conversão”.

Outro ponto que merece comentário no artigo de Cybis (1996) é a afirmação de que os modelos configuracionais utilizam redes completas, ao contrário dos modelos de alocação, que se estruturam em função do nível de abrangência que se almeja alcançar. Na verdade, a

Sintaxe Espacial pode, sim, ser utilizada a nível local, ou seja, redes incompletas, e, mesmo utilizando-se a rede completa, o raio de abrangência da análise pode ser local, o que permite enxergar os resultados locais em um mapa contendo o sistema completo (R_n , R_3 etc.).

Nos mapas mostrados nas Figuras 3.17, 3.18, 3.19, 3.20 e 3.21 são mostrados os raios 3, 7, 11, 15 e 19, respectivamente. Percebe-se que em cada cidade identificada é possível verificar um sistema local, com vias integradas e vias segregadas. À medida que o raio aumenta estas vias integradas localmente perdem importância (do ponto de vista topológico), enquanto aquelas que conectam estas cidades ao Plano Piloto, progressivamente, se tornam mais integradas. A situação prossegue até a formação da centralidade principal do DF (acompanhando a EPIA), quando o sistema é analisado em sua totalidade com raio n (Cf. Figura 22).

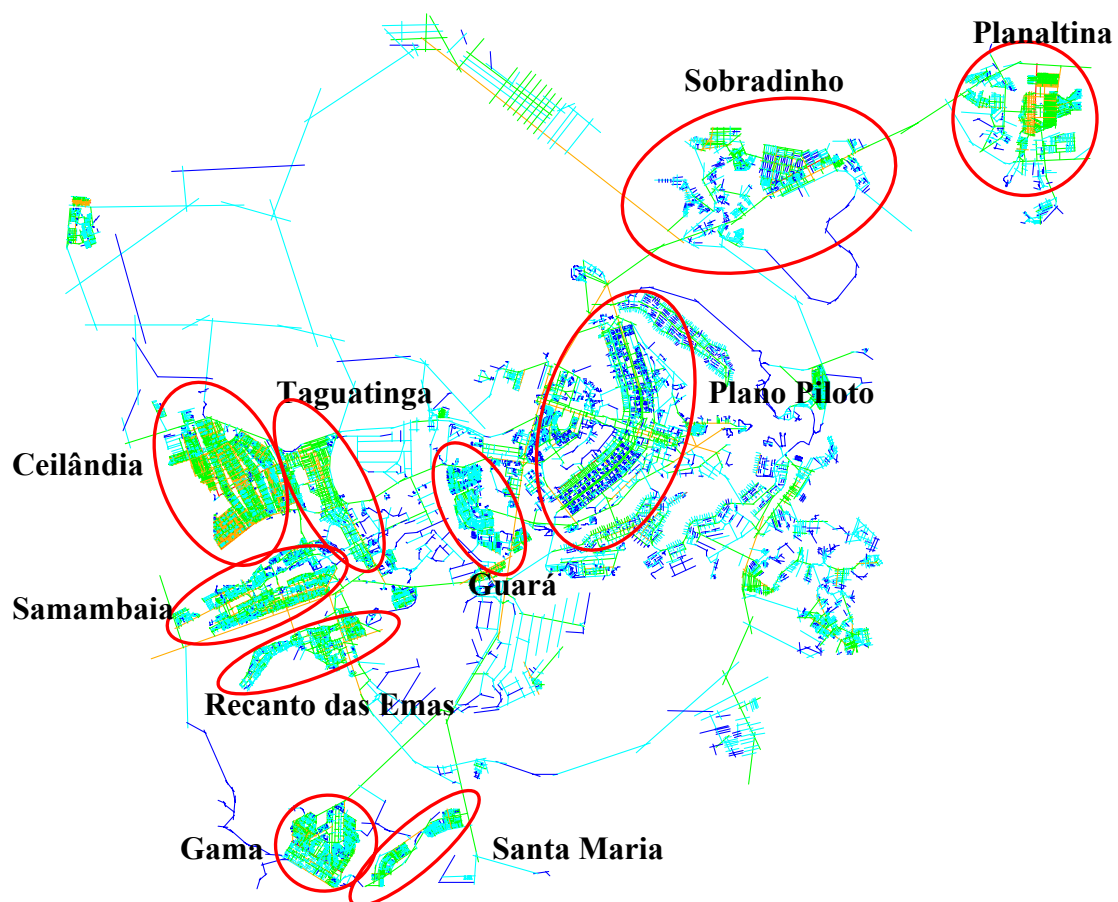


Figura 3.17 Mapa Axial – Raio 3

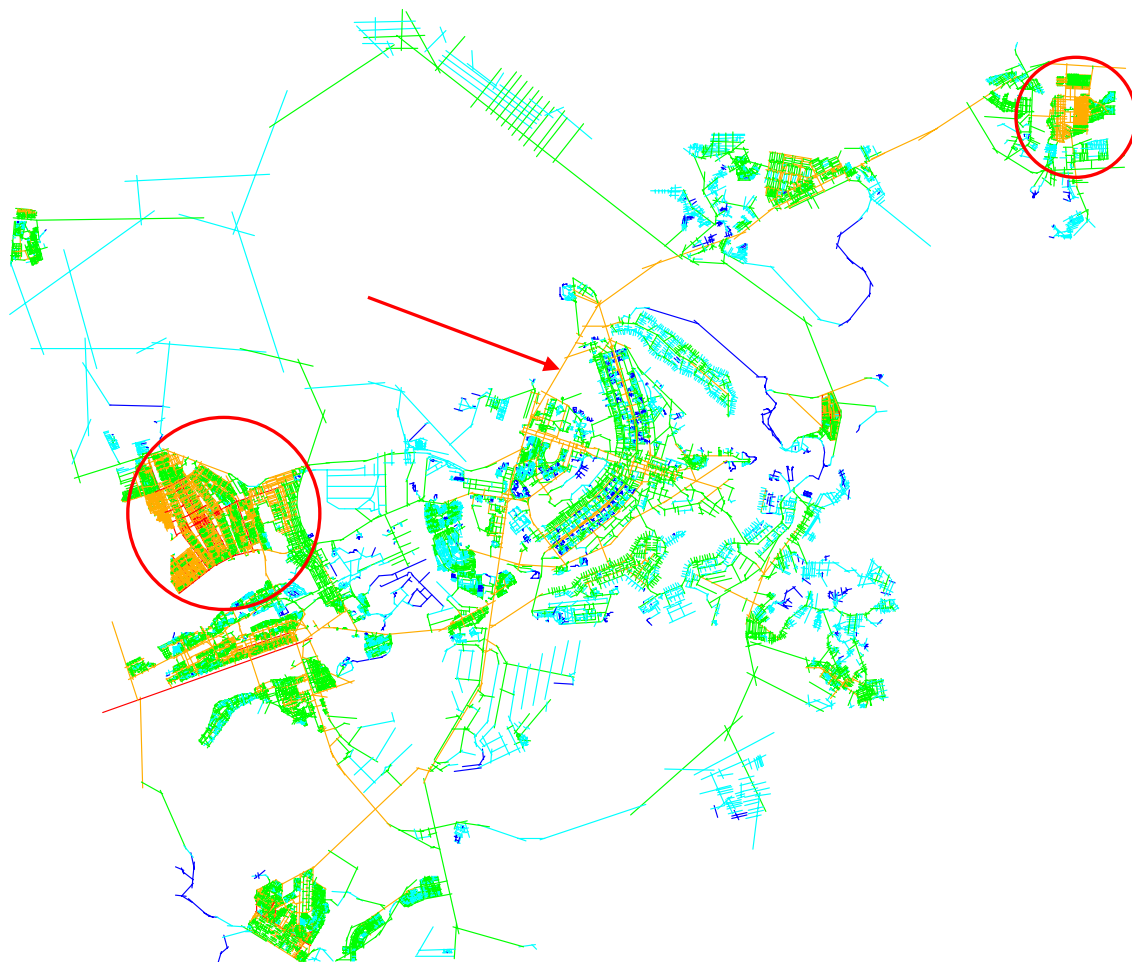


Figure 3.18 Mapa Axial – Raio 7

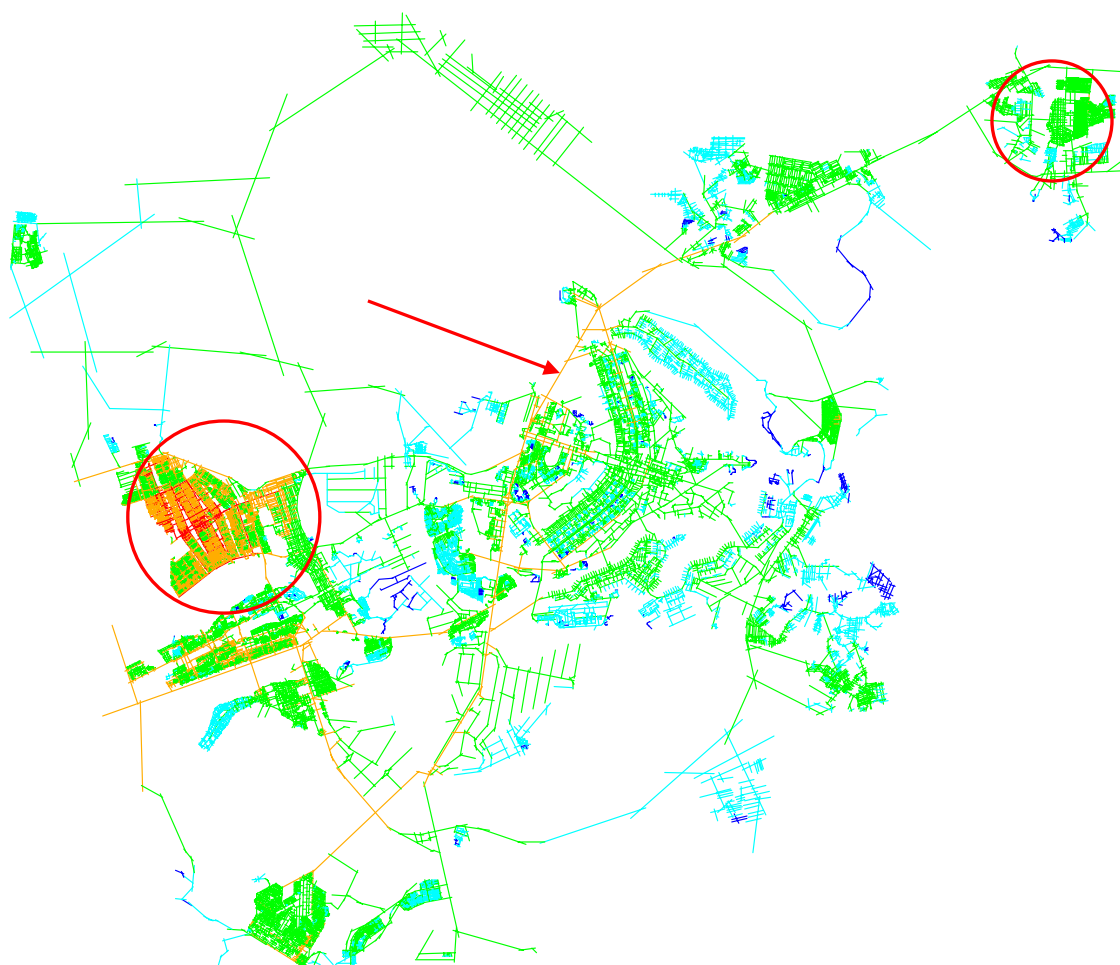


Figura 3.19 Mapa Axial – Raio 11

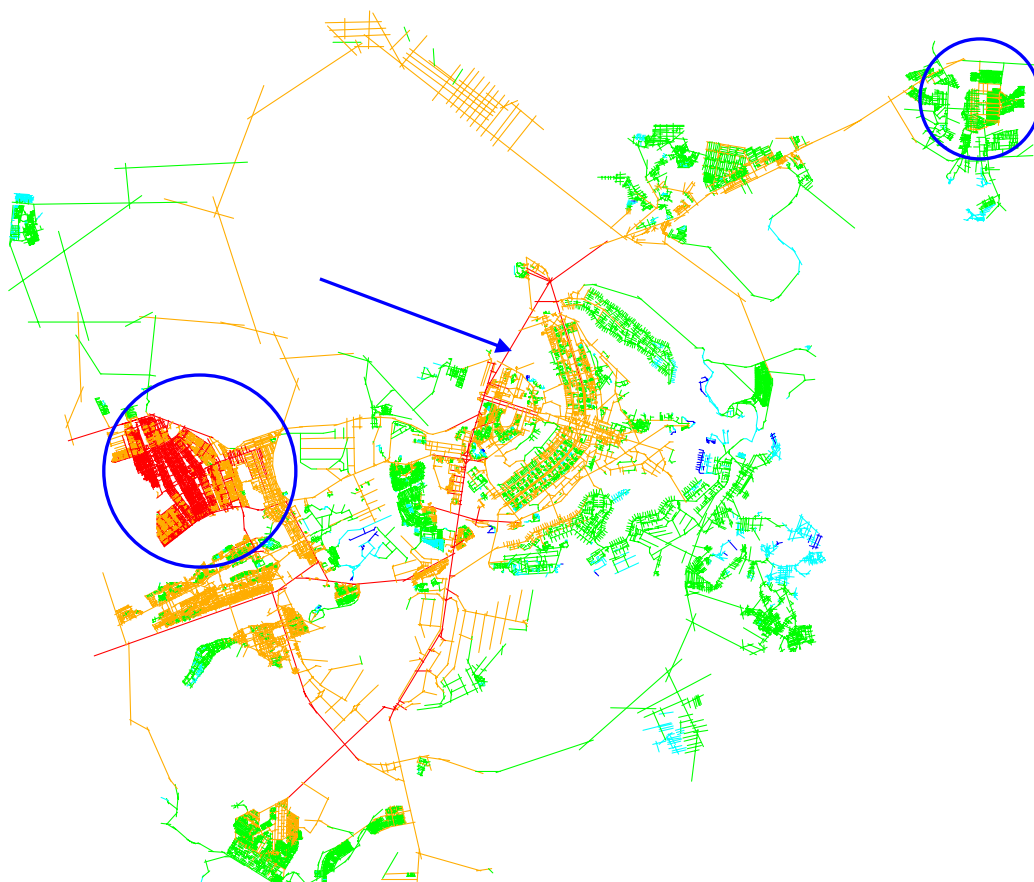


Figura 3.20 Mapa Axial – Raio 15

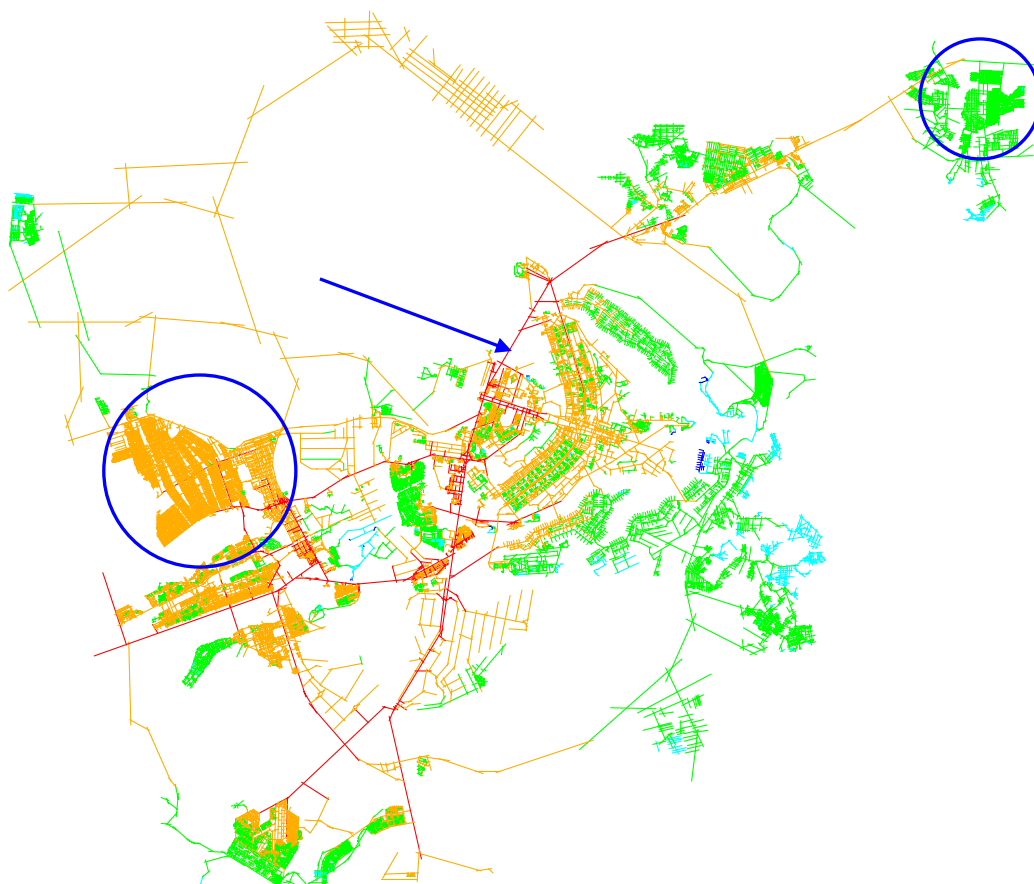


Figura 3.21 Mapa Axial – Raio 19

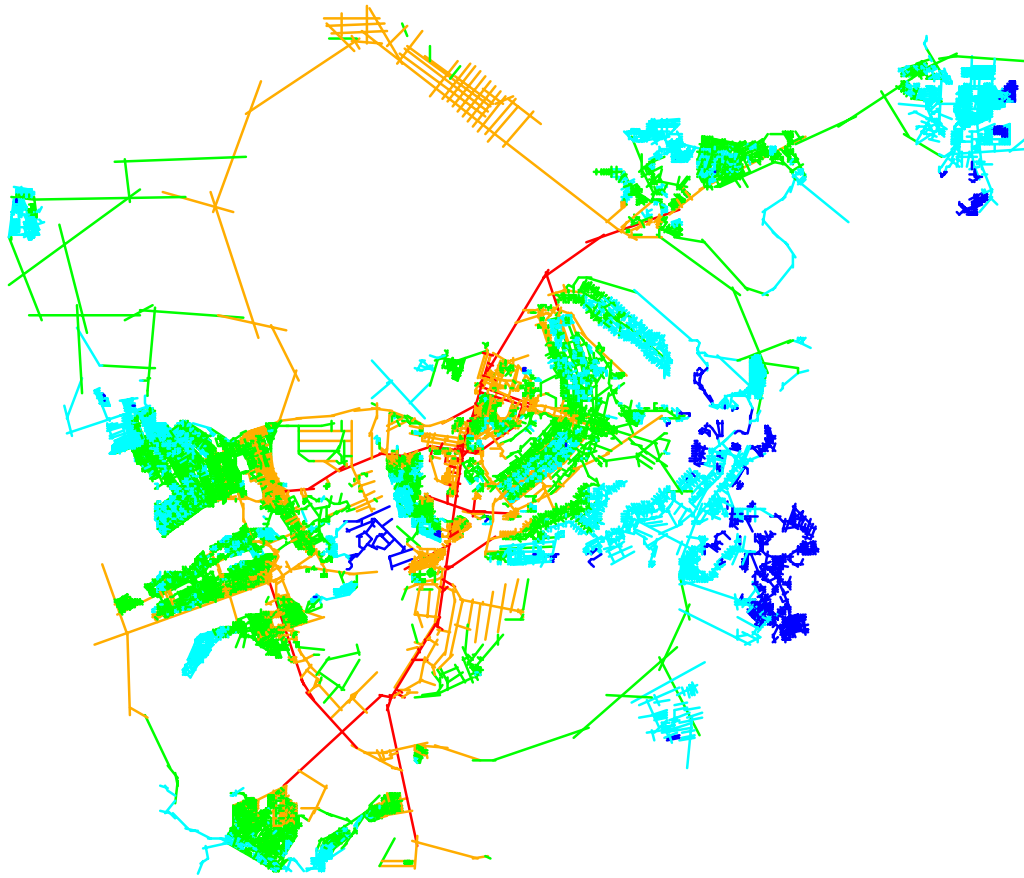


Figura 3.22 Mapa Axial – Raio n

A Sintaxe Espacial se insere neste contexto como sendo uma ferramenta que prioriza as rotas mais simples, mesmo que sejam mais longas, entretanto mais convidativas do ponto de vista de *localização*, ou seja, quanto mais simples mais fáceis das pessoas se localizarem.

Hillier (1993) expõem alguns aspectos importantes para o debate. Segundo eles, métodos quantitativos para a previsão do movimento no espaço urbano convencionalmente têm sido adaptações dos modelos empregados em estudos veiculares. O *potencial de geração de viagem* das formas construídas (edifícios e quarteirões) é visto como a quantidade-chave, e o *congestionamento* como o problema mais provável; além disso, a concepção e o projeto

de espaços locais para pedestres coincidindo com os focos de atração são percebidos como o mais desejado propósito do planejamento.

Pode-se chamar isso de *teoria da atração do movimento de pedestres*: o movimento é visto como sendo *de e para* formas construídas de diferentes graus de atração, e o design como a ferramenta para *conceber* os locais desta atração.

Ocorre, todavia, que as teorias de atração pouco dizem sobre a configuração espacial da malha viária, que é o modo pelo qual os espaços onde as pessoas se movem – ruas, praças, alamedas, etc. – estão conectadas para formar algum tipo de padrão global. Mas é fácil demonstrar como, teoricamente pelo menos, a configuração pode ter efeitos no movimento que são independentes dos atratores, como nos exemplos da Figura 3.23.

A linha *horizontal maior* apresenta uma hierarquia mais elevada no desenho do lado esquerdo (pois todas as vias desembocam nela, e não se conectam entre si), do que no caso da direita, onde há uma melhor distribuição de acessos e caminhos alternativos, o que não acontece no primeiro caso (Figura 3.23).



Figura 3.23 À esquerda – hierarquia mais elevada, à direita- melhor distribuição de acessos.

Fonte: Hillier (2003)

Steadmand (2004) colabora para a discussão ao inferir que “as pessoas têm a tendência geral de viajarem pelos caminhos mais curtos (curtos em termo do número de linhas axiais), de forma a ganhar tempo, reduzir o esforço e economizar. As linhas axiais com altos valores de integração são aquelas com o maior número de caminhos topologicamente mais curtos”.

Nos modelos tradicionais de transporte a característica de buscar caminhos mais curtos é dada como certa e raramente questionada. As viagens são associadas a caminhos mais curtos (seja distância métrica ou tempo de viagem).

Os modelos geralmente são calibrados fazendo-se ajustes em variáveis como: o número de viagens, os destinos e a escolha do modo de transporte.

A diferença entre a respectiva representação na sintaxe espacial e em outros modelos de transporte provoca então uma importante questão científica sobre a psicologia dos estratégias que as pessoas usam para navegar pelas áreas urbanas, como destinos em mente ou em vista.

A questão levantada então é a seguinte: o que de fato as pessoas procuram, a rota mais curta geometricamente falando (apenas distância considerada) ou topologicamente falando (facilidade de poucas mudanças de direção)? Talvez nenhuma delas, mas sim, a mais conhecida, ou a que possui o menor número de semáforos, ou outra com outro atributo qualquer. Entretanto, discute-se aqui a questão da indicação de uma rota à um desconhecido.

A resposta talvez esteja naquilo que é discutido no artigo Well Connected (2000). “Imagine que lá está você, esperando para atravessar uma via, quando um carro se aproxima, um passageiro desce e pergunta a você onde está o banco mais próximo. Existem, de fato, duas rotas: um longo caminho seguindo uma via principal, com uma única mudança de rota para a esquerda, e um caminho muito mais curto com diversas mudanças de rota através de vias secundárias. Qual delas você indica para o indivíduo? A resposta é a rota mais longa e simples. Tente dar direções com muitas mudanças para a esquerda e direita que o viajante certamente terminará perdido. Talvez devido a nossos cérebros se negarem a trabalhar com muita complexidade, os humanos preferem as rotas mais fáceis àquelas que são labirínticas”.

Sabe-se que o foco dos modelos de transportes não são indivíduos que desconhecem a rede, entretanto, esta é também uma variável na escolha das rotas e sabe-se que existem outras que devem ser consideradas.

3.5 TÓPICOS CONCLUSIVOS

Os modelos convencionais de transporte consideram em grande medida os aspectos geométricos de um sistema e desconsideram os aspectos topológicos, considerados pelos modelos configuracionais. Como evidência disso Cybis *et al.* (1996) afirmam que os modelos convencionais de alocação, ao simularem os fluxos, dão preferência para os menores caminhos entre um par de zonas de tráfego, mesmo tendo um número grande de conversões, como já citado anteriormente.

Outro fator preponderante na escolha de um modelo diz respeito ao alto custo da realização de pesquisa origem-destino. A Sintaxe Espacial, ao contrário, requer apenas um mapa digital e dados pré-existent para análises complementares.

A utilização da análise de segmento é interessante do ponto de vista da análise global, visto que a crítica mais freqüente à Sintaxe Espacial é justamente em relação a sua análise global, por não levar em conta as interseções (conexões). Os termos interseção e conexão são nomenclaturas utilizadas para os modelos de transporte e modelos configuracionais, respectivamente, e que aqui são utilizados como sinônimas.

A utilização da Sintaxe Espacial na alocação de viagens é uma área promissora, visto que pesquisas vêm sendo realizadas – com certa freqüência – comparando os modelos configuracionais e de alocação.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo serão realizadas comparações entre as ferramentas utilizadas no estudo, em termos teóricos, metodológicos e técnicos.

4.1 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SATURN E SINTAXE ESPACIAL

Para se realizar uma comparação entre quaisquer ferramentas, devem existir parâmetros comuns.

A fim de realizar uma análise completa acerca do ferramental em estudo, serão comparados *aspectos teóricos* – compreendendo o arcabouço teórico que respalda os modelos – *aspectos metodológicos* – que englobam o método utilizado em cada modelo – e, por fim, os *aspectos técnicos* – englobando as técnicas adotadas pelos modelos.

4.1.1 Aspectos Teóricos

Bueno (1999) diz que teoria é o “conjunto de princípios fundamentais de uma ciência”; entretanto, esse é um conceito um tanto simplista se comparado ao de Holanda (2001), que a conceitua como sendo “um conjunto de reflexões sobre certa área da realidade – que a própria teoria delimita – por meio do relacionamento entre itens de conhecimento – ou, se quisermos, dimensões desta mesma realidade”.

Os modelos em estudo, como qualquer outro, possuem limitações, e a principal por eles abordada é em relação aos métodos matemáticos que fornecem a definição de fluxos de uma rede.

O estudo da configuração dos espaços aplica métodos matemáticos representados (Cf. Hillier e Hanson, 1984), dentre outros, por meio de índices de integração, representando o potencial de fluxos das vias.

Os princípios que norteiam as escolhas dos usuários nos modelos de alocação também são baseados em abordagem matemática, onde os custos de viagem são traduzidos pelo tempo, distância, valores monetários, dentre outros, e são representados por valores numéricos.

Não se afirma aqui que os modelos sejam inconsistentes, apenas deixa-se claro que não incluem outros fatores como: o psicológico dos motoristas, as condições climáticas do local, o sítio físico de implantação, dentre outros. Em transporte, dependendo do princípio de escolha de rotas, alguns destes fatores podem ser inclusos.

Sabe-se que modelos são tentativas de representar a realidade e que nenhum modelo é considerado exato tal qual a realidade. São sempre simplificações e aproximações.

4.1.2 Aspectos Metodológicos

Traduzindo o termo literalmente do grego “método” significaria, “caminho para algo”. Método “é a ordem que se segue na investigação da verdade, no estudo de uma ciência ou para alcançar um fim determinado” (Bueno, 1999).

Segundo Ferrari (2004), método “é o caminho pelo qual se atinge um objetivo, um meio para se atingir um fim”. Holanda (2001) define método como sendo “a análise sistemática e a organização dos princípios e processos racionais e experimentais que devem guiar uma pesquisa científica”. É o modo com são realizadas as observações e nas quais são definidas as categorias analíticas.

As análises realizadas pelo ferramental da Sintaxe Espacial concentram-se nos arcos, ou seja, nos segmentos de retas que representam as vias, e nas conexões. E do mesmo modo ocorre com o SATURN, ao se tratar da rede *buffer* cuja ênfase maior são os arcos e secundariamente os nós.

A Sintaxe Espacial desconsidera o sentido das vias, representando o sistema viário por segmentos de reta sem nenhuma outra característica do sistema. O SATURN, por outro lado, no modelo macroscópico, considera o sentido das vias, o número de faixas, a hierarquia e os fluxos veiculares que existem na rede viária, atingindo um maior

refinamento na representação.

No SATURN, quando a via apresenta uma curva, sua representação é feita por uma única “quebra” ou utilizando os chamados nós *dummy* (Figura 4.1) que não são indicados em grande quantidade (Van Vliet, 2004). Se for uma curva acentuada, a representação não ficará perfeita. O mesmo ocorre com a Sintaxe Espacial, pois uma via no mapa axial é construída também de acordo com a curvatura e nem sempre se consegue boa precisão (Figura 4.2). Na Sintaxe Espacial ou S.E. há problemas de representação das vias curvas, pois como há várias “quebras” (Figura 4.2) para melhor representação, cada segmento de reta apresentando diferentes índices de integração.

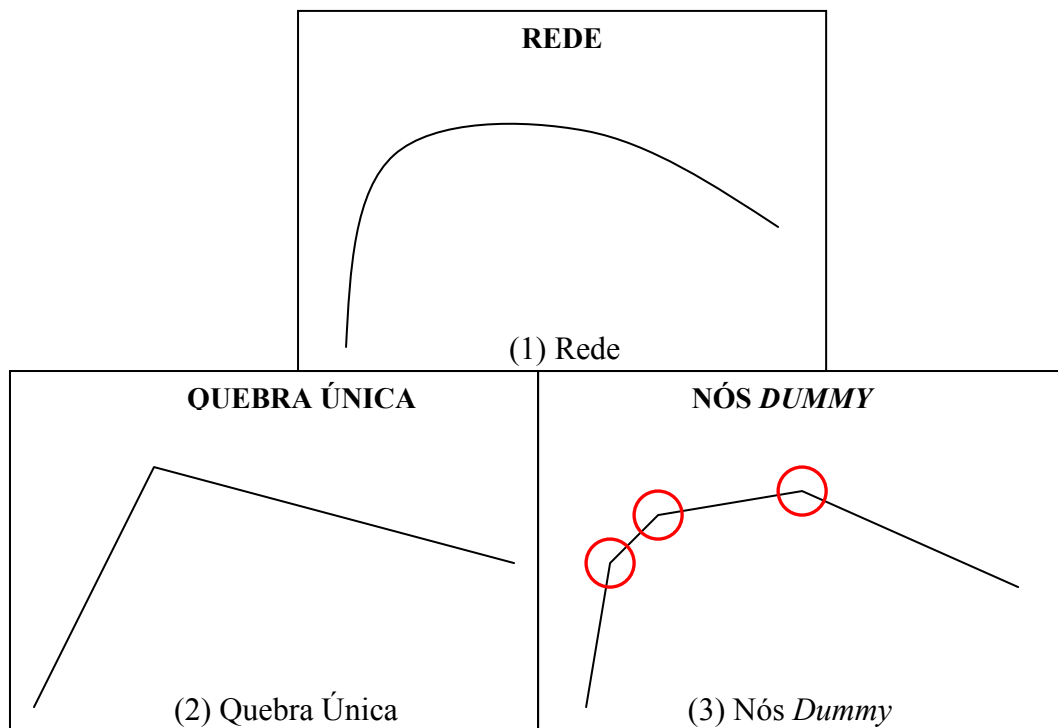


Figura 4.1 Representação de uma curva: 1 – Rede propriamente dita, 2 – Quebra Única, 3 – nós dummy em vermelho.

Cada segmento de reta, tanto no *SATURN* como na *S.E.*, possui características próprias. No *SATURN* há informações como: número de faixas na via, sentido da via, hierarquia viária etc. E na *S.E.* há informações em relação à integração do sistema, conectividade

entre os eixos (vias), além de outros.

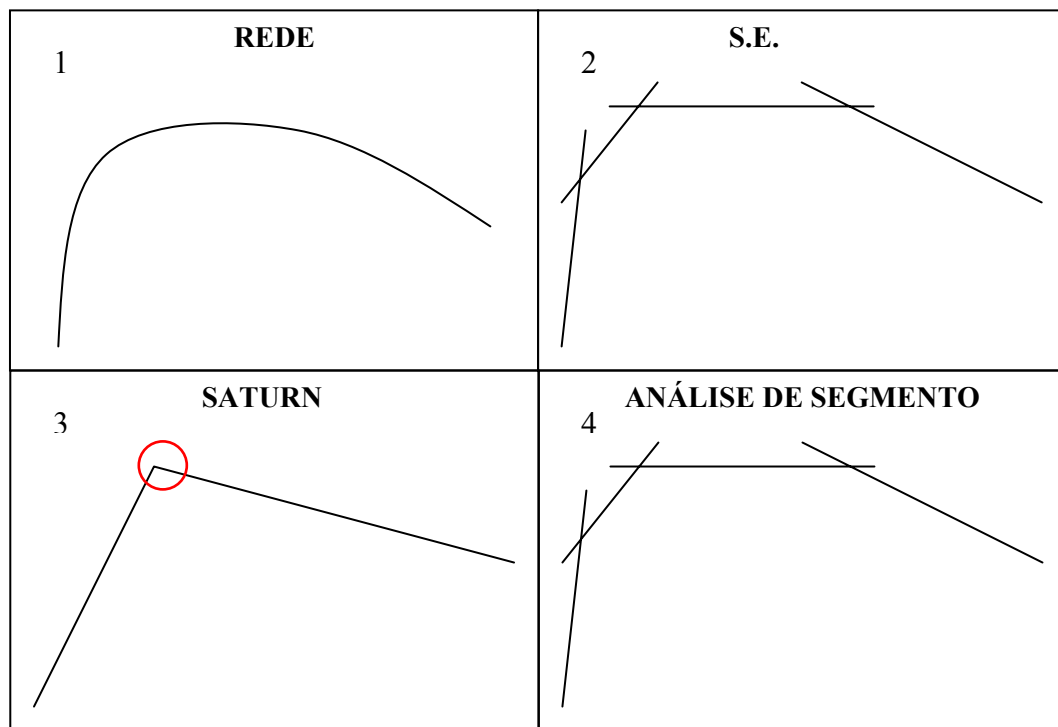


Figura 4.2 Representação de uma curva: 1 – Rede propriamente dita, 2 - Sintaxe Espacial, 3 – SATURN e quebra única em vermelho e 4 – Análise de Segmento.

Há uma diferença nítida na representação dos modelos. No SATURN há nós que conectam os arcos (links), enquanto na S.E. os segmentos de linha são ligados diretamente uns nos outros, com as linhas avançando consideravelmente além do cruzamento. Isto acontece como uma estratégia de representação de modo a garantir que a conexão seja contabilizada no momento de rodar o mapa. Quando se adota a análise de segmento, o Depthmap® apresenta a mesma representação dos mapas axiais tradicionais com a diferença que há a segmentação nas conexões dos eixos (Figura 4.3).

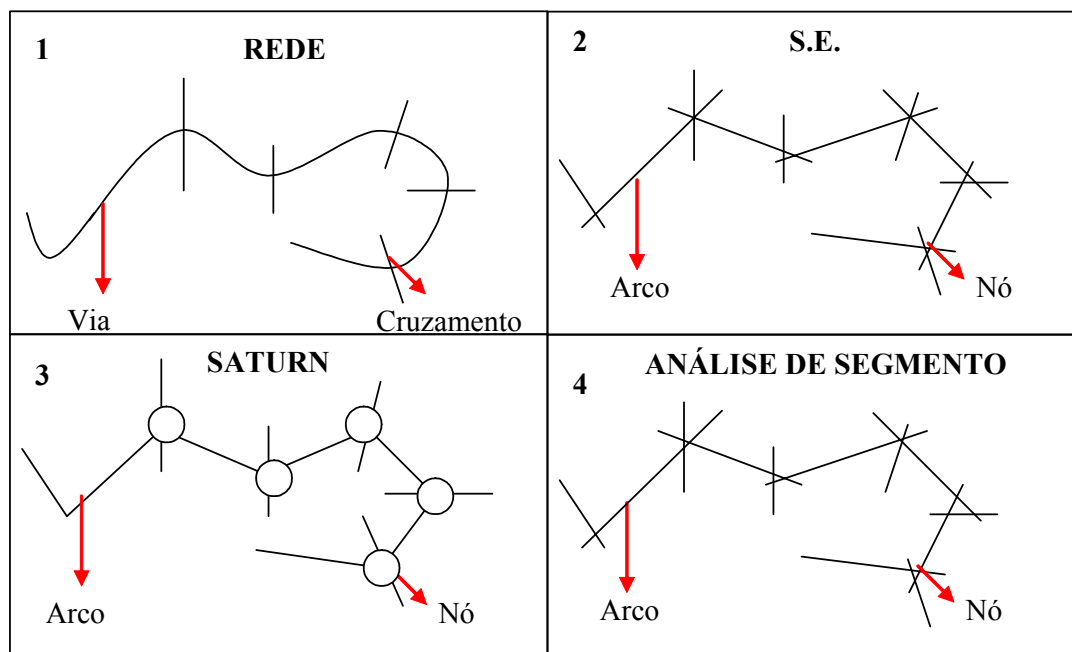


Figura 4.3 Representação de uma rede com a via principal curva: 1 – Rede propriamente dita, 2 - Sintaxe Espacial, 3 – SATURN e 4 – Análise de Segmento.

Nos modelos tradicionais de alocação de viagens os “nós” são estruturas muito importantes, dependendo do nível de estudo, como no caso microscópico e mesoscópico. Entretanto no nível macroscópico, os nós não são tão importantes quanto os arcos (ou *links*), por não levar em conta os tempos semafóricos, muito embora requeiram sua representação no modelo (Figura 4.4).

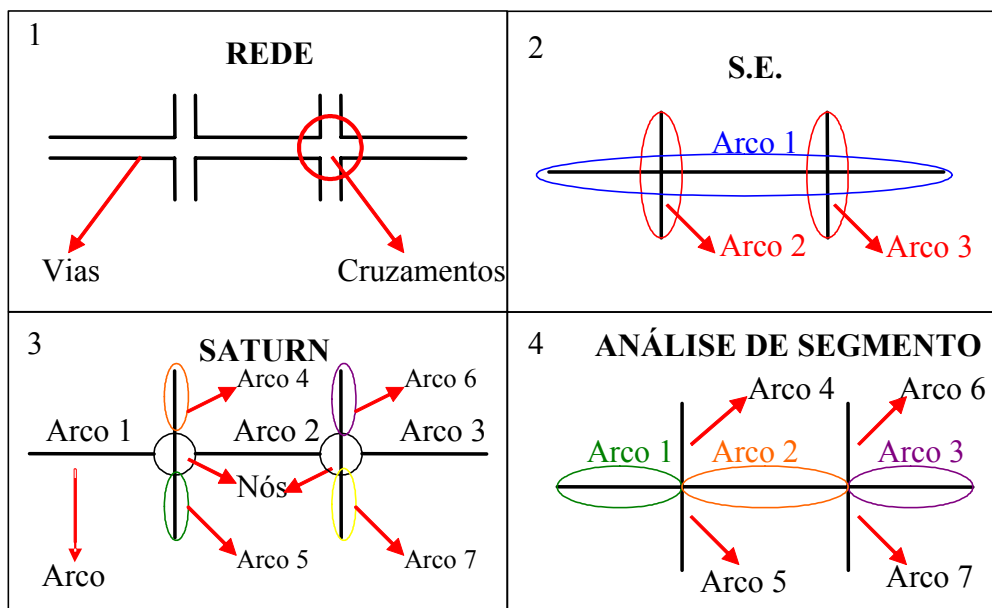


Figura 4.4 Representação de uma rede com traçado regular: 1- Rede propriamente dita, 2 – SATURN, 3 - Sintaxe Espacial e 4 – Análise de Segmento.

Uma das etapas da metodologia é a calibração dos modelos. Em S.E. esta etapa não contempla interferência direta do pesquisador, tendo em vista que este não pode interferir na matriz matemática resultante do sistema de conexões. Os ajustes podem ser feitos no sentido de acrescentar ou retirar linhas, de acordo com o propósito da investigação, caso seja o de simular novas vias. Entretanto, o pesquisador não poderá alterar os valores de integração obtidos. Nos modelos de alocação, por sua vez, esta interferência é direta. O modelo vai sendo ajustado progressivamente de forma a apresentar um resultado mais próximo da realidade; o que é obtido, em alguns casos, a partir de seguidas intervenções.

4.1.3 Aspectos Técnicos

Técnicas são procedimentos operacionais, ferramentas da método utilizadas para representar uma dada realidade (Holanda, 2001). Bueno (1999) afirma que técnica “é o conjunto de processos de uma ciência”. No caso específico da S.E., as técnicas são: convexidade e axialidade, das quais somente esta última – axialidade – é foco de estudo

nesta pesquisa, como foi explicado no capítulo anterior.

Comparativamente as características das técnicas utilizadas nos modelos aqui investigados são: foco das análises, dados de entrada, dados para confronto e dados de saída (Tabela 4.1).

O foco das análises de ambos os modelos no presente estudo é dado aos arcos por lidarem com os fluxos veiculares desprezando características microscópicas do sistema, como tempos semafóricos, atrasos etc.

Os dados de entrada necessários à S.E. são relativos exclusivamente aos arcos, no SATURN estes dados são relativos aos arcos e aos nós. Entretanto, estes últimos, no caso específico de rede *buffer*, são menos importantes, na medida em que não são necessárias informações relativas aos tempos semafóricos e atrasos de filas, que são características somente dos nós (Tabela 4.1).

A S.E. necessita de alguns dados para confrontar seus resultados (Tabela 4.1). Normalmente são utilizadas informações disponíveis nos órgãos públicos, como Censo, ou coletados *in loco* pelo pesquisador. Em transporte, normalmente são utilizados para confronto os dados de fluxos as rede.

Tabela 4.1 Comparação Geral entre a Sintaxe Espacial e o SATURN

ATRIBUTOS	SINTAXE ESPACIAL	SATURN
Foco das Análises	Arcos	Arcos – Rede Buffer Nós – Rede de Simulação
Dados de Entrada	Base cartográfica com o desenho da estrutura viária.	Dados da matriz de viagem e dados da rede.
Dados para Confronto	Dados disponíveis em órgãos públicos (Censo do IBGE etc).	Fluxos da Rede
Forma dos Dados de Saída	Potenciais de fluxo (Integração)	Fluxos (ucp/h).

Um caso interessante foi relatado no trabalho de Cybis *et al.* (1998), objetivando estimar o carregamento da malha viária na área de influência do Cristal Shopping em Porto Alegre.

Inicialmente não foi inserida no modelo a av. Cruzeiro por ser via local – e estas são desconsideradas em modelos de alocação. Entretanto, Turkienicz (apud Cybis *et al.*, 1999) mostrou que a simulação da av. Cruzeiro no modelo de Sintaxe Espacial obteve resultados com altos índices de integração em relação ao sistema viário geral. Uma nova simulação foi realizada no SATURN considerando esta via, de modo a serem realizadas algumas modificações em sua estrutura física, como o aumento de sua capacidade (de uma para duas faixas por sentido) e o aumento da velocidade permitida na via.

Cybis *et al.* (1998), após a simulação com a nova inserção, afirmam que “o carregamento resultante deste cenário demonstrou que a av. Cruzeiro obteve potencial para solucionar os problemas de congestionamento em alguns trechos do sistema da cidade”. O que confirma a utilidade da Sintaxe Espacial em auxiliar as simulações de tráfego em transporte.

No entanto, os autores acima afirmam que, “segundo os princípios dos modelos configuracionais, segmentos viários com altos índices de acessibilidade apresentam uma grande conectividade com outros arcos, constituindo-se, portanto, em vias com grande potencial de utilização” (Cybis *et al.*, 1998). No entanto, outros autores consideram que tal afirmação não se aplica a todos os casos.

Segundo Medeiros (2006), que desenvolve estudo comparativo entre cidades brasileiras e assentamentos urbanos do mundo, utilizando a abordagem configuracional por meio da análise sintática do espaço, as cidades brasileiras apresentam correlação entre conectividade e integração em apenas 15% dos casos. Significa dizer que em 85% das situações, um dado valor de integração se associa a outros fatores que não à conectividade.

Para as cidades do mundo o percentual também é semelhante, e baixo: 12% para as

cidades árabes, 18% para as asiáticas, 19% para as europeias, 14% para as latino-americanas e 22% para as norte-americanas (Figura 4.5).

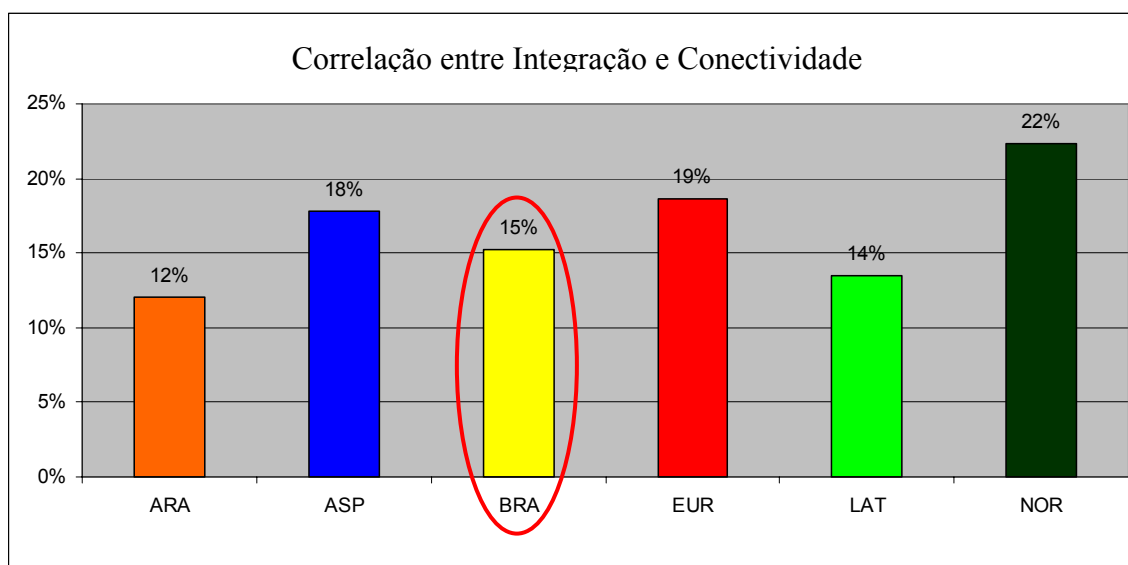


Figura 4.5 Correlação entre Integração e Conectividade

Fonte: Medeiros (2006)

A conectividade dos eixos do Plano Piloto é representada pela Figura 4.6, onde é possível perceber a alta conectividade da W5 Sul (com 35 conexões) e de parte do Eixo Monumental (com 28 conexões), reafirmando o que Medeiros (2006) constatou.

Os resultados de saídas de S.E. são dados em potenciais de fluxos traduzidos por meio de índices de integração. No SATURN os resultados são dados em fluxos veiculares através da unidade de veículo de passeio por hora. Este é um dos pontos chave do trabalho, visto que se necessita encontrar parâmetros numéricos de comparação entre os modelos, conforme detalhado a seguir.

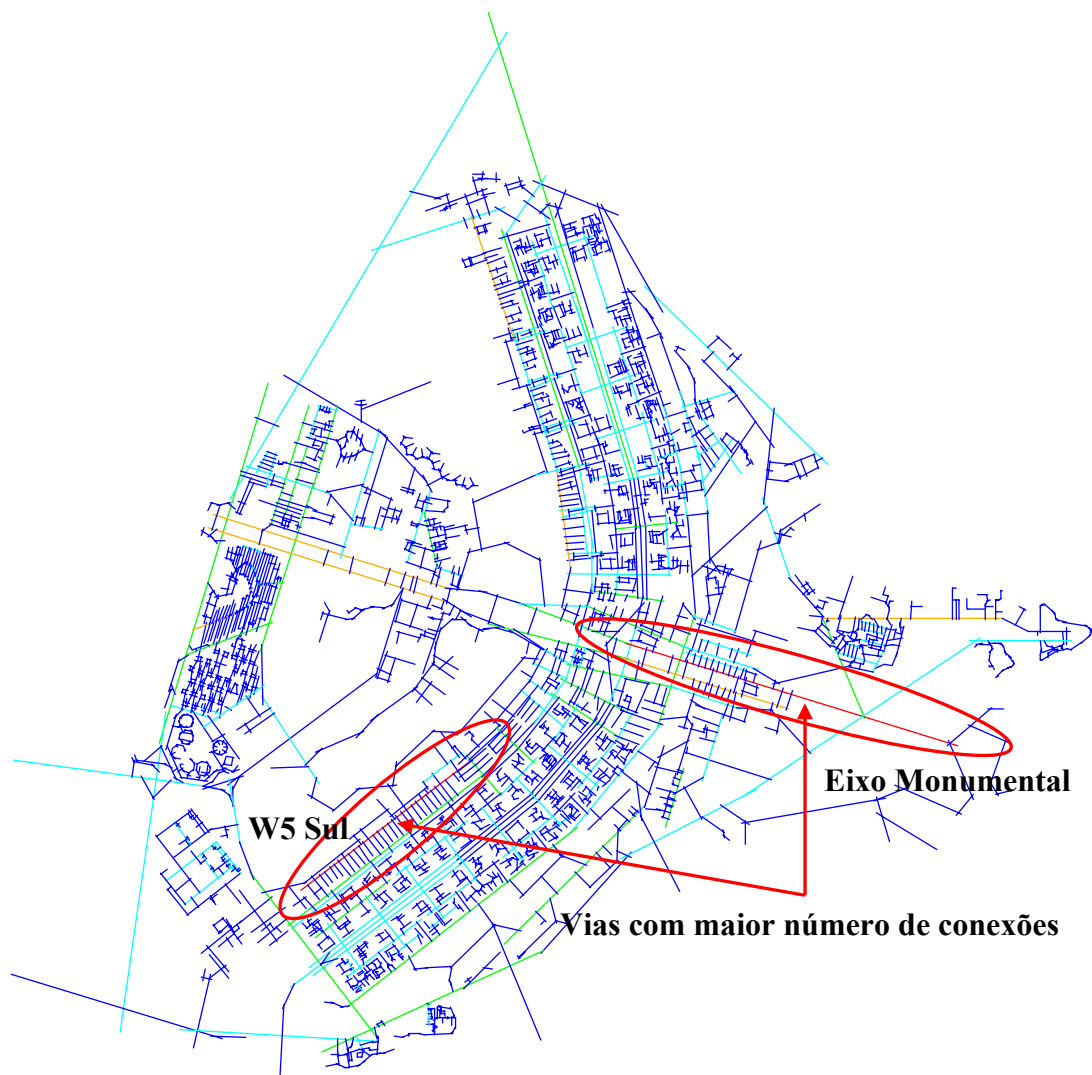


Figure 4.6 Mapa de Conectividade do Plano Piloto

4.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS

Esta seção aborda as metodologias utilizadas nas análises do trabalho. Estas são divididas em duas partes. A primeira trata da análise comparativa dos fluxos com dois tipos de análise: a visual e a numérica. A segunda é a análise das rotas percorridas por ambos os modelos. Cabe ressaltar que este tipo de análise é inerente aos modelos de alocação e não aos modelos configuracionais. Entretanto, para uma melhor visualização desta análise foram simuladas as possíveis rotas na S.E. com base na teoria do menor

número de conversões para se chegar ao destino.

4.2.1 Análise Visual

A análise visual – mais rápida e imediata – trata da comparação das larguras das faixas (bandwidths) de fluxos veiculares utilizados no SATURN com a escala cromática (fluxos) utilizada na Sintaxe Espacial (Figura 4.7).

É importante salientar que os mapas axiais e de segmento apresentam intervalos numéricos iguais para toda a escala cromática.

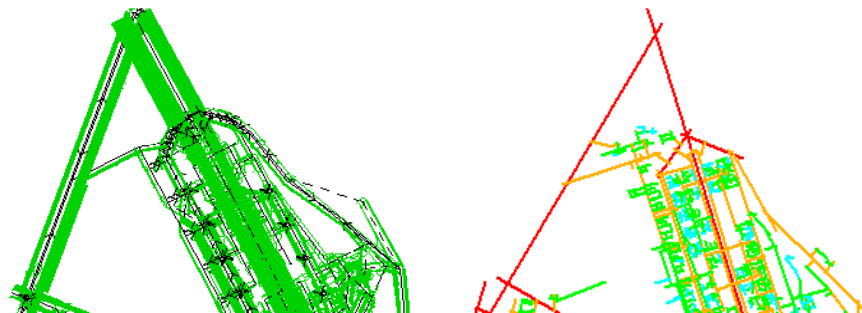


Figura 4.7 Representação das faixas de fluxos do SATURN com a escala cromática da S.E.

Cabe ressaltar que esta análise não é quantitativa e sim qualitativa, portanto são analisadas as correspondências visuais entre as espessuras de linhas e as cores resultantes do mapa axial. Para a situação ótima, a análise é desenvolvida procurando as seguintes correspondências:

- Faixa de fluxo muito larga devem corresponder aos eixos em vermelho.
- Faixa de fluxo larga devem corresponder aos eixos em laranja.
- Faixa de fluxo média devem corresponder aos eixos em verde.
- Faixa de fluxo estreita devem corresponder aos eixos em azul claro.

- Faixa de fluxo muito estreita devem corresponder aos eixos em azul escuro.

4.2.2 Análise Estatística

A análise numérica é uma análise mais detalhada e requer dados numéricos de ambos os modelos. Optou-se por utilizar a análise estatística, mais precisamente a análise de correlação – que mede o grau de relacionamento entre duas variáveis – “por ser útil em trabalhos exploratórios” (Stevenson, 1981).

Dois tipos de correlação foram trabalhados. E para todas as duas utilizou-se o *r* de *Pearson* explicado no próximo capítulo. Primeiramente foi construído um gráfico que correlacionou os índices de integração de cada segmento de reta (via) com os respectivos fluxos veiculares; o mesmo foi feito para a análise de segmento. Para vias com sentidos duplos no SATURN adotaram-se os maiores valores de fluxos. Neste caso 60% das vias foram correlacionadas, dentre elas todas as expressas, todas as arteriais e algumas coletoras. As locais não foram correlacionadas por não serem modeladas no SATURN. As vias cujos dados foram correlacionados correspondem às expressas e às arteriais (EPIA, EPTG, Eixo Rodoviário ou Eixão, Eixo Monumental, Setor Policial, L2, L4, W3, Eixinhos, Parque da Cidade, Sudoeste, N2, S2, 1ª e 2ª Pontes) e as coletoras (entre quadra, comércio locais, Cruzeiro, Octogonal, SMU e UnB), num total de 912 segmentos de reta. O quantitativo correspondeu a 15% do total dos segmentos da S.E. (lembrando-se que na S.E. as vias locais são também consideradas, aumentando robustamente o universo) e 60% dos segmentos do SATURN, que apresentou cerca de 1500 arcos (Figura 4.8).

O outro tipo de correlação foi feito com base nas contagens do DETRAN e do DER, que foram correlacionadas com SATURN, S.E. e Análise de Segmento. Neste caso, utilizaram-se apenas as vias em que havia contagem, totalizando 31 vias (Figura 4.9).



Figura 4.8 Vias que foram utilizadas na correlação



Figura 4.9 Localização das vias que possuem contagem

Sabe-se que a maioria dos modelos utiliza a regressão linear simples – para análise de somente uma variável dependente – ou regressão linear múltipla – para análises de mais de uma variável dependente. Entretanto, para obter um resultado com menor número de distorções entre os dados, decidiu-se por utilizar neste trabalho também a regressão logarítmica. As duas formas foram exploradas com o intuito de buscar um refinamento na análise bem como de identificar qual abordagem geraria valores mais robustos.

Regressão Linear Simples

Segundo Bruton (1979), “o coeficiente de correlação (r) indica o grau de associação entre a variável dependente (y) e as variáveis independentes (x). Este coeficiente toma um valor entre zero (0) e um (1). E quanto mais próximo ele for de um, melhor será a

relação linear entre as variáveis. Quanto mais próximo (r) for de zero, pior será a relação linear, embora seja possível a existência de uma relação não-linear. A significância de (r) está no seu quadrado (R^2) que é, aproximadamente, a percentagem da variação da variável dependente (y) que é explicada pela variável independente”.

Regressão Logarítmica

Para desenvolver a regressão logarítmica basta converter todos os valores investigados para um logaritmo de mesma base, no caso utilizou-se a base dez. Com todos os valores convertidos, para ambas as variáveis, os dados podem ser correlacionados como uma regressão linear simples, remetendo, portanto, para o detalhamento exposto no item anterior.

A partir da identificação do comportamento dos pontos referentes às duas variáveis quando plotados em um gráfico é possível identificar se estes se distribuem linearmente, exponencialmente ou em logaritmo. Variáveis espaciais tendem a se comportar em forma de logaritmo e variadas adotando aspectos configuracionais exploram esta forma de investigação (Cf. Hillier, 2006).

4.2.3 Análise das Rotas

A análise das rotas utiliza o artifício do SATURN, que a partir de um par origem e destino as viagens utilizam a rota ótima, ou seja, a mais interessante sob a ótica da concepção do modelo de alocação escolhida.

Na intenção de realizar a comparação entre os modelos algo semelhante foi realizado para a S.E. Adotou-se uma suposição de percurso a partir da idéia do menor número de conversões – concepção da S.E. –, entretanto a metodologia desconsidera a origem e o destino das viagens.

4.3 TÓPICOS CONCLUSIVOS

A metodologia aqui utilizada procurou comparar os aspectos básicos de um modelo: sua teoria, sua metodologia e sua técnica. Desta comparação obtiveram-se resultados

interessantes, visto que os modelos possuem características semelhantes em uns aspectos e distintas em outros.

Os modelos são formulados a partir de teorias distintas. Se, por um lado, a S.E. analisa os fluxos com base no desenho do sistema viário, por outro, o SATURN analisa os fluxos com base nos dados do sistema viário – características da rede e dados da matriz de viagens.

A parte metodológica dos modelos necessita de melhorias em algumas questões. Tanto o SATURN como a S.E. apresentam dificuldades na representação de trechos de via em curva. Enquanto o SATURN, para representar vias curvas, necessita de alguns nós *dummy* que não devem ser utilizados em grande quantidade, a S.E. representa melhor uma curva, entretanto os segmentos de reta que a compõem apresentam distintos valores de integração.

A interferência do pesquisador na calibração do modelo SATURN é bastante significativa, o que acaba melhorando os resultados por ser um processo iterativo, o que não acontece com a S.E., em que o pesquisador apenas analisa os dados de saída.

A metodologia aplicada na análise dos dados decompõe-se em duas etapas. A primeira analisa os fluxos dos modelos em termos de: análise visual e análise estatística. A primeira é uma prévia apenas para análise rápida e imediata, a segunda, por outro lado, é uma análise mais detalhada e completa que a primeira. A segunda etapa concerne à análise das rotas, ou seja, a partir de uma ferramenta existente no SATURN, que analisa rotas de um par O-D, procurou-se aplicar a mesma à S.E. com a limitação de que esta não adota em seus dados de saída este tipo de análise. Entretanto, para efeito de comparação, partiu-se do seu princípio do menor número de conversões para simular suas possíveis rotas.

5 ESTUDO DE CASO

Este capítulo tem como objetivo principal aplicar as duas ferramentas a uma mesma área de modo a permitir a comparação dos resultados. Foram investigadas duas situações: o Plano Piloto de Brasília sem a inserção do Setor Noroeste e com o setor inserido. De forma a melhor situar a pesquisa, são apresentadas informações gerais sobre as características dos sítios urbanos das cidades brasileiras, com especial enfoque em Brasília, direcionando a análise para o conceito de segregação urbana.

5.1 CONCEPÇÃO DE BRASÍLIA

Brasília, por sua concepção urbanística, é peculiar em relação a grande parte das cidades brasileiras. Seu desenho está fundamentado na idéia de setorização dos usos, o que gerou uma vivência urbana que torna as distâncias médias maiores em relação a qualquer outra *aglomeração urbana tradicional ou cidade tradicional* ou como Holanda (2001) prefere chamar, *cidades urbanas*. Estes termos são aqui utilizados para retratar cidades brasileiras que tiveram um crescimento seqüenciado, não sendo resultado de um projeto urbano único e completo, ainda que consolidado em etapas.

As cidades ditas tradicionais apresentam características peculiares em se tratando do *espaço urbano x sociedade*. Nessas cidades há diferenças de classes sociais, bem como suas diferentes localizações no solo urbano. As classes mais favorecidas tendem a se localizar em áreas onde o valor da terra é mais alto e o contrário ocorre com as classes menos favorecidas. Isso se confirma por Villaça (2001) ao dizer que “o preço da terra determina a distribuição espacial das classes sociais”. Os terrenos mais caros são ocupados pelas camadas de alta renda, pois na periferia de metro quadrado barato a alta renda ocupa terrenos grandes ou, em se tratando de condomínios verticais, grandes quotas ideais de terreno.

Esta diferença de ocupação acaba gerando um processo urbano conhecido por

segregação, em que, segundo o autor, “diferentes classes ou camadas sociais tendem a se concentrar cada vez mais em diferentes regiões gerais ou conjuntos de bairros da metrópole”. Para Ferrari (2004) “este processo se define como sendo o processo ecológico ou forma de interação social de caráter dissociativo, que leva grupos de indivíduos a se isolarem, física e socialmente, de outros grupos de indivíduos, em virtude de diferenças sociais, raciais, religiosas, econômicas, culturais”.

No caso de Brasília ocorre a segregação tanto social como espacial simultaneamente, conhecida pelo *termo segregação sócio-espacial*, quando as classes são separadas espacialmente por políticas de preservação do patrimônio. A partir do momento em que o solo não é plenamente ocupado, este passa a ser mais valorizado. Observe-se o que diz Costa (1991) no relatório do Plano Piloto (documento oficial do plano de Brasília): “as quadras não devem ser lotadas, sugerindo, em vez da venda de lotes, a venda de quotas de terreno, cujo valor dependerá do setor em causa e do gabarito, a fim de não entravar o planejamento atual e possíveis remodelações futuras no delineamento interno das quadras”. Para Brasília, quanto mais perto do Plano Piloto, mais caro o terreno, o que naturalmente causa o afastamento das classes menos abastadas do pólo gerador de empregos.

O mais conhecido padrão de segregação da metrópole brasileira é o *do centro x periferia*. Brasília, segundo Holanda (2001) não é nem o *centro geográfico* da cidade, ou seja, não se localiza geograficamente centralizada ante o Distrito Federal, e também não é o *centro topológico*, melhor dizendo, não se trata do local mais integrado do sistema, posto que pertence à EPIA (Estrada Parque Indústria e Abastecimento), por concentrar os maiores fluxos de movimentos de Brasília (Figura 5.1).

No Distrito Federal, o centro funcional equivale ao Plano Piloto, por estarem ali concentradas as atividades mais importantes e a maior oferta de empregos do Distrito Federal. O centro topológico, todavia, é equivalente à EPIA e à EPTG (Estrada Parque Taguatinga Guarã), que apresentam os maiores valores de integração e, conseqüentemente, os maiores potenciais de geração de fluxos e movimentos do sistema (Figura 5.1).

O Eixo Monumental possui três níveis de integração. O primeiro trecho – (vermelho)

mais integrado –, por se localizar as proximidades da EPIA, concentra um fluxo veicular significativo que deve ser distribuído para o SMU (Setor Militar Urbano), Sudoeste e Cruzeiro, além das demais áreas do Plano Piloto (*valor de integração* 0,9605). O trecho seguinte – laranja – mostra a redução do fluxo veicular, aparentemente por conta da distribuição dos fluxos para as asas (*valor de integração* 0,8182). E o trecho final – em azul – apresenta a pouca integração da Esplanada dos Ministérios com o sistema, uma vez que, para acessar outras áreas da cidade, não necessariamente precisa-se passar por ela (*valor de integração* 0,7488) (Barros *et. al.*, 2005).

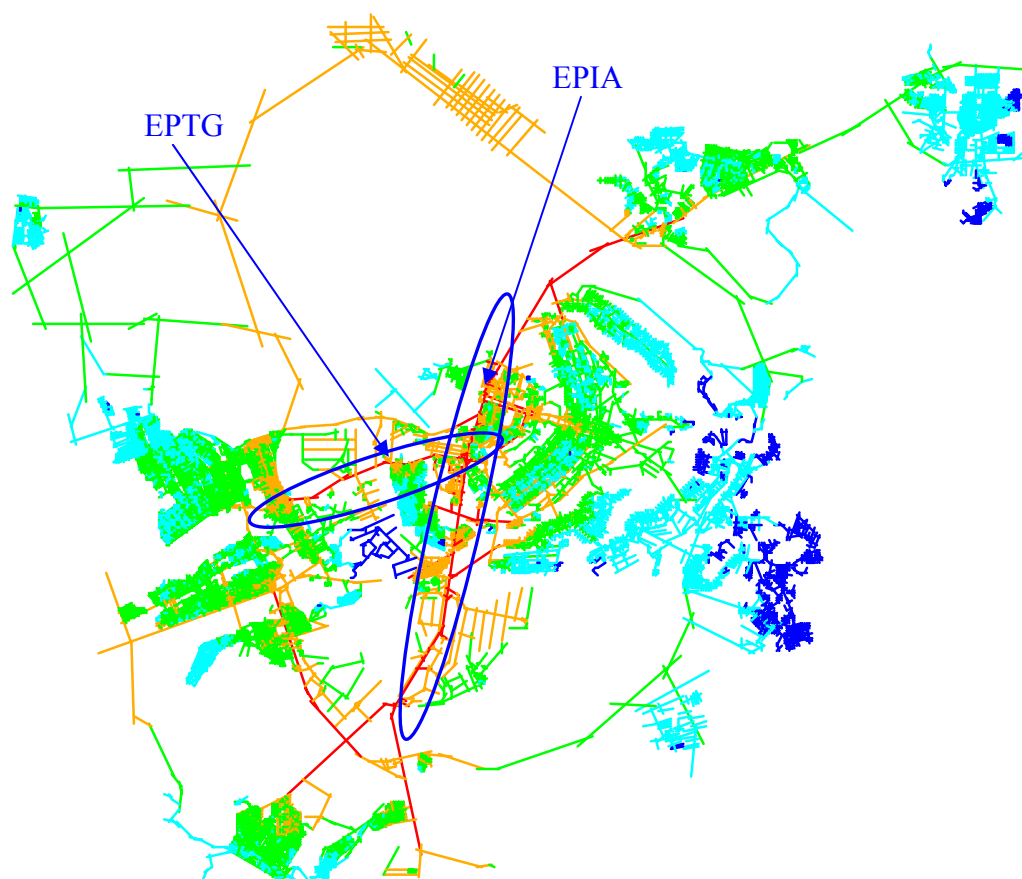


Figura 5.1 Mapa Axial do Distrito Federal

Fonte: Medeiros (2006)

Por outro lado, analisando somente o Plano Piloto (Figura 5.2), nota-se que as vias mais

integradas são: Eixo Monumental (valor de integração 1,28), Eixo Rodoviário (valor de integração 1,25), EPIA (valor de integração 1,31), EPTG (valor de integração 1,20), Setor Policial (valor de integração 1,97).

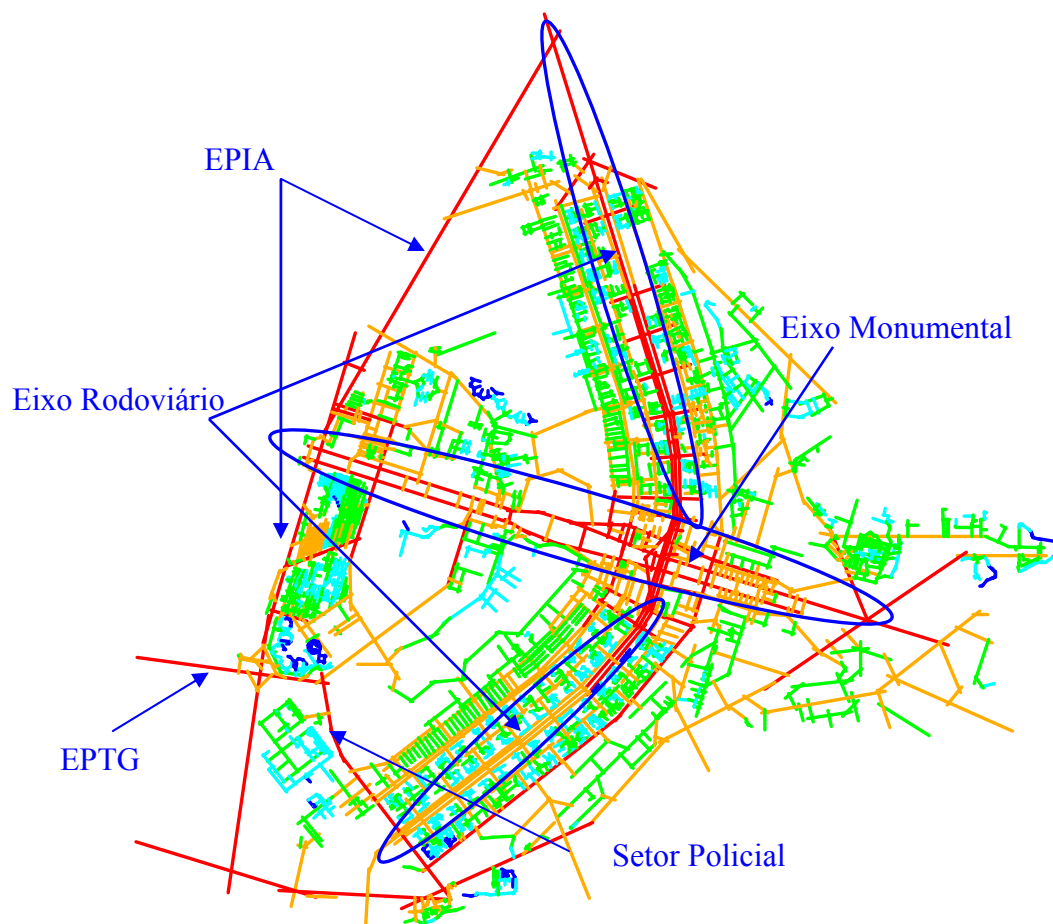


Figura 5.2 Mapa Axial do Plano Piloto

5.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO - SETOR NOROESTE

O estudo de caso deste trabalho é o Setor Noroeste, selecionado por consistir em um espaço estrategicamente localizado entre a EPIA – local mais integrado do Distrito Federal – e o Plano Piloto – concentrador da maior oferta de empregos do DF – o que torna o setor passível de conflitos no trânsito. A caracterização da área baseia-se no

relatório do Plano de Ocupação realizado pelo Governo do Distrito Federal (GDF, 2000).

O Setor Noroeste localiza-se na cidade de Brasília, Distrito Federal (Figura 5.3), mais precisamente no Plano Piloto (Figura 5.4).

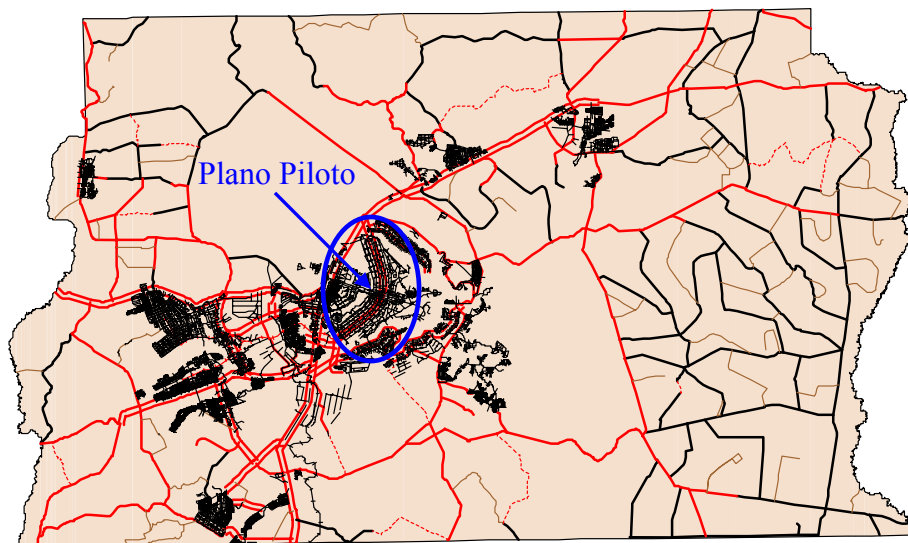


Figura 5.3 Mapa do Distrito Federal

Inscrita na área de tombamento do patrimônio cultural, abrange o Parque Ecológico Norte, o Setor Habitacional Noroeste, o Setor de Recreações Públicas Norte (Camping) e a encosta do Bananal (Figura 5.5). A área compreende um conjunto de quatro grandes glebas com uma extensão de aproximadamente 825 ha (GDF, 2000).

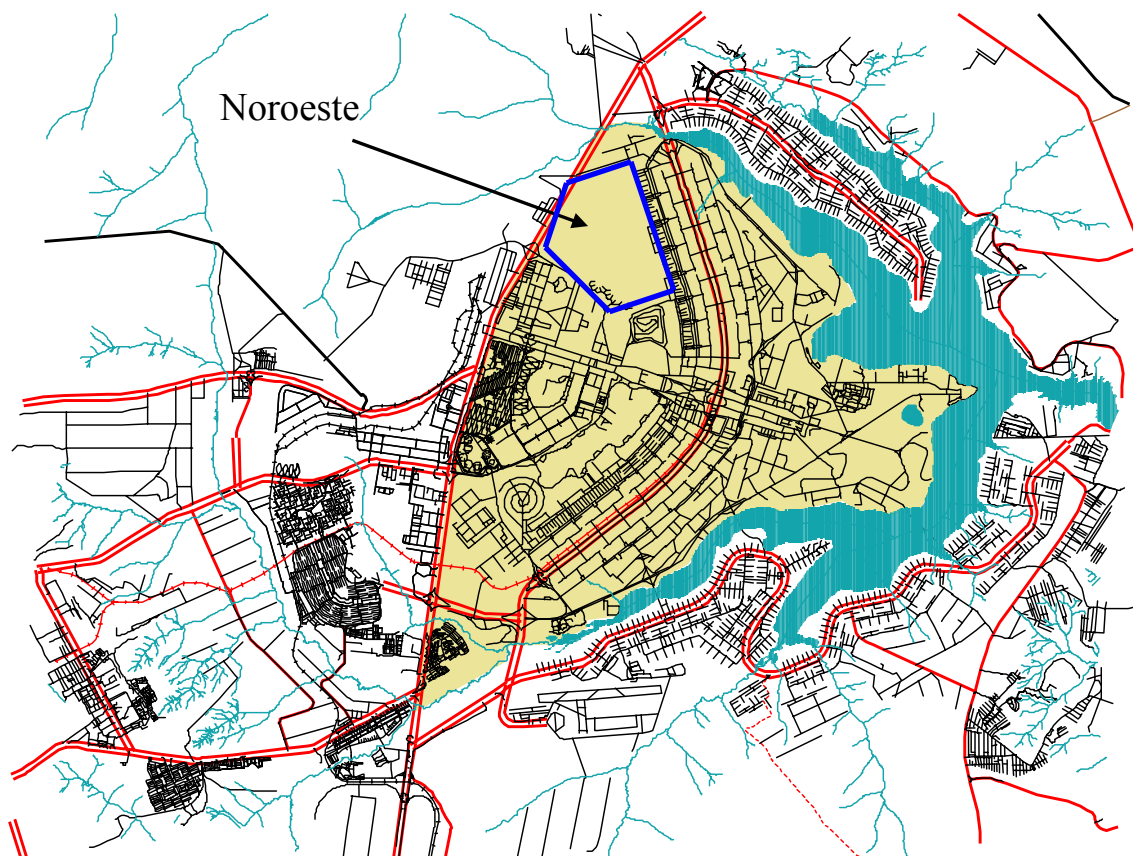


Figura 5.4 Mapa do Plano Piloto

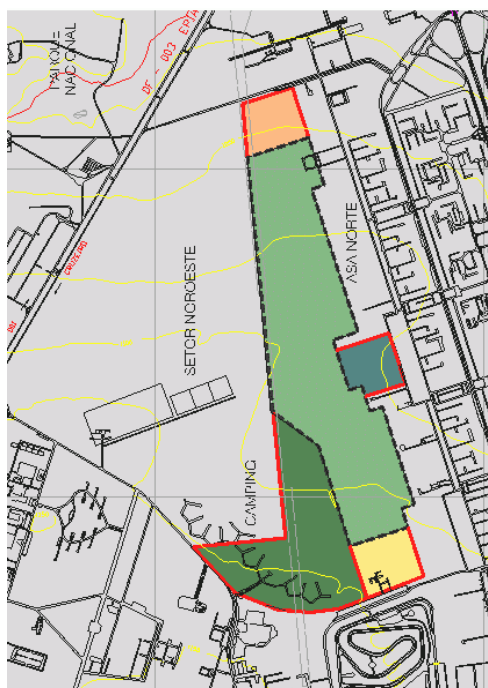


Figura 5.5 Novos Limites do Parque Ecológico Burle Marx ao lado do Noroeste

Fonte: Zimbres (2005)

A área localiza-se a noroeste do Plano Piloto (Figura 5.6) no polígono compreendido pelas vias: EPIA (Estrada Parque Indústria e Abastecimento) a oeste, ao sudoeste pela via que a separa do SMU (Setor Militar Urbano), ao norte pela via que dá acesso ao Hipermercado Extra, e ao sul pela via que passa em frente ao Autódromo Nelson Piquet (Figura 5.7). Estas vias, com exceção da EPIA – via expressa –, possuem características funcionais de vias arteriais.

Após o SMU (Setor Militar Urbano) ao sul está o Sudoeste (Figura 5.8), área essencialmente residencial e de serviços que apresenta características adotadas no Setor Noroeste, o que resultará na manutenção do padrão Brasília (Zimbres, 2005).

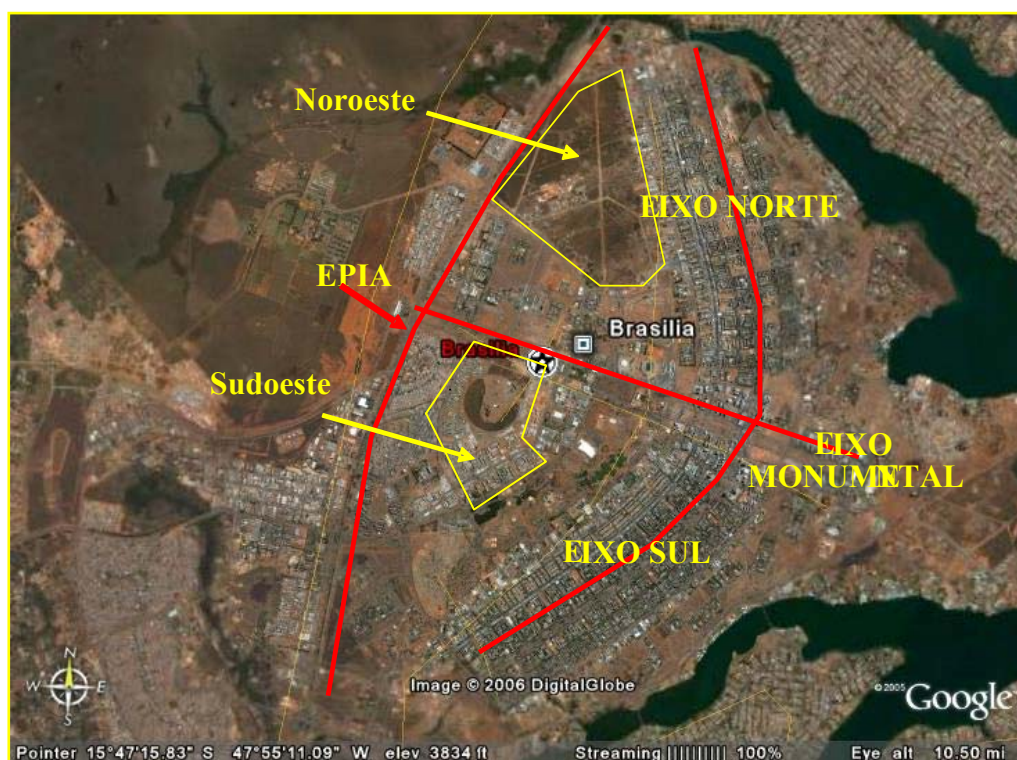


Figura 5.6 Localização do Setor Noroeste no Plano Piloto

Fonte: Google Earth (2006)



Figura 5.7 Delimitações do Setor Noroeste

Fonte: Google Earth (2006)



Figura 5.8 Delimitações do Setor Sudoeste

Fonte: Google Earth (2006)

Para abrigar 40 mil habitantes, o bairro será constituído por vinte superquadras (em amarelo), cada uma com quatro quadras de 250 x 250 metros e edifícios de seis pavimentos sobre pilotis. Além da área residencial serão criadas ainda áreas comerciais (em vermelho) com edifícios de três pavimentos (Figura 5.9).



Figura 5.9 Super Quadras do Setor Noroeste.

Fonte: Zimbres (2005)

Por conta do considerável contingente populacional que residirá na área, a geração de viagens provavelmente aumentará. Consequentemente diretas, decerto serão problemas no sistema viário do entorno, hoje inexistentes. Para a implantação deste projeto serão necessárias alterações nas vias de entorno do sistema viário (Figura 5.10).

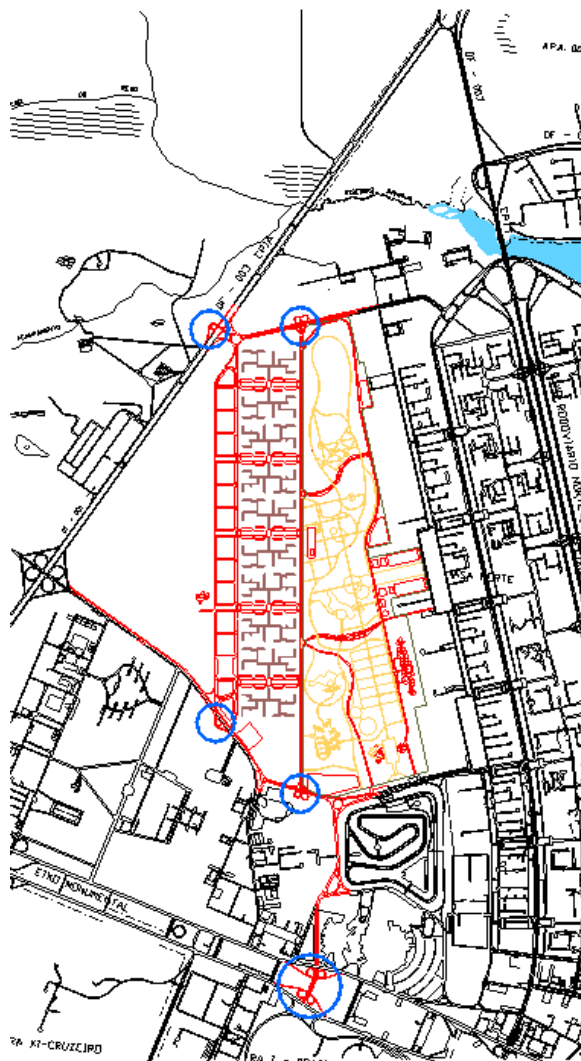


Figura 5.10 Novos Limites do Parque Ecológico Burle Marx e Novos Pontos de Interseções com a implantação do Setor Noroeste.

Fonte: Zimbres (2005)

5.3 APLICAÇÃO DO FERRAMENTAL

O ferramental foi aplicado e analisado na área com e sem o Setor Noroeste. Foram realizadas duas análises com o SATURN e quatro com a S.E., pois além do mapa axial tradicional, foram desenvolvidas as investigações aplicando-se a análise de segmento.

Modelagem no SATURN

A modelagem no SATURN foi composta por algumas etapas descritas abaixo:

(i) Na primeira etapa, além da concepção do modelo (definição da área de estudo – polígono de tombamento do Plano Piloto de Brasília –; seleção das vias modeladas – expressas, arteriais e coletoras, com exceção das locais – e divisão de zonas de tráfego com base no uso do solo – zoneamento), foi construída a rede em um ambiente GIS (Maptitude® - Figura 5.11)

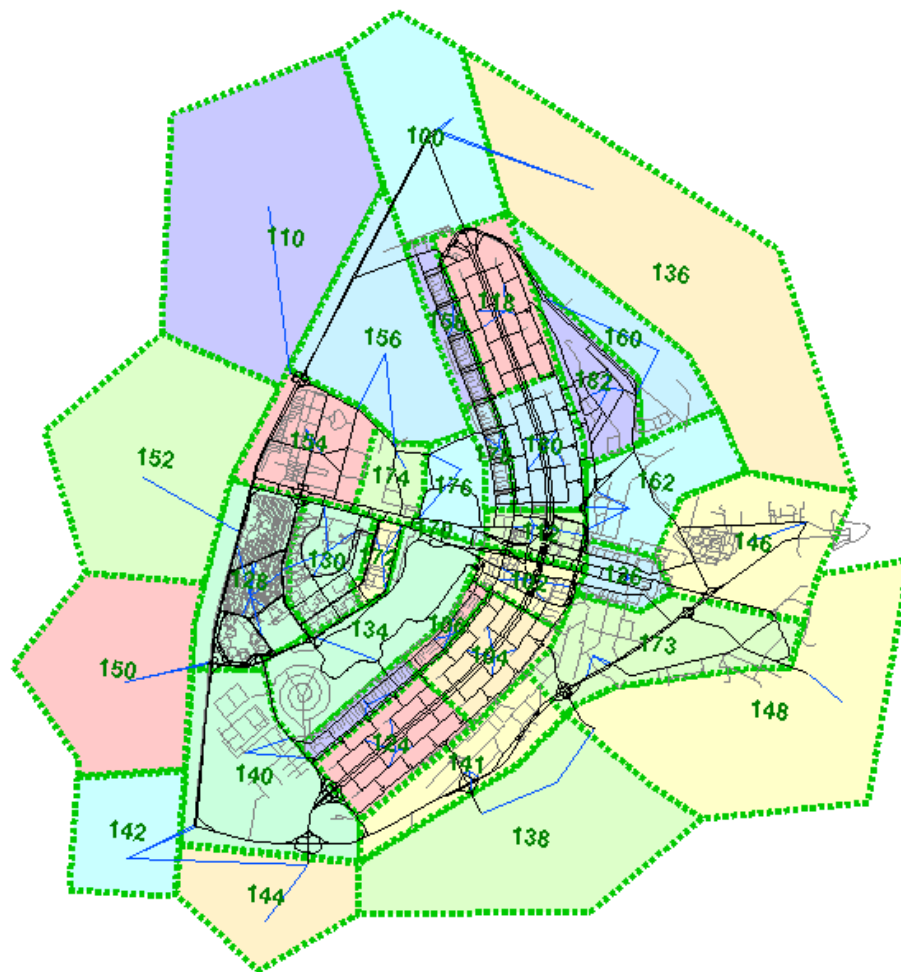


Figura 5.11 Divisão do Plano Piloto em Zonas de Tráfego Internas e Externas

Rede

As vias utilizadas na modelagem foram as expressas, arteriais e coletoras, totalizando 1500 vias. As vias locais não foram utilizadas por se tratarem de vias com tráfego pouco significativo em relação à rede em estudo.

Somente às vias arteriais obtiveram mais de um nível de hierarquia. Foram divididas em: arteriais primárias – L2 Sul e Norte, W3 Sul e Norte – e arteriais secundárias – Eixinho Norte e Sul.

A hierarquia foi definida a partir da classificação utilizada na CODEPLAN, que levam em consideração o limite de velocidade permitido nas vias.

Zoneamento

A área de estudo é composta por 9 (nove) zonas de tráfego externas e 25 (vinte e cinco) internas que foram divididas de acordo com as características do uso do solo aliado ao tamanho das zonas de tráfego que deve ser condizente com o posicionamento dos conectores, foi o critério adotado na divisão das zonas de tráfego.

A matriz foi construída com base no nível de geração de viagens das zonas. Estes níveis (alto, médio e baixo) são definidos a partir do uso do solo dependendo do grau de atração e produção de viagens com índices variando de menos a mais, como na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 Zoneamento Utilizado no Estudo de Caso

USO DO SOLO	NÍVEL	GRAU
áreas residenciais	médio	mais
áreas comerciais e de serviço	alto	mais
áreas de lazer	baixo	menos
áreas de autarquias	alto	menos
área policial	médio	mais
área hospitalar	médio	alto

(ii) A etapa seguinte consiste no levantamento e codificação dos dados do modelo que representam a rede viária (oferta) – hierarquia, número de faixas, amarração (nós A e B), sentidos; e a demanda (matriz O-D) – contagens, construção da matriz semente representando os potenciais de geração e atração de viagens (com base no uso do solo).

A construção da matriz de viagens é um ponto relevante para o entendimento do processo. Esta foi obtida através do modelo de maximização de entropia ME2, que atualiza matrizes de viagens. No processo, uma matriz inicial, ou semente, é atualizada de modo a melhor reproduzir o padrão de contagens volumétricas observadas na rede. O ME2 utiliza como insumos básicos, além das contagens, informações sobre as rotas usadas nos deslocamentos que são fornecidas pelo modelo de alocação.

No presente estudo, a construção da matriz semente se deu através da análise do potencial de geração de viagens associado ao uso do solo. As ZT's foram classificadas em três níveis de geração (alto, médio e baixo), onde o total de viagens associado a cada nível inicialmente foi arbitrado e, ciclicamente, reajustado com base na comparação entre fluxos alocados e contagens observadas.

(iii) Na terceira etapa, foi realizada a calibração do modelo no qual foi realizado o ajuste dos dados de entrada de maneira a melhor equivalência entre resultados da simulação e da realidade. As sub-etapas realizadas foram: atualização da matriz (refinamento da matriz semente); reclassificação e redefinição dos parâmetros das hierarquias viárias; redefinição dos conectores (Figura 5.12).

A etapa de calibração foi executada alternativamente com a etapa de validação, até que o modelo atingisse o desempenho considerado satisfatório.

(iv) Nesta etapa realizou-se a modelagem dos cenários avaliados (cenário atual e futuro).

(v) E, finalmente, a análise de resultados foi realizada após algumas calibrações e validações necessárias para que o modelo estivesse consistente.

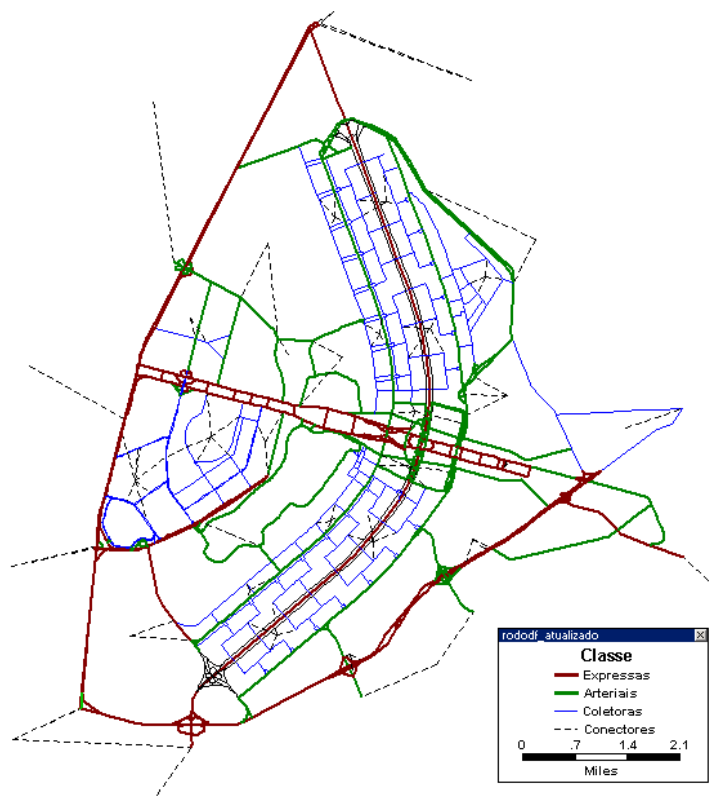


Figura 5.12 Conectores e Hierarquia Viária do Plano Piloto

Aplicação das Ferramentas

O Setor Noroeste está em fase de pré-implantação a partir do projeto de Zimbres (2005). Na modelagem elaborada para o Setor Noroeste, no SATURN, foram utilizados dados similares aos do Setor Sudoeste, devido à área apresentar um perfil semelhante ao Sudoeste em termos de renda e quantidade de habitantes.

A partir dos resultados obtidos pelos mapas axiais nota-se que houve uma alteração significativa em relação à integração das vias que delimitam o Setor Noroeste. A via que passa pelo Hipermercado EXTRA, originalmente laranja (Figura 5.13) passou a ser vermelho (Figura 5.14), o que indica sua possível maior utilização com a implantação do setor. A via que separa o Setor Noroeste do SMU também sofreu significativa alteração, com as cores anteriores em laranja e verde (Figura 5.13), passaram a

vermelho onde era laranja, e para laranja o que era verde, inclusive na área interna do SMU antes laranja e, por fim, vermelha.

Esta alteração ocorre devido ao novo desenho e posicionamento das vias no mapa axial, onde são gerados novos valores de integração para cada via.

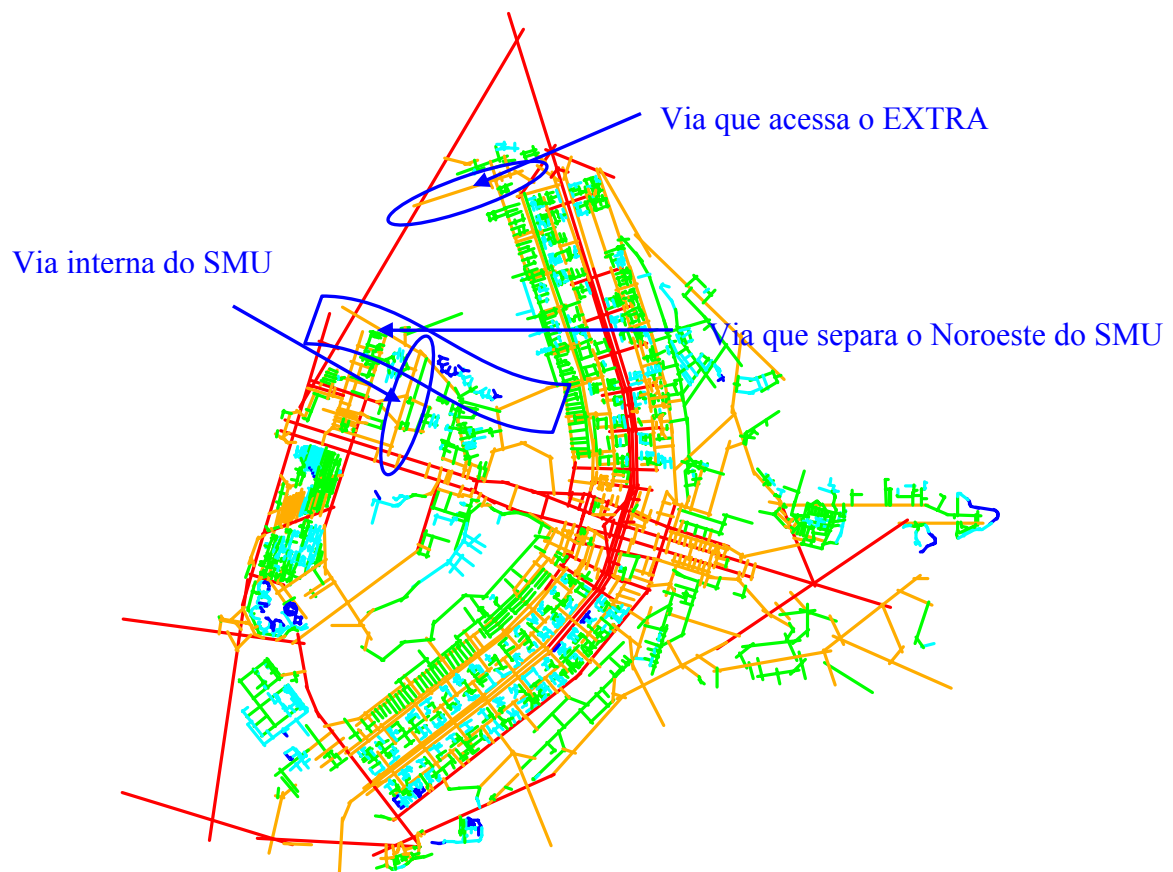


Figura 5.13 Mapa Axial Plano Piloto sem o Noroeste



Figura 5.14 Mapa Axial do Plano Piloto com o Noroeste

Nos mapas de segmentos não houve alteração na área do Noroeste (Figura 5.15 e 5.16) – com todas as vias em vermelho permanecendo na mesma cor. Isso é resultado da característica da análise de segmento, melhor para a escala global e não tão refinada para a escala local. Para malhas urbanas que apresentam forma de composições de grelhas (colcha de retalhos/*patchwork*) – como é o caso de Brasília – o resultado tende a ser melhor globalmente que localmente, enquanto que em malhas reticuladas os resultados obtidos pelas análises de segmento sofrem grande distorção (Medeiros, 2006).

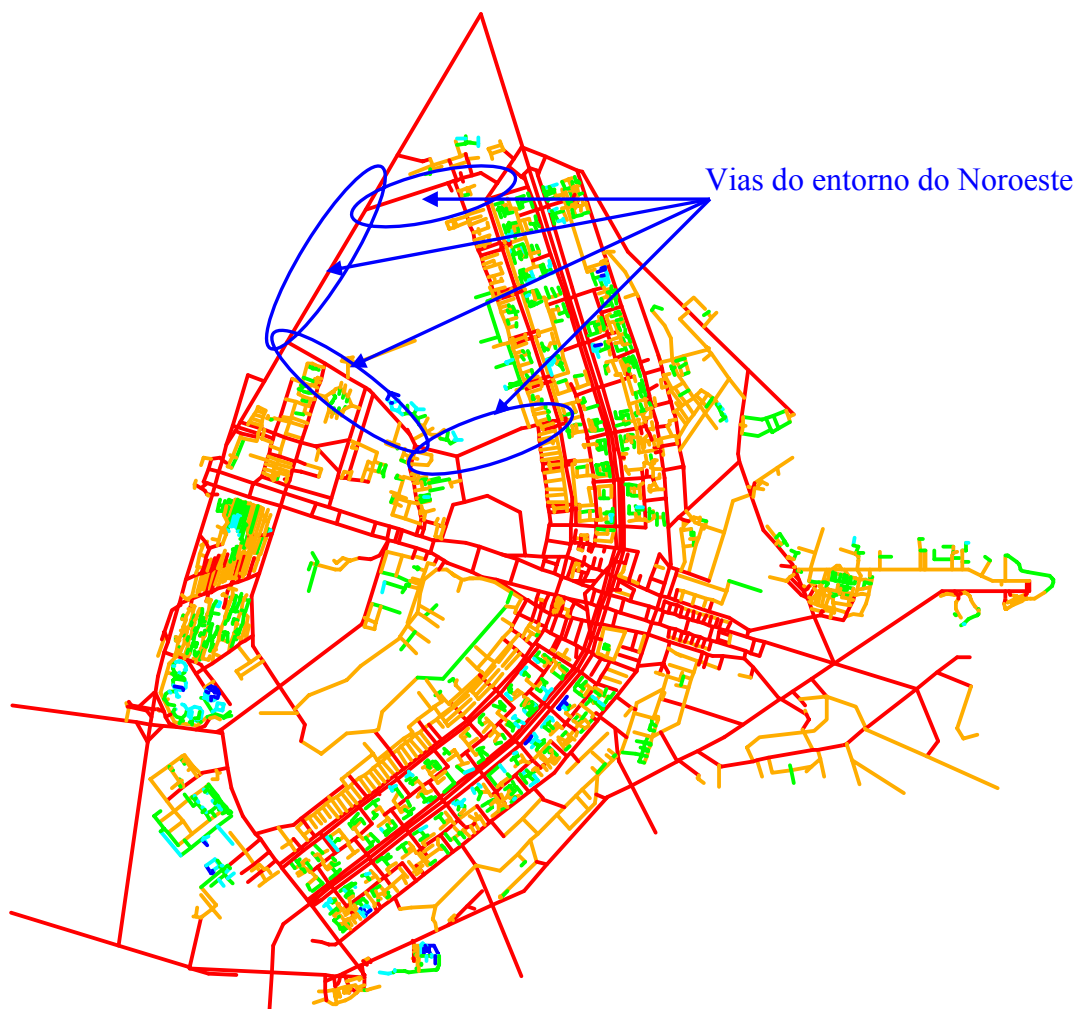


Figura 5.15 Mapa de Segmento do Plano Piloto sem o Noroeste

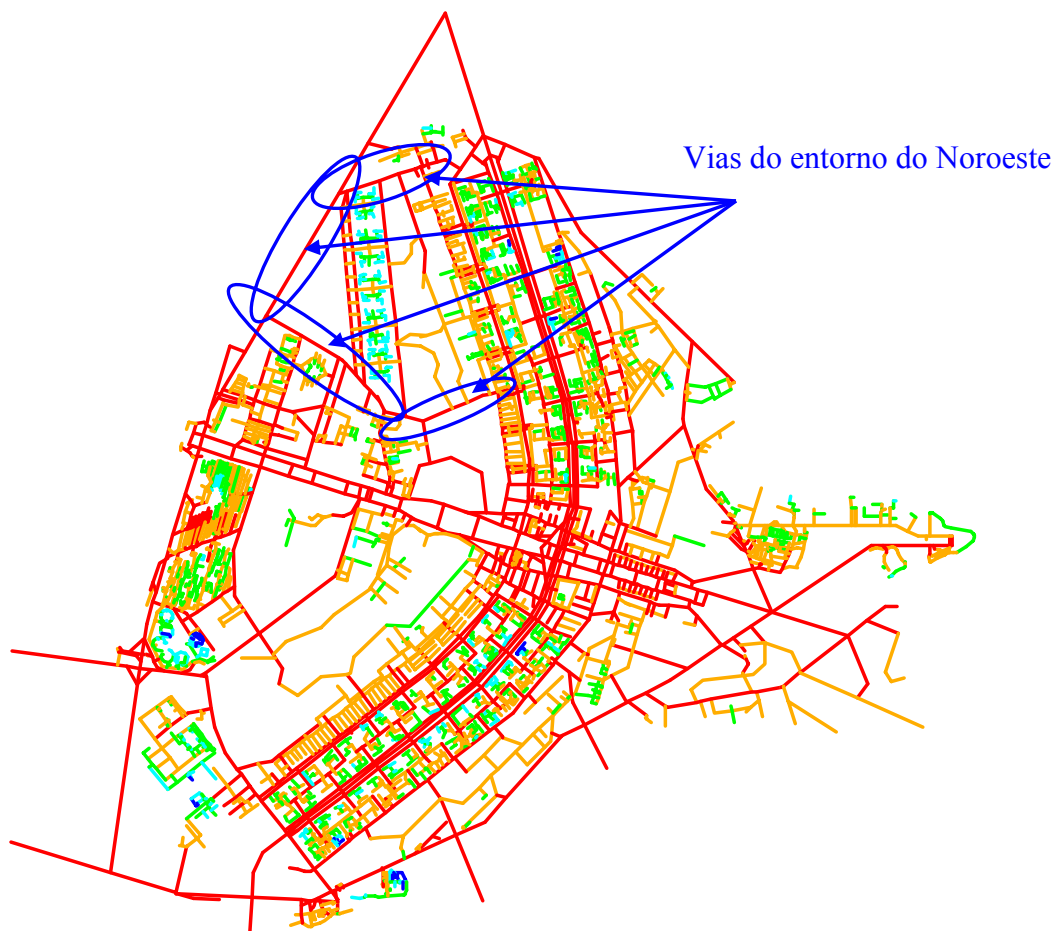


Figura 5.16 Mapa de Segmento do Plano Piloto com o Noroeste

Na análise do SATURN, verificou-se que no sistema viário de forma geral não houve alteração significativa com a implantação do Noroeste (Figuras 5.17 e 5.19).

Entretanto, no entorno observou-se um aumento nos fluxos das vias que acessam o Hipermercado EXTRA, passando de 1025 ucp/h (Figura 5.18) antes da implantação do Setor para 2097 ucp/h após a sua hipotética implantação (Figura 5.20), além do que antes os fluxos eram nulos (Figura 5.18) no sentido EXTRA – EPIA (o que aponta uma necessidade de aprimoramento neste tipo de modelagem) e passaram a ter pouco mais de 300 ucp/h (Figura 5.20).

Nota-se que parte do fluxo que utilizava a EPIA foi desviado para a via que acessa o

Houve também um aumento (486 para 599 ucp/h; 232 para 303 ucp/h; 199 para 227 ucp/h) nos fluxos das vias internas do SMU.

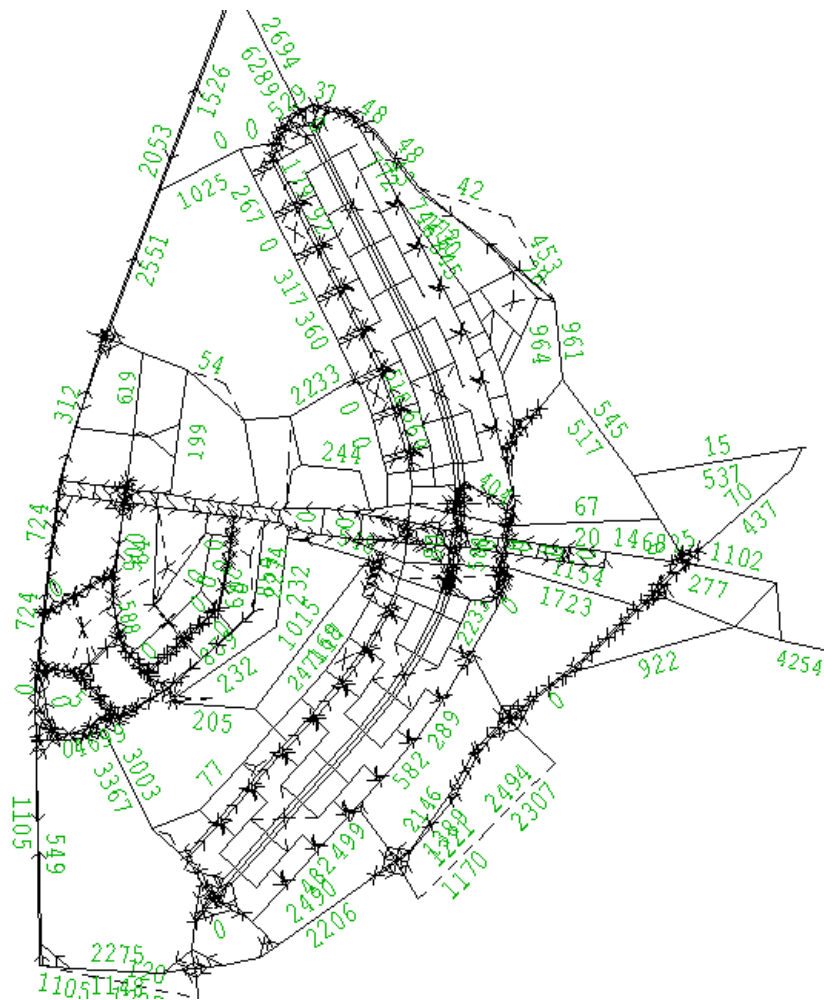


Figura 5.17 Fluxo Veicular do Plano Piloto sem o Noroeste

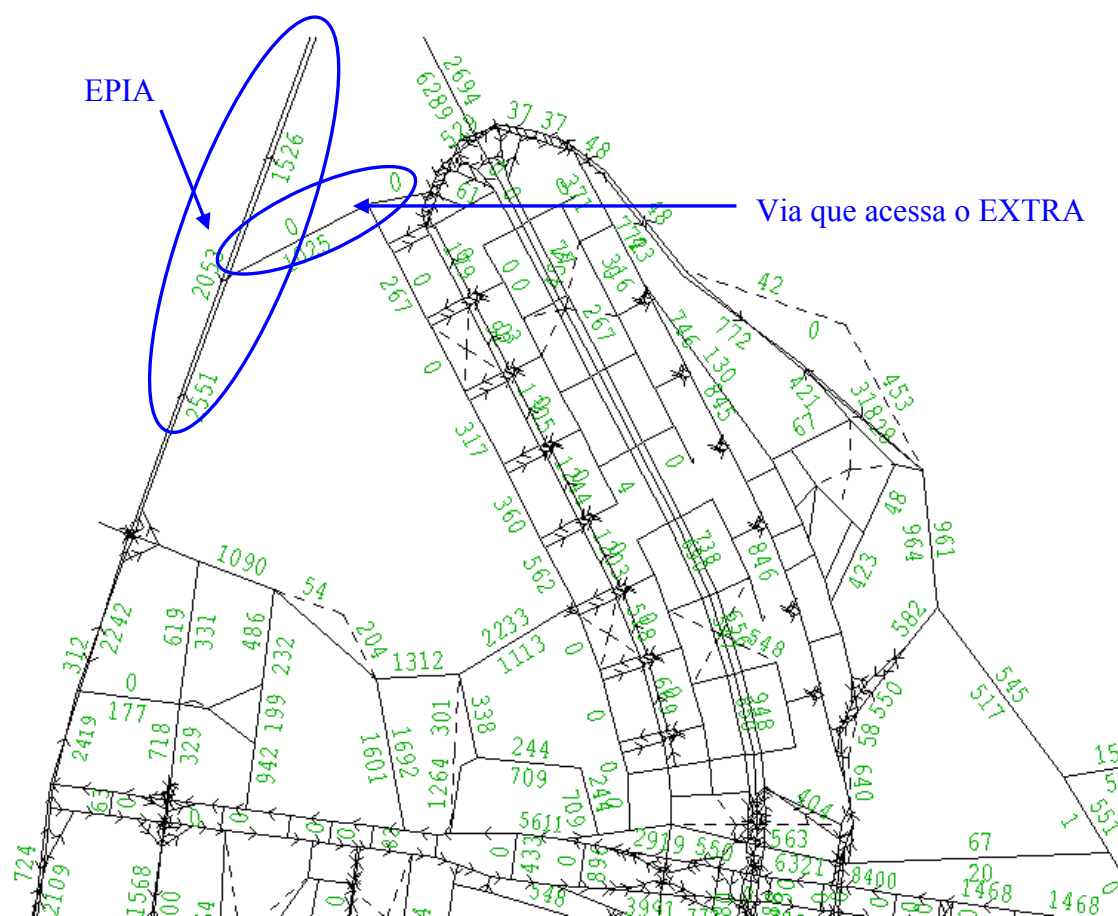


Figura 5.18 Detalhe do Fluxo Veicular do entorno do Noroeste atualmente sem a implantação

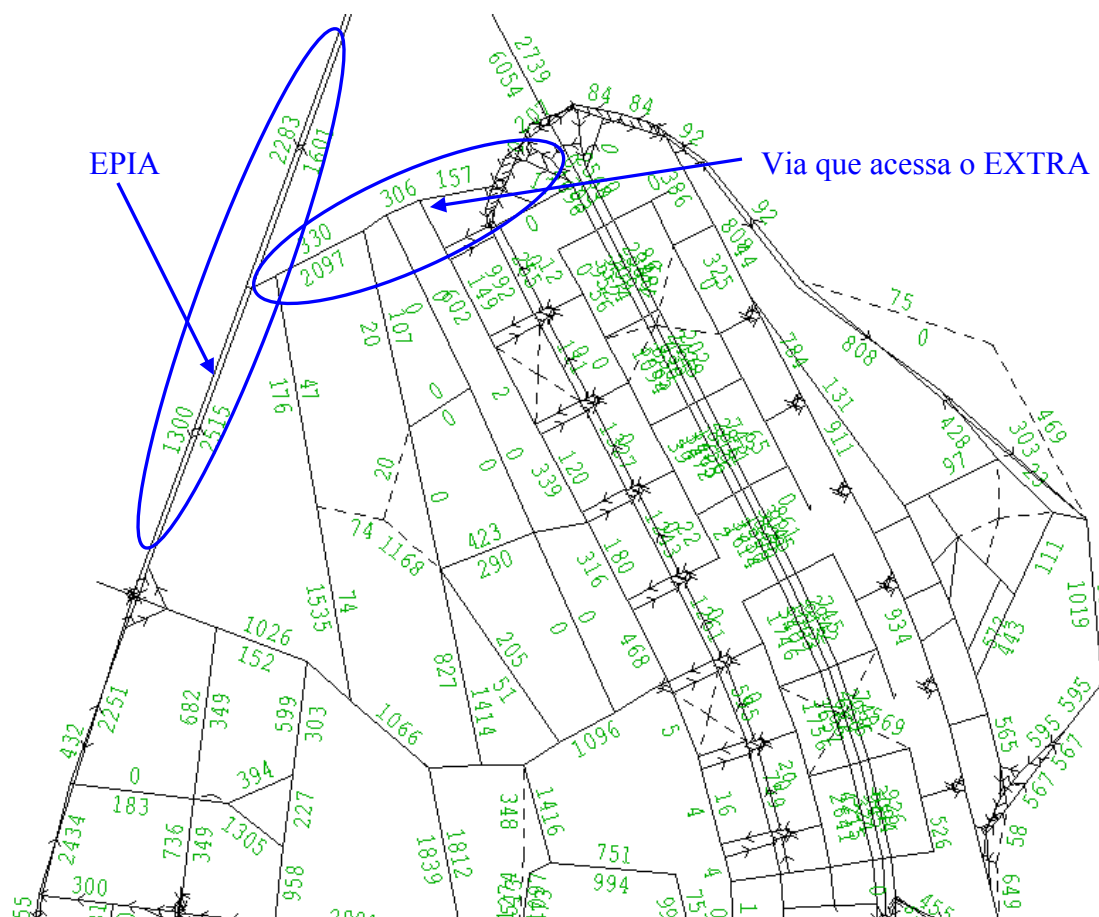


Figura 5.20 Detalhe do Fluxo Veicular do entorno do Noroeste após a implantação

5.4 TÓPICOS CONCLUSIVOS

Pode-se inferir que, de forma geral, o Setor Noroeste não alterou o sistema viário geral da cidade, no entanto modificou áreas e vias que o delimitam.

Entre os mapas da S.E. o que obteve comportamento semelhante ao do SATURN neste estudo de caso foi o mapa axial, por realizar a análise local melhor que no mapa de segmento, que, ao contrário, analisa o global com mais propriedade.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1 ANÁLISE VISUAL

Há uma boa correspondência visual entre a espessura das faixas oriundas do SATURN e a escala cromática resultante dos valores de integração, ainda que refinada para grandes fluxos e imprecisa para pequenos.

Na maioria dos casos as faixas bem largas equivalem aos eixos em vermelho, que se associam aos maiores fluxos potenciais do sistema, estimados a partir dos valores de integração. A situação ocorre para o Eixão Norte (Figura 6.1) e para trechos do Eixo Monumental à medida que se aproxima da Zona Central próxima ao cruzamento entre eixos (Figura 6.3). Entretanto a situação não ocorre para o Eixão Sul, onde o SATURN apresenta faixa bem larga (Figura 6.1) e o mapa axial apresenta a cor laranja (Figura 6.2). A explicação para a cor laranja é ao fato de o desenho do final da Asa Sul não tem a mesma continuidade encontrada no final da Asa Norte. Por outro lado, neste caso, o mapa de segmento tem a mesma correspondência que o SATURN (Figura 6.5).

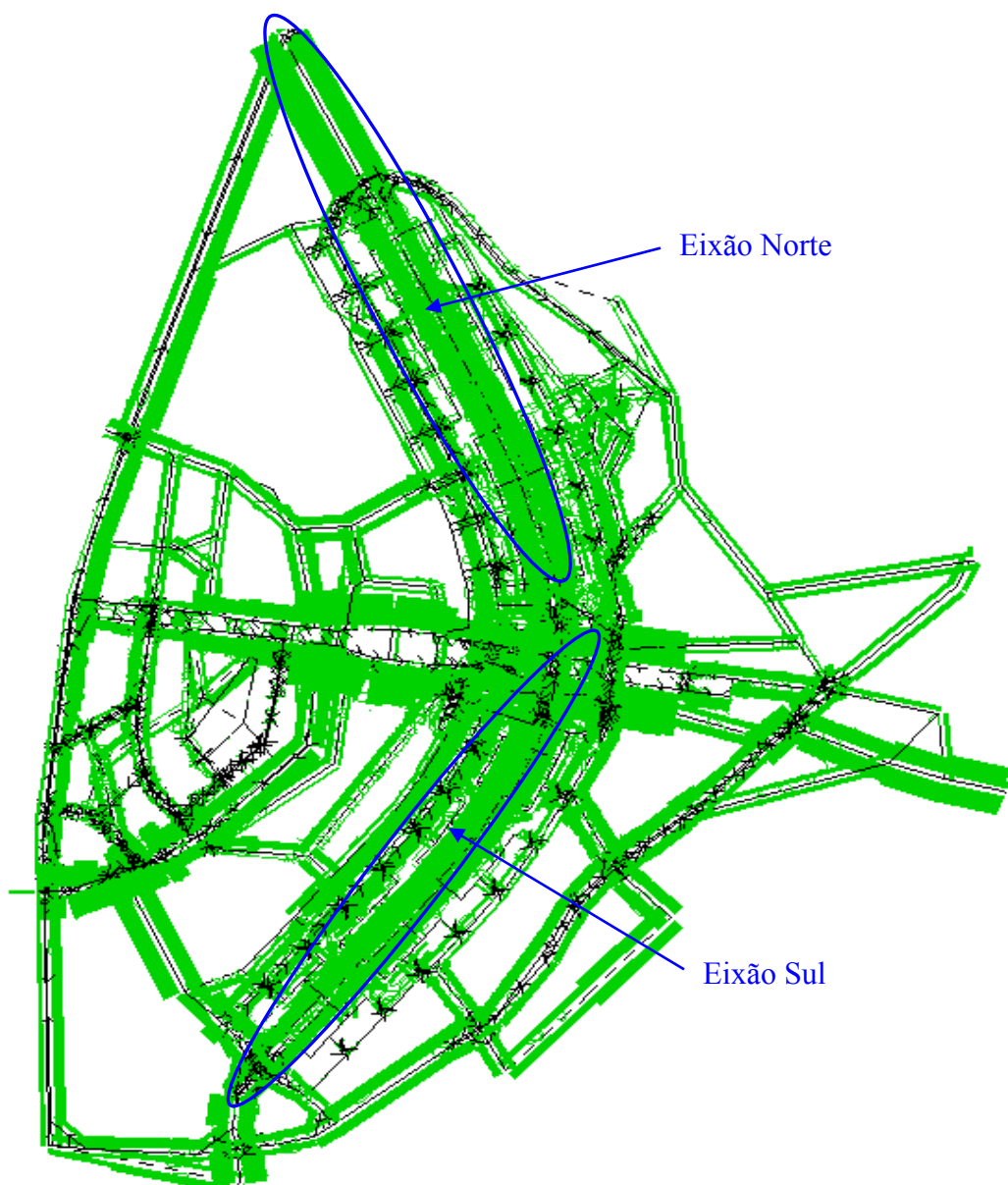


Figura 6.1 Faixas de Fluxos (*Bandwidths*) do Eixão Norte e Sul – SATURN

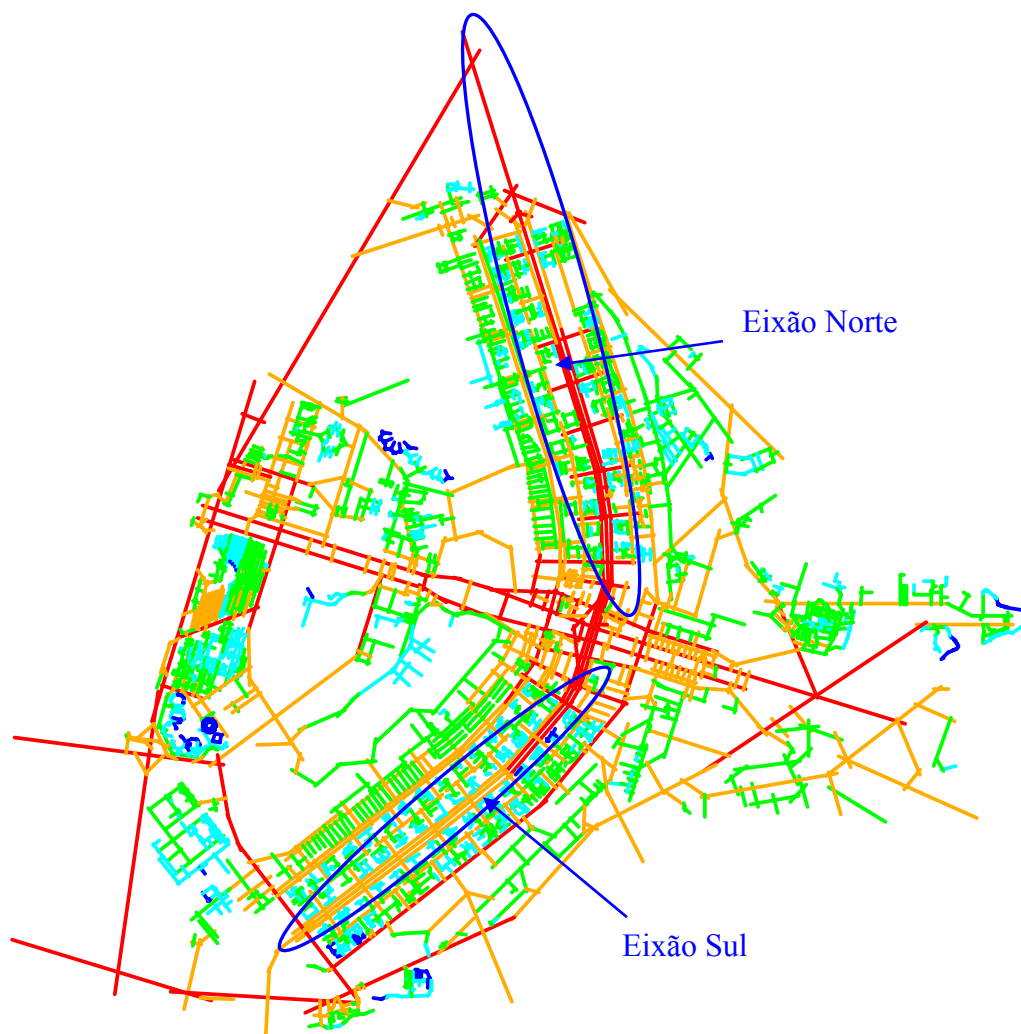


Figura 6.2 Integração das vias: Eixão Norte e Eixão Sul

Nota-se que o Eixo Monumental possui diferentes espessuras (Figura 6.3), com espessura fina na parte dos ministérios, bem larga próxima ao Eixo Rodoviário ou Eixão e novamente uma largura fina próxima a EPIA. Este comportamento não é verificado nem no mapa axial nem no mapa de segmento, que apresentam o Eixo Monumental em vermelho em sua totalidade. Em contrapartida, analisando o Eixo Monumental a partir do DF, este apresenta três níveis de integração desenvolvidos na seção 5.1.

A via localizada no Setor Policial (Figura 6.3) possui espessura larga – devendo ser bem larga – o que descaracteriza seu verdadeiro fluxo que é grande. A Sintaxe Espacial, por outro lado, apresenta a cor vermelha em ambos os mapas (Axiais e Segmento – Figura

6.4 e 6.11, respectivamente).

As faixas largas equivalem aos eixos em laranja com fluxos veiculares menores que os primeiros. A correspondência é identificada nos casos da via de acesso à 1ª ponte na Asa Sul e a via L4 Sul, embora neste último caso a escala cromática advinda do mapa axial não seja completamente laranja apresentando alguns trechos em vermelho. O mapa de segmento apresenta a via L4 toda em vermelho (Figura 6.11), o mapa axial (Figura 6.4) apresenta parte em vermelho – próximo a EPIA e a via do Setor policial; e próximo a Ponte JK – e a outra em laranja – próximo a 1ª Ponte – enquanto o SATURN, por sua vez, mostra uma espessura média (Figura 6.3).

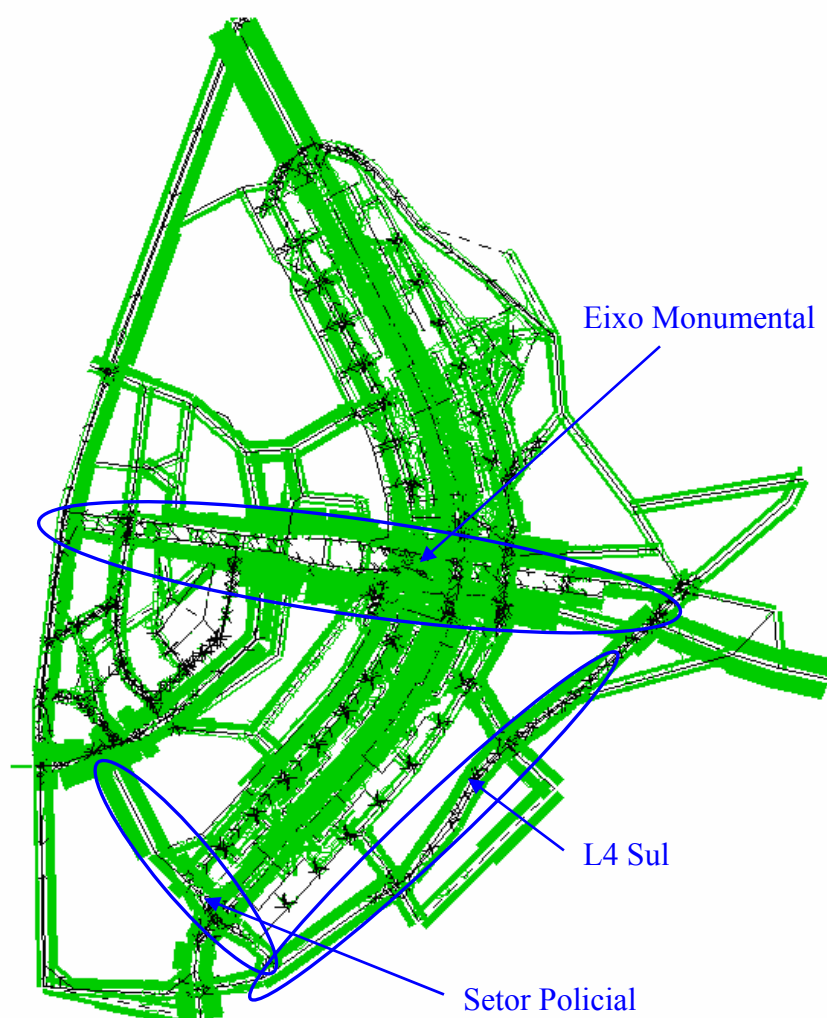


Figura 6.3 Faixas de Fluxos (*Bandwidths*) do Eixo Monumental, L4 Sul e Setor Policial – SATURN

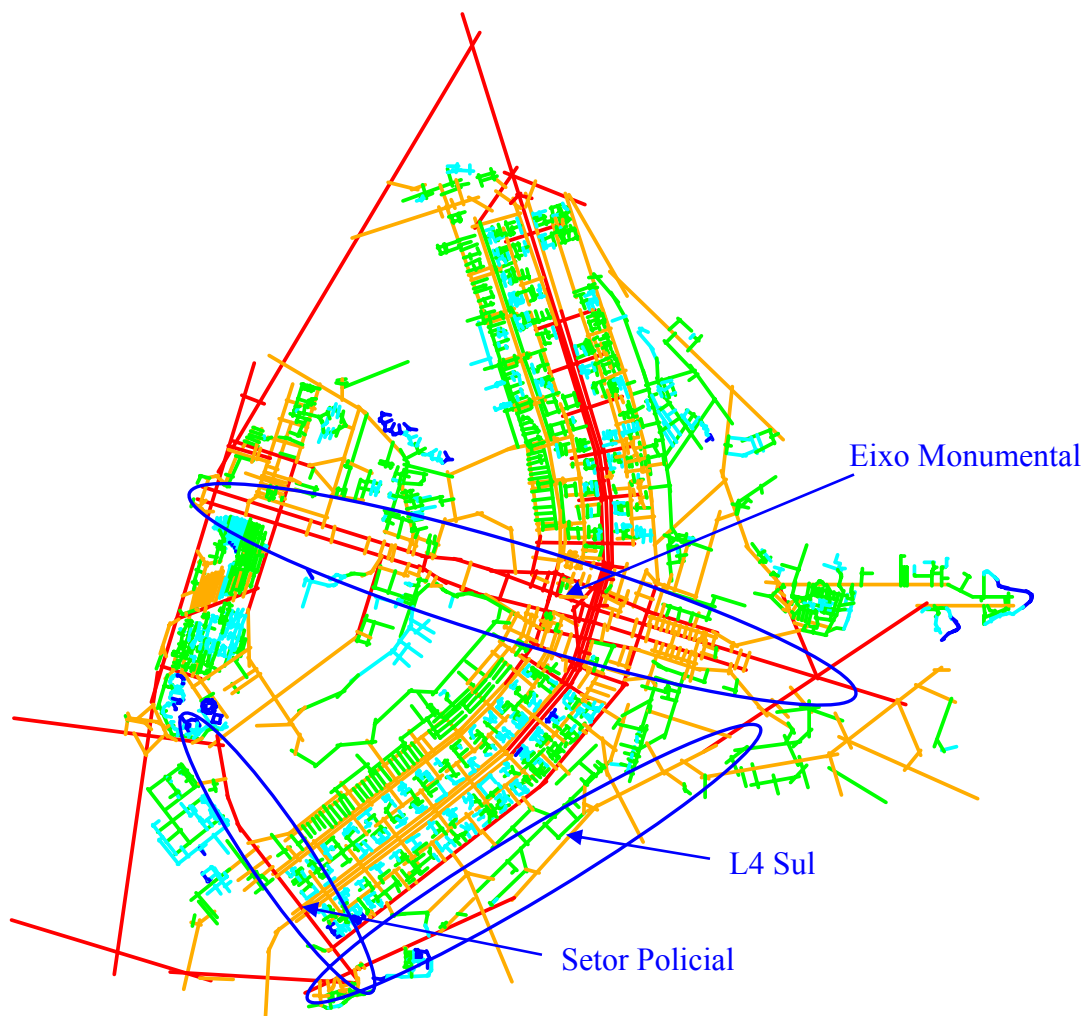


Figura 6.4 Integração das vias: Eixo Monumental, L4 Sul e Setor Policial

Por conta da ausência de contagens veiculares na parte central da EPIA e pela presença de contagens pouco significativas na parte sul o SATURN apresenta inconsistências nos seus resultados, pois mesmo quando realizada a atualização de matriz não há ou há pouco fluxo na zona central e zona sul da EPIA (Figura 6.5 e 6.6). Em contrapartida, ambos os mapas de S.E. (axial e segmento – Figuras 6.7 e 6.11, respectivamente) expõem a EPIA na cor vermelha, o que indica a boa integração com o sistema e o grande fluxo veicular que nela existe.

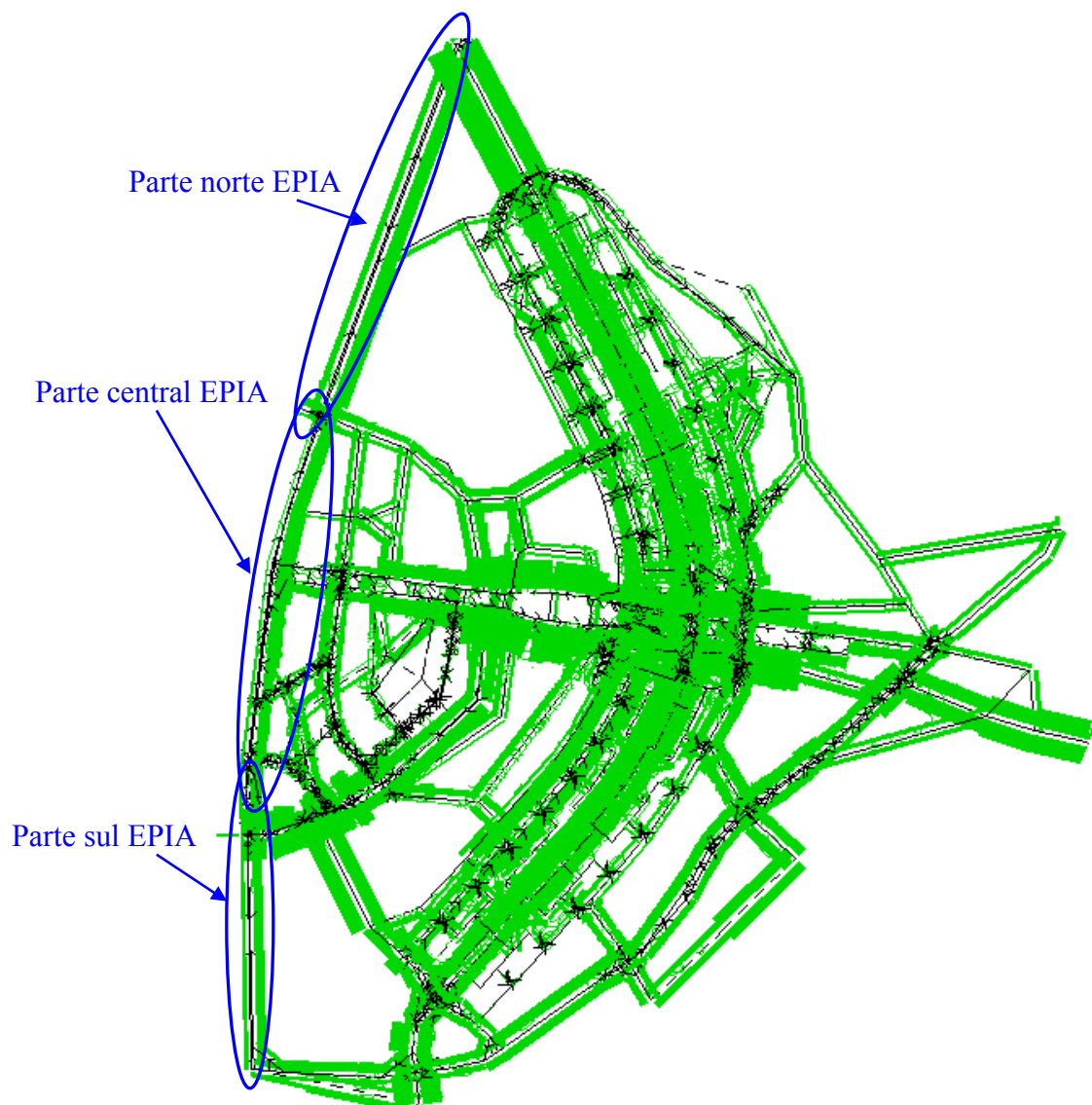


Figura 6.5 Faixas de Fluxos (*Bandwidths*) da EPIA – SATURN

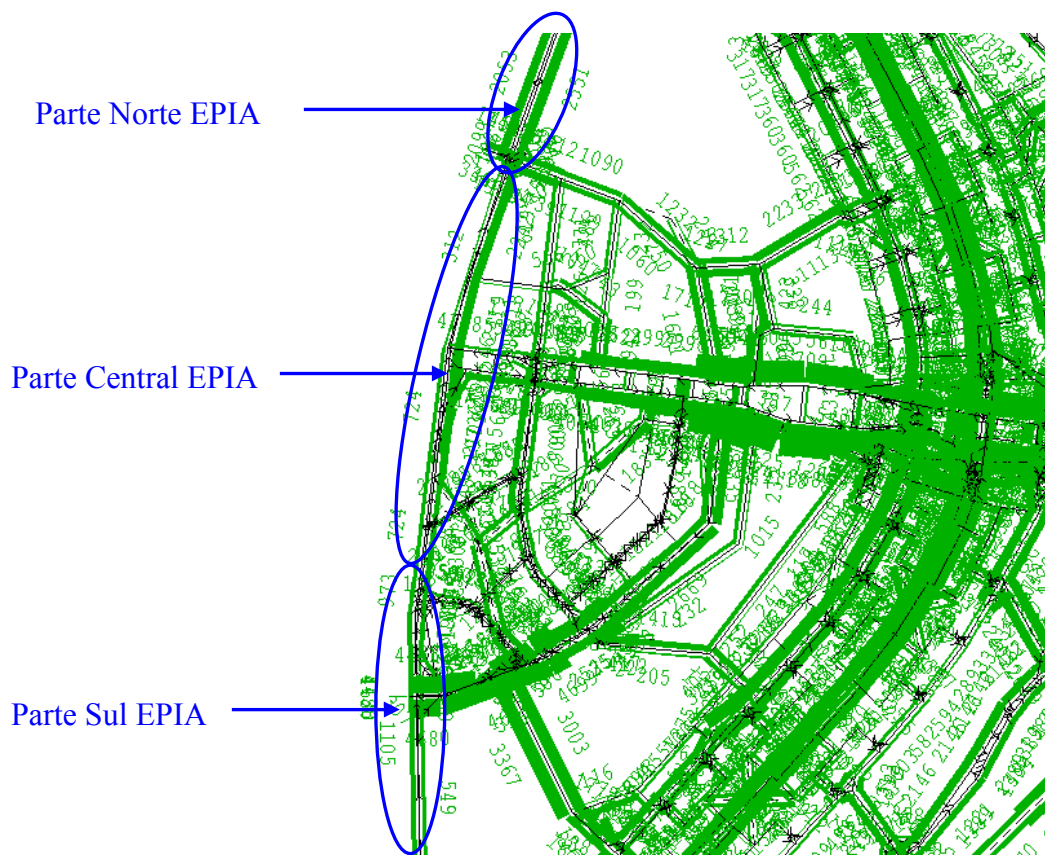


Figura 6.6 Detalhe da EPIA

As faixas médias equivalem aos eixos em verde (Figura 6.10) e apresentam fluxos menores que os anteriores. No SATURN esta há correspondência para os casos de vias como a W5 (Norte e Sul) e acessos internos à UnB (Figura 6.8 e 6.9).

As faixas estreitas equivalem aos eixos em azul claro (Figura 6.12). A modelagem realizada no SATURN, por desconsiderar as vias locais, acaba gerando trechos com pequena espessura de linha para locais onde se identifica um fluxo veicular elevado (Figura 6.11). É o caso, por exemplo, de trechos da L4 Norte, acessos ao Palácio da Alvorada, conexão entre o Setor Militar Urbano e o autódromo, conexão entre o Hipermercado Extra e a EPIA. Em todos estes casos, no mapa axial (Figura 6.12), as vias estão em laranja, o que indica um elevado potencial de movimento que tende a corresponder à situação real avaliada qualitativamente – todos os trechos listados são importantes acessos de e para as Asas e a Zona Central do Plano Piloto. Entretanto, para a modelagem do SATURN, a representação se dá por eixos estreitos e pouco

concentradores do maior fluxo no sistema.

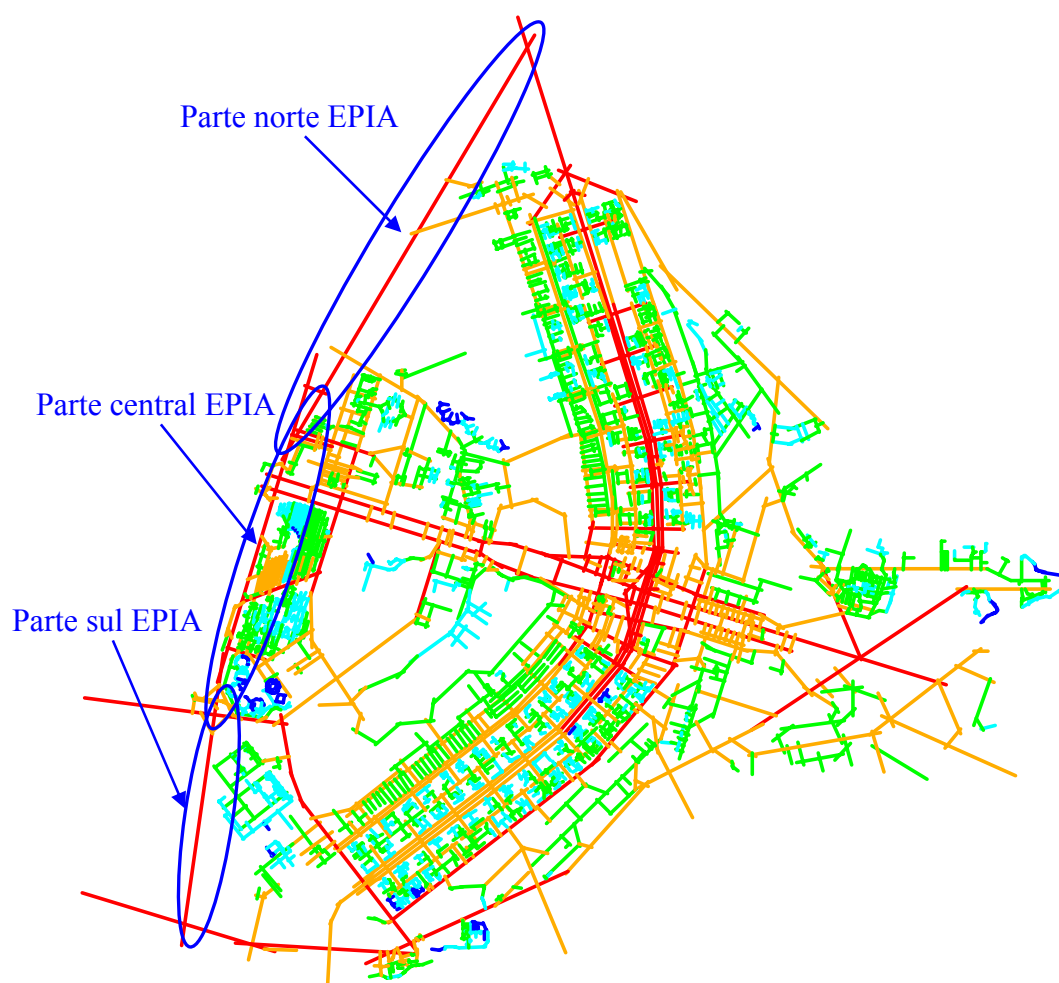


Figura 6.7 Integração da EPIA – S.E.

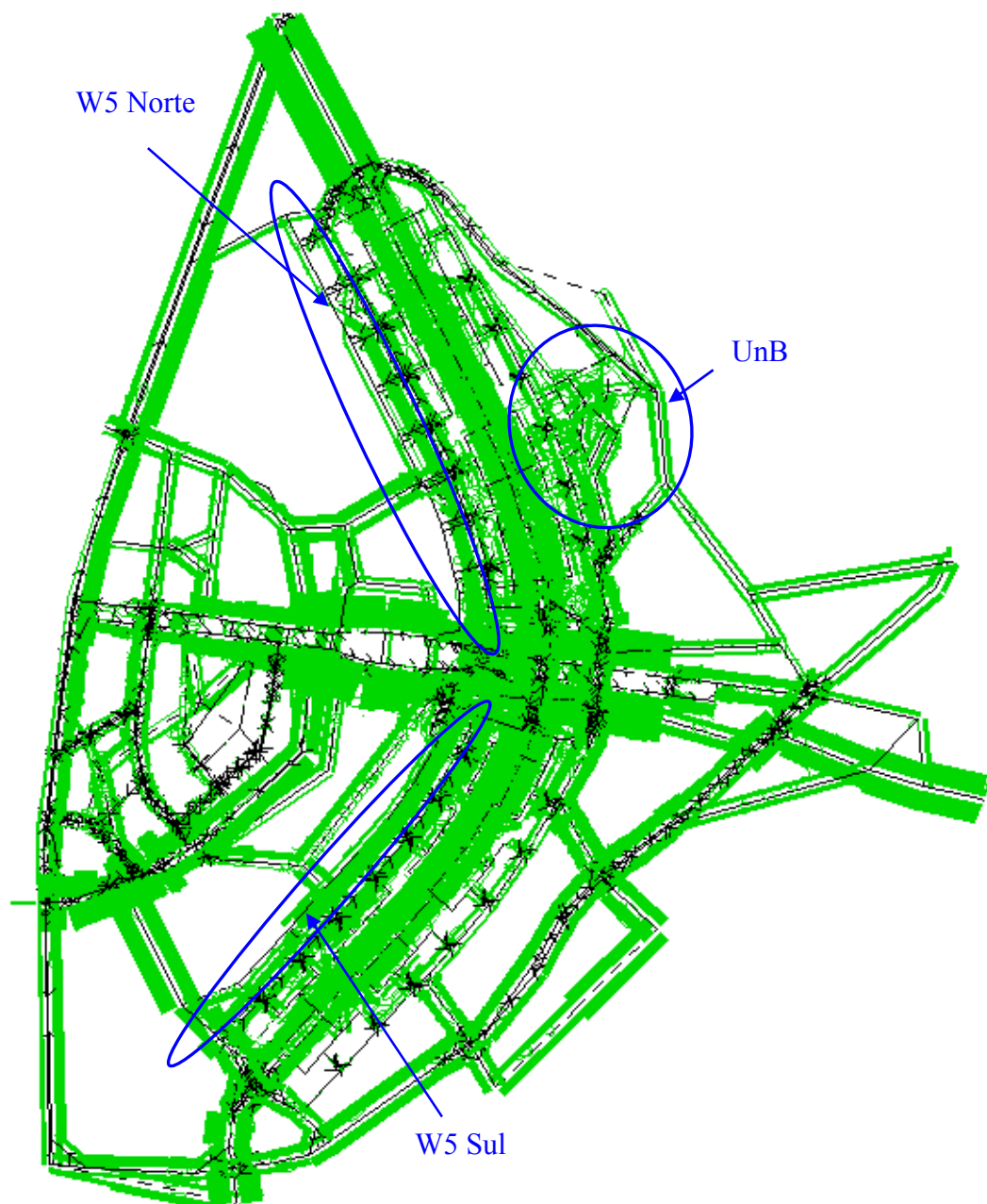


Figura 6.8 Faixas de Fluxos das vias: W5 norte e sul e UnB – SATURN.



Figura 6.10 Integração das vias: W5 norte e sul e UnB – S.E

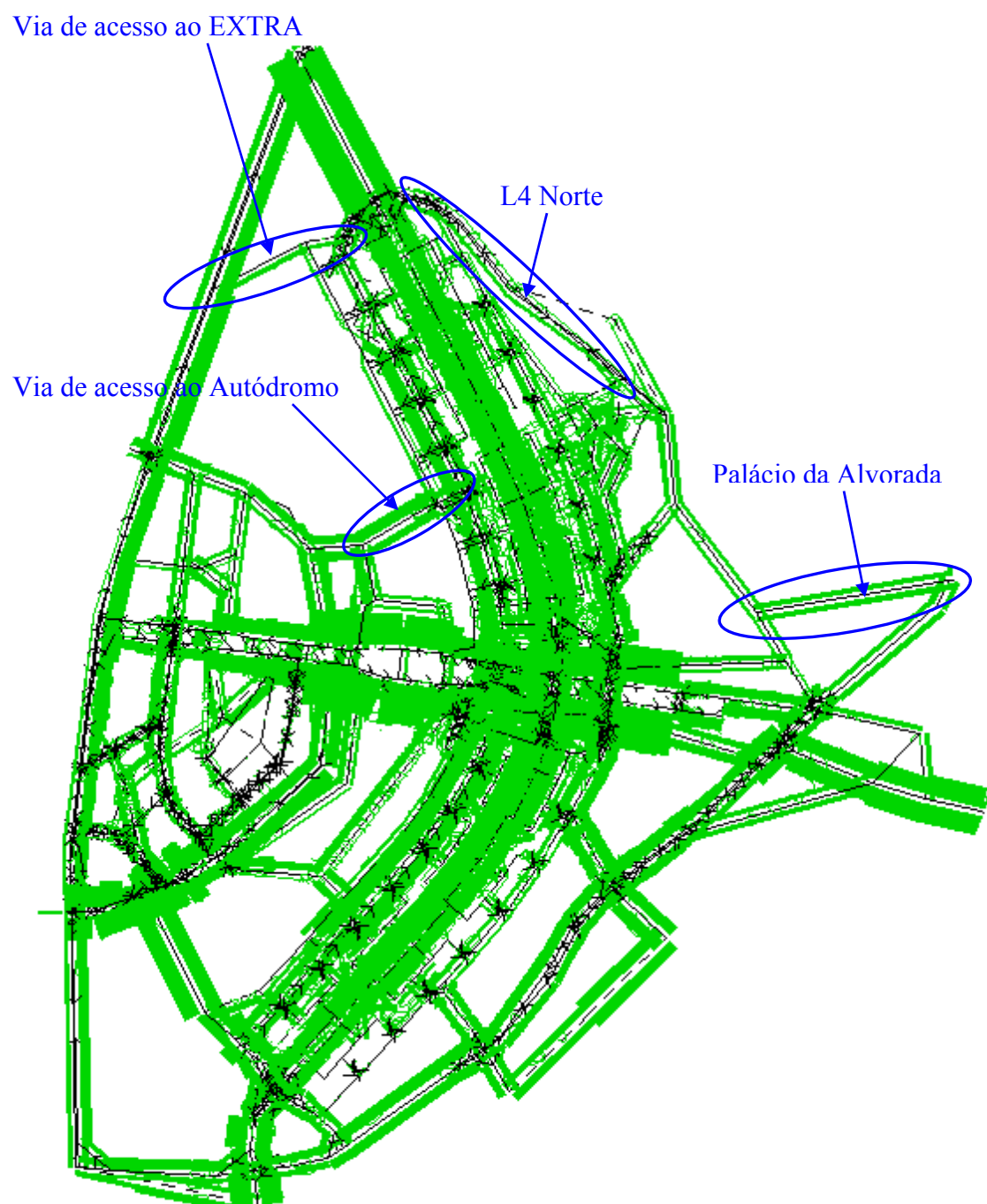


Figura 6.11 Faixas de Fluxos das vias que dão acesso: EXTRA, Autódromo, UnB e Palácio da Alvorada

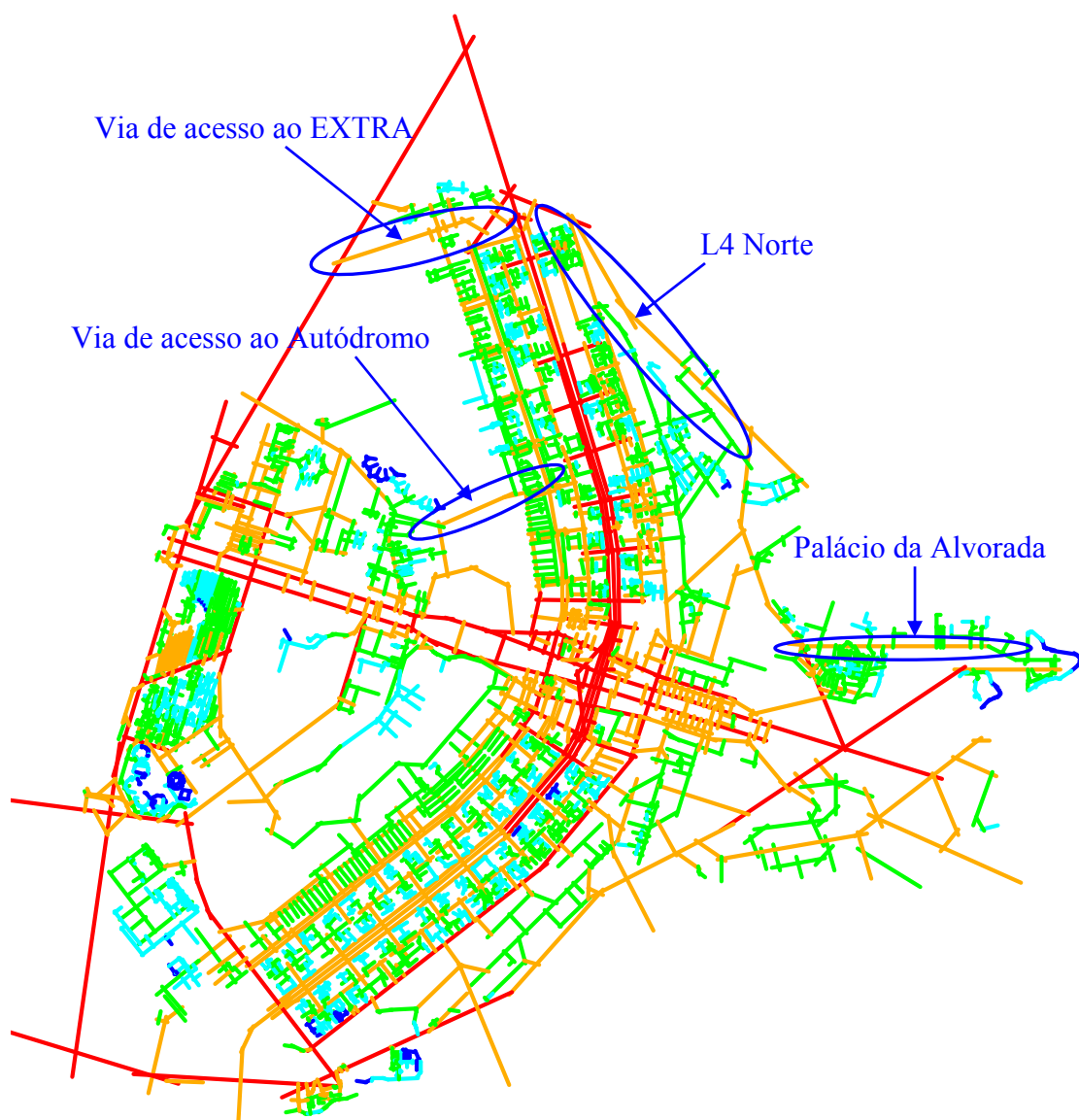


Figura 6.12 Integração das vias que dão acesso:EXTRA, Autódromo, UnB e Palácio da Alvorada – S.E.



Figura 6.13 Mapa de Segmento do Plano Piloto

Situação semelhante ocorre com a última esfera de comparação. As faixas bem finas equivalem aos eixos em azul escuro. Uma vez que a modelagem no SATURN despreza as vias locais, não há associação direta para esta situação. As vias que estão em azul escuro no mapa axial correspondem em sua maioria às vias internas das superquadras, que são desconsideradas no modelo de transporte.

A análise revela, portanto, que visualmente a comparação entre os modelos é melhor ajustada ou mais correspondente para trechos de grande fluxo simulado (faixas largas no SATURN e vias de vermelho a laranja na S.E.). Na medida em que o fluxo vai se reduzindo, a comparação é comprometida tendo em vista a distinta forma de elaboração

dos modelos: a S.E. considera toda a malha viária do sistema urbano, enquanto o SATURN despreza as vias locais.

6.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para verificar o grau de refinamento ou precisão entre os modelos e a realidade contabilizada, foram correlacionados os modelos com as contagens realizadas pelo DETRAN e DER a partir dos equipamentos eletrônicos controladores de velocidade. Para isso a associação entre dados foi realizada apenas com as 31 vias (ou trechos de vias) que apresentam o equipamento capaz de contar o fluxo veicular, cujos dados foram fornecidos para a pesquisa.

Para todos os dados foram realizadas duas formas de correlação, com base no trabalho de Cohen apud Hopkins (2002), conforme discutido em detalhes no capítulo 4:

(1) “ r ”, ou *correlação de Pearson*, que revela quanto duas ou mais variáveis estão relacionadas e/ou associadas, podendo ser de forma *positiva* ou *negativa*, com valores entre “1” e “-1” (quanto mais próximo de “0” menor a relação, quando mais próximo de “1” ou “-1”, maior);

(2) e “ r^2 ”, ou *coeficiente de determinação/regressão simples*, que corresponde à medida da proporção de variabilidade de uma variável explicada pela variabilidade da outra, havendo uma variável *independente* – em todos os casos equivalente às contagens do DETRAN – e uma variável *dependente* – dados oriundos dos modelos de transporte e configuracional. No caso de regressão linear simples, $R^2 = r^2$. O mesmo se aplica à função resultante da linearização de funções não-lineares. Neste trabalho utilizou-se tanto regressão linear simples quanto a função linear obtida pela linearização de função logarítmica.

Com o intuito de balizar a pesquisa e facilitar a interpretação dos dados, adota-se aqui a chamada *escala de Cohen*, uma ferramenta auxiliar que explica a intensidade do “ r ” ou “ r^2 ” a partir da correspondência entre o valor numérico obtido (positivo ou negativo) e as categorias constantes da tabela 6.1.:

Tabela 6.1 Relação entre Categoria e Correlação

Categoria	Correlação
Inexistente	0.0 a 0.09
Pequena	0.1 a 0.29
Moderada	0.3 a 0.49
Grande	0.5 a 0.69
Muito Grande	0.7 a 0.89
Quase Perfeita	0.9 a 0.99
Perfeita	1

Fonte: Cohen apud Hopkins (2002)

Partindo para a análise, o r de *Pearson* obtido entre os fluxos simulados pelo SATURN e os índices de integração foi de 0,452, o que significa dizer que a correlação entre as duas variáveis é classificável entre *moderada* (Tabela 6.1).

Para o mesmo par de variáveis, o coeficiente de determinação obtido foi de 20%. Implica que a percentagem da variação observada que é explicada pelo modelo é de 20%. (Figura 6.14).

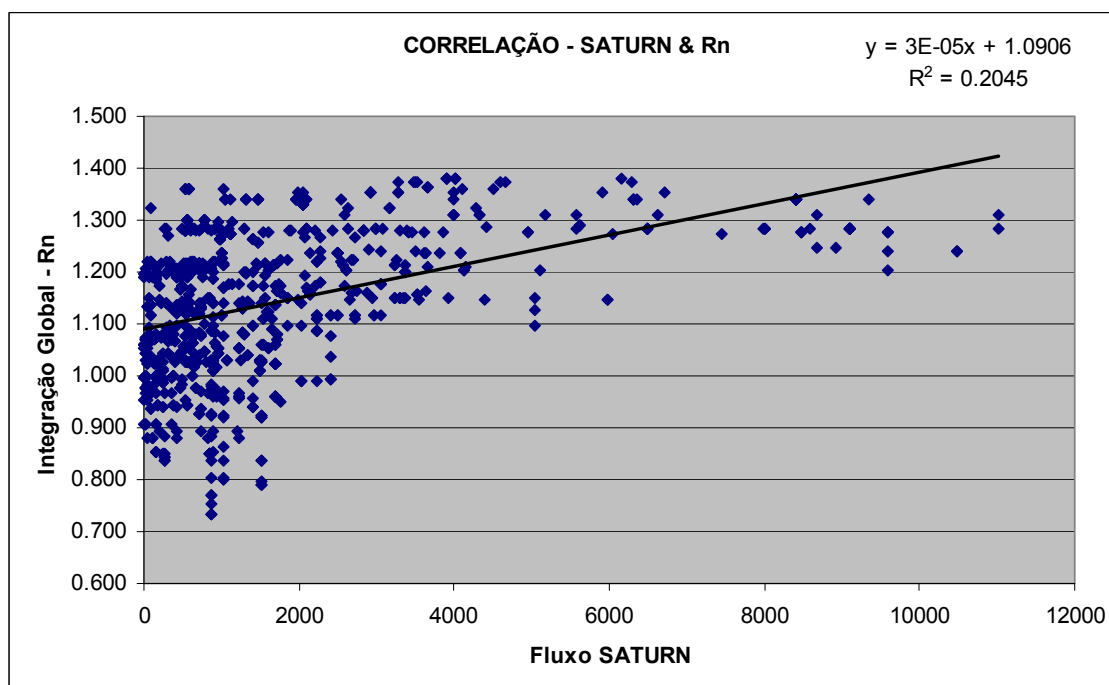


Figura 6.14 Correlação em Regressão Linear Simples entre SATURN & Integração Global em Mapas Axiais.

Quando, ao invés de utilizar o valor de integração considera-se o dado de saída da análise de segmento – profundidade média – há uma manutenção do baixo índice de correlação, com R^2 igual a 23% (Figura 6.15), e de *moderado* a *grande* para o valor do r de *Pearson*, igual a -0,475 ou 48% de associação entre as variáveis. Os valores obtidos para a análise de segmento são ligeiramente melhores que aqueles resultantes do mapa axial, indicando um comportamento mais parecido entre o SATURN e o mapa de segmentos.

Cabe esclarecer que o sinal negativo da correlação resulta do fato de que os dados de saída da análise de segmento são dados em profundidade média, isto é, maior/menor dificuldade para se alcançar aquela via/segmento a partir de qualquer ponto do sistema. Quanto mais profunda for uma via, menor a probabilidade de ali se encontrar um grande fluxo veicular. O inverso também é verdadeiro.

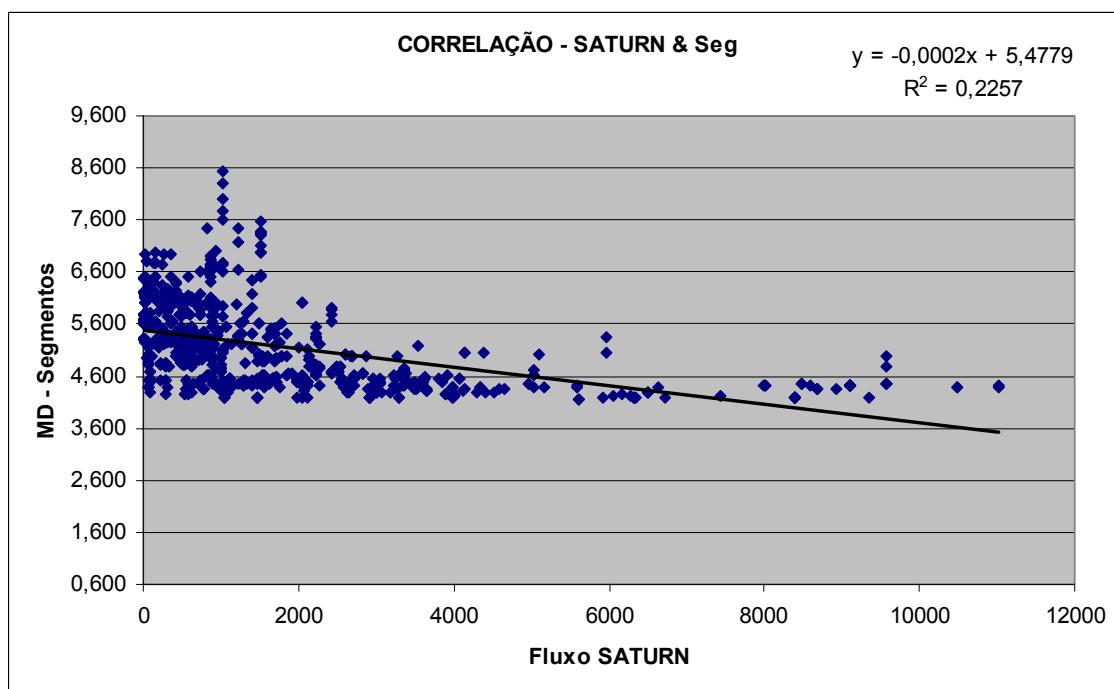


Figura 6.15 Correlação em Regressão Linear Simples entre SATURN & Integração Global na Análise de Segmento.

Com o intuito de refinar o conjunto dos dados dos pares de variáveis, minimizando-se o problema da dispersão para alguns pontos, procedeu-se à transformação logarítmica dos valores. Entretanto, para o primeiro caso (SATURN vs Integração) houve uma redução nos coeficientes obtidos.

O r de *Pearson* caiu de 45% para 42% (0,422). O valor do coeficiente de determinação foi ainda menor – 18% (Figura 6.16). Uma possível justificativa para a redução dos valores talvez seja o fato das duas variáveis trabalharem com unidades diferentes: enquanto o SATURN trabalha com fluxos veiculares, a S.E. trabalha com potenciais de utilização das vias.

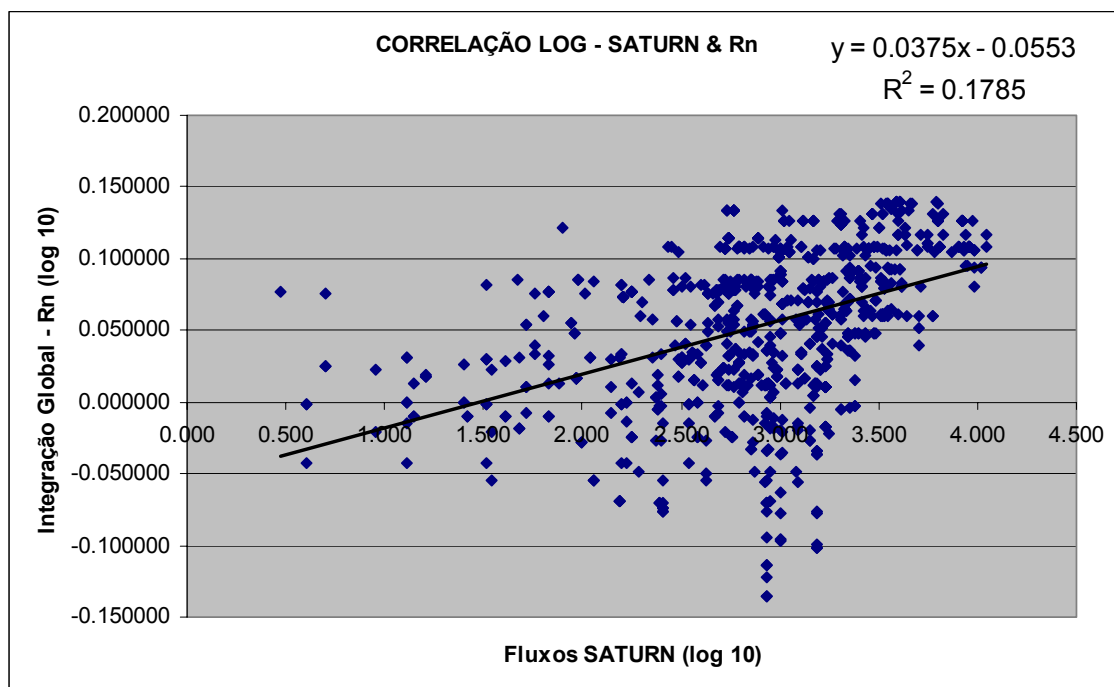


Figura 6.16 Correlação em Regressão Logarítmica Linearizada entre SATURN & Integração Global nos Mapas Axiais.

Para a correlação em regressão logarítmica entre o SATURN e a análise de segmento o valor encontrado do R^2 foi de 26% (Figura 6.17), ou seja, maior inclusive que a regressão linear simples com 23%. O mesmo ocorreu para o r de *Pearson*, que saltou de 48% para 51% (-0,513).

O grau de associação entre ambas passa agora a ser classificável como *grande*. Pode-se afirmar, portanto, que a análise de segmento apresenta uma correlação/associação melhor que os mapas axiais em relação ao modelo de transporte.

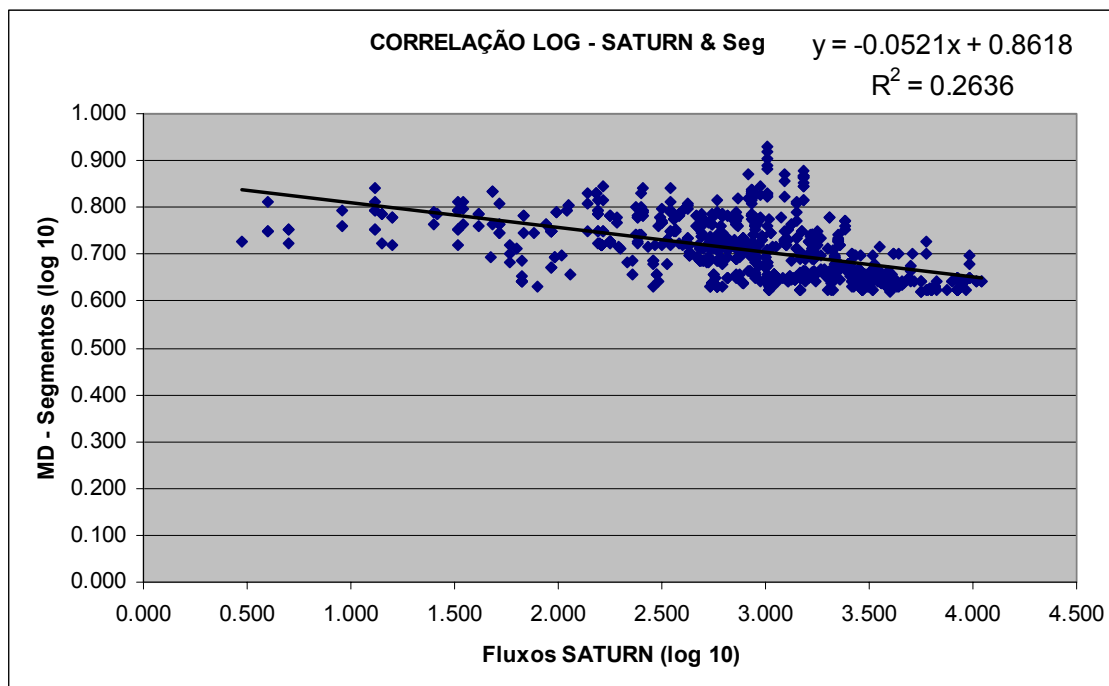


Figura 6.17 Correlação em Regressão Logarítmica Linearizada entre SATURN & Integração Global em Análise de Segmento.

As análises seguintes contemplam a confrontação dos valores reais obtidos a partir de contagem pelo DETRAN e DER (com unidade em fluxo veicular) com as modelagens realizadas por meio do SATURN (unidade em fluxo veicular) e S.E. (integração e profundidade média).

Para as regressões lineares, os dados do DETRAN, por serem os valores reais, foram estabelecidos como a variável independente, enquanto os demais foram classificados como variável dependente. Todos os pares de variáveis foram também analisados quando convertidos para logaritmo.

Para a primeira situação de contagem do DETRAN e SATURN o *r* de *Pearson* obtido foi igual a 0,776 ou 78%, o que se enquadra na categoria muito grande de associação

entre variáveis. O coeficiente de determinação chegou a 60% (*grande*), indicando um grande potencial dos modelos de alocação em representar a realidade de fluxos a partir dos dados de entrada (Figura 6.18).

Vale considerar, entretanto, que este modelo de transporte mantém os dados de contagem de entrada praticamente invariáveis durante todo o processo de modelagem. O SATURN, como modo de calibração para reproduzir a realidade, mantém os valores que foram originalmente inseridos no modelo.

As demais vias, que não apresentam contagem, por sua vez, são as que sofrem alterações (com base em suas características de capacidade e hierarquia) para equilibrar o sistema, inclusive a partir das diversas calibrações que o modelo pode sofrer até a sua proximidade com a realidade. Os resultados de saída, portanto, tendem a apresentar poderosas correlações.

Fazendo-se um paralelo entre a localização das vias de contagem e as vias do SATURN, verifica-se que nestas vias as contagens não sofrem muitas alterações, o que é conveniente para os resultados do modelo, gerando uma validação elevada. Mas para os locais em que há ausência de contagens o resultado expõe evidentes incoerências, com diversas vias apresentando baixos fluxos, fluxos quase nulos ou nulos (Figura 6.19, 6.20 e 6.21).

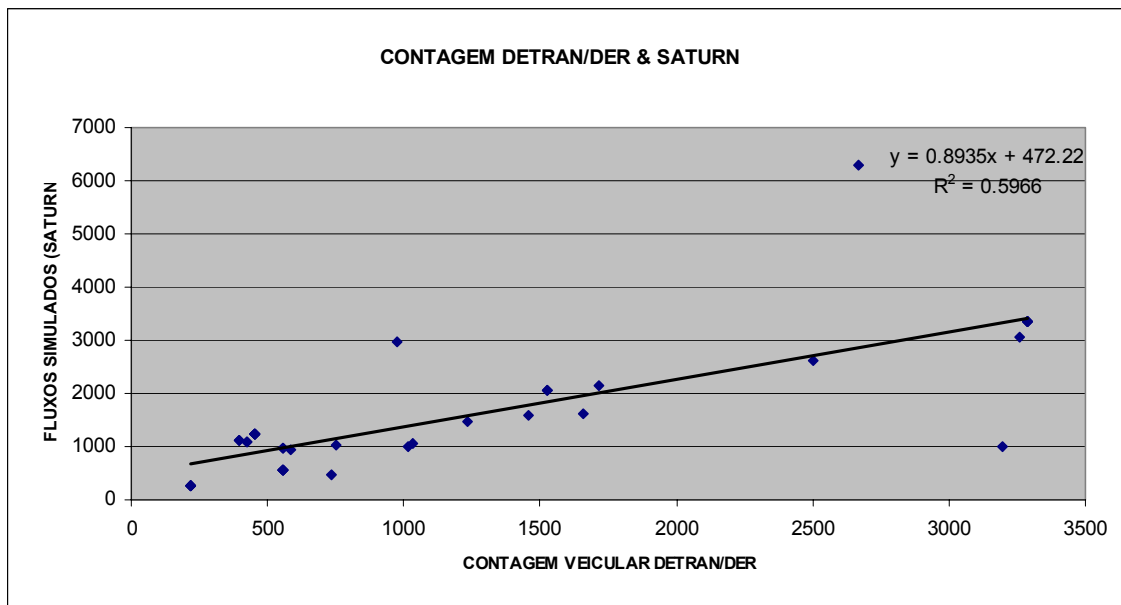


Figura 6.18 Correlação em Regressão Linear Simples entre SATURN & Contagens.

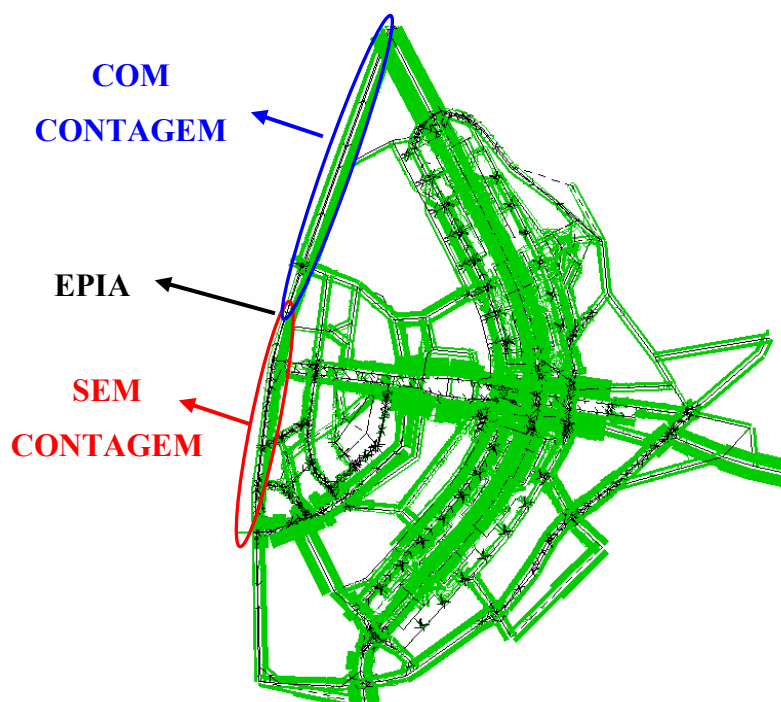


Figura 6.19 Modelo SATURN – EPIA com a parte norte com contagens e a parte central sem contagens.

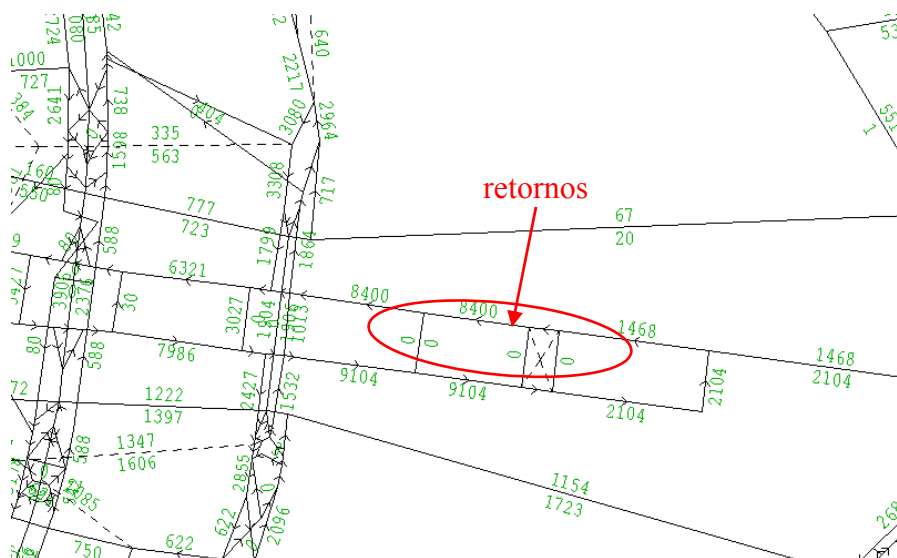


Figura 6.20 Detalhe de retornos localizados na Esplanada dos Ministérios com fluxos nulos – SATURN

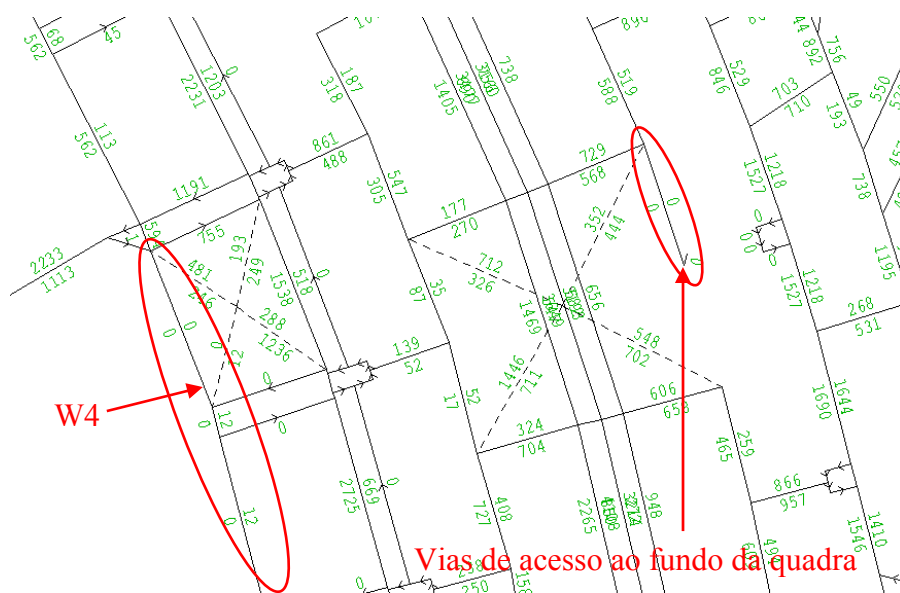


Figura 6.21 Detalhe de vias (W4 e vias de acesso aos fundos das quadras) com fluxos nulos – SATURN

Quando são correlacionados os valores de integração com os dados do DETRAN, o r de *Pearson* é igual a 0,549 ou 55%, o que indica *grande* associação entre variáveis. O R^2 de determinação, entretanto, alcança 30% (Figura 6.22), metade da correlação entre o SATURN e as contagens.

Para a análise de segmento, o r de *Pearson* alcança -0,635 ou 64%, o que aponta associação *grande*. Os valores de R^2 chegam aqui a 40% (Figura 6.23), sensivelmente superior aos valores obtidos para o mapa axial tradicional.

Os achados confirmam novamente a melhor aplicação da análise de segmento na área de transporte, por ter sua lógica estruturadora baseada nos segmentos entre nós, e não apenas nas linhas inteiras, como ocorre nos mapas axiais tradicionais.

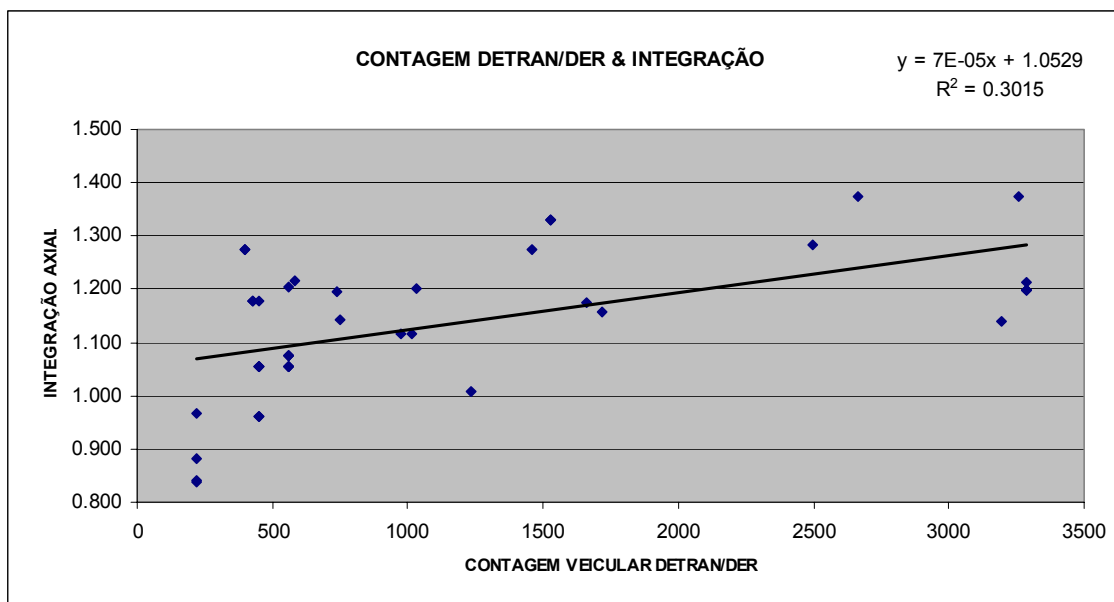


Figura 6.22 Correlação em Regressão Linear Simples entre Integração Axial & Contagens.

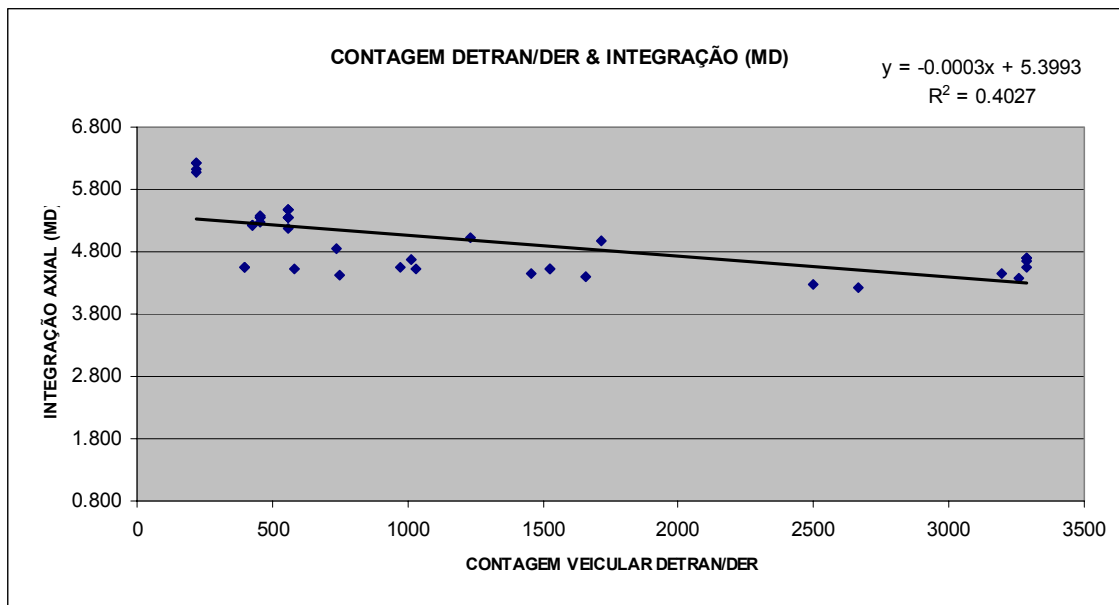


Figura 6.23 Correlação em Regressão Linear Simples entre Integração Axial (Análise de Segmento) & Contagens.

Quando todo o conjunto de dados é convertido para uma mesma base logarítmica (base 10), há uma considerável melhoria em todos os casos, especialmente para as modelagens configuracionais e/ou topológicas.

A associação entre o SATURN e as contagens sobe ligeiramente, passando de 78% para 0,813 ou 81%. A correlação em regressão logarítmica o R^2 se elevou de 60% para 66%, mantendo-se grande (Figura 6.24). Como se pode perceber, não houve, portanto, alteração significativa entre os dados com e sem o ajuste na base logarítmica.

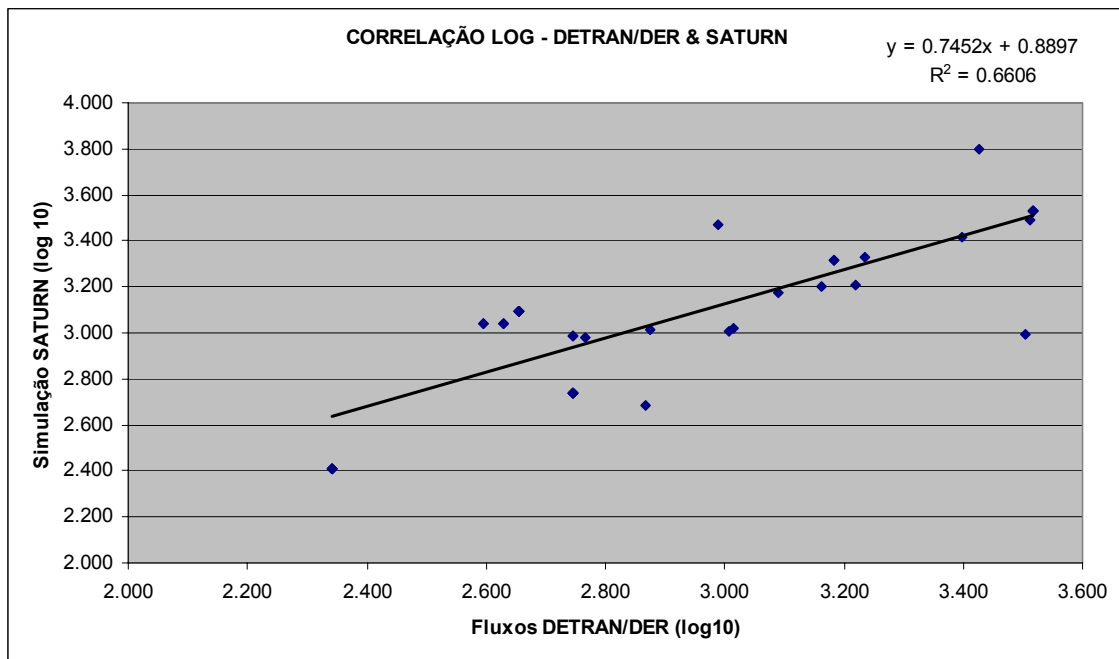


Figura 6.24 Correlação em Regressão Logarítmica Linearizada entre SATURN & Contagens.

A permanência dos valores indica que os dados do SATURN já se comportavam de maneira linear e a conversão pouco alterou sua dispersão.

Grande variação ocorre, todavia, para as variáveis configuracionais.

Para a confrontação entre contagem e integração, o *r* de *Pearson* foi a 0,665 ou 66% considerada *grande* segundo Cohen apud Hopkins (2002), com valor da correlação em regressão logarítmica linearizada em 44% classificada também como *grande* (Figura 6.25) houve um razoável aumento em relação ao anterior de 30%, mas que apresenta a mesma classificação *grande*.

Quando é procedida a associação entre contagem e os dados da análise de segmento, o *r* de *Pearson* chega a -0,782 ou 78%, havendo, portanto, associação muito grande, semelhante à situação para o SATURN. Quando investigado o coeficiente de determinação, o R^2 alcança 61%, valor muito próximo aos 66% do SATURN (Figura 6.26).

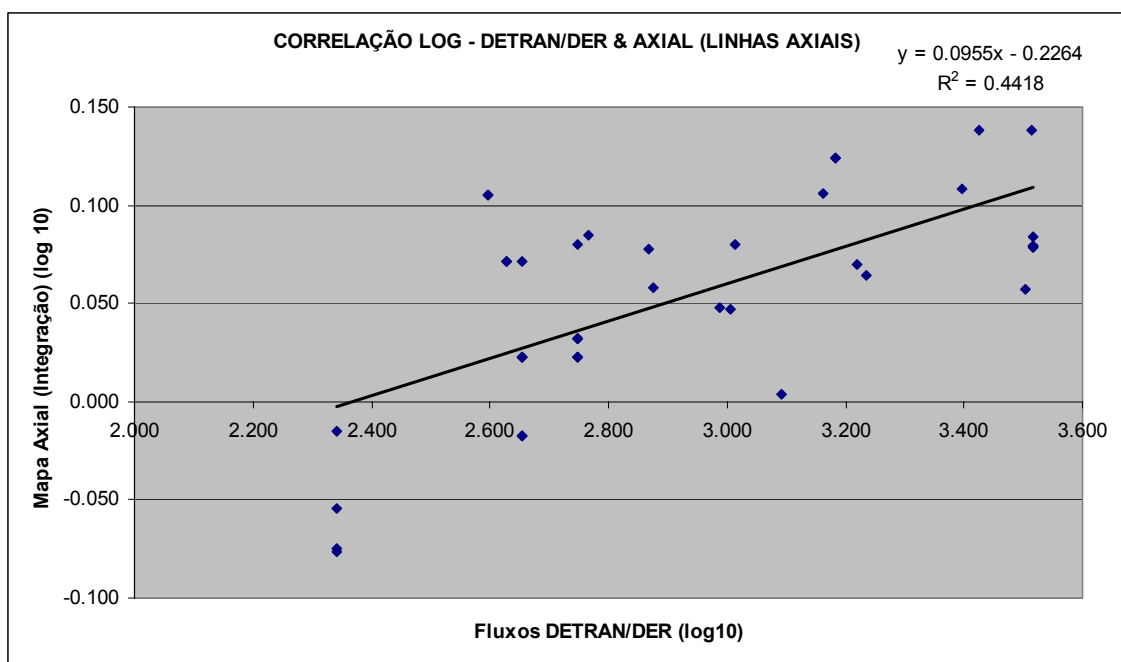


Figura 6.25 Correlação em Regressão Logarítmica Linearizada entre Integração Axial & Contagens.

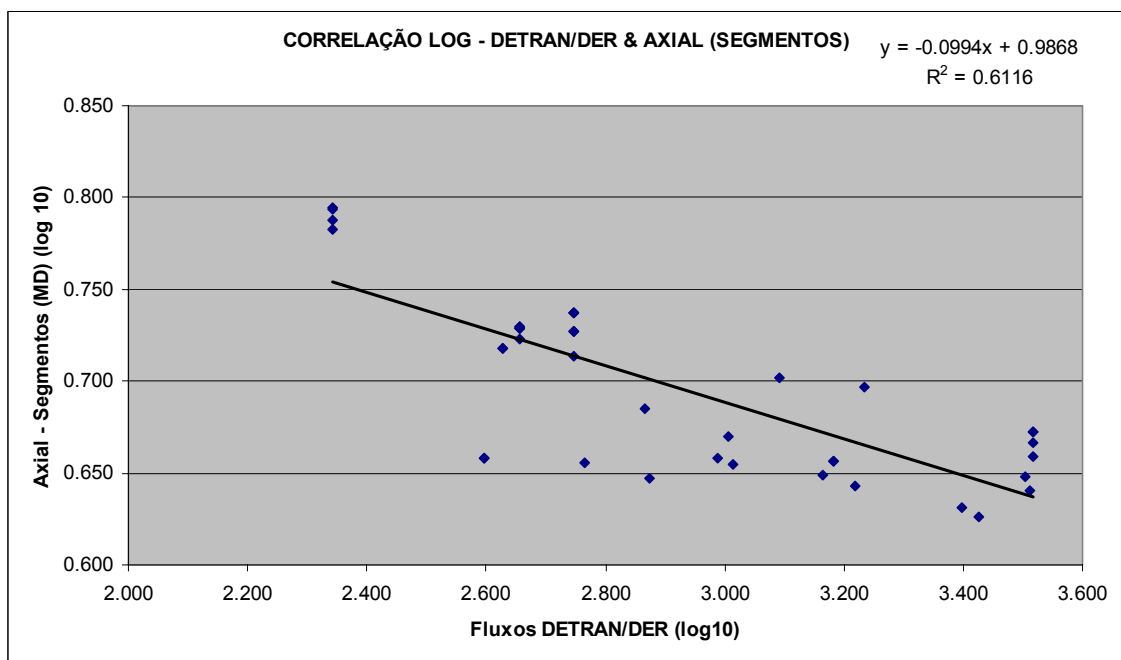


Figura 6.26 Correlação em Regressão Logarítmica Linearizada entre Integração Axial (Análise de Segmento) & Contagens

A investigação contempla o Setor Noroeste e por esta razão as análises foram procedidas com o Plano Piloto considerando-se a malha do Noroeste, tanto nos modelos configuracionais quanto de transporte.

Para a correlação entre os valores do SATURN e de integração, o valor obtido para o *r* de Pearson foi de 0,464 ou 46% sendo classificado de *moderado*. A mensuração do coeficiente de determinação foi de 22% melhor dizendo, somente em 22% dos casos a variação observada no valor de integração foi explicada pelo modelo, que tem os fluxos do SATURN como variável independente (Figura 6.27).

O *r* de *Pearson* na correlação entre o SATURN e o mapa de segmento chegou a -0,494 ou 49% - considerada uma correlação *moderada* segundo Cohen apud Hopkins (2002), entretanto maior que a da integração. O R^2 foi de 24% (Figura 6.28), também superior ao produzido pelo modelo que considera os fluxos do SATURN.

Após a sequência anterior, os dados foram convertidos para logaritmo de base (10). O *r* de *Pearson* alcançou 0,428 ou 43% na primeira análise SATURN e integração (Figura 6.29) podendo ser classificado como moderada, e apresentou R^2 de 18%. Neste caso o *r* de *Pearson* foi maior que o anterior, entretanto o coeficiente de determinação foi mais baixo.

Na última análise do Noroeste, obteve-se o *r* de *Pearson* igual a -0,522 ou 52% considerado grande e R^2 de 27% (Figura 6.30). Percebe-se que houve um aumento de moderado para grande no *r* de *Pearson*, o que indica que há associação entre as variáveis consideradas no modelo.

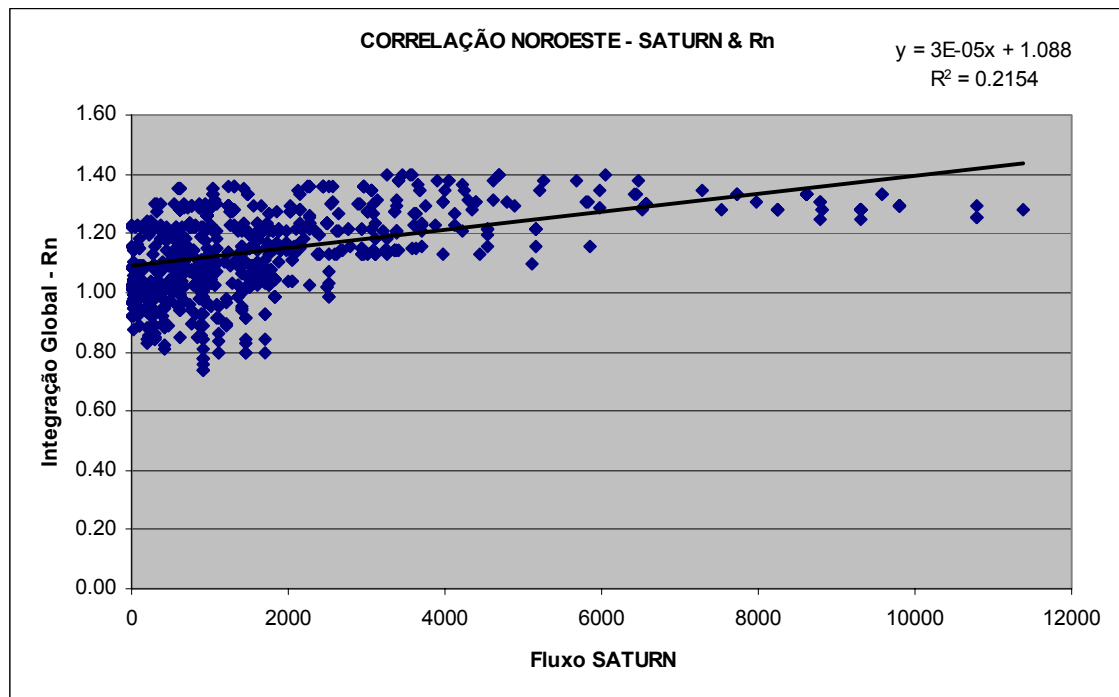


Figura 6.27 Correlação em Regressão Linear entre SATURN e Integração com o Noroeste.

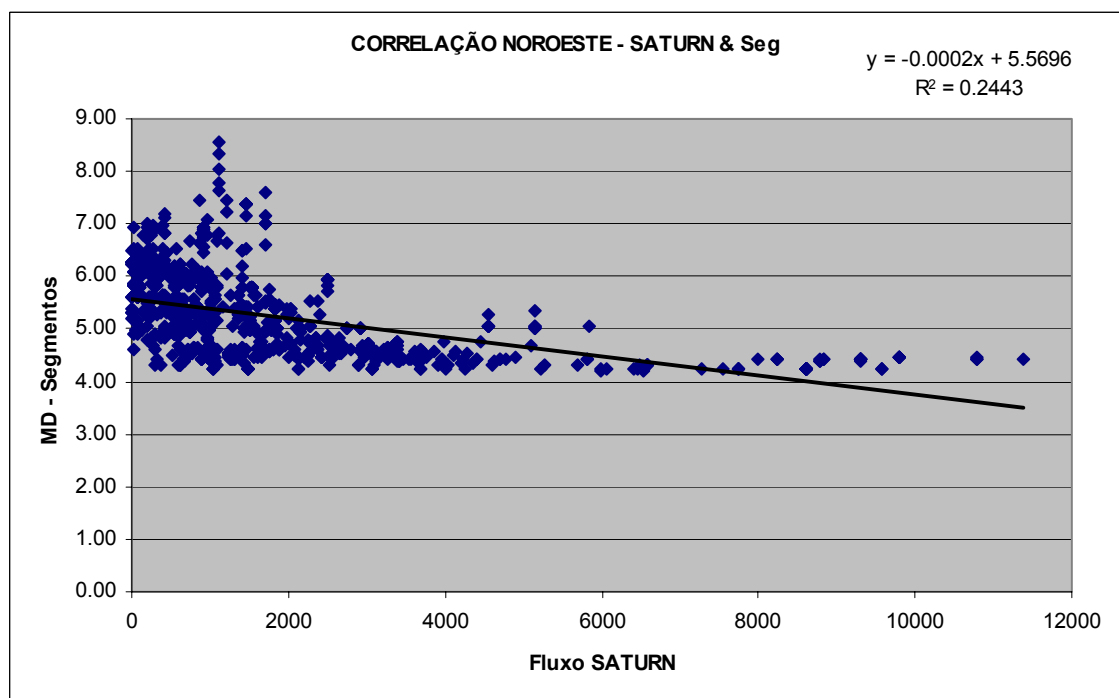


Figura 6.28 Correlação em Regressão Linear entre SATURN e Análise de Segmento com o Noroeste.

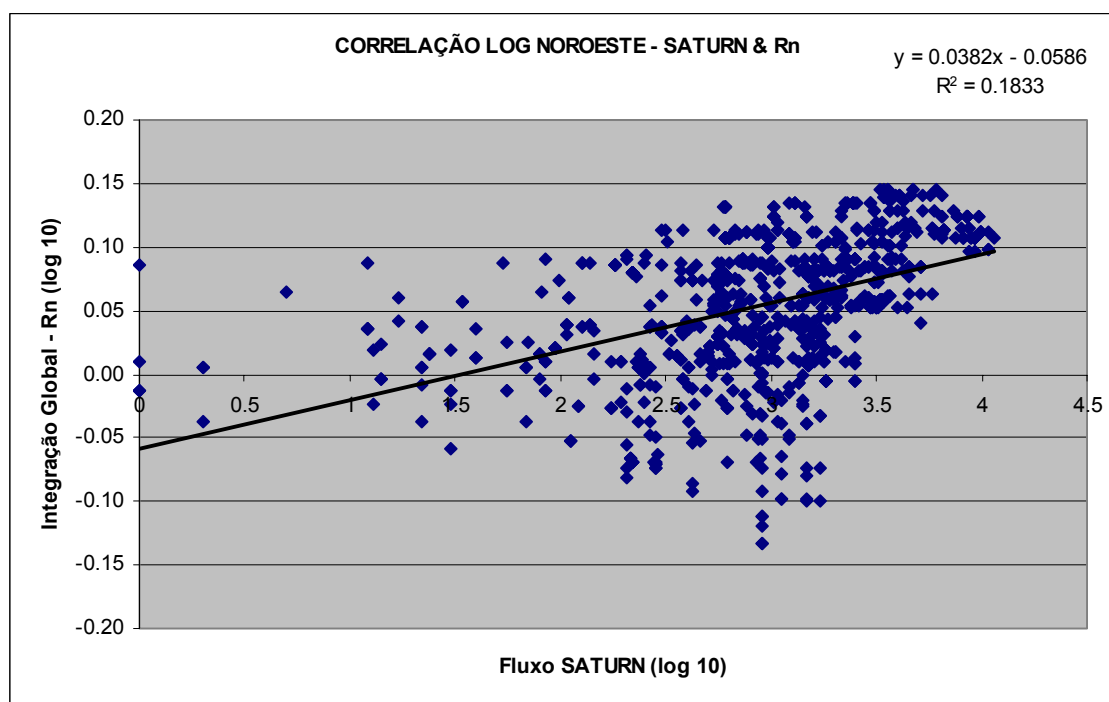


Figura 6.29 Correlação em Regressão Logarítmica Linearizada entre SATURN e Integração com o Noroeste.

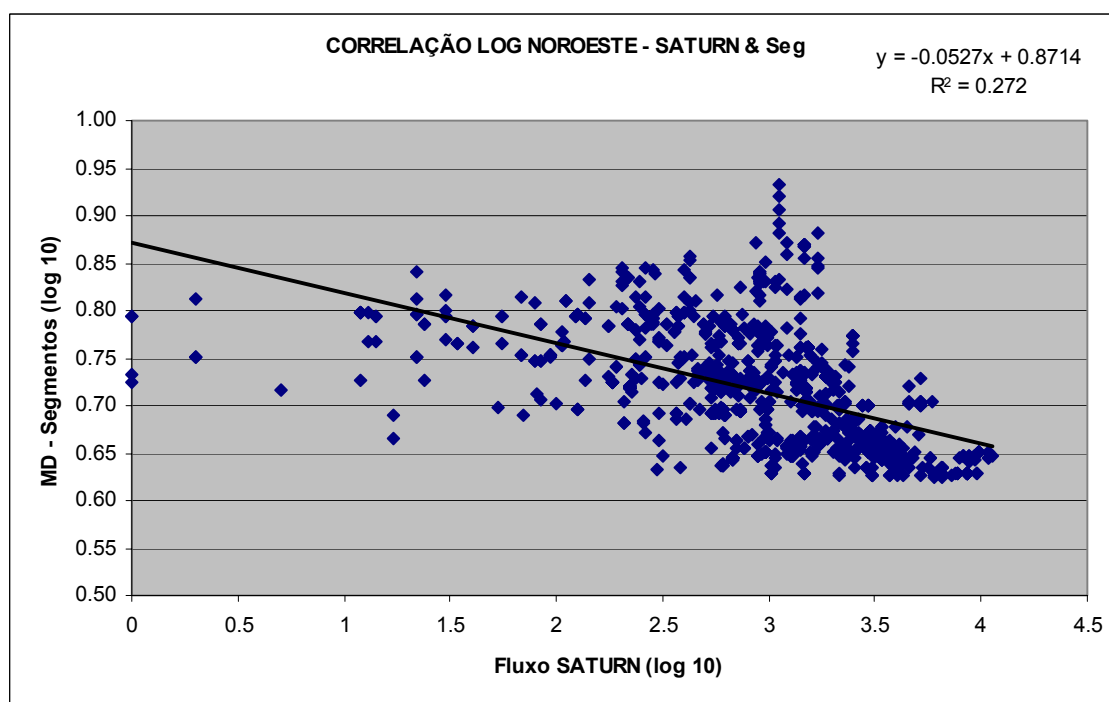


Figura 6.30 Correlação em Regressão Logarítmica Linearizada entre SATURN e Mapa de Segmento com o Noroeste.

Observa-se, portanto, que de modo geral que as análises inserindo o Noroeste melhoraram.

O r de *Pearson* em todos os casos aumentou para as análises em que o Noroeste foi inserido: SATURN vs Integração (45%) e SATURN vs Integração com o Noroeste (46%); SATURN vs Análise de Segmento (48%) e SATURN vs Análise de Segmento com o Noroeste (49%); LOG – SATURN vs Integração (42%) e LOG – SATURN vs Integração com o Noroeste (43%); LOG – SATURN vs Análise de Segmento (51%) e LOG – SATURN vs Análise de Segmento com o Noroeste (52%) (Tabela 6.2).

Com os valores de R^2 situações semelhantes ocorreram, exceto na correlação entre o SATURN vs Integração em regressão logarítmica linearizada com e sem o Setor Noroeste que em ambos os casos obtiveram o percentual de 18%. Nos demais houve um aumento de 1 a 2 pontos percentuais (p.p.) em cada correlação: SATURN vs Integração (20%) contra SATURN vs Integração com o Noroeste (22%); SATURN vs Análise de Segmento (23%) contra SATURN vs Análise de Segmento com o Noroeste (24%); LOG – SATURN vs Análise de Segmento (26%) contra LOG – SATURN vs Análise de Segmento com o Noroeste (27%) (Tabela 6.2).

Tabela 6.2 Resumo dos Resultados dos Valores de r de *Pearson* e R^2

Correlação	r	R^2
SATURN e Integração	0,452	0,2045
SATURN e Segmento	-0,475	0,2257
SATURN e Integração (Log.)	0,422	0,1785
SATURN e Segmento (Log.)	-0,513	0,2636
Contagens e SATURN	0,776	0,5966
Contagens e Integração	0,549	0,3015
Contagens e Segmento	-0,635	0,4027
Contagens e SATURN (Log.)	0,803	0,6606
Contagens e Integração (Log.)	0,665	0,4418
Contagens e Segmento (Log.)	-0,782	0,6116
SATURN e Integração – Noroeste	0,464	0,2154
SATURN e Segmento – Noroeste	-0,494	0,2443
SATURN e Integração (Log.) – Noroeste	0,428	0,1833
SATURN e Segmento (Log.) – Noroeste	-0,522	0,2720

6.3 ANÁLISE DAS ROTAS

Das possibilidades de análise para fluxos, acessos e caminhos, a verificação de rotas sugeridas pelos modelos aqui explorados contempla um campo de interesse por permitir a interação entre as abordagens configuracional e de transporte e os sistemas de navegação automatizadas, utilizando, por exemplo, GPS e mapas digitais dinâmicos.

Com este propósito, foram realizadas algumas simulações no SATURN para verificar os menores caminhos escolhidos/sugeridos pelo modelo a partir de uma dada origem para um certo destino.

Algumas simulações foram realizadas no SATURN para verificar os menores caminhos escolhidos pelo modelo. No primeiro caso simulou-se a rota do final da Asa Norte (quadras 15-16) até a Esplanada dos Ministérios. Verifica-se que as vias adotadas pelo modelo foram o Eixinho W Norte e o Eixo Monumental (Figura 6.31).

Embora não seja possível obter um resultado que se diga como “sugerido” pela S.E., é possível identificar as rotas mais prováveis expressas pelo mapa axial ou de segmento a partir da verificação das vias mais integradas que levam de A até B. As vias mais integradas são aquelas como maior potencial de geração de fluxo; portanto, topologicamente, são as mais prováveis de serem percorridas.

Retornando ao par de origem e destino anterior, pode-se inferir que a mesma escolha pode ser deduzida a partir da S.E., visto que tais vias são as mais integradas do sistema (Figura 6.35).

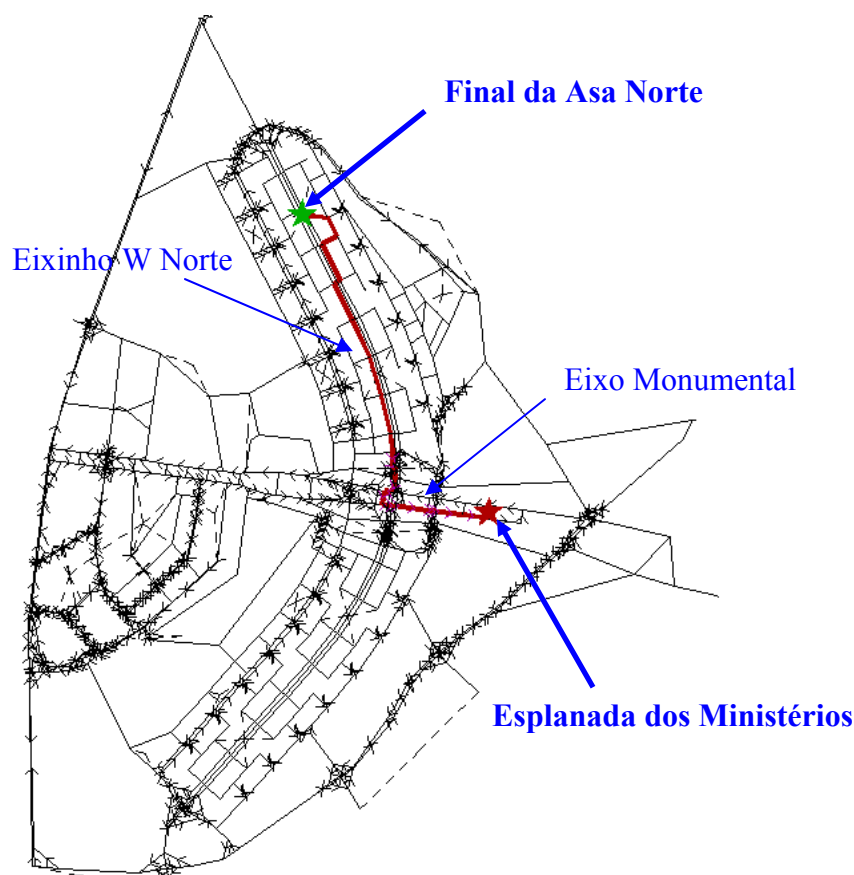


Figure 6.31 Rota entre o final da Asa Norte e a Esplanada dos Ministérios - SATURN.

Simulou-se também a rota entre o Sudoeste e a Esplanada (Figura 6.32), o SATURN escolheu o Eixo Monumental e a via coletora que delimita o Sudoeste a leste, por ser a mais próxima entre o centróide da zona e o destino. A S.E. poderia utilizar tanto esta mesma via coletora como a que delimita o Sudoeste a oeste, visto que ambas apresentam o mesmo número de conversões; e logicamente também utilizaria o Eixo Monumental (Figura 6.35 e 6.36).

Num outro cenário as vias definidas pelo SATURN entre o Parque da Cidade e o final da Asa Norte foram: via interna do parque, Eixo Monumental e W3 Norte (Figura 6.33), por apresentarem menor custo (tempo) no deslocamento.

Pela S.E., as vias utilizadas poderiam ser, a partir dos valores de integração: a via interna do parque e a W3 Sul e Norte (Figura 6.35), por utilizar as vias mais integradas do sistema e por mudar de direção somente três vezes ,contra seis conversões do

SATURN.

Neste caso o mapa axial não representa com clareza a hierarquia viária do sistema, pois a W3 é uma via com grande fluxo veicular e certamente seria indicada na sugestão de rota para uma pessoa que pede informação (Cf. Well Connected, 2000).

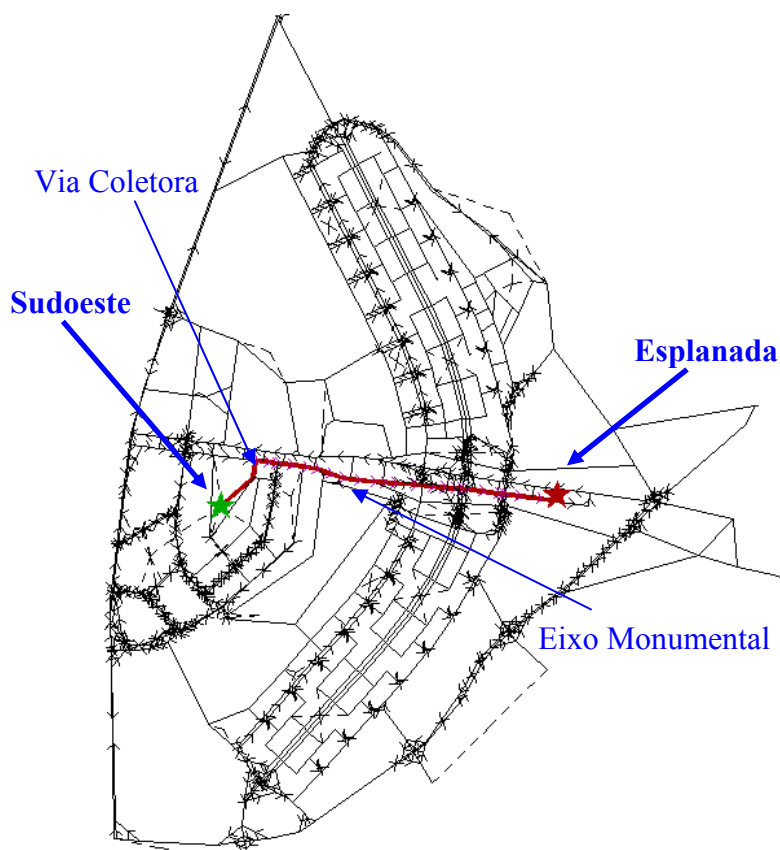


Figure 6.32 Rota entre o Sudoeste e a Esplanada dos Ministérios – SATURN

Uma rota com oito conversões foi sugerida pelo SATURN para ir do Noroeste ao Lago Sul (Figura 34). Certamente a rota sugerida pela S.E. (Figura 3.5 e Figura 3.6) utilizaria parte da W3, Eixo Monumental e L4 Sul até a 2ª Ponte e faria apenas uma conversão em vias coletoras, enquanto que o SATURN utilizou quatro conversões em vias coletoras até chegar a N1 – que passa atrás dos Ministérios – além da L2 Norte e 2ª Ponte.

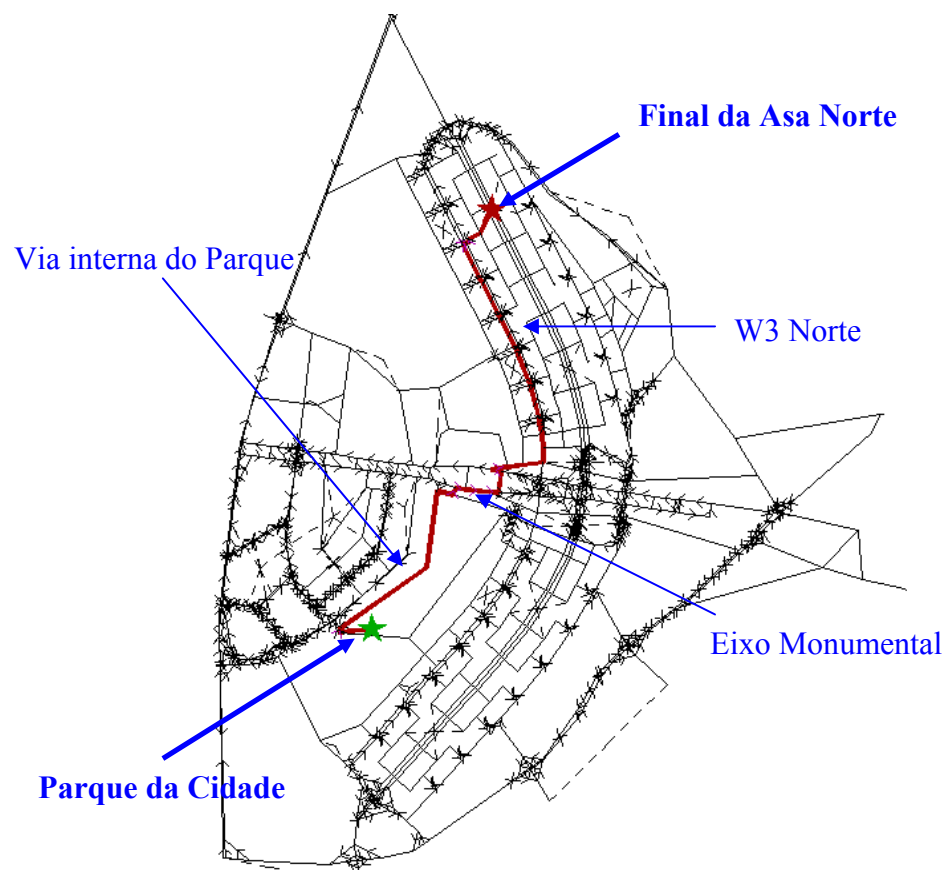


Figure 6.33 Rota entre o Parque da Cidade e o final da Asa Norte – SATURN

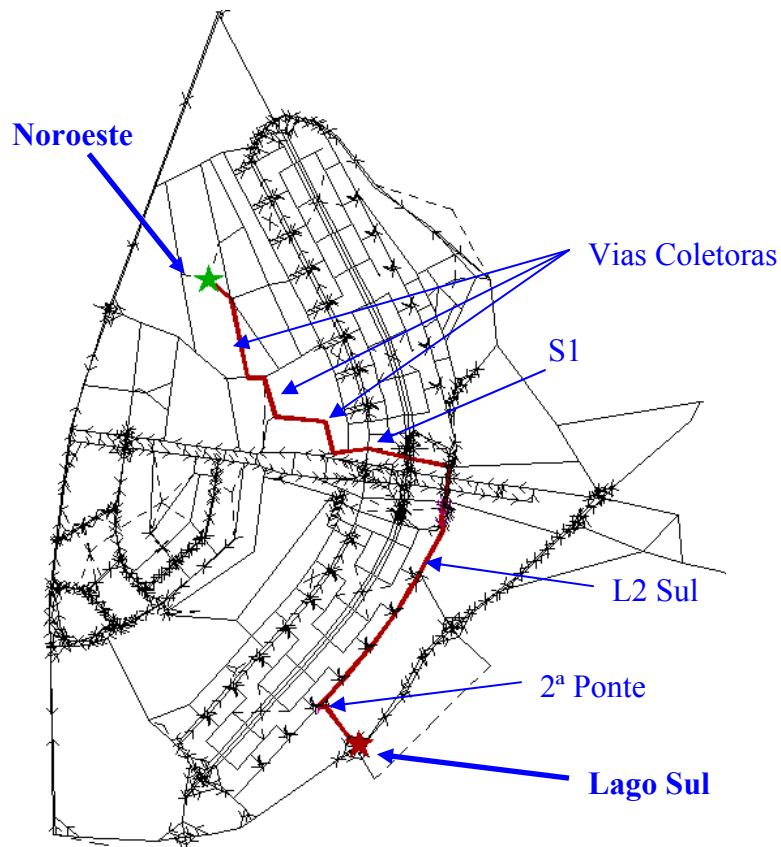


Figure 6.34 Rota entre o Noroeste e o Lago Sul – SATURN

As ferramentas se comportam de maneira semelhante nos casos em que a origem e o destino se localizam próximos às vias de grande fluxo, por tenderem a indicar/representar tais eixos. Isto acontece de maneira clara no caso de Brasília, por possuir grandes eixos conectores que se cruzam, tornando assim os caminhos de ambos os modelos semelhantes.

Em locais mais segregados, como no caso do Setor Noroeste, a S.E. realizou menores números de conversões, ao contrário do SATURN que adota os caminhos mais curtos, ou seja, os que apresentam menor tempo de deslocamento, ainda que com diversas conversões.

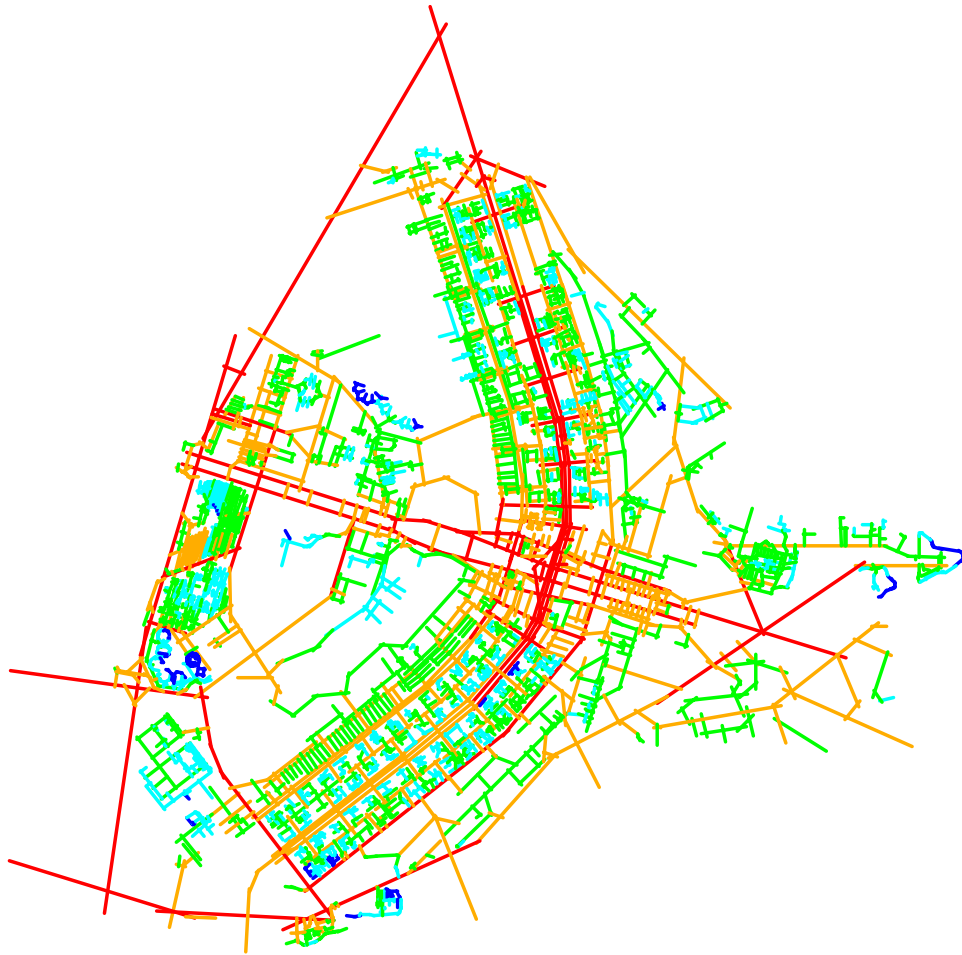


Figure 6.35 Mapa Axial.



Figure 6.36 Mapa de Segmento

Nesta análise verificou-se que o mapa de segmento representa com mais clareza as vias de maior fluxo veicular, ou seja, a estrutura viária do sistema, assim como o SATURN. Por outro lado, o mapa axial, apresenta melhor a centralidade do espaço.

Neste contexto observou-se também que, embora os modelos sejam de naturezas distintas podem ser analisados de maneira semelhante, necessitando de definição clara no procedimento de análise.

Na S.E. algo já vem sendo feito – ainda que de caráter inicial – o que possibilitará maior paralelo com os parâmetros de alocação de viagens. O Depthmap® tem artifícios que apresentam as vias prováveis de utilização em um sistema como um todo, mas sem indicação de início (origem) e fim (destino). Esta medida é denominada de “*choice*” ou escolha.

Como exemplos, para o Plano Piloto, têm-se a primeira escala que mostra em vermelho e laranja as vias de maior escolha de utilização, como Eixo Monumental, EPIA, Eixão Norte e Setor Policial (Figura 6.37).

Num outro cenário são expostos o potencial de utilização da L4 Sul e das vias que ligam os eixos W com o L (Figura 6.38), o que de fato acontece, visto que são as ligações mais próximas entre os eixos. A outra seria contornar toda a asa para se chegar de um eixo a outro.

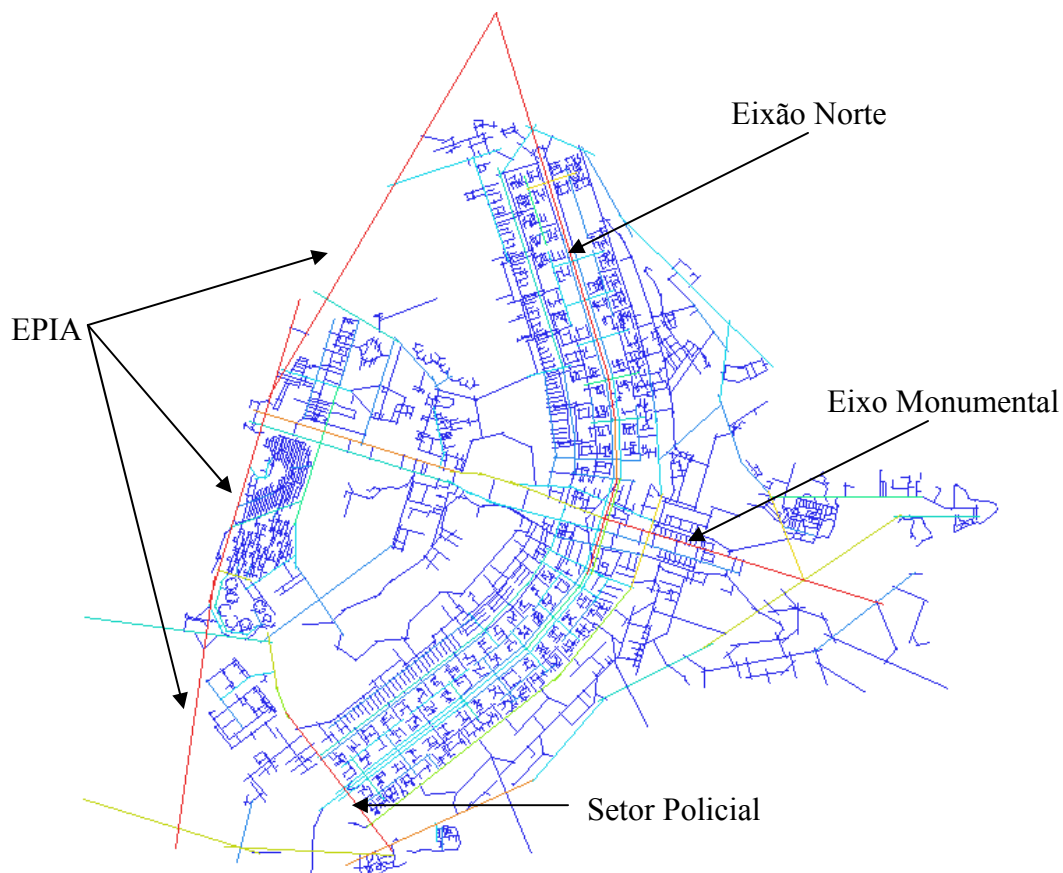


Figure 6.37 Escala cromática das vias mais integradas escolhidas para a rota

Como se vê, este novo tipo de análise possibilita uma aproximação das análises de rotas ou alocação de tráfego, apontando para uma maior conjugação entre a Sintaxe Espacial e os modelos de transporte. Além disso, na UCL, em Londres, pesquisas vêm sendo desenvolvidas procurando explorar não mais apenas o raio topológico (passos dados dentro de um sistema nas conversões de eixos) e sim o raio métrico, o que tornará o

ferramental tanto geométrico quanto topológico.

O SATURN, por outro lado, ainda não incorporou análises de outras teorias, como a topológica adotada pela S.E., o que decerto melhoraria ainda mais seus resultados.

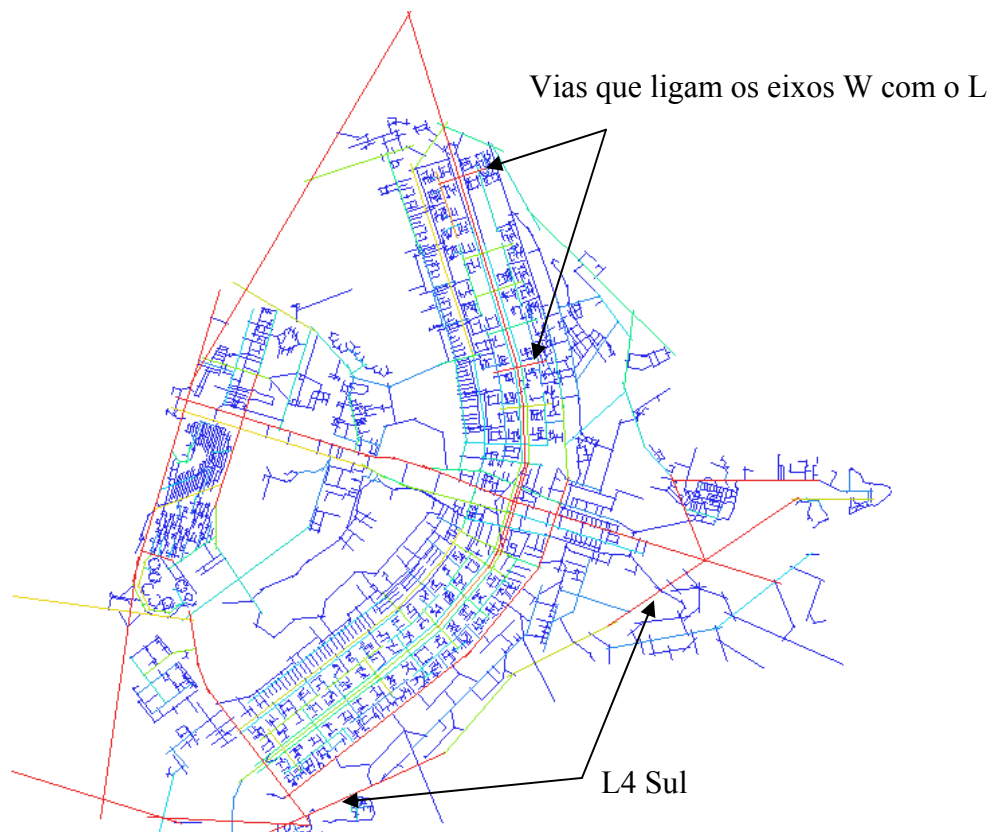


Figure 6.38 Escala cromática das vias que ligam os eixos W e L

6.4 TÓPICOS CONCLUSIVOS

Os dados indicam uma boa associação entre os valores reais e aqueles obtidos pela análise de segmento, com a vantagem de ter sido gerada rapidamente, sem necessitar uma exaustiva inserção de valores, calibração de dados e chegada aos resultados, como usualmente ocorre com os modelos de transporte.

Os valores de R^2 relativamente elevados e que se associam a modelos usuais ou já

consagrados na área de transporte abrem espaço para uma coerente aplicação dos modelos configuracionais, ainda que em uma etapa prévia para estudos de fluxos e circulações urbanas.

Não se quer afirmar aqui que os modelos configuracionais são melhores ou podem substituir os modelos de alocação. Ambos partem de princípios distintos e procuram gerar valores de saída que têm aplicações particulares, de acordo com o arcabouço teórico que lhes dá suporte.

Os modelos configuracionais, dada a validade encontrada, permitem encontrar rapidamente uma situação geral em um determinado sistema urbano, permitindo ao investigador e profissional ter uma visão geral de que diretrizes poderia seguir e como poderia direcionar uma determinada intervenção.

Os modelos de transporte, por sua vez, indicam uma aplicação num grau extremamente minucioso e que irá encontrar paralelos aproximados com os fluxos reais inventariados em áreas específicas, entretanto demandando um tempo maior para sua realização, o que nem sempre é possível em função das condições do projeto ou da pesquisa em curso.

É, como se observa, um caso claro onde a interação de modelos levaria a um produto mais preciso, claro, e, principalmente, multidisciplinar, concatenando modelagens matemáticas com feições geométricas e topológicas, no auxílio para a melhor compreensão dos fluxos dentro da cidade.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A aplicação de modelos em estudos de transporte apresenta um interesse crescente, tendo em vista os recorrentes problemas de tráfego urbano verificados em assentamentos urbanos ao redor do mundo e as óbvias dificuldades de experimentação com sistemas reais.

As análises aqui desenvolvidas – incluindo o estudo de caso no Setor Noroeste de Brasília – exploram possibilidades de aplicação, especialmente por acrescentar comparações entre modelos tradicionais de alocação de tráfego e modelos configuracionais, numa interação entre feições topológicas e geométricas (distâncias).

O estudo desenvolvido apresentou diversos pontos de comparação, conflito e associações entre o SATURN e a Sintaxe Espacial. São duas modelagens de naturezas distintas, com dados de entrada e saída específicos, mas que procuram simular os fluxos e movimentos em um dado sistema de tráfego e/ou sistema urbano.

Embora as comparações tenham sido desenvolvidas para o Plano Piloto de Brasília – que por si só constitui uma peculiaridade dentro dos modos de planejamento e crescimento urbano no mundo, tendo em vista ser considerada Patrimônio Mundial pela UNESCO, única cidade do século XX a receber tal título – os achados abrem caminho para investigações que explorem comparativamente aplicações em espaços urbanos planejados e tradicionais, ou formais e urbanos (Holanda, 2002).

Da exploração resultariam interessantes comparações a respeito do comportamento dos modelos, balizadas a partir das grandes variações que existem no desenho das malhas viárias brasileiras: do extremo formalismo e geometria, à diversidade desconectada de tipos de grelha e malhas em um mesmo local.

7.1 REPRESENTAÇÃO DOS MODELOS

Sobre as observações gerais advindas do estudo, o ponto inicial de discussão corresponde ao aspecto da representação. Tradicionalmente, em debates na área de

transporte e mesmo sintáticos, diz-se que a representação do mapa axial é problemática por considerar, em alguns casos, uma via inteira como um único eixo, não sendo possível identificar as variações de fluxo ao longo desta via. O SATURN, por outro lado, também apresenta alguns problemas como a representação das curvas, com a necessidade de uso dos nós *dummy*: embora a princípio não interfiram nas contagens, seu uso exagerado não é recomendado por conta da possibilidade de distorção.

7.2 CONCEPÇÃO DOS MODELOS

Outra questão ainda relacionada ao SATURN são os conectores, definidos pelo pesquisador, e não automaticamente estabelecidos pelo sistema. A localização dos conectores interfere diretamente na utilização ou não de vias de menor hierarquia como vias coletoras e retornos. Sendo definidos pelo pesquisador, há uma grande possibilidade de manipulação, ainda que sua disposição deva seguir estritamente os princípios da alocação (localizados com a maior proximidade possível em relação aos centróides das zonas, ligando-os as vias próximas).

7.3 COMPLEXIDADE DOS MODELOS

Ponto de interesse também é o tempo de elaboração dos modelos. Os modelos de alocação das viagens exigem maior volume de dados e necessitam de mais tempo para o preparo de uma base de dados contendo os dados da rede e de demanda. Os dados da rede na sintaxe requerem somente dados relativos ao desenho das vias na cidade, ou seja, a base cartográfica; e não contemplam os dados de demanda que, de fato, são seus dados de saída e podem ser correlacionados com outras variáveis.

Os processos de modelagem dos modelos de alocação são mais complexos, por consistirem em muitas etapas interativas, isto é, que permitem a calibração. Significa dizer que, se um resultado não se assemelhar a uma realidade conhecida, há a possibilidade e a necessidade de serem realizadas muitas calibrações para chegar a um resultado razoável ou mais próximo da realidade pretendida. A Sintaxe, por outro lado, necessita de poucos dados e não é um processo interativo em termos de processamento dos dados (matriz matemática calculada automaticamente pelos softwares

desenvolvidos para o fim): sua calibração consiste no confronto dos resultados com dados preexistentes, tais como uso do solo, contagens, fatos etc.

Se os dados resultantes do modelo configuracional forem consideravelmente diferentes da realidade conhecida, o pesquisador pode interpretar que o potencial de geração de fluxos e movimentos de determinado espaço urbano (1) não está sendo aproveitado – merecendo, portanto, intervenções que maximizem este potencial – ou (2) existem diversos outros fatores interferindo na geração de fluxos, a serem identificados e explorados.

A S.E. trabalha com o potencial de alocação de movimento a partir do critério topológico, o SATURN, por sua vez, lida com os fluxos simulados a partir de dados reais de entrada.

7.4 INTERFERÊNCIA DO ANALISTA

Em se tratando da influência do analista no processo da modelagem, pode-se afirmar que nos modelos de alocação esta interferência é bastante significativa, apresentando, portanto, uma manipulação dos resultados do modelo. Por outro lado, a influência do analista no modelo de S.E. é inexistente ou pouco expressivo, visto que trabalha apenas com a base de entrada e resultados de saída, não interferindo no processo de achado das quantificações.

7.5 VIAS UTILIZADAS

Outro aspecto diz respeito às ponderações das vias no sistema representado. Em alguns casos, que dependem do objetivo do modelo, as vias locais são excluídas do sistema da modelagem do SATURN, por não serem vias de passagem e não contabilizarem fluxos significativos. Para S.E. estas são incluídas por fazerem parte das análises e serem importantes na validação do modelo, permitindo identificar todas as gradações de movimento na trama urbana completa. Esta exclusão pode ser algo relevante para os resultados do modelo de transporte, uma vez que os conectores acabam por representar as vias locais, além de que em termos de representação consistem em algo confuso e

pouco significativo. Ao incorporar as vias locais o tempo de construção do modelo aumenta consideravelmente, excluindo-as este processo é reduzido.

Portanto, pontos a serem explorados futuramente seriam: (1) no SATURN, a inclusão das vias locais ao sistema e a reformulação da concepção básica da alocação para a verificação dos resultados obtidos; e (2) na S.E. a construção de representações lineares e mapas axiais apenas com as vias coletoras, arteriais e expressas, pelo menos a título exploratório.

7.6 DADOS

A respeito dos distintos indicadores de acessibilidade, enquanto o SATURN trata de dados desagregados (os valores finais obtidos como dados de saída são números que representam diretamente os quantitativos/fluxos veiculares), a Sintaxe Espacial trabalha com valores apresentados sob a forma de potenciais, em outras palavras, que não representam diretamente quantidade de veículos, e sim o potencial de geração de movimento a partir da profundidade média de cada via, isto é, a partir de uma maior ou menor dificuldade em se acessar cada eixo/segmento. Significa, também, que no SATURN há a previsão de fluxos indo e vindo, enquanto na S.E. o valor de integração é indistinto quanto ao sentido: agrega ambos.

O modelo de alocação disponibiliza grande volume de informações de saída (tempos, velocidades, fluxos, saturação, atrasos, número de viagens) relacionado a diversos níveis de referência (arco, ZT's, rede total, trechos da rede). A S.E. também possui muitos dados de saída (sinergia, integração, conectividade, inteligibilidade), entretanto os que apresentam correlação direta com transporte são: integração, conectividade, inteligibilidade (conectividade x integração), escolha das rotas (*choice routes*).

7.7 PROCESSO DE MODELAGEM

Para as etapas do processo da modelagem, a de transporte possui características bastante peculiares. A divisão da área em ZT's associada ao princípio de alocação (caminho mínimo) faz com que arcos confinados possam ser pouco utilizados (não se usam todos

os acessos, como retornos e vias de acesso local). A definição das posições dos conectores tem impacto na escolha de rotas, pois há uma tendência dos trajetos serem realizados pelas vias mais próximas aos conectores. Caberá ao pesquisador estabelecer a escolha, e não ao software: o que significa uma outra etapa de calibração.

Modelos de alocação e sintaxe possuem propriedades, problemas e vantagens diferenciadas. Não se trata aqui da substituição de um modelo pelo outro, e sim da verificação de como ambos podem ser aplicados conjuntamente e em qual etapa do processo de avaliação de uma rede de tráfego melhor se aplica a abordagem configuracional e a de transporte.

7.8 CONTRIBUIÇÕES

A principal contribuição desta pesquisa foi mostrar que a S.E. é especialmente interessante para um primeiro estágio da pesquisa, quando o pesquisador e/ou profissional busca indicações gerais sobre zoneamentos, centralidades, áreas de maior e menor fluxo potencial, etc. Os resultados, por apresentarem um quadro geral sobre movimento, permitem uma identificação do comportamento da malha, de áreas segregadas e integradas e centros ativos, com possível associação com uso do solo (áreas residenciais tendendo a se localizarem em áreas mais segregadas e áreas de comércio/serviço em área mais integradas), renda (baixa e alta renda procurando áreas segregadas, o primeiro grupo por exclusão social em periferias e favelas, o segundo por opção em condomínios fechados e espaços reservados) e, por consequência, identificação de origens e destinos.

Os modelos de alocação, por sua vez, poderiam entrar num estágio seqüencial, quando a precisão em termos de fluxo contabilizado fosse requerida.

Portanto, ambos os modelos são viáveis na análise de fluxos veiculares, cada um com suas especificidades e aplicações. Os usos dos modelos podem ser complementares, possibilitando ao analista maior quantidade de elementos de análise (Turkienicz, 1998), além de responder às crescentes demandas em diversos campos de conhecimento por

uma abordagem interativa e que contemple várias disciplinas.

7.9 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que outras pesquisas sejam realizadas com distintos softwares de alocação de tráfego na intenção de avaliar diferenças e semelhanças em relação ao SATURN.

É interessante também que novas pesquisas sejam realizadas aplicando a metodologia de análise aqui proposta em outras cidades, de forma a enriquecer um possível banco de dados e comparar o comportamento dos modelos para os diversos tipos de assentamentos urbanos existentes no país, de cidades coloniais remanescentes a grandes metrópoles, de espaços planejados com geometria precisa a locais que se desenvolveram a partir de eixos orientadores peculiares (topografia, política, renda, etc.).

Espera-se, desta forma, se conseguir uma visão mais abrangente em relação ao uso dos modelos configuracionais no auxílio da alocação de viagens, solidificando, acredita-se, os achados e análises aqui apresentadas.

REFERÊNCIAS

- Alarcón, L. E. L. (2004). A Centralidade em Goiânia. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Arquitetura. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Brasília.
- Alves, D. A. S. (1999). Estudo Comparativo entre Modelos Configuracional e de Alocação de Tráfego na Análise e Avaliação da Circulação Urbana de Pedestres em Áreas Centrais. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil. Brasília.
- Andrade, J. P. (1994). Planejamento dos Transportes. Editora Universitária - UFPB, João Pessoa.
- Araújo, D. R. C. (2003). Comparação das Simulações de Tráfego dos Modelos SATURN e DRACULA. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre.
- Barros, A. P. B. G.; Medeiros, V. A. S.; Silva, P. C. M.; Holanda, A. P.; Holanda, F. R. B. (2005). Sintaxe Espacial como Ferramenta de Definições de Parâmetros de Hierarquia Viária. Anais do XIX Congresso da Associação Nacional de Pesquisas e Ensino em Transporte - ANPET. Recife, Brasil.
- Bruton, M. J. (1979). Introdução ao Planejamento dos Transportes. 3ª Edição. Ed.: Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Bueno, S. (1999). Dicionário Silveira Bueno. Ed.: Didática Paulista, São Paulo.
- Bueno, S. (2000). Minidicionário da Língua Portuguesa. Ed.: FTD, São Paulo.

- CODEPLAN. (2002). Pesquisa Domiciliar Transporte 2000. CODEPLAN – Companhia do Desenvolvimento do Planalto Central. Brasília, DF.
- Corbusier, L. (1993). A Carta de Atenas. Hucitec: Edusp, São Paulo.
- Costa, L. (2001). Relatório do Plano Piloto de Brasília. GDF – Governo do Distrito Federal. Brasília, DF.
- Cybis, H. B. B.; Turkienicz, B.; Sclovsky, L.; Lindau, L. A. (1996). Análise Comparativa entre Modelos Configuracionais e de Alocação de Tráfego. Anais do X Congresso da Associação Nacional de Pesquisas e Ensino em Transporte - ANPET. Brasília, Brasil.
- Cybis, H. B. B.; Lindau, L. A., Araújo, D. R. C. (1998). Impactos da Implantação do Cristal Shopping sobre a Circulação Viária na Rede Circunvizinha. Laboratório de Sistemas de Transporte – LASTRAN/PPGEP. Relatório Técnico. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre.
- Cybis, H. B. B. (1999). Calibração e Verificação do Ajuste do Modelo SATURN à Rede de Porto Alegre. Anais do XIII Congresso da Associação Nacional de Pesquisas e Ensino em Transporte - ANPET. São Carlos, Brasil.
- Cybis, H. B. B.; Lindau, L. A., Araújo, D. R. C. (1999). Avaliando o Impacto Atual e Futuro de um Pólo Gerador de Tráfego na Dimensão de uma Rede Viária Abrangente. Anais do XIII Congresso da Associação Nacional de Pesquisas e Ensino em Transporte - ANPET. São Carlos, Brasil.
- Ferrari, C. (1979). Curso de Planejamento Municipal Integrado. 2ª Ed. Livraria Pioneira, São Paulo.
- Ferrari, C. (2004). Dicionário de Urbanismo. 1ª Edição. Ed.: Disal, São Paulo.
- Ferraz, A. C. P. e Torres, I. G. E. (2004). Transporte Público Urbano. 2ª Edição. Ed.:

Rima, São Carlos.

Fricker, J. D. e Whitford, R. K. (2004). Fundamentals of Transportation Engineering – A Multimodal Systems Approach. USA.

GDF (2000). Área de Expansão Urbana Noroeste – Plano de Ocupação. GDF – Governo do Distrito Federal Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação e Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Brasília, DF.

Google Earth. Disponível em: < <http://earth.google.com> >. Acesso em 06/02/2006.

Guimarães, P. P. (2004). Evolução, Avaliação, Planejamento e Urbanização. PróLivros: São Paulo.

Hillier, B. e Hanson, J. (1984). The Social Logic of Space. Cambridge University Press. Cambridge.

Hanson, S. (1986). The Geography of Urban Transportation. 2ª Edition. Ed.: The Guilford Press. New York.

Hillier, B. (1993). Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. Environment and Planning B, Pion Publication, London.

Hillier, B. (2001). A theory of the city as object, or how the spatial laws mediate the social construction of urban space. In: 3rd SSS, 3, 2001, Atlanta (EUA). Proceedings... Atlanta: A. Alfred Taubman College of Architecture and Urban Planning, University of Michigan.

Hillier, B. (2006). Comunicação Oral. Londres.

Holanda, F. R. B. (2001). Teoria do Conhecimento e dos Espaços Construídos. Notas de Aula do Curso de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. PPGT/FAU/UnB.

- Holanda, F. R. B. (2002). Espaço de Exceção. Ed.: Universidade de Brasília, Brasília.
- Holanda, F. R. B. (2003). Arquitetura e Urbanidade. Ed. Pró-Editores, São Paulo.
- Hopkins, W. G. (2002). A New View of Statistics. Disponível em: <<http://sportsci.org/resource/stats/effectmag.html>> Acesso em 29/05/2006.
- Hutchinson, B. G. (1979). Princípios de Planejamento dos Sistemas de Transporte Urbano. Ed.: Guanabara Dois S.A., Rio de Janeiro.
- 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 – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil. Brasília.
- Law, A. M. e Kelton, W. D. (2000). Simulation Modeling and Analysis. 3rd edition. Ed.: McGraw-Hill, USA.
- Maha, Y. B. (1997). Metodologia para a Definição de Corredores de Ônibus Urbanos com a Aplicação da Sintaxe Espacial. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil. Brasília.
- Manheim, M. L. (1979). Fundamentals of Transportation Systems Analysis. Volume 1: Basics Concepts. MIT – Center of Transportation Studies.
- McCabe, Frank (2000). Disponível: <<http://www.icetact.tcd.ie/icetact/news/transport/mccabe.html>>. Acesso em 22/10/2004.
- Medeiros, V. A. S. (2002). Da Praça-Forte Seiscentista aos Grandes Eixos. Natal: Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Trabalho Final de Graduação – TFG, Natal.
- Medeiros, V. A. S. (2005). *Urbis Brasiliae* ou sobre Cidades do Brasil - Inserindo Assentamentos Urbanos do País em Investigações Configuracionais Comparativas.

Projeto de Pesquisa de Doutorado. Universidade de Brasília. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Brasília.

Medeiros, V. A. S. (2006). *Urbis Brasiliae*. (Relatório Final de Estágio de Doutorado apresentado à The Bartlett School of Built Environment /University College London), London.

Mello, J. C. (1975). Planejamento dos Transportes. Ed.: McGraw-Hill do Brasil, São Paulo.

Ortúzar, J. D. (2000). Modelos de Demanda de Transporte. 2ª Edição. Ed.: Alfaomega, México.

Ortúzar, J. D. e Willumsen, L. G. (1990). Modelling Transport. 2ª Edição. Editora: Wiley, Chichester.

Owen, B.; Brock, G.; Masterbrook, P.; Pavlik, R.; Rao, S.; Stallard, C.; Sunkari, Z.; Zhang, Y. (1996). A compendium of Traffic Model Validation Documentation and Recommendations: Phase I, Tasks A-H. USA: Department of Transportation, 1996. Disponível em url: < http://www.itsdocs.fhwa.dot.gov/%5CJPODOCS%5CREPTS_TE/30401!.PDF>. Acesso em maio de 2005.

Pinto, B. A.; Cybis, H. B. B.; Araújo, D. C.; Lindau, L. A. (1998). Utilização de um Sistema de Informação Geográfica como Plataforma para Aplicação do Modelo SATURN. Anais do XII Congresso da Associação Nacional de Pesquisas e Ensino em Transporte - ANPET. Brasília, Brasil.

Portugal, L. S. (2005). Simulação de Tráfego: Conceitos e Técnicas de Modelagem. Ed: Interciência, Rio de Janeiro.

Rolnik, R. (1995). O que é cidade. Coleção Primeiros Passos nº 203. 3ª edição. Ed.: Brasiliense, São Paulo.

Salter, R. J.; Hounsell, N. B. (1996). Highway Traffic Analysis and Design. 3rd edition.

Ed.: Macmillan Press Ltd. London.

Silva, P. C. M. (2001). Apostila de Engenharia de Tráfego: Teoria do Fluxo de Tráfego. Universidade de Brasília - Faculdade de Tecnologia – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – Área de Transportes, Brasília. Disponível em: <<http://www.unb.br>> Acesso em 08/2004.

Steadman, Philip. Guest editorial: developments in Space Syntax. Environment and Planning B, Londres: Pion Publication, v. 31, n.4, p. 483-486, 2004.

Stevenson, W. J. (1981). Estatística Aplicada à Administração. Harper & Row do Brasil, São Paulo.

Taaffe, E. J. (1996). Geography of Transportation. 2ª ed., Ed.: Prentice Hall, London.

Teixeira, G. L. (2003). Uso de Dados Censitários para Identificação de Zonas Homogêneas para Planejamento de Transportes Utilizando Estatística Espacial. Brasília.

Toni, J. D. (2000). Planejamento e Transportes: Possibilidades Metodológicas Alternativas. 13ª Congresso da Associação Nacional de Transporte Público - ANTP, Porto Alegre.

Turner, A. (2004). DEPTHMAP 4: A Researcher's Handbook. Bartlett School, London.

Van Vliet, D. (2004). Saturn 10.5: User Manual. Leeds, UK: Institute for Transport Studies, University of Leeds.

Vasconcellos, E. A. (1998). O Que é Trânsito. Coleção Primeiros Passos nº 162. 3ª edição. Ed.: Brasiliense, São Paulo.

Vasconcellos, E. A. (2000). Transporte Urbano nos Países em Desenvolvimento. 4ª Edição. Ed.: Annablume, São Paulo.

Vasconcellos, E. A. (2001). Transporte Urbano, Espaço e Equidade: Análise das

Políticas Públicas. Ed.: Annablume, São Paulo.

Villaça, F. (2001). Espaço Intra-Urbano no Brasil. 2ª edição. Studio Nobel: FAPESP: Lincoln Institute, São Paulo.

Well Connected (2000). New Scientist Feature. Disponível em: <wysiwyg://3/http://www.newscientist.com/ns/19991113/wellconnec.html> Acesso em 25/03/2000.

Zimbres, P. (2005). Exposição Oral do Projeto Noroeste. UnB - FAU- Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Brasília.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Atkins, S. T. (1986). Transportation Planning Models – What the Paper Say. Traffic Engineering and Control, Vol. 27, N° 9, London.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Faé, M. I.; Cybis, H. B. e Senna, L. A. S. (1993). O Papel dos Modelos em Transportes: seus usos e abusos, UFRGS, (mimeo.) Porto Alegre.
- Hanson, J. (1998) Decoding Homes and Houses.
- Hillier, B. (1996) Space is the machine.
- Holanda, F., Amorim, L (2000). Urban design International.
- Peponis, J. (1989) Space Syntax: Social Implications of Urban Layouts.
- Rattner, H. (1979). Planejamento e Bem-Estar Social. Ed. Perspectiva, São Paulo.
- Turkienicz, B. (1998). *Análise do Impacto Ambiental da Implantação do Shopping Cristal*. Relatório Técnico. FAURGS. Porto Alegre.