

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA – SEINFRA

Centro de Eventos do Ceará

ESTUDO DE TRÁFEGO DA ÁREA DE ENTORNO DO CENTRO DE EVENTOS DO CEARÁ

RELATÓRIO TÉCNICO

FORTALEZA, MARÇO DE 2012

SUMÁRIO

1. Introdução	3
2. Técnica de simulação e cenários avaliados	4
3. Estudo do volume de tráfego na rede viária	5
3.1. ENTREVISTA COM USUÁRIOS DO CENTRO DE CONVENÇÕES DO CEARÁ.....	5
3.2. VOLUMES DE VEÍCULOS DOS SENSORES DE LAÇO INDUTIVO	6
3.3. VOLUMES DE VEÍCULOS DAS CONTAGENS MANUAIS	8
4. Modelagem e simulação da rede viária	15
4.1. CODIFICAÇÃO DA REDE VIÁRIA.....	15
4.2. DEFINIÇÃO DA COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO	16
4.2.1. <i>Taxa de fluxo horário</i>	16
4.2.2. <i>Distribuição dos movimentos nas interseções</i>	17
4.2.3. <i>Operação do tráfego</i>	18
4.3. DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS ANALISADOS.....	19
4.3.1. <i>Cenário 0: Situação atual</i>	19
4.3.2. <i>Cenário 1: Projeto CEC</i>	25
4.3.3. <i>Cenário 2: Propostas de melhorias da equipe técnica</i>	26
4.3.4. <i>Cenário 3: Horizonte de projeto de 20 anos</i>	27
5. Resultados das simulações	29
5.1. DESCRIÇÃO DA VISUALIZAÇÃO DOS CENÁRIOS.....	29
5.1.1. <i>Cenário 0: Situação atual</i>	29
5.1.2. <i>Cenário 1: Projeto CEC</i>	30
5.1.3. <i>Cenário 2: Melhorias da equipe técnica</i>	31
5.1.4. <i>Cenário 3: Horizonte de projeto de 20 anos</i>	33
5.2. COMPARAÇÃO DAS MEDIDAS DE DESEMPENHO	34
5.2.1. <i>Velocidade média</i>	35
5.2.2. <i>Porcentagem de veículos parados</i>	36
5.2.3. <i>Relação do tempo total em movimento/ tempo total da viagem (M/T)</i>	37
5.2.4. <i>Detalhes das aproximações</i>	38
6. Conclusão	40
Referência bibliográfica	41
Anexo I	42
Anexo II	45

ESTUDO DE TRÁFEGO DA ÁREA DE ENTORNO DO CENTRO DE EVENTOS DO CEARÁ

1. Introdução

Este relatório tem como objetivo avaliar e descrever o impacto do tráfego veicular no sistema viário na região de entorno do Centro de Eventos do Ceará (CEC), em Fortaleza-CE. Este empreendimento está sendo construído no bairro Guararapes, situado na Av. Washington Soares, entre as vias, Rua Firmino Rocha de Carvalho e a Av. Des. Manuel Sales de Andrade, as quais darão acesso/saída aos veículos com origem/destino ao empreendimento. Este empreendimento conta com uma área construída de 155.940 m² e estacionamentos para 3.528 veículos, com vagas distribuídas em áreas ao redor do empreendimento, e em dois pavimentos de garagem.

A Av. Washington Soares se constitui uma importante ligação do sistema viário básico da cidade de Fortaleza-CE, sendo uma via de acesso ao litoral leste do estado do Ceará. Além disso, as áreas lindeiras vêm atraindo, ao longo dos últimos anos, uma série de interferências significativas no uso e ocupação do solo e na capacidade viária, por ser uma região em crescente expansão urbana. O trecho inicial desta via é parte integrante do sistema viário urbano da cidade (via arterial), mas atualmente está sob a jurisdição do órgão rodoviário estadual. Além de absorver todo o tráfego da região sudeste da cidade, a Av. Washington Soares é uma das principais vias de ligação entre os bairros da zona norte/nordeste da cidade, como os bairros Meireles, Papicu, e Cocó e outros, e os bairros da zona suldeste, como o bairro de Messejana, Cidade dos Funcionários, Cambéba, e outros. Também é uma rota alternativa aos usuários da BR-116, pelo fato de seu trecho urbano Av. Washington Soares ser praticamente paralela a esta rodovia.

Atualmente, com este crescimento da região, um grande tráfego de veículos estão sendo gerados, pelo fato de instalações de grandes equipamentos urbanos, destacando-se as instituições de ensino superior, como a Universidade de Fortaleza (UNIFOR), a Faculdade 7 de Setembro (FA7), e a Faculdade Integrada do Ceará (FIC), o Shopping Center Iguatemi, o Fórum Clovis Beviláqua, entre outros pólos geradores de viagens.

Com a implantação do CEC, esta região receberá um elevado acréscimo no número de viagens, o que resultará em menor fluidez ao tráfego local, o qual já se encontra bastante comprometido nos horários de pico. Diante desta realidade, o presente trabalho se destina a avaliar o impacto do tráfego veicular na área de entorno do Centro de Eventos do Ceará - CEC, para tanto foi utilizado a técnica de simulação de tráfego, considerando vários cenários distintos, resultando de mudanças a serem implantadas no sistema viário da região analisada, a qual se confronta ao norte, ao leste, e ao oeste com o leito do Rio Cocó, e ao sul com as vias, Rua Thompson Bulcão, Rua Gal Maximiniano da Fonseca, e Rua Dr. Valmir Pontes.

2. Técnica de simulação e cenários avaliados

Os modelos de simulação, por suas características de aleatoriedade, incorporam a variabilidade da demanda e do comportamento dos motoristas ao longo do tempo, o que confere um maior poder de representabilidade do tráfego em uma área estudada. Além disso, sua grande versatilidade permite que se detalhe o modelo, o quanto se queira. A técnica de simulação microscópica procura replicar em um computador a sequência de eventos hipotéticos de um sistema estudado, ao longo do tempo, tratando as entidades que percorrem o modelo de forma individualizada (microscópica) [Portugal, 2005].

Dessa forma, a rede do sistema de tráfego da região, no entorno do CEC, foi criado no simulador de tráfego CORSIM, do FHWA, um dos simuladores de tráfego mais utilizados na comunidade científica e técnica, por ter sido utilizado durante a criação das versões do HCM (*Highway Manual Capacity*) de 2000 e 2010 [TRB, 2000; TRB, 2010]. Quatro cenários diferentes para a área de estudo foram avaliados:

- Cenário 0 (situação atual): na simulação foi considerado o tráfego atual e o sistema viário antes da construção do CEC.
- Cenário 1: na simulação foi considerado as propostas de melhorias para o tráfego constante no projeto do CEC, incluindo mudanças no sistema viário, como os dois mergulhos que cruzam a Av. Washington Soares, nas vias, Rua Firmino Rocha Aguiar de Carvalho e Rua Des. Manuel Sales de Andrade, os quais darão acesso/saída para os veículos com origem/destino ao CEC. Foi também considerado o aumento do tráfego de 35.000 viagens por dia (ou 1.500 veic/h) gerado por grandes eventos que poder ser realizado no CEC.
- Cenário 2: na simulação deste cenário, além das propostas de melhorias do projeto do CEC (cenário 1), foram acrescentadas outras medidas de melhorias para o sistema viário, propostas pela equipe técnica deste presente trabalho. Tais melhorias foram implantadas nos locais onde os resultados da simulação do cenário 1 confirmaram congestionamentos no tráfego. Como por exemplo, a implantação de mudança de direção de tráfego em determinadas vias, as instalações de semáforos em cruzamentos, a inclusão de faixas adicionais nas aproximações de cruzamentos, dentre outras medidas.
- Cenário 3: na simulação foram consideradas as melhorias propostas no cenário 2, foram acrescentadas as melhorias: (i) a conclusão da implantação da Linha Leste de Metrô de Fortaleza (METROFOR); (ii) a implantação de uma mergulho no cruzamento da Av. Rogaciano Leite com Av. Washington Soares, e (iii) o alargamento do trecho da Av. Washington Soares entre a Av. Rogaciano Leite e a Av. Miguel Dias. No volume de tráfego foi considerado o acréscimo de volume de tráfego com a implantação do CEC, onde foi considerado o ano horizonte de 20 anos, e taxa de crescimento do tráfego de 7% a.a.

A avaliação do tráfego da área, foi feita comparando os desempenhos do tráfego entre os cenários propostos, tendo por base o cenário 0 (situação atual). A seguir, este relatório relata os dados de tráfego obtidos com levantamento em campo, as simulações realizadas, e os resultados obtidos.

3. Estudo do volume de tráfego na rede viária

A Figura 3.1 ilustra o mapa da área a ser analisada, com as indicações dos pontos de levantamento de dados de tráfego realizados, assim como os tipos de dados obtidos: entrevistas com os usuários do Centro de Convenções do Ceará; contagem manual de volumes de veículos; contagens automáticas de volumes de veículos, fornecidas por equipamentos do CTAFOR (sensor); levantamentos das linhas de transportes coletivos que circulam pela área; e levantamentos dos pontos de parada de ônibus.



Figura 3.1. Mapa da localização dos levantamentos em campo

A partir da combinação destes dados foi possível estimar as principais características do fluxo veicular nesta área de estudo, tais como o volume de tráfego, a composição de tipos de veículos, e a matriz origem-destino sintética das viagens realizadas nesta área. Os resultados de cada estudo estão detalhados nos itens a seguir.

3.1. Entrevista com usuários do Centro de Convenções do Ceará

As entrevistas foram realizadas durante a 3ª Maquintex (Feira de Máquinas, Equipamentos, Serviços e Química para a Indústria Têxtil), durante os dias 9 e 12 de agosto de 2011, no atual Centro de Convenções do Ceará (ver Anexo I). Este evento foi escolhido, por ser considerado um dos maiores em públicos que acontecem na cidade de Fortaleza-CE. Os pesquisadores entrevistaram os visitantes desta feira a respeito de como foram realizadas suas viagens, sua duração, a sua origem (bairro e/ou cidade), o meio de transportes utilizado para chegar ao local, dentre outras informações.

Ao todo foram entrevistadas 90 visitantes, proveniente de 50 bairros e municípios da região metropolitana de Fortaleza. A maior parcela das viagens (6,7%) teve origem no município de Maracanaú, cidade da região metropolitana com alta concentração de indústrias, o que justifica o grande número de visitantes desta região neste evento, o qual é direcionado principalmente para a indústria de confecção. As demais localidades de origem das viagens, com alto índice, são: Henrique Jorge (5,6%), Horizonte (5,6%), Aldeota (5,6%), Messejana (4,4%), Maracanaú (4,4%), e com 3,3% outros bairros como, Bairro de Fátima, Cidade dos Funcionários, Meireles, Conjunto Ceará, Montenese, Antônio Bezerra, e Barra do Ceará.

Com relação aos acessos ao Centro de Convenções do Ceará, a pesquisa informou que a maioria dos visitantes veio da zona norte/nordeste da cidade (44% das viagens), seguida da zona oeste com 36% das viagens, e 20% da zona sul. A Figura 3.2 ilustra a distribuição percentual das viagens nos principais acessos/saídas a área estudada. Estes valores foram importantes para definir a distribuição dos futuros volumes de tráfego a serem gerados com a implantação do novo Centro de Eventos do Ceará (CEC), os quais foram considerados nas simulações dos cenários avaliados.

Os resultados das entrevistas com os visitantes da 3ª Maquintex também indicaram que a distribuição dos meios de transportes usados para este evento foi: 64% automóveis, 23% ônibus, 8% vans, 3% motocicletas, 1% a pé, e 1% de táxi. Isto mostra a predominância do automóvel perante os outros meios de transportes. Dessa forma, é fato que as vias de acesso/saída ao Centro de Convenções do Ceará, sofrem com o tráfego gerado por qualquer

evento realizado nesta área. Além disso, a questão de estacionamento para atender a demanda de veículos contribui para a ocorrência de congestionamentos na área.

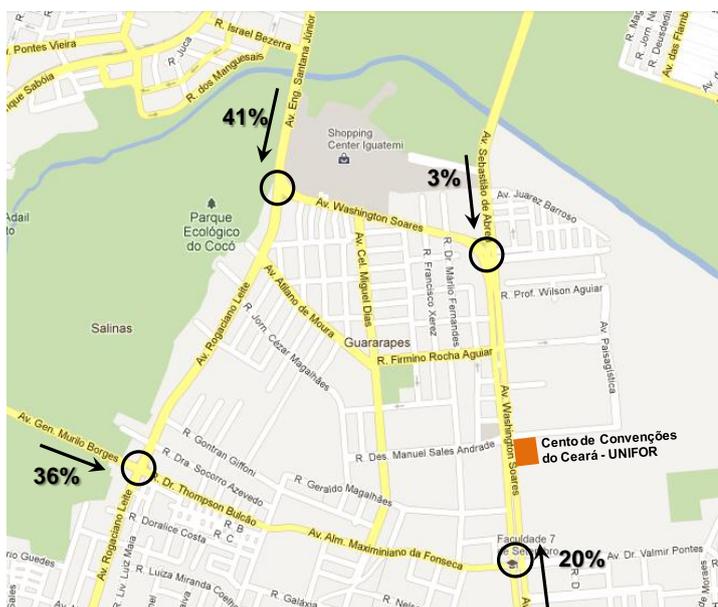


Figura 3.2. Distribuição das viagens de origem ao evento no Centro de Convenções

3.2. Volumes de veículos dos sensores de laço indutivo

Os equipamentos de contagem automática instalados na área registram o volume de veículos das vias, a partir de laços indutivos no pavimento. O CTAFOR (Controle de Tráfego em Área de Fortaleza), setor do órgão gestor de tráfego (AMC), responsável pela operação dos semáforos na cidade de Fortaleza, emite relatórios com estes dados de volumes de veículos. Para o presente trabalho, foram analisados dados correspondentes a três dias de contagens em três cruzamentos fornecidos pelo CTAFOR, no período de 15 a 17 de novembro de 2011, período este que o tráfego da região não é influenciado pela temporada de férias. Como o dia 15 de novembro (terça-feira) foi feriado nacional, os dias anteriores e posteriores, em tese, podem ser considerados como afetados pelo feriado. A Tabela 3.1 mostra a distribuição destes volumes de tráfego.

Tabela 3.1. Distribuição do volume de tráfego nos dias fornecidos pelo CTAFOR

<i>Cruzamento semafORIZADO com sensor</i>	<i>Distribuição do volume de tráfego observado</i>			
	<i>15/11/2011</i>	<i>16/11/2011</i>	<i>17/11/2011</i>	<i>Total</i>
Av. Washington Soares x Av. Miguel Dias	5%	11%	8%	25%
Av. Washington Soares x Rua Firmino Rocha	8%	11%	11%	30%
Av. Washington Soares x Av. Maximiniano da Fonseca	10%	17%	17%	45%
Total	24%	40%	37%	100%

A Tabela 3.1 corrobora o fato do feriado do dia 15 de novembro, mesmo numa terça-feira, ser um dia atípico para análise, pois representa apenas 24% do volume total registrado. Em uma semana sem feriados, era de se esperar que o fluxo de tráfego fosse uniformemente distribuído durante o período analisado. O dia posterior ao feriado (16 de novembro) pode ainda estar sob influência do feriado do dia anterior, sendo, às vezes, necessário até mesmo desconsiderá-lo. O dia 17 de novembro seria ideal para a análise, pois já não apresentaria nenhuma influência do feriado, e ainda é considerado com dia típico da semana: quinta-feira. Entretanto, os dados deste dia 17 de novembro de 2011, principalmente o cruzamento da Av. Washington Soares x Av. Miguel Dias, apresentaram alguns problemas de registro, talvez de algum sensor. A Figura 3.3 retrata mudanças muito grandes que ocorreram nos fluxos de veículos observados: (i) aumento repentino do fluxo de tráfego no período das 6h às 7h, de 600 veic/h para 9.400 veic/h; (ii) queda de 50% do volume registrado a partir das 15h, passando de 8.900 veic/h às 14h para 4.500 veic/h às 15h. Tal situação poderá também ser analisada como real, uma vez que a área estudada é local de passagem para muitas viagens que tem origem nos bairros da zona central e nordeste (Aldeota, Papicu, e outros), e destinos a muitos bairros residenciais localizados na zona sudeste da cidade (Cidade dos Funcionários; Água Fria; e outros).

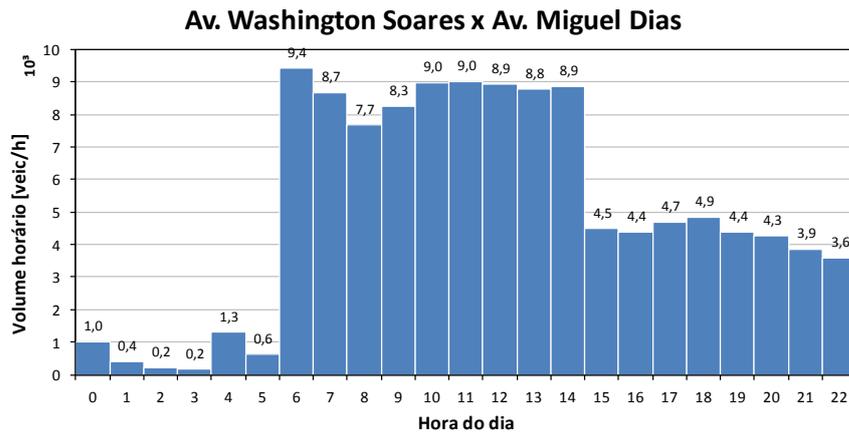
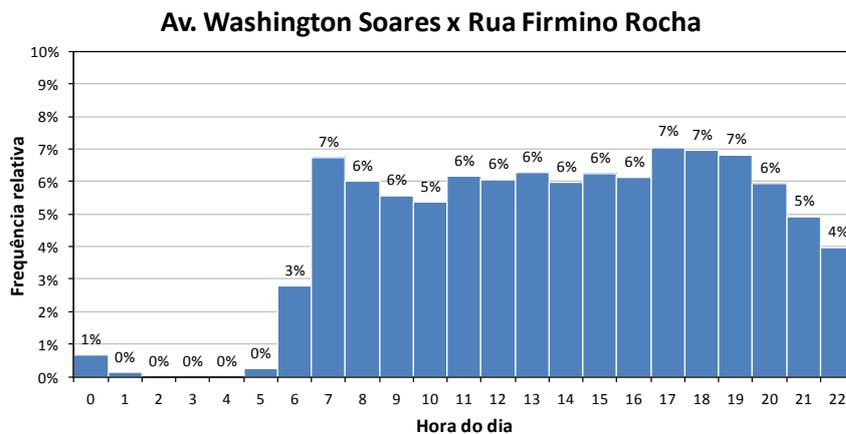
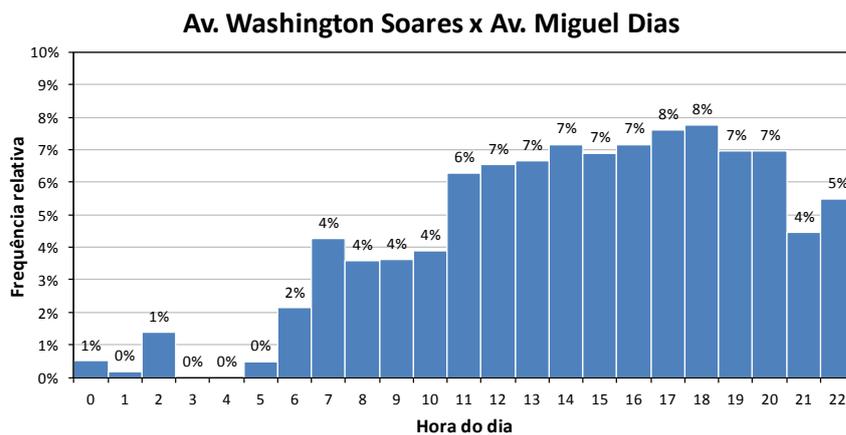


Figura 3.3. Volume horário registrado durante o dia 17/11 (possível erro no sensor)

Em resumo, uma base de dados com mais dias seria necessário para uma devida investigação dos padrões de distribuição do volume de tráfego em dias típicos, sem influência de feriados, até por que uma parcela do tráfego veicular tem destino às universidades e outros pólos geradores de viagens desta região. Sendo assim, mesmo sabendo da influência do feriado, adotou-se o dia 16/11/2011, quarta-feira, para a análise da distribuição do volume horário em um dia típico, em três cruzamentos, como mostram os gráficos da Figura 3.4.



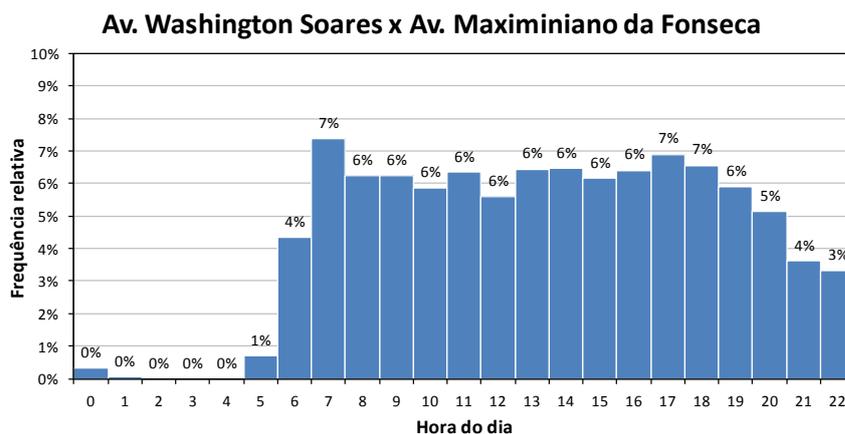


Figura 3.4. Distribuição dos volumes horários no do dia 16/11/2011

De acordo com a Figura 3.4, os maiores volumes de tráfego ocorreram às 7h, e entre o período das 17h às 21h. O cruzamento Av. Washington Soares x Av. Miguel Dias apresenta uma distribuição diferente dos demais, com redução de volume de tráfego, principalmente, na parte da manhã até 10h. Os outros dois cruzamentos apresentam uma distribuição similar dos volumes do tráfego na área.

A Tabela 3.2 resume as informações dos volumes horários médios (VHM) e dos volumes diários médios (VDM) para os 03 cruzamentos analisados. O VHM, expresso em veic/h, é a média dos valores de volumes horários para o período analisado das 7h às 21h. O VDM, expresso em veic/dia, representa o volume médio em um dia, neste caso apenas o volume total do dia 16 de novembro de 2011. Com o VDM e a distribuição horária dos volumes no dia (Figura 3.4) é possível obter o volume horário em cada hora do dia.

Tabela 3.2. Volume horário médio e volume diário médio nos cruzamentos

<i>Cruzamento</i>	<i>VHM (7h-21h)</i> <i>[veic/h]</i>	<i>VDM (16/11)</i> <i>[veic/dia]</i>
Av. Washington Soares x Av. Miguel Dias	9.345	156.055
Av. Washington Soares x Rua Firmino Rocha	9.314	151.526
Av. Washington Soares x Av. Maximiniano da Fonseca	14.645	240.747

Esta análise ressalta erros nos dados que podem comprovar possíveis problemas com os sensores dos equipamentos de contagem automática: (i) o cruzamento da Av. Washington Soares x Rua Firmino Rocha, apresentou apenas movimentos na Av. Washington Soares, sentido norte/sul, ou seja, não houve dados de volume para o sentido sul/norte da principal via. Também não foram registrados dados na Rua Firmino Rocha no sentido oeste/leste; (ii) o cruzamento da Av. Washington Soares x Av. Maximiniano da Fonseca tem movimento nas quatro aproximações, todavia não houve registros da aproximação norte/sul da Av. Washington Soares.

3.3. Volumes de veículos das contagens manuais

As contagens manuais dos fluxos de veículos foram realizadas no período de 12 a 15 de dezembro de 2011, em nove cruzamentos da área de estudo. Os pesquisadores, posicionados nas interseções, registraram em formulário padrão a quantidade e os tipos de veículos que circulavam em cada movimento permitido no cruzamento pesquisado. Esta coleta teve duração de três horas, iniciando às 16h30min e finalizando às 19h30min, período este considerado de pico, como mostrado nas contagens automáticas. Na tabulação dos dados coletados, os volumes foram totalizados por períodos de 15 minutos. Como já ilustrado na Figura 3.1, as interseções pesquisadas foram:

- a) Av. Rogaciano Leite x Rua Atilano de Moura: existem três movimentos permitidos neste cruzamento, com placa “PARE” implantada na aproximação leste/oeste da Rua Atilano de Moura, sendo permitindo apenas o movimento à direita desta aproximação. O tráfego da pista do sentido norte/sul da Av. Rogaciano Leite não sofre interferência neste cruzamento, devido a existência do canteiro central, assim o fluxo norte/sul tem circulação livre neste cruzamento;



Figura 3.5. Cruzamento Av. Rogaciano Leite x Av. Atilano de Moura

- b) Av. Rogaciano Leite x Av. Gen. Murilo Borges/Rua Thompson Bulcão: nove movimentos são permitidos neste cruzamento que é controlado por semáforo com três estágios, para atender o tráfego das três aproximações (Figura 3.6).

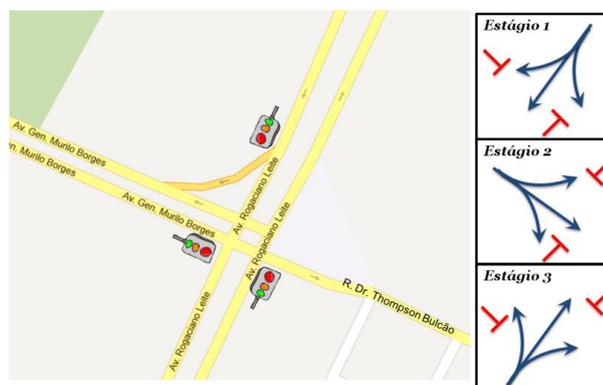


Figura 3.6. Cruzamento Av. Rogaciano Leite x Av. General Murilo Borges/Rua Dr. Thompson Bulcão

- c) Av. Miguel Dias x Av. Washington Soares: cinco movimentos são permitidos neste cruzamento que é controlado por semáforo com três estágios, segundo que um estágio é para os pedestres e dois para os veículos. Existem três aproximações neste cruzamento (Figura 3.7).



Figura 3.7. Cruzamento Av. Miguel Dias x Av. Washington Soares

- d) Av. Miguel Dias x Rua Firmino Rocha Aguiar: cruzamento com rotatória, sendo permitidos todos os movimentos (Figura 3.8).



Figura 3.8. Cruzamento Av. Miguel Dias x Rua Firmino Rocha Aguiar

- e) Av. Miguel Dias x Av. Des. Manoel Sales de Andrade: cruzamento com mini-rotatória, sendo permitidos todos os movimentos (Figura 3.9).



Figura 3.9. Cruzamento Av. Miguel Dias x Av. Des. Manoel Sales de Andrade

- f) Av. Washington Soares x Av. Sebastião de Abreu: cruzamento em desnível, sendo permitidos cinco movimentos. Os veículos que circulam pela Av. Washington Soares, sentido oeste/sul, têm fluxo livre neste cruzamento. Os fluxos da aproximação norte/sul da Av. Sebastião de Abreu, do giro à direita (sentido norte/oeste) e do fluxo direto (norte/sul), são controlados por placas de “DÊ A PREFERÊNCIA”. (Figura 3.10).

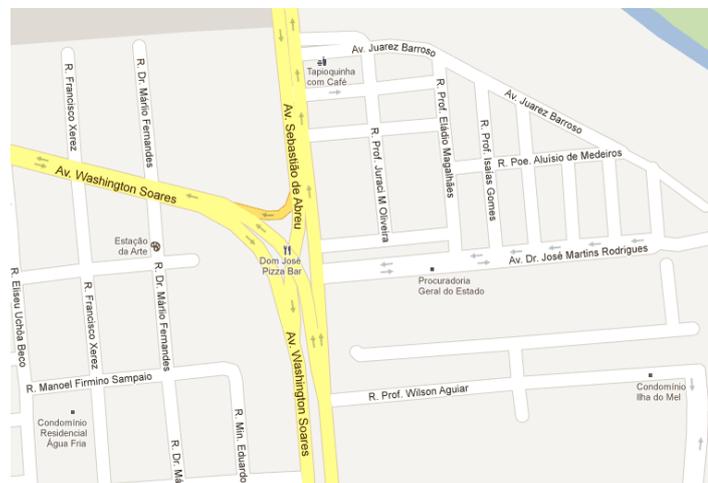


Figura 3.10. Cruzamento Av. Washington Soares x Av. Sebastião de Abreu

- g) Av. Washington Soares x Rua Alm. Maximiniano da Fonseca: existem oito movimentos permitidos neste cruzamento que é controlado por semáforo, com dois estágios. Existem quatro aproximações, sendo proibidas às conversões à esquerda nas aproximações (Figura 3.11).

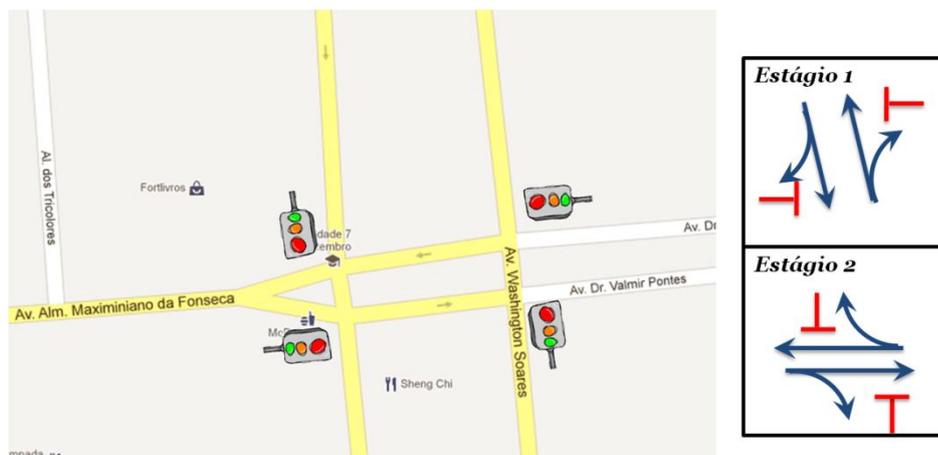


Figura 3.11. Cruzamento Av. Washington Soares x Av. Maximiniano da Fonseca

Com as pesquisas em campo, foi possível determinar a distribuição dos movimentos em cada interseção, visto que os dados obtidos através dos sensores (item 3.2) não possibilitaram obter todas as informações sobre os volumes veiculares para o presente estudo. Conhecer a distribuição dos movimentos das interseções em uma ampla área de estudo como esta, permite estimar a matriz origem-destino sintética das viagens, pois a obtenção de uma matriz origem-destino, para este tipo de estudo, torna-se onerosa, além de despender muito tempo. A estimação da matriz origem-destino sintética já é incluso em muitos pacotes de modelos de simulação. No CORSIM (software utilizado nas simulações do tráfego no presente estudo) não é diferente, ao fornecer a distribuição percentual dos movimentos em cada interseção e o volume de tráfego de entrada na rede simulada, um algoritmo faz o equilíbrio das viagens geradas na rede em estudo.

A Tabela 3.3 mostra a distribuição do tráfego em cada cruzamento estudado. Nota-se que a Av. Washington Soares é mais importante via de escoamento do tráfego da área, sendo responsável por 56% dos volumes totais observados. Somando com o volume veicular da Av. Rogaciano Leite, estas duas vias totalizam 88% do tráfego nas vias analisadas. Isso mostra a importância desses dois corredores viários no estudo do tráfego desta área.

Tabela 3.3. Distribuição percentual do volume total observado em cada interseção

Interseção	Porcentagem do volume no período do dia			Total
	16:30 - 17:30	17:30 - 18:30	18:30 - 19:30	
Av. Miguel Dias x Rua Firmino Rocha Aguiar	5%	7%	6%	6%
Av. Miguel Dias x Avenida Manuel Sales Andrade	5%	6%	6%	6%
Av. Rogaciano Leite x Av. Atilano de Moura	16%	15%	17%	16%
Av. Rogaciano Leite x Av. Thompson Bulcão	15%	16%	16%	16%
Av. Washington Soares x Av. Miguel Dias	10%	11%	11%	10%
Av. Washington Soares x Av. Sebastião de Abreu	30%	21%	20%	24%
Av. Washington Soares x Av. Maximiniano da Fonseca	20%	24%	24%	22%
Total	100%	100%	100%	100%

Os detalhes das distribuições dos movimentos em cada interseção observada estão descrito a seguir. Atualmente, ao longo da Av. Miguel Dias tem-se dois cruzamentos com rotatórias, ou seja, permitindo todos os movimentos de giro nos cruzamentos (Av. Miguel Dias x Rua Firmino Rocha Aguiar e Av. Miguel Dias x Av. Manuel Sales de Andrade). Analisando os dados da Tabela 3.4, observa-se que a distribuição dos volumes varia nas aproximações, ficando as aproximações norte/sul e sul/norte com os maiores percentuais de movimentos nestes cruzamentos.

Tabela 3.4. Distribuição percentual do volume observado na Av. Miguel Dias

Av. Miguel Dias x Rua Firmino Rocha Aguiar

<i>Pesquisador/Movimento</i>	<i>Porcentagem do volume no período do dia</i>			<i>Total</i>
	<i>16:30 - 17:30</i>	<i>17:30 - 18:30</i>	<i>18:30 - 19:30</i>	
Pesquisador 01 (norte - oeste)	0%	1%	0%	1%
Pesquisador 02 (norte - sul)	11%	13%	11%	12%
Pesquisador 03 (norte - leste)	3%	2%	4%	3%
Pesquisador 04 (oeste - norte)	2%	2%	2%	2%
Pesquisador 05 (oeste - leste)	11%	6%	12%	9%
Pesquisador 06 (oeste - sul)	9%	11%	12%	10%
Pesquisador 07 (sul - oeste)	7%	7%	5%	6%
Pesquisador 08 (sul - norte)	15%	15%	9%	13%
Pesquisador 09 (sul - leste)	15%	10%	9%	11%
Pesquisador 10 (leste - norte)	2%	1%	1%	2%
Pesquisador 11 (leste - oeste)	10%	9%	10%	10%
Pesquisador 12 (leste - sul)	14%	23%	26%	21%
Total	100%	100%	100%	100%

Av. Miguel Dias x Av. Manuel Sales de Andrade

<i>Pesquisador/Movimento</i>	<i>Porcentagem do volume no período do dia</i>			<i>Total</i>
	<i>16:30 - 17:30</i>	<i>17:30 - 18:30</i>	<i>18:30 - 19:30</i>	
Pesquisador 01 (norte - oeste)	1%	0%	0%	1%
Pesquisador 02 (norte - sul)	50%	56%	60%	55%
Pesquisador 03 (norte - leste)	4%	4%	6%	5%
Pesquisador 04 (oeste - norte)	1%	0%	0%	0%
Pesquisador 05 (oeste - leste)	1%	1%	0%	1%
Pesquisador 06 (oeste - sul)	1%	2%	2%	2%
Pesquisador 07 (sul - oeste)	1%	1%	1%	1%
Pesquisador 08 (sul - norte)	32%	26%	23%	27%
Pesquisador 09 (sul - leste)	2%	1%	0%	1%
Pesquisador 10 (leste - norte)	3%	3%	2%	3%
Pesquisador 11 (leste - oeste)	1%	1%	0%	1%
Pesquisador 12 (leste - sul)	4%	4%	3%	4%
Total	100%	100%	100%	100%

Nota-se ainda que, os dados da Tabela 3.4 informam que os volumes de tráfego, a cada período de uma hora, podem se alterar. Na maioria dos movimentos, observa-se uma sensível variação das porcentagens entre os períodos, entretanto em um caso a variação chegou a 10 pontos percentuais.

A Tabela 3.5 mostra a distribuição percentual dos movimentos na Av. Rogaciano Leite com os cruzamentos da Av. Atilano de Moura e da Rua Dr. Thompson Bulcão. Para esta via, a maior variação não foi superior a 5 pontos percentuais.

Tabela 3.5. Distribuição percentual do volume observado na Av. Rogaciano Leite

Av. Rogaciano Leite x Av. Atilano de Moura

<i>Pesquisador/Movimento</i>	<i>Porcentagem do volume no período do dia</i>			<i>Total</i>
	<i>16:30 - 17:30</i>	<i>17:30 - 18:30</i>	<i>18:30 - 19:30</i>	
Pesquisador 09 (norte - sul)	43%	42%	40%	42%
Pesquisador 10 (sul - leste)	2%	1%	2%	2%
Pesquisador 11 (sul - norte)	24%	28%	32%	28%
Pesquisador 12 (leste - norte)	31%	29%	26%	29%
Total	100%	100%	100%	100%

Av.Rogaciano Leite x Rua Dr. Thompson Bulcão

<i>Pesquisador/Movimento</i>	<i>Porcentagem do volume no período do dia</i>				<i>Total</i>
	<i>16:30 -</i>	<i>17:30 -</i>	<i>18:30 -</i>		
	<i>17:30</i>	<i>18:30</i>	<i>19:30</i>		
Pesquisador 06 (norte - oeste)	24%	25%	20%	23%	
Pesquisador 07 (norte - sul)	21%	21%	21%	21%	
Pesquisador 08 (norte - leste)	11%	10%	13%	11%	
Pesquisador 09 (oeste - norte)	8%	9%	11%	9%	
Pesquisador 10 (oeste - leste)	13%	14%	14%	14%	
Pesquisador 11 (oeste - sul)	5%	6%	5%	5%	
Pesquisador 12 (sul - oeste)	4%	4%	3%	4%	
Pesquisador 13 (sul - norte)	12%	10%	11%	11%	
Pesquisador 14 (sul - leste)	1%	1%	1%	1%	
Total	100%	100%	100%	100%	

A Tabela 3.6 mostra a distribuição percentual dos movimentos na Av. Washington Soares com os cruzamentos com a Av. Miguel Dias, com a Av. Sebastião de Abreu, e com a Av. Alm. Maximiniano da Fonseca. Nesta via, a maior variação foi de 10 pontos percentuais.

Tabela 3.6. Distribuição percentual do volume observado na Av. Washington Soares

Av.Washington Soares x Av. Miguel Dias

<i>Pesquisador/Movimento</i>	<i>Porcentagem do volume no período do dia</i>				<i>Total</i>
	<i>16:30 -</i>	<i>17:30 -</i>	<i>18:30 -</i>		
	<i>17:30</i>	<i>18:30</i>	<i>19:30</i>		
Pesquisador 01 (leste - oeste)	39%	37%	35%	37%	
Pesquisador 02 (oeste - leste)	40%	41%	42%	41%	
Pesquisador 03 (oeste - sul)	6%	6%	6%	6%	
Pesquisador 04 (sul - oeste)	12%	13%	14%	13%	
Pesquisador 05 (sul - leste)	3%	3%	4%	3%	
Total	100%	100%	100%	100%	

Av.Washington Soares x Av. Sebastião de Abreu

<i>Pesquisador/Movimento</i>	<i>Porcentagem do volume no período do dia</i>				<i>Total</i>
	<i>16:30 -</i>	<i>17:30 -</i>	<i>18:30 -</i>		
	<i>17:30</i>	<i>18:30</i>	<i>19:30</i>		
Pesquisador 13 (norte - sul)	32%	23%	24%	27%	
Pesquisador 13 (sul - Norte)	21%	31%	32%	27%	
Pesquisador 14 (oeste - sul)	30%	23%	21%	26%	
Pesquisador 14 (sul - oeste)	17%	23%	24%	20%	
Total	100%	100%	100%	100%	

Av.Washington Soares x Av. Alm. Maximiniano da Fonseca

<i>Pesquisador/Movimento</i>	<i>Porcentagem do volume no período do dia</i>				<i>Total</i>
	<i>16:30 -</i>	<i>17:30 -</i>	<i>18:30 -</i>		
	<i>17:30</i>	<i>18:30</i>	<i>19:30</i>		
Pesquisador 01 (leste - Norte)	5%	4%	4%	5%	
Pesquisador 02 (leste - oeste)	9%	8%	6%	8%	
Pesquisador 03 (oeste - leste)	11%	11%	12%	11%	
Pesquisador 04 (oeste - sul)	5%	5%	7%	6%	
Pesquisador 05 (norte - oeste)	2%	2%	2%	2%	
Pesquisador 06 (norte - sul)	38%	39%	41%	39%	
Pesquisador 07 (sul - norte)	27%	30%	27%	28%	
Pesquisador 08 (sul - leste)	2%	2%	1%	1%	
Total	100%	100%	100%	100%	

De forma geral, embora alguns picos de variação dos volumes tivessem ocorridos, estes casos foram isolados. Na maioria das vezes, a variação é inferior a 4 pontos percentuais, o que pode ser adotado como uma

distribuição uniforme durante as horas pesquisadas. Assim, as distribuições percentuais dos movimentos da coluna “total” da Tabela 3.4 a Tabela 3.6 foram usadas nas simulações dos cenários.

4. Modelagem e simulação da rede viária

Modelos de simulação de tráfego são ferramentas extremamente eficientes e poderosas para a análise operacional de correntes de tráfego. A principal vantagem de seu uso é oferecer ao usuário do modelo a oportunidade de avaliar estratégias alternativas no sistema de transportes, sem a necessidade de interferências no tráfego real. Os simuladores têm desempenhado importante papel no desenvolvimento do Manual de Capacidade Viária dos EUA (*Highway Capacity Manual – HCM*) desde a edição de 1985 [Egami *et al.*, 2004] e, recentemente, sua importância tem aumentado com a utilização em Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS) [Owen *et al.*, 2000]. Entretanto, o uso de simulação requer do usuário conhecimento das limitações do modelo e, principalmente, das teorias de fluxo de tráfego [Halati *et al.*, 1997].

O CORSIM (*CORridor traffic SIMulation model*), desenvolvido pelo *Federal Highway Administration* (FHWA) nos EUA, consiste em um conjunto integrado de dois modelos microscópicos de simulação que representam o comportamento do tráfego em função do tempo [FHWA, 2009]. Os dois modelos são o NETSIM (*NETwork SIMulation*), utilizado para simular vias urbanas, e o FRESIM (*FREeway SIMulation*), utilizado para simular rodovias, tanto de pista dupla e *freeways* como de pista simples.

Como modelo microscópico, o CORSIM descreve o comportamento da corrente de tráfego a partir das respostas individuais de cada veículo. O modelo também é estocástico, pois atribui características aleatórias aos motoristas, aos veículos e aos processos de tomada de decisão, permitindo uma representação mais realista da corrente de tráfego simulada [FHWA, 2009]. As características atribuídas aos motoristas definem seu comportamento (passivo ou agressivo) e as aplicadas aos veículos caracterizam seu desempenho (aceleração e velocidade) [Halati *et al.*, 1997].

O CORSIM é um dos modelos mais utilizados pela comunidade científica e profissional, sobretudo devido à sua capacidade de simular sistemas combinados de vias urbanas e rodovias (pista simples, pista dupla e vias expressas – *freeways*). Além disso, existe uma versão deste software calibrada para as condições brasileiras quanto ao comportamento dos motoristas, modelado pela lógica de *car-following*, e quanto ao desempenho dos veículos, descrita pela lógica de desempenho veicular [Cunha, 2007].

Desta forma, o CORSIM foi o modelo de simulação de tráfego usado na avaliação dos cenários da circulação viária dos veículos nos acessos ao novo Centro de Eventos do Ceará, em Fortaleza. A seguir, são descritas as etapas do método proposto para este estudo.

4.1. Codificação da rede viária

A primeira etapa de um estudo de simulação de tráfego é a codificação da rede viária no *software*. Para isso, informações da geometria e dados operacionais das vias são obtidas no local para uma fiel representação no simulador. As informações geométricas são, por exemplo: número de faixas de tráfego nas vias, largura das faixas de tráfego, inclinação de rampa, e comprimento do trecho da via em análise. As informações operacionais são: prioridade do tráfego nos cruzamentos das vias, direção de tráfego, proibição de movimento de conversões, localização de pontos de ônibus, localização de sinalização de placas “PARE” e “DÊ A PREFERÊNCIA”, localização de semáforos, planos semaforicos, e rotas dos transportes coletivos.

Para codificar a rede viária, foi utilizado outro software integrado ao CORSIM, o pacote TSIS, que oferece diversos *softwares* para a simulação de uma rede, são eles:

- o simulador CORSIM;
- o pós-processador gráfico TRAFVU (*TRAFfic Visualization Utility*), através do qual é possível visualizar a animação da rede simulada;
- o TRAFED (*TRAFfic EDit*), que permite ao usuário criar rapidamente a rede de tráfego desenhando-a diretamente no ambiente gráfico e ajustar as características de cada um dos elementos criados a partir da sua seleção; e
- o TRANSLATOR que converte o arquivo de simulação do CORSIM (extensão TRF) no arquivo gráfico do TRAFED (extensão TNO) e vice-versa.

A Figura 4.1 ilustra um modelo de parte de uma rede criada no editor gráfico TRAFED.

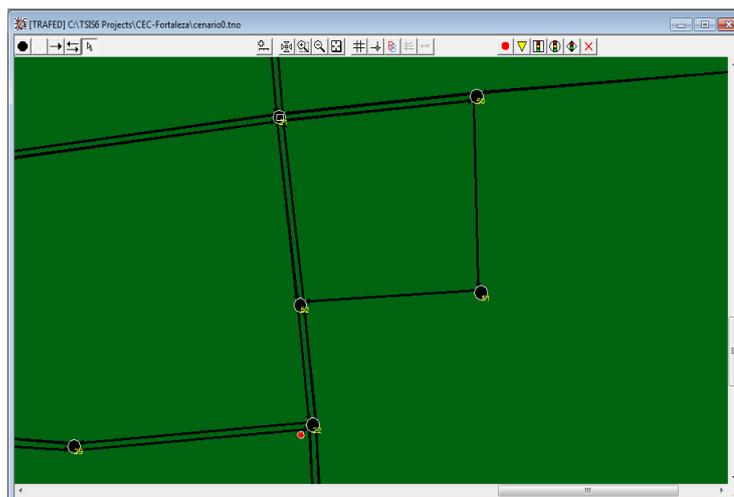


Figura 4.1. Ilustração do editor gráfico TRAFED para a criação da rede viária

Como se observa na Figura 4.1, o TRAFED é baseado em um modelo de rede com nós e tramos (*links*). Os nós representam pontos onde ocorrem quaisquer mudanças nas características da via, tais como interseções e acessos, redução ou aumento no número de faixas, ou alteração da magnitude do greide. Os tramos promovem a ligação entre os nós e representam as vias por onde trafegam os veículos.

4.2. Definição da composição do tráfego

Os parâmetros de tráfego necessários para a simulação de tráfego dos cenários analisados foram: a taxa de fluxo horário, a distribuição dos movimentos nas interseções, e as rotas de ônibus do local.

4.2.1. Taxa de fluxo horário

A taxa de fluxo horário foi obtida pelos levantamentos em campo, já descrito no item 3.3. Como os dados dos sensores apresentaram problemas com os dados registrados, adotou-se apenas o volume observado na contagem manual. Assim, o fluxo observado a cada intervalo de 15 minutos foi inserido no simulador para representar fielmente o que foi observado na coleta manual. A simulação da rede teve três horas de duração no total, sendo 12 intervalos de 15 minutos para melhor representar as variações do volume dentro da hora.

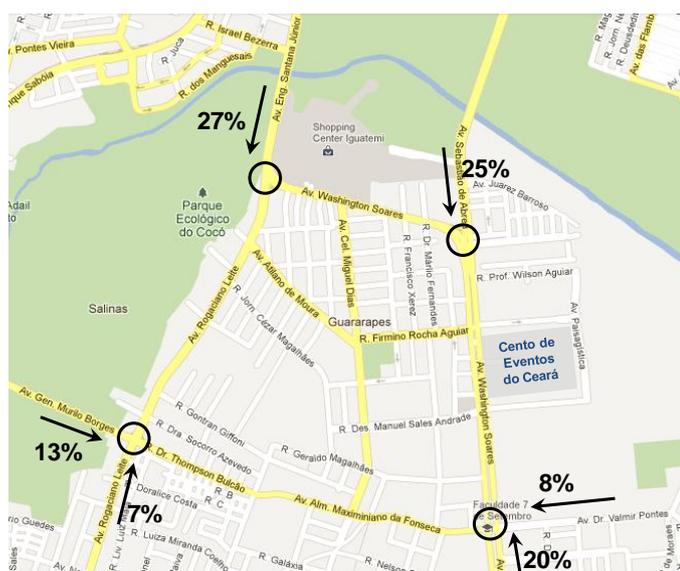


Figura 4.2. Entradas na rede e parcela do volume observado na coleta manual

A área definida para a simulação é limitada ao norte pela Av. Washington Soares; ao sul pela Rua Thompson Bulcão/Rua Alm. Maximiliano da Fonseca; ao leste pela Av. Washington Soares; e ao oeste pela Av. Rogaciano Leite. Esta delimitação teve por base a região geográfica onde está inserido o empreendimento em análise, o CEC, com limítrofe, ao oeste, norte e leste, o leito do Rio Cocó. Foram identificadas quatro principais entradas/saídas dos veículos na rede (área estudada) como apresenta a Figura 4.2. Duas entradas pelo norte, Av. Eng. Santana Júnior e Av. Sebastião de Abreu, duas entrada pelo sul, Av. Rogaciano Leite e Av. Washington

Soares, uma entrada pelo oeste, Av. Gen. Murilo Borges, e uma entrada pelo leste, Av. Dr. Valmir Pontes. As porcentagens de volumes observados, em cada entrada, também estão ilustrada na Figura 4.2.

Os valores dos fluxos observados em cada entrada da rede, a cada intervalo de 15 minutos, estão descritos na Tabela 4.1. Além da taxa de fluxo horário, as parcelas de caminhões e vans também foram usadas no simulador para uma representação fidedigna do tráfego na área.

Tabela 4.1. Taxas de fluxo de tráfego usadas na simulação

NORTE Av. Washington Soares x Av. Eng. Santana Jr				NORTE Av. Washington Soares x Av. Sebastião de Abreu		
<i>Hora</i>	<i>Taxa de fluxo [veic/h]</i>	<i>%caminhão</i>	<i>%van</i>	<i>Taxa de fluxo [veic/h]</i>	<i>%caminhão</i>	<i>%van</i>
16:30	2.906	2%	1%	1.668	5%	1%
16:45	2.054	4%	1%	2.136	3%	1%
17:00	1.952	2%	1%	2.324	2%	0%
17:15	2.338	2%	1%	2.228	3%	1%
17:30	2.190	2%	1%	1.660	3%	0%
17:45	2.216	2%	1%	2.292	3%	1%
18:00	2.284	1%	1%	1.848	3%	0%
18:15	1.798	1%	1%	1.920	1%	0%
18:30	2.110	1%	1%	1.820	0%	1%
18:45	2.200	2%	1%	2.164	2%	1%
19:00	2.202	1%	0%	1.836	0%	1%
19:15	1.564	1%	1%	1.552	2%	0%
SUL Av. Rogaciano Leite x Av. Thompson Bulcão				SUL Av. Washington Soares x Av. Dr. Valmir Pontes		
<i>Hora</i>	<i>Taxa de fluxo [veic/h]</i>	<i>%caminhão</i>	<i>%van</i>	<i>Taxa de fluxo [veic/h]</i>	<i>%caminhão</i>	<i>%van</i>
16:30	676	4%	1%	1.576	1%	3%
16:45	680	1%	0%	1.524	2%	2%
17:00	632	2%	0%	1.900	1%	3%
17:15	528	2%	1%	1.428	1%	1%
17:30	376	4%	0%	1.768	1%	1%
17:45	560	4%	1%	1.680	1%	0%
18:00	664	2%	1%	2.048	0%	0%
18:15	544	1%	1%	1.596	1%	2%
18:30	572	2%	0%	1.676	0%	0%
18:45	332	1%	0%	1.436	1%	1%
19:00	588	4%	0%	1.384	1%	1%
19:15	384	1%	0%	1.224	0%	1%
OESTE Av. Rogaciano Leite x Av. Thompson Bulcão				LESTE Av. Washington Soares x Av. Dr. Valmir Pontes		
<i>Hora</i>	<i>Taxa de fluxo [veic/h]</i>	<i>%caminhão</i>	<i>%van</i>	<i>Taxa de fluxo [veic/h]</i>	<i>%caminhão</i>	<i>%van</i>
16:30	904	7%	1%	732	1%	2%
16:45	1.032	8%	1%	660	1%	1%
17:00	796	2%	2%	800	2%	1%
17:15	1.064	5%	0%	816	0%	1%
17:30	1.004	3%	0%	604	0%	1%
17:45	1.048	1%	0%	580	3%	2%
18:00	1.012	2%	0%	916	1%	1%
18:15	1.004	1%	0%	596	1%	1%
18:30	1.016	0%	0%	532	1%	2%
18:45	1.116	1%	0%	464	0%	1%
19:00	936	1%	1%	432	1%	2%
19:15	948	1%	0%	464	3%	2%

4.2.2. Distribuição dos movimentos nas interseções

A distribuição dos movimentos nas interseções descreve a origem e o destino das viagens dos veículos em cada interseção analisada, como já descrita no item 3.3. A distribuição dos movimentos é um parâmetro necessário ao simulador, caso não se tenha a real matriz origem-destino das viagens na rede. Com a distribuição dos movimentos, um algoritmo do simulador estima uma matriz origem-destino sintética. Os resultados da pesquisa em campo revelaram uma uniformidade na distribuição dos movimentos durante as horas observadas,

desta forma adotou-se a distribuição total. Tabela 4.2 resume os valores adotados para as sete interseções analisadas.

Tabela 4.2. Distribuição percentual dos movimentos em cada interseção para a simulação

Cruzamento Origem	Destino				Total
	<i>Norte</i>	<i>Leste</i>	<i>Oeste</i>	<i>Sul</i>	
<i>Av. Miguel Dias x Rua Firmino Rocha Aguiar</i>					
Norte	0%	20%	3%	76%	100%
Leste	5%	0%	30%	65%	100%
Oeste	8%	44%	0%	48%	100%
Sul	43%	36%	21%	0%	100%
<i>Av. Miguel Dias x Avenida Manuel Sales Andrade</i>					
Norte	0%	8%	1%	91%	100%
Leste	37%	0%	9%	54%	100%
Oeste	16%	23%	0%	62%	100%
Sul	93%	4%	3%	0%	100%
<i>Av. Rogaciano Leite x Av. Atilano de Moura</i>					
Norte	0%	0%	0%	100%	100%
Leste	100%	0%	0%	0%	100%
Sul	94%	6%	0%	0%	100%
<i>Av. Rogaciano Leite x Av. Thompson Bulcão</i>					
Norte	0%	21%	41%	38%	100%
Oeste	32%	49%	0%	19%	100%
Sul	68%	8%	25%	0%	100%
<i>Av. Washington Soares x Av. Miguel Dias</i>					
Leste	0%	0%	100%	0%	100%
Oeste	0%	87%	0%	13%	100%
Sul	0%	20%	80%	0%	100%
<i>Av. Washington Soares x Av. Alm. Maximiliano da Fonseca</i>					
Norte	0%	0%	5%	95%	100%
Leste	37%	0%	63%	0%	100%
Oeste	0%	66%	0%	34%	100%
Sul	95%	5%	0%	0%	100%
<i>Av. Washington Soares x Av. Sebastião de Abreu</i>					
Norte	0%	0%	0%	100%	100%
Oeste	0%	0%	0%	100%	100%
Sul	57%	0%	43%	0%	100%

4.2.3. Operação do tráfego

Além dos parâmetros anteriores citados, toda a operação do tráfego foi inserida na rede simulada. As velocidades das vias foram inseridas de acordo com os limites permitidos segundo a hierarquia das vias, constantes no Plano Diretor Participativo de Fortaleza:

- 60 km/h para vias arteriais – Av. Eng. Santana Junior, Av. Washington Soares, Av. Gen. Murilo Borges, Rua Thompson Bulcão, Av. Maximiliano da Fonseca e Av. Dr. Valmir Pontes;
- 40 km/h para vias coletoras – Av. Miguel Dias, Rua Atilano Moura, Rua Firmino Rocha Aguiar, Av. Des. Manuel Sales de Andrade; e
- 30 km/h para as vias locais – demais vias da rede.

A preferência das vias foi de acordo com sua hierarquia regida pela sinalização horizontal com placas “PARE” e “DÊ A PREFERÊNCIA”, ou ainda, com semáforos com seus respectivos planos semafóricos. Os planos semafóricos foram fornecidos pelo CTAFOR.

Outro importante aspecto, inserido nas simulações, foram os pontos de ônibus e as rotas dos ônibus que passam nesta área, obtidos com a Empresa de Transporte Urbano de Fortaleza (ETUFOR). A Figura 4.3 ilustra os pontos e as rotas de ônibus consideradas. As linhas de ônibus detalhadas foram:

- Linha 23 – Corujão/Edson Queiróz/Papicú;
- Linha 806 – Edson Queiróz/Papicú.

- Linha 816 – Edson Queiróz/Centro;
- Linha 815 – Cidade dos Funcionários/Papicú/Conjunto Trancedo Neves;
- Linha 825 – Cidade dos Funcionários /Papicú/Jardim das Oliveiras;

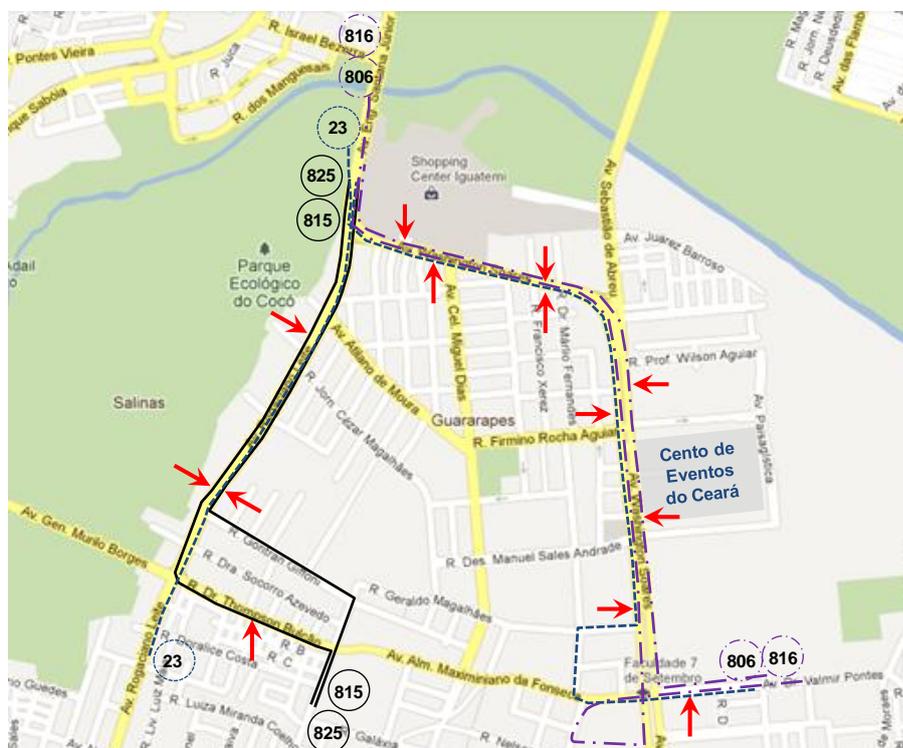


Figura 4.3. Mapa dos pontos de parada de ônibus e itinerário das linhas simuladas

4.3. Definição dos cenários analisados

Nesta etapa do estudo foram definidos os quatro cenários para a avaliação do comportamento do tráfego na área de estudo: o cenário 0 (situação atual); o cenário 1 com propostas de melhorias constante no projeto do Centro de Eventos do Ceará; o cenário 2 foram consideradas as melhorias do cenário 1 e outras melhorias propostas pela equipe técnica do presente estudo; e no cenário 3 foi incluído a projeção do tráfego para um ano horizonte de 20 anos, quando o empreendimento estiver funcionando na sua total capacidade. Esses cenários estão descritos em detalhes nos itens a seguir.

4.3.1. Cenário 0: Situação atual

O cenário 0, da situação atual, representa as condições de circulação das vias antes da implantação do projeto do Centro de Eventos do Ceará. A Figura 4.4 ilustra a rede viária codificada para este cenário 0.

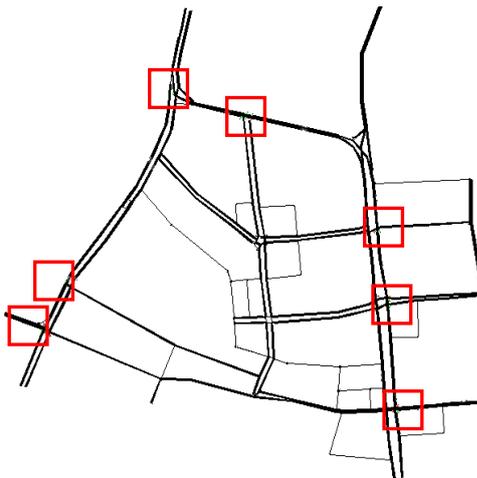


Figura 4.4. Cenário 0 – situação atual codificado no simulador CORSIM

Todas as vias têm interseções em nível, exceto o cruzamento da Avenida Washington Soares com a Avenida Sebastião de Abreu, que é em desnível, existindo uma alça de viaduto para atender os veículos que circulam pela Av. Washington Soares, sentido sul/oeste. Existem atualmente cruzamentos que são operados por placa “PARE”, os outros, como indicados nos quadros em destaque na Figura 4.4, que são operados por semáforo.

A seguir têm-se uma descrição das interseções consideradas neste cenário 0:

- Av. Engenheiro Santana Junior/Av. Rogaciano Leite x Av. Washington Soares (Figura 4.5): cruzamento operado com semáforo, com dois estágios e com três aproximações. Fluxo livre para os veículos que circulam pela aproximação norte/sul da Av. Eng. Santana Junior, e se destinam destino a Av. Rogaciano Leite. Os veículos da aproximação sul/norte da Av. Rogaciano Leite e da Av. Washington Soares, são controlados por semáforo. O giro à direita da Av. Rogaciano Leite (sentido sul/leste) é controlado por placa “DÊ A PREFERÊNCIA”.



Figura 4.5. Cruzamento Av. Eng. Santana Jr x Av. Washington Soares

- Av. Rogaciano Leite x Rua Atilano de Moura (Figura 4.6): cruzamento operado com placa “PARE” na aproximação leste/oeste da Rua Atilano de Moura, onde só é permitido o movimento de giro á direita (sentido leste/Norte) desta aproximação. O sentido norte/sul da Av. Rogaciano Leite não é afetada pelo tráfego da Rua Atilano de Moura, devido a existência do canteiro central;



Figura 4.6. Cruzamento Av. Rogaciano Leite x Av. Atilano de Moura

- Av. Rogaciano Leite x Rua Jorn. César Magalhães (Figura 4.7): cruzamento operado com placa “PARE” na aproximação leste/oeste da Rua Jorn. César Magalhães, sendo só permitido o movimento á direita (sentido leste/norte) desta aproximação. O sentido norte/sul da Av. Rogaciano Leite não é afetada pelo tráfego da Rua Jorn. César Magalhães, devido a existência do canteiro central neste cruzamento.

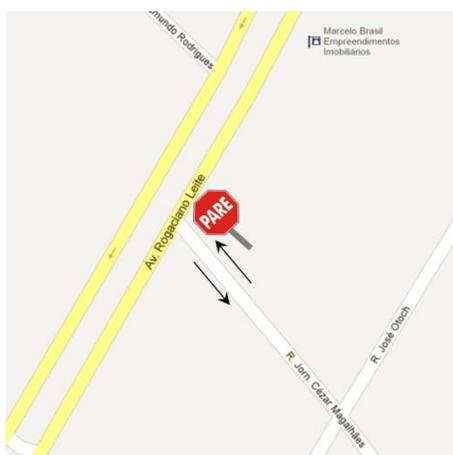


Figura 4.7. Cruzamento Av. Rogaciano Leite x Rua Jorn. César Magalhães

- Av. Rogaciano Leite x Av. Gen. Murilo Borges/Rua Thompson Bulcão (Figura 4.8): cruzamento operado com semáforo de três estágios para atender o tráfego de três aproximações. Existe uma direita livre na aproximação norte/sul da Av. Rogaciano Leite para o movimento de giro à direita;

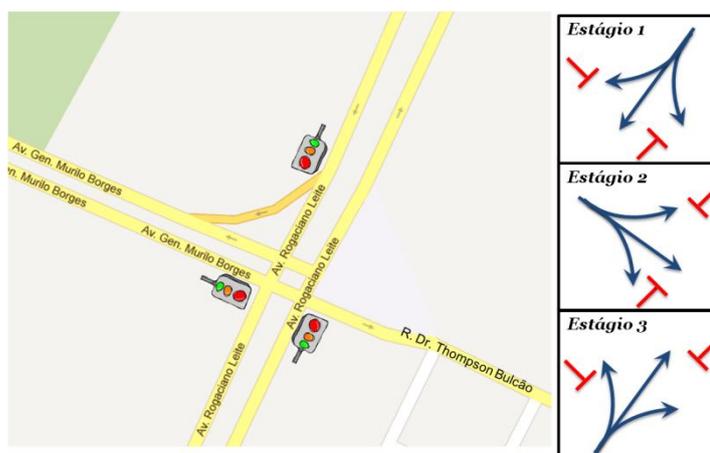


Figura 4.8. Cruzamento Av. Rogaciano Leite x Av. General Murilo Borges x Rua Dr. Thompson Bulcão

- Av. Miguel Dias x Av. Washington Soares (Figura 4.9): cruzamento com três aproximações, operado com semáforo com três estágios, sendo um estágio para atender os pedestres;

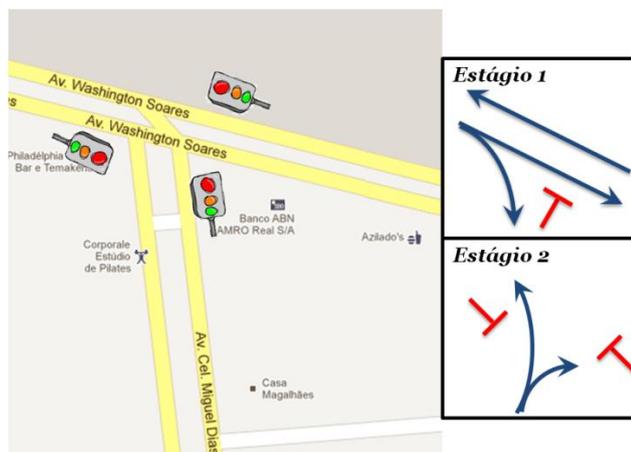


Figura 4.9. Cruzamento Av. Miguel Dias x Av. Washington Soares

- Av. Miguel Dias x Rua Firmino Rocha Aguiar (Figura 4.10): cruzamento operado com rotatória permitindo todos os movimentos no cruzamento;



Figura 4.10. Cruzamento Av. Miguel Dias x Rua Firmino Rocha Aguiar

- Av. Miguel Dias x Av. Des. Manoel Sales de Andrade (Figura 4.11): cruzamento operado com mini-rotatória, sendo permitindo todos os movimentos;



Figura 4.11. Cruzamento Av. Miguel Dias x Av. Des. Sales Andrade

- Av. Miguel Dias x Rua Geraldo Magalhães: cruzamento operado com placa “PARE” para o tráfego da Rua Geraldo Magalhães (Figura 4.12);
- Av. Miguel Dias x Rua Gontran Giffoni (Figura 4.12): cruzamento é operado com placa “PARE” na aproximação oeste/leste da Rua Gontran Giffoni;

- Av. Washington Soares x Rua Firmino Rocha Aguiar (Figura 4.15): cruzamento com três aproximações operado com semáforo de dois estágios, sendo proibidas as conversões à esquerda para o tráfego da Av. Washington Soares;

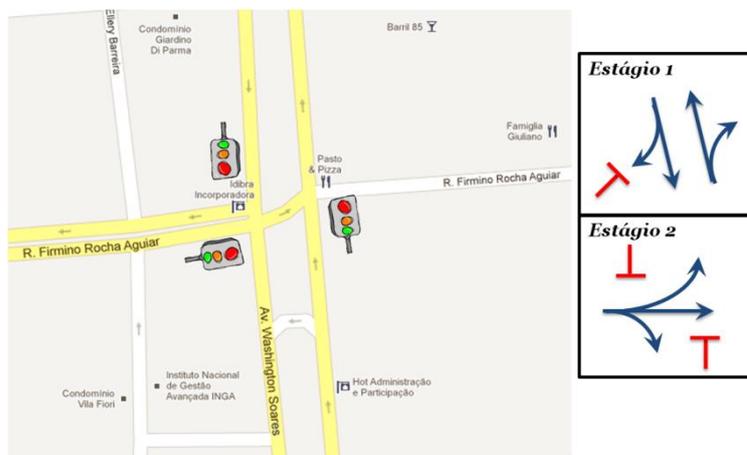


Figura 4.15. Cruzamento Av. Washington Soares x R. Firmino Rocha Aguiar

- Av. Washington Soares x Av. Des. Manoel Sales de Andrade (Figura 4.16): cruzamento com quatro aproximações, operado com semáforo de dois estágios, sendo proibidas às conversões à esquerda de todas as aproximações;



Figura 4.16. Cruzamento Av. Washington Soares x R. Des. Manoel Sales Andrade

- Av. Washington Soares x Rua Geraldo Magalhães (Figura 4.17): cruzamento operado com placa “PARE” na aproximação oeste/leste da Rua Geraldo Magalhães;



Figura 4.17. Cruzamento Av. Washington Soares x Rua Geraldo Magalhães

- Av. Washington Soares x Rua Alm. Maximiliano da Fonseca (Figura 4.18): cruzamento com quatro aproximações operado com semáforo com dois estágios, sendo proibidas às conversões à esquerda de todas as aproximações;



Figura 4.18. Cruzamento Av. Washington Soares x Av. Maximiliano da Fonseca

4.3.2. Cenário 1: Projeto CEC

Neste cenário foram consideradas as propostas de melhorias viárias constantes no projeto de circulação viária do Centro de Eventos do Ceará. As principais modificações (Figura 4.19) propostas foram:

- Av. Rogaciano Leite x Rua Atilano de Moura: implantação de semáforo operando com dois estágios, sendo permitida a conversão à esquerda para os veículos que trafegam na Av. Rogaciano Leite, sentido norte/leste, que se destinam ao CEC;
- Av. Rogaciano Leite x Av. Manuel Sales de Andrade: implantação do prolongamento da Av. Manuel Sales de Andrade até a Av. Rogaciano Leite, e implantação de um semáforo com dois estágios neste cruzamento. São permitidos os movimentos de giro à direita e à esquerda para os veículos que trafegam pela aproximação leste/oeste da Av. Manuel Sales de Andrade (viagens com origem no CEC);
- Av. Miguel Dias x Av. Washington Soares: implantação de maior raio de giro nas esquinas para melhorar os movimentos de conversão à direita e à esquerda neste cruzamento, e possibilitar maior fluidez ao tráfego;
- Av. Miguel Dias x Av. Firmino Rocha Aguiar: não foram propostas melhorias neste cruzamento no projeto de circulação para o CEC, sendo considerado neste cenário o atual layout do cruzamento, com a rotatória;
- Av. Miguel Dias x Av. Des. Manuel Sales Andrade: não foram propostas melhorias neste cruzamento no projeto de circulação para o CEC, sendo considerado neste cenário o atual layout do cruzamento, com a mini-rotatória;
- Av. Washington Soares x Rua Firmino Rocha Aguiar: implantação de um mergulho na Rua Firmino Rocha, passando por baixo da Av. Washington Soares, para atender os veículos que trafegam pela Rua Firmino Rocha Aguiar, sentido oeste/leste, que vão acessar o CEC;
- Av. Washington Soares x Av. Des. Manuel Sales Andrade: implantação de três mergulhos neste cruzamento, sendo um mergulho para atender os veículos que trafegam no sentido norte/sul da Av. Washington Soares, que chegam ao CEC; o segundo mergulho vai atender os veículos que trafegam no sentido leste/sul da mesma via, que deixam o CEC, e se destinam a zona sul; e o terceiro mergulho para atender os veículos que circulam pela Av. Des. Manuel Sales Andrade, sentido leste/oeste, deixando o CEC. Todos os mergulhos passarão por baixo da Av. Washington Soares;
- Av. Washington Soares x Av. Alm. Maximiliano da Fonseca/Av. Dr. Valmir Pontes: implantação da terceira faixa de tráfego na Av. Alm. Maximiliano da Fonseca sentido leste/oeste entre a Av. Washington Soares e a Rua Caio Cid. No sentido oeste/leste, implantação da terceira faixa de tráfego na Av. Dr. Valmir Pontes a 100m, a montante do cruzamento;
- Av. Paisagística x Av. Juarez Barroso: implantação do prolongamento da Av. Paisagística que passa na lateral oeste do CEC, se interligando com o Av. Juarez Barroso. Esta via terá duas faixas de tráfego por sentido;

Além das alterações físicas, neste cenário 1 foi considerado o aumento do tráfego de 35.000 viagens por dia (ou 1.500 veic/h) gerado por grandes eventos que poder ser realizado no CEC. Segundo estimativa do Relatório da Prismma [2009], a estimativa de acréscimo de volume na área, teve por base o tráfego gerado pelos maiores eventos que acontecem em Fortaleza-CE: a Bienal do Livro e o Ceará Music. A taxa de fluxo horário adicional de 1500 veic/h foi distribuída nas quatro entradas da rede (área estudada), conforme os percentuais de distribuição das viagens obtidos nas entrevistas realizadas com os visitantes do atual Centro de Convenções do Ceará, durante o evento Maquintex, como ilustrado na Figura 3.2. A Figura 4.19 ilustra a rede codificada para o cenário 1, onde os retângulos são cruzamentos semaforizados, e as novas vias e mergulhos a serem implantados estão em destaque.

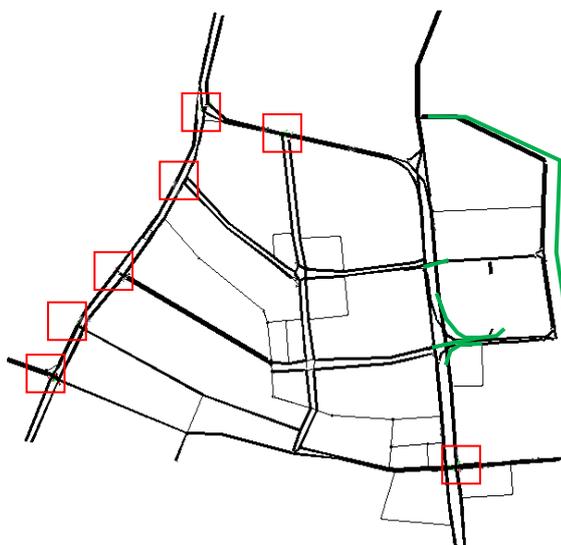


Figura 4.19. Cenário 1 projeto do CEC codificado no simulador CORSIM

4.3.3. Cenário 2: Propostas de melhorias da equipe técnica

Este cenário foi criado com o propósito de implantar outras melhorias viárias, de forma a promover maior fluidez ao tráfego nos pontos críticos identificados na simulação do cenário 1, onde foram consideradas as melhorias propostas no projeto do CEC (vide Figura 4.20). As mudanças físicas propostas pela equipe técnicas deste trabalho foram:

- Av. Eng. Santana Junior/Av. Rogaciano Leite x Av. Washington Soares: implantação de mais uma faixa de tráfego na aproximação sul/norte da Av. Rogaciano Leite, totalizando três faixas para o movimento direto do sentido sul/norte. Implantação de mais uma faixa de tráfego na Av. Washington Soares, totalizando três faixas por sentido, para melhorar a circulação dos veículos;
- Av. Miguel Dias x Av. Washington Soares: implantação da terceira faixa em cada pista da Av. Washington Soares (totalizando três faixas por sentido), de forma a melhorar a circulação dos veículos que entram na área, e desejam realizar a conversão à direita para acessar a Av. Miguel Dias;
- Av. Miguel Dias x Rua Firmino Rocha Aguiar: retirada da mini-rotatória, e implantação de semáforo com dois estágios para atender o tráfego das quatro aproximações. A conversão à esquerda em cada aproximação, só será permitida através de laço de quadra. Foram consideradas duas faixas de tráfego em cada aproximação;
- Av. Miguel Dias x Av. Des. Manoel Sales Andrade: retirada da rotatória, e implantação de semáforo com dois estágios para atender o tráfego das quatro aproximações. A conversão à esquerda só será possível em cada aproximação através do laço de quadra. Foram consideradas duas faixas de tráfego em cada aproximação;
- Av. Miguel Dias x Av. Alm. Maximiliano da Fonseca: implantação de semáforo com dois estágios para atender o tráfego das três aproximações;
- Av. Des. Manuel Sales de Andrade x Rua Jorn. César Magalhães: implantação de semáforo com dois estágios para atender o tráfego das quatro aproximações. A conversão de giro à esquerda de cada aproximação só será permitida através do laço de quadra;

- Av. Washington Soares x Av. Des. Manoel Sales de Andrade: foi considerada a implantação dos três mergulhos propostos no projeto do CEC, com mão única de tráfego em cada mergulho. O primeiro mergulho atenderá o tráfego da aproximação norte/leste da Av. Washington Soares que se destinam ao CEC; o segundo mergulho para atender os veículos que deixam o CEC e se destinam a zona sul pela Av. Washington Soares (sentido leste/sul), e o terceiro mergulho para atender o tráfego que deixam o CEC e seguem pela Av. Manoel Sales de Andrade, sentido leste/oeste;
- Av. Washington Soares x Rua Firmino Rocha Aguiar: foi considerado a implantação do mergulho na Rua Firmino Rocha, passando por baixo da Av. Washington Soares, com sentido único de tráfego (oeste-leste) para atender os veículos que chegam ao CEC;
- Av. Washington Soares x Av. Alm. Maximiniano da Fonseca/Av. Dr. Valmir Pontes: implantação da terceira faixa de tráfego na Av. Alm. Maximiniano da Fonseca, sentido leste/oeste, entre a Av. Washington Soares e a Rua Caio Cid. No sentido oeste/leste, implantação da terceira faixa de tráfego na Av. Dr. Valmir Pontes a 100m a montante do cruzamento;
- Av. Rogaciano Leite x Av. Gal. Murilo Borges: implantação de uma terceira faixa na aproximação oeste/leste da Av. Gal. Murilo Borges, totalizando três faixas no trecho de 100m, a montante do cruzamento;
- Av. Rogaciano Leite x Rua. Atilano de Moura: implantação de semáforo com dois estágios, sendo um estágio para atender o giro à esquerda dos veículos da Av. Rogaciano Leite com destino ao CEC, e o outro estágio para atender os veículos da aproximação sul/norte da Av. Rogaciano Leite. O fluxo de tráfego do sentido norte/sul terá passagem livre, não parando neste cruzamento;
- Av. Rogaciano Leite x Av. Manuel Sales Andrade: prolongamento da Av. Manuel Sales Andrade até a Av. Rogaciano Leite, e implantação de um semáforo de dois estágios neste cruzamento. Será permitida a conversão à esquerda e à direita para os veículos que circulam pela Av. Manuel Sales Andrade, sentido leste/oeste;
- Av. Paisagística x Av. Juarez Barroso: implantação do prolongamento da Av. Paisagística, que passa pela lateral leste do CEC, e se interliga com a Av. Juarez Barroso. A seção da Av. Paisagística terá duas faixas de tráfego por sentido. Será implantado um semáforo com dois estágios no cruzamento da Av. Juarez Barroso com a Av. Sebastião de Abreu;

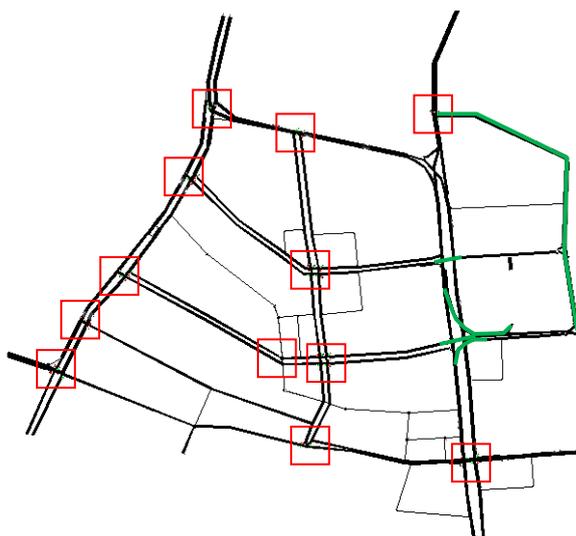


Figura 4.20. Cenário 2 alternativo ao projeto do CEC codificado no simulador CORSIM

4.3.4. Cenário 3: Horizonte de projeto de 20 anos

Neste cenário foi considerado o crescimento anual da frota de veículo da cidade de Fortaleza de 7% a.a. para ano horizonte de projeto de 20 anos, segundo dados do DETRAN-CE. Este cenário seguiu o mesmo layout do cenário 2 (vide Figura 4.21), sendo acrescido algumas alterações:

- Av. Eng. Santana Junior x Av. Rogaciano Leite: implantação de um mergulho na Av. Rogaciano Leite para atender o tráfego do sentido sul-norte, que cruza a Av. Washington Soares, deixando a área estudada. Desta forma, remove-se o semáforo existente para os veículos neste cruzamento;

- Com a implantação da linha leste do METROFOR (Centro/Aldeota/UNIFOR). Conforme pesquisa realizada junto aos usuários do Centro de Convenções (Anexo II), foi considerada uma redução de 30% do volume de veículos individuais na área, uma vez que estes usuários aceitam a usarem o Metrô.

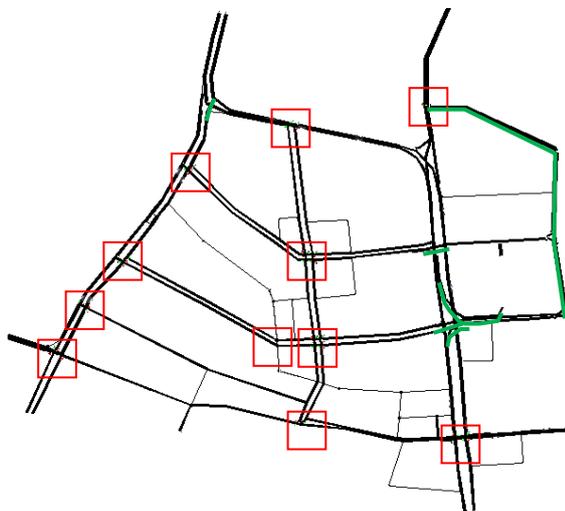


Figura 4.21. Cenário 3 - ano horizonte de projeto codificado no CORSIM

5. Resultados das simulações

Esta etapa do relatório descreve os resultados obtidos com as simulações dos quatro cenários, os quais retratam o comportamento do tráfego na área, conforme as melhorias propostas para o sistema viário com a implantação do CEC. O simulador CORSIM fornece uma visualização da rede simulada através do programa TRAFVU, o qual facilita a identificação de gargalos e formação de congestionamentos no sistema viário da área estudada. Além desta visualização, o CORSIM fornece um relatório com 182 medidas de desempenho (do inglês MOE – *Measure of Effectiveness*) em cada link da rede, tais como: tempo de viagem, atraso, volume, velocidade, número de paradas, consumo de combustível, emissão de poluentes, entre outras.

A seguir são descritos os resultados da visualização e das medidas de desempenho de cada cenário.

5.1. Descrição da visualização dos cenários

5.1.1. Cenário 0: Situação atual

O cenário atual, sem considerar a implantação do CEC, representou fielmente o que foi observado em campo, tanto no levantamento dos dados de tráfego, quanto na inspeção ao local. Das três horas de simulação, o ponto mais crítico apresentado na simulação foi na aproximação norte/sul da Av. Sebastião de Abreu. O semáforo do cruzamento da Av. Washington Soares com a Rua Firmino Rocha Aguiar, durante a fase de vermelho para a Av. Washington Soares, se forma longa fila na aproximação norte/sul, chegando até o cruzamento em desnível (viaduto da UNIFOR), com a Av. Sebastião de Abreu. Ou seja, esta fila se estende até a Av. Sebastião de Abreu, como mostra Figura 5.1a. A fila de veículos na Av. Washington Soares, sentido oeste/sul, também se estende quase até o cruzamento da Av. Miguel Dias (Figura 5.1b). Conclui-se que, os atrasos do tráfego da Av. Washington Soares deverão ser reduzidos, com implantação de melhorias do sistema viário.

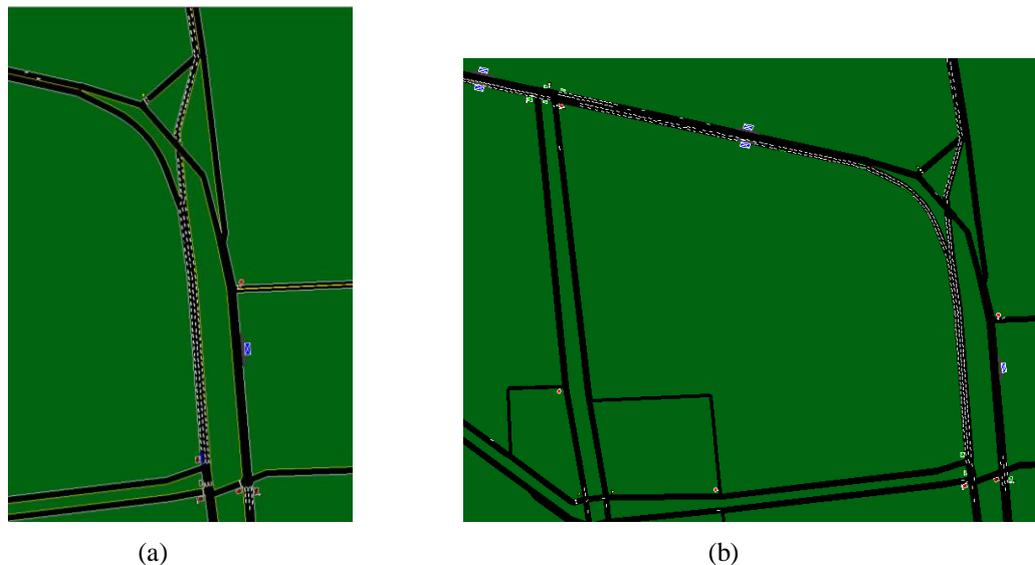


Figura 5.1. Cenário 0 – visualização da longa fila na Av. Washington Soares

Outro destaque deste cenário foi observado na Av. Washington Soares no cruzamento com a Av. Miguel Dias. Atualmente existe um ponto de ônibus na aproximação oeste/leste da Av. Washington Soares, a poucos metros antes deste cruzamento. Durante muitas das fases de verde para a Av. Washington Soares, os ônibus param neste ponto de parada para efetuarem a operação de embarque/desembarque de passageiros, ocasionando assim um atraso nos veículos que trafegam nesta mesma faixa de tráfego, formando um grande fila (Figura 5.2).

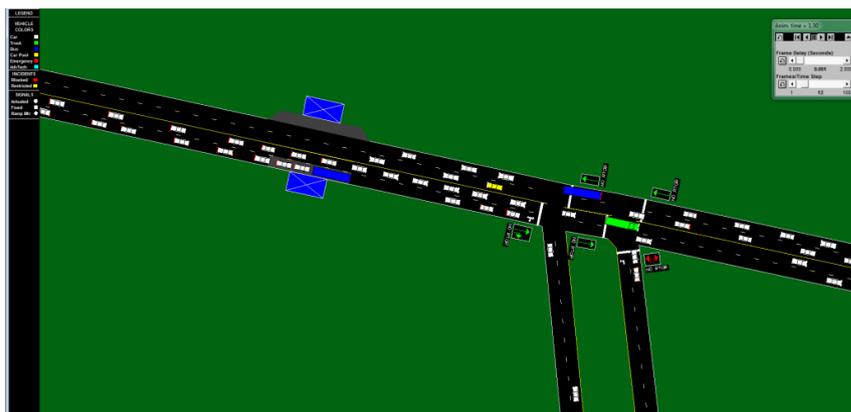


Figura 5.2. Cenário 0 – ponto de ônibus na Av. Washington Soares com a Av. Miguel Dias

Visualmente, os demais cruzamentos da rede apresentaram desempenho de bom a razoável, sem muitos atrasos e formações de filas. Apenas nos cruzamentos com semáforos há formações de filas durante as fases de vermelho dos semáforos, o que não interfere na fluidez do tráfego.

5.1.2. Cenário 1: Projeto CEC

Foram incluídas alterações do sistema viário como as propostas no projeto do Centro de Evento do Ceará - CEC. Com relação às implantações dos mergulhos de acesso/saída dos veículos ao CEC, a Av. Washington Soares apresentou melhoria considerável na fluidez do tráfego. O benefício também pode ser visto na circulação do tráfego da Av. Sebastião de Abreu, uma vez que foram removidos os semáforos dos cruzamentos com a Rua Firmino Rocha Aguiar e Av. Des. Manoel Sales Andrade, com as implantações dos mergulhos nestes cruzamentos. Neste cenário 1, os congestionamentos de veículos foram reduzidos, comparados com os observados no cenário 0.

Entretanto, com o aumento de 1.500 veic/h na taxa de fluxo com destino ao CEC, durante as três horas simuladas, o sistema viário entrou em colapso em menos de uma hora de simulação. Os veículos que trafegam pela Av. Miguel Dias com origem/destino ao CEC, são afetados nos cruzamentos com rotatórias, ou seja, na Rua Firmino Rocha e na Rua Des. Manuel Sales Andrade. O ponto mais crítico é na mini-rotatória da Av. Miguel Dias x Rua Des. Manuel Sales Andrade, onde uma extensa fila se forma na Av. Miguel Dias, não comportando o volume de tráfego que passa pelo cruzamento. Assim, em menos de uma hora de simulação, o fluxo nesta rotatória ficou parado, o que acarretou em congestionamento em toda a rede. Ou seja, fica congestionada toda a Av. Miguel Dias, se estendendo até a Av. Maximiniano da Fonseca; na aproximação leste/oeste da Av. Manuel Sales Andrade, se formou uma grande fila que se estendeu até a Av. Washington Soares; a rotatória da Av. Miguel Dias com a Rua Firmino Rocha também fica comprometida.

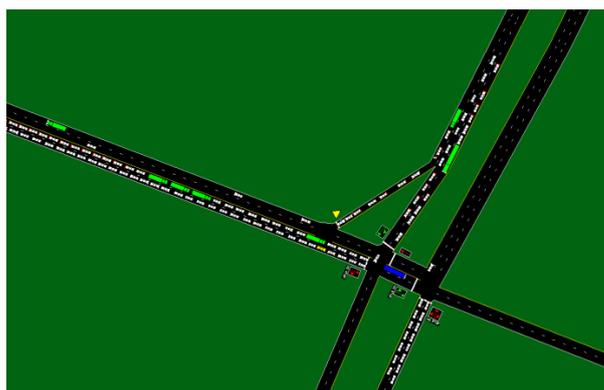
Deste modo, na simulação deste cenário 1 se confirmou a necessidade de implantações de intervenções físicas no sistema viário da área em estudo, caso contrário o tráfego da região ficará prejudicado. A Figura 5.3 ilustra o colapso da rede viária analisada.



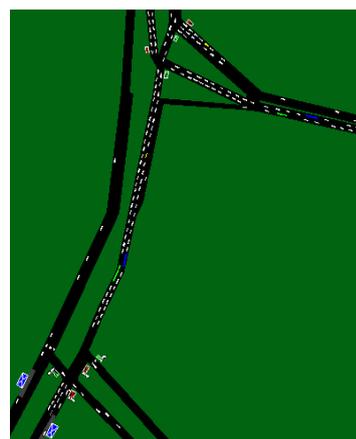
Figura 5.3. Cenário 1 – colapso do sistema de tráfego na rede viária

Antes do colapso do sistema, foram identificados três pontos críticos:

- Av. Gen. Murilo Borges: aproximação oeste-leste desta via no cruzamento com a Av. Rogaciano Leite, há lentidão na fluidez do tráfego e formação de fila. Tal fato se justifica primeiramente devido ao aumento do tráfego que utilizará esta rota para cessar o CEC, e segundo devido à operação do semáforo neste cruzamento que têm três estágios para atenderem os veículos, de cada aproximação, resultando em formação de filas devido o longo tempo de espera para serem atendidos (Figura 5.4a);
- Av. Washington Soares x Av. Miguel Dias: as filas tornaram-se maiores no trecho da aproximação oeste/leste da Av. Washington Soares, devido ao aumento do fluxo de veículos com a implantação do CEC;
- Av. Rogaciano Leite x Av. Washington Soares: na aproximação sul/norte da Av. Rogaciano Leite, o plano semafórico existente não é suficiente para o escoamento dos veículos, formando-se uma grande fila de tráfego que se estende até a Av. Atilano de Moura (Figura 5.4b);



(a) Av. Gen. Murilo Borges



(b) Av. Rogaciano Leite

Figura 5.4. Cenário 1 – formações de filas

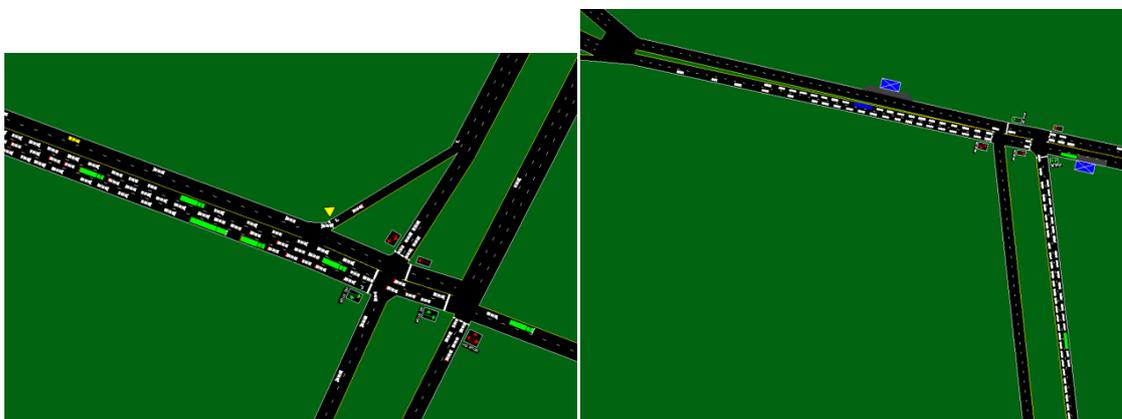
5.1.3. Cenário 2: Melhorias da equipe técnica

Este cenário foram propostas melhorias adicionais ao sistema viário, além das indicadas no projeto do CEC. Com o resultado da simulação deste cenário, nota-se que ocorreu melhor desempenho na fluidez do tráfego na área quando, visualmente, observa-se o vídeo desta simulação. As filas aparecem apenas nos cruzamentos com semáforos e o sistema não entra em colapso. Os detalhes observados nas vias foram:

- Av. Gen. Murilo Borges: a aproximação oeste/leste da Av. Gen. Murilo Borges, no cruzamento com a Av. Rogaciano Leite, continua com formação de fila, mesmo sendo acrescido mais uma faixa

de tráfego, totalizando 3 faixas nesta aproximação. Como o semáforo deste cruzamento tem três estágios, é necessário reprogramar o ciclo, aumentando o tempo de atendimento para os veículos que circulam no sentido oeste/leste (entrando na área em estudo) (Figura 5.5a);

- Av. Rogaciano Leite: no cruzamento desta via com a Av. Washington Soares/Av. Eng. Santana Junior, a fluidez do tráfego local melhorou, devido ao acréscimo de mais uma faixa de tráfego na aproximação sul/norte da Av. Rogaciano Leite. Com esta mudança, observou-se na simulação que, não ocorreu formação de fila nesta aproximação;
- Av. Washington Soares: a fluidez do tráfego nesta via ficou ainda melhor com a implantação dos mergulhos nos cruzamentos com a Rua Firmino Rocha Aguiar e Av. Des. Manuel Sales Andrade;
- Av. Atilano de Moura: no cruzamento com a Av. Rogaciano Leite, com a implantação do semáforo, na aproximação leste da Av. Atilano de Moura não houve formação de fila. Com a implantação do CEC, esta via receberá maior fluxo de veículos, onde será implantado um mergulho no cruzamento com a Av. Washington Soares, por onde irão circular os veículos que chegam ao CEC;
- Av. Des. Manuel Sales de Andrade: com o prolongamento desta via até a Av. Rogaciano Leite, uma parcela significativa do tráfego irá circular por esta via, a qual servirá de rota alternativa de saída do CEC. Com a implantação de semáforo nesta via no cruzamento com a Av. Miguel Dias, a fluidez do tráfego melhorou bastante e não houve colapso do sistema. Neste cruzamento, os movimentos de giro à esquerda foram proibidos, só sendo possível através dos laços de quadra;
- Av. Miguel Dias: no cruzamento com a Av. Washington Soares, a simulação apresentou uma formação de fila na aproximação sul/norte da Av. Miguel Dias (veículos deixando a área). Este cruzamento apresenta um plano semaforico com 03 estágios, sendo um estágio somente para atender aos pedestres. No entanto, acredita-se que com a implantação do prolongamento Av. Des. Manuel Sales Andrade (nova rota de saída da área), uma parcela do tráfego será desviado para esta rota de saída da área, reduzindo assim a fila que se formou na simulação da aproximação sul/norte da Av. Miguel Dias. Observa-se atualmente neste cruzamento com a Av. Washington Soares, a existência de fila por causa do ponto de parada de ônibus posicionado na aproximação oeste/leste, antes do cruzamento. Nesta simulação foi considerada a remoção do ponto de ônibus para após o cruzamento, o que resultou em maior fluidez do tráfego desta aproximação oeste/leste (Figura 5.5b);
- Av. Sebastião de Abreu: na visualização da simulação, o tráfego do sentido norte/sul da Av. Sebastião de Abreu apresentou boa fluidez, sem formação de fila de veículos. No cruzamento do prolongamento da Av. Paisagística com a Av. Sebastião de Abreu, foi proposto um semáforo com dois estágios. O primeiro estágio dará direito de passagem para os veículos da aproximação sul/norte, e o segundo estágio para escoar o tráfego da aproximação leste/oeste (Av. Paisagística), que deseja realizar o giro à direita, saindo da área (não sendo permitido giro à esquerda). Este segundo estágio também atende os veículos que trafegam no sentido norte/leste, procedente da Av. Sebastião de Abreu e desejam realizar o giro à esquerda para acessar a Av. Paisagística, entrando na área.



(a) Av. Gen. Murilo Borges

(b) Av. Miguel Dias

Figura 5.5. Cenário 2 – pontos de destaques

5.1.4. Cenário 3: Horizonte de projeto de 20 anos

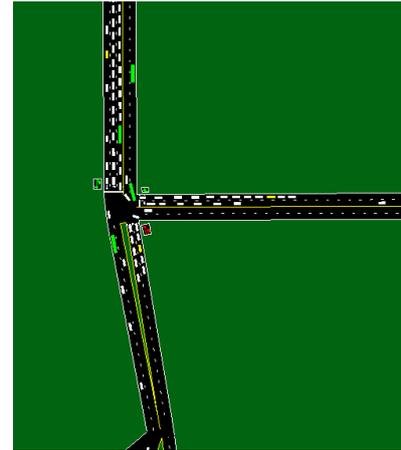
Este cenário considera um horizonte de projeto de 20 anos, considerando, além do aumento da frota de veículos, e a implantação da Linha Leste do Metrô, que ligará a área central da cidade à Av. Washington Soares. A taxa de crescimento da frota de veículos adotada foi de 7% a.a., de acordo com a série histórica do banco de dados do DETRAN-CE. Com implantação desta linha do Metrô, acredita-se que o fluxo de veículos individuais da área será reduzido em torno de 30%, como foi identificado no trabalho realizado pelos alunos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes (ver Anexo II).

Neste cenário, a simulação apresentou resultados razoáveis para a fluidez do tráfego na região estudada, embora continue existindo alguns gargalos devido ao aumento de veículos. O destaque positivo deste cenário foi a implantação do mergulho da Av. Rogaciano Leite (sentido sul/norte), passando por baixo da Av. Washington Soares, dando acesso aos veículos que se destinam à Av. Eng. Santana Junior, saindo da área (vide Figura 5.6a). Os aspectos negativos observados na simulação deste cenário incluem surgimentos de congestionamentos nas vias de entradas da rede, porém, visualmente, observa-se que mudanças nos planos semafóricos podem ajudar a eliminar estes gargalos. Os detalhes observados nas vias foram:

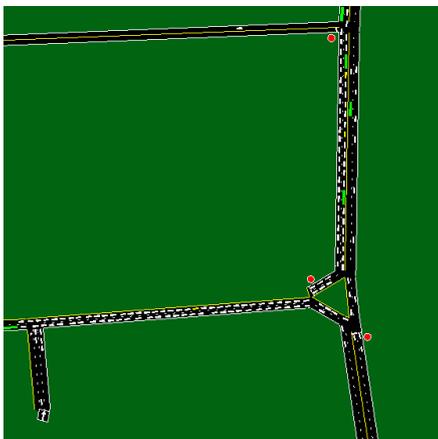
- Av. Eng. Santana Junior/Av. Washington Soares: o semáforo do cruzamento da Av. Washington Soares com a Av. Miguel Dias causa congestionamento na aproximação oeste/leste da Av. Washington Soares, que se propaga até a Av. Eng. Santana Junior. Nesta simulação, esta aproximação foi considerada com 3 faixas de tráfego. Os veículos desta aproximação não precisam mais parar no cruzamento com a Av. Rogaciano Leite, pois será retirado o semáforo e implantado o mergulho. O semáforo deste cruzamento tem três estágios, sendo um estágio exclusivo para atendimento aos pedestres. Um novo plano semafórico poderá dar maior tempo de verde aos veículos da Av. Washington Soares (Figura 5.6a);
- Av. Sebastião de Abreu: a fluidez desta via não fica comprometida. Embora o fluxo de veículos será aumentado, o semáforo a ser implantado no cruzamento com a Av. Paisagística conseguirá manter um bom desempenho na fluidez deste tráfego (Figura 5.6b);
- Av. Paisagística: será formado fila na aproximação norte/sul da Av. Sebastião de Abreu com a implantação do semáforo neste cruzamento. A rotatória a ser implantada no cruzamento da Rua Firmino Rocha Aguiar com a Av. Paisagística não conseguirá atender os veículos que saem do CEC, e se destinam a Av. Sebastião de Abreu (Figura 5.6c). Deverá ser programada a implantação de um semáforo para o local.
- Av. Dr. Valmir Pontes/Av. Maximiliano da Fonseca: o tráfego da aproximação oeste/leste sofre alguma lentidão devido ao semáforo com a Av. Washington Soares. Portanto é sugerida a implantação do alargamento da Av. Dr. Valmir Pontes e da Av. Maximiliano da Fonseca, com três faixas de tráfego por sentido. Um novo plano semafórico também irá melhorar a fluidez dos veículos provenientes da aproximação sul/norte da Av. Washington Soares (Figura 5.6d);
- Av. Gen. Murilo Borges: esta via é a mais prejudicada na área, uma vez que circulam os veículos com origem/destino para as universidades (UNIFOR, FA7, FIC), como também circularam os veículos com origem/destino ao CEC. O atual plano semafórico não atende aos veículos da aproximação oeste/leste da Av. Gal. Murilo Borges. Com o horizonte de 20 anos, os veículos não conseguirão entrar na rede por este acesso, ocasionando congestionamento em toda a via. Além disso, neste cenário os veículos da aproximação sul/norte da Av. Rogaciano Leite, também enfrentam longos congestionamentos (Figura 5.6e). Observando que, a Av. Gal. Murilo Borges é o único acesso à área para dos veículos procedentes da zona oeste da cidade, desta forma deverá ser programada a implantação deste cruzamento em desnível.



(a) Av. Eng. Santana Jr/Av. Washington Soares



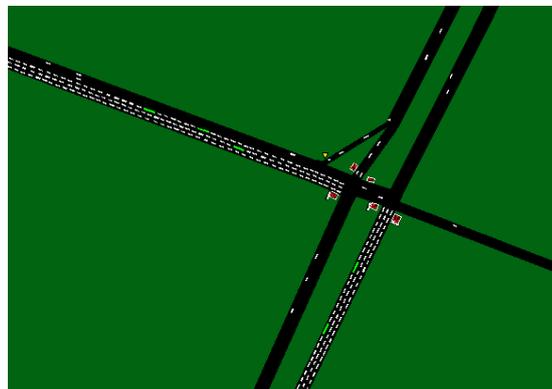
(b) Av. Sebastião de Abreu



(c) Av. Paisagística



(d) Av. Maximiniano da Fonseca/Av. Dr. Valmir Pontes



(e) Av. Gen. Murilo Borges

Figura 5.6. Cenário 3 – gargalos observados

5.2. Comparação das medidas de desempenho

O simulador CORSIM fornece 182 medidas de desempenho (MOE) para a análise operacional da rede (área de estudo). Estas medidas estão descritas em dois arquivos: (1) o arquivo texto com extensão “out” que descreve um relatório resumo destas medidas, a um intervalo de tempo predefinido pelo usuário; e (2) o arquivo binário com extensão “tid” (sigla em inglês para *Time Interval Data*), que descreve a cada minuto todas as medidas de desempenho.

O arquivo “tid” é mais completo e também o que ocupa maior espaço de memória, ao ser processado. Mesmo assim, optou-se por usar este arquivo para uma análise ainda mais detalhada dos cenários. Para obter os resultados de um arquivo binário, foi necessário codificar um programa em linguagem C++ no Microsoft Visual Studio para extrair os resultados do arquivo “tid”. Cada MOE ocupa um espaço fixo da memória no arquivo

binário, a descrição de cada parte de memória foi obtida no manual de descrição dos arquivos de saída do simulador [FHWA, 2008].

As medidas de desempenho caracterizam o tráfego veicular, tais como: velocidade média, volume de tráfego, atrasos, tempo de viagem, tempo em atraso, porcentagem de veículos parados, tamanho da fila e relação M/T (*Move Time/Total Time* – relação entre o tempo em movimento e o tempo total gasto na viagem). Essas medidas foram extraídas dos links que formam os principais cruzamentos da rede viária.

5.2.1. Velocidade média

Analisando os cruzamentos da rede simulada, a Tabela 5.1 compara as velocidades médias entre os cenários. De modo geral, os valores de velocidade média total corroboram com o que já foi relatado nas visualizações: no houve redução da velocidade média total de 25,8 km/h do cenário 0 (situação atual) para 19,2 km/h no cenário 1, e para 19,1 km/h no cenário 3, enquanto houve aumento para 29,4 km/h no cenário 2. Comparando com o cenário atual, os demais cenários apresentaram -26%, +15% e -26% de diferença percentual para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente. Ou seja, apenas na comparação do cenário 0 (atual) com o cenário 2 (equipe técnica) houve um ganho nas velocidades.

Tabela 5.1. Resultados da velocidade média em cada cenário

<i>Cruzamento</i>	<i>Velocidade média [km/h]</i>			
	<i>Cenário 0</i>	<i>Cenário 1</i>	<i>Cenário 2</i>	<i>Cenário 3</i>
Av. Eng. Santana Junior x Av. Washington Soares	38,0	29,8	45,8	37,6
Av. Miguel Dias x Av. Washington Soares	22,2	18,5	24,6	17,1
Av. Miguel Dias x Rua Firmino Rocha	26,1	12,3	16,2	10,9
Av. Miguel Dias x Rua Des. Manuel Sales Andrade	25,5	3,9	19,2	10,2
Av. Miguel Dias x Av. Maximiniano Fonseca	39,5	14,9	23,5	11,9
Av. Rogaciano Leite x Av. Atilano Moura	45,4	19,1	31,6	26,2
Av. Rogaciano Leite x Rua Des. Manuel Sales Andrade	–	–	29,6	19,5
Av. Rogaciano Leite x Av. Gen. Murilo Borges	17,0	14,2	16,0	13,6
Av. Sebastião de Abreu x Av. Paisagística	–	30,1	27,2	14,5
Av. Washington Soares x Av. Sebastião de Abreu	21,7	28,9	49,3	26,7
Av. Washington Soares x Rua Firmino Rocha	15,6	31,4	47,8	32,9
Av. Washington Soares x Rua Des. Manuel Sales Andrade	17,1	20,3	40,5	22,1
Av. Washington Soares x Av. Maximiniano da Fonseca	20,0	15,3	22,2	12,3
Total geral	25,8	19,2	29,7	19,1

A Av. Eng. Santana Junior e a Av. Washington Soares tiveram melhorias expressivas nos valores das velocidades médias, principalmente pelo fato da implantação do mergulho e a retirada dos semáforos neste cruzamento, resultando em aumento da fluidez do tráfego neste local. Enquanto isso, nos cruzamentos da Av. Miguel Dias com Av. Firmino Rocha Aguiar, com a Av. Des. Manoel Sales de Andrade, e com a Av. Maximiniano Fonseca, e da Av. Rogaciano Leite com a Rua Alitano de Moura e o prolongamento da Av. Des. Manoel Sales de Andrade, tiveram reduções consideráveis de velocidade, da ordem de -85%, pelo fato das implantações dos semáforos nestes cruzamentos: 03 (três) a longo da Av. Miguel Dias nos cruzamentos com a Rua Des. Manuel Sales, a Rua Firmino Rocha e a Av. Maximiniano Fonseca; e 02 (dois) na Av. Rogaciano Leite nos cruzamentos com Av. Atilano Moura e prolongamento da Rua Des. Manuel Sales. Observa-se que, estes semáforos foram indicados para melhorar a circulação dos veículos destes locais, devido ao aumento do volume tráfego com a implantação do CEC.

A Tabela 5.2 traz o comparativo da diferença percentual da velocidade média com relação ao cenário 0 (situação atual). Valores negativos representam redução da medida de desempenho e valores positivos referem ao aumento (ganho) da medida de desempenho. Os valores em destaques são os que apresentaram melhorias no sistema viário. Nota-se que o cenário 2 apresentou melhor desempenho das melhorias que os demais.

Tabela 5.2. Diferença percentual da velocidade média com base no Cenário 0 (situação atual)

Cruzamento	Velocidade média			
	Cenário 0	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Av. Eng. Santana Junior x Av. Washington Soares	-22%		20%	-1%
Av. Miguel Dias x Av. Washington Soares	-17%		11%	-23%
Av. Miguel Dias x Rua Firmino Rocha Aguiar	-53%		-38%	-58%
Av. Miguel Dias x Rua Des. Manuel Sales Andrade	-85%		-25%	-60%
Av. Miguel Dias x Av. Maximiniano Fonseca	-62%		-41%	-70%
Av. Rogaciano Leite x Av. Atilano Moura	-58%		-30%	-42%
Av. Rogaciano Leite x Rua Des. Manuel Sales Andrade	-	-	-	-
Av. Rogaciano Leite x Av. Gen. Murilo Borges	-16%		-6%	-20%
Av. Sebastião de Abreu x Av. Paisagística	-	-	-	-
Av. Washington Soares x Av. Sebastião de Abreu		33%	127%	23%
Av. Washington Soares x Rua Firmino Rocha		101%	206%	111%
Av. Washington Soares x Rua Des. Manuel Sales Andrade		18%	137%	29%
Av. Washington Soares x Av. Maximiniano da Fonseca		-23%	11%	-39%
Total geral		-26%	15%	-26%

5.2.2. Porcentagem de veículos parados

Outro parâmetro analisado foi a porcentagem de veículos parados na malha viária estudada. Este parâmetro retrata a parcela de veículos que foram forçados a parar, pelo menos uma vez, enquanto estava no link (trecho da via). A Tabela 5.3 mostra a comparação dos resultados entre os cenários e cruzamentos.

Tabela 5.3. Resultados da porcentagem de veículos forçados a parar em cada cenário

Cruzamento	Veículos parados [%]			
	Cenário 0	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Av. Eng. Santana Junior x Av. Washington Soares	20,6	21,2	7,7	22,7
Av. Miguel Dias x Av. Washington Soares	45,9	27,1	35,4	45,9
Av. Miguel Dias x Rua Firmino Rocha	21,1	27,4	32,9	39,5
Av. Miguel Dias x Rua Des. Manuel Sales Andrade	95,0	40,7	41,8	49,5
Av. Miguel Dias x Av. Maximiniano Fonseca	37,5	36,4	40,5	46,1
Av. Rogaciano Leite x Av. Atilano Moura	29,1	32,0	33,9	30,5
Av. Rogaciano Leite x Rua Des. Manuel Sales Andrade	-	-	49,9	48,0
Av. Rogaciano Leite x Av. Gen. Murilo Borges	26,2	24,7	26,8	35,0
Av. Sebastião de Abreu x Av. Paisagística	-	45,7	36,2	64,2
Av. Washington Soares x Av. Sebastião de Abreu	51,6	12,4	0,6	38,4
Av. Washington Soares x Rua Firmino Rocha	52,3	9,1	0,1	26,7
Av. Washington Soares x Rua Des. Manuel Sales Andrade	38,7	5,6	9,8	26,6
Av. Washington Soares x Av. Maximiniano da Fonseca	45,2	32,7	43,8	43,1
Total geral	43,0	26,3	28,0	39,7

De modo geral, a Tabela 5.3 mostra a redução dos veículos parados entre os cenários, ou seja: 43,0% no cenário 0, contra 26,3% no cenário 1, 28,0% no cenário 2 e 39,7% no cenário 3. Nota-se a grande redução dos veículos parados na Av. Washington Soares, com valores próximos à zero, devido às retiradas dos semáforos nos cruzamentos com a Av. Firmino Rocha Aguiar e Av. Des. Manoel Sales Andrade.

A Tabela 5.4 mostra a comparação percentual das melhorias da medida veículo parado dos cenários 1, 2 e 3, com relação ao cenário 0 (situação atual). Esta medida é a diferença percentual entre os cenários avaliados e o cenário atual.

Tabela 5.4. Diferença percentual dos veículos parados com base no cenário 0

<i>Cruzamento</i>	<i>Veículos parados [%]</i>			
	<i>Cenário 0</i>	<i>Cenário 1</i>	<i>Cenário 2</i>	<i>Cenário 3</i>
Av. Eng. Santana Junior x Av. Washington Soares	3%	-63%	10%	
Av. Miguel Dias x Av. Washington Soares	-41%	-23%	0%	
Av. Miguel Dias x Rua Firmino Rocha	30%	56%	87%	
Av. Miguel Dias x Rua Des. Manuel Sales Andrade	-57%	-56%	-48%	
Av. Miguel Dias x Av. Maximiniano Fonseca	-3%	8%	23%	
Av. Rogaciano Leite x Av. Atilano Moura	10%	16%	5%	
Av. Rogaciano Leite x Rua Des. Manuel Sales Andrade	-	-	-	
Av. Rogaciano Leite x Av. Gen. Murilo Borges	-6%	2%	34%	
Av. Sebastião de Abreu x Av. Paisagística	-	-	-	
Av. Washington Soares x Av. Sebastião de Abreu	-76%	-99%	-26%	
Av. Washington Soares x Rua Firmino Rocha	-83%	-100%	-49%	
Av. Washington Soares x Rua Des. Manuel Sales Andrade	-86%	-75%	-31%	
Av. Washington Soares x Av. Maximiniano da Fonseca	-28%	-3%	-5%	
Total geral	-39%	-35%	-8%	

Os valores em destaque da Tabela 5.4 representam as melhorias deste parâmetro, ou seja, a redução dos veículos forçados a parar nos links (trechos viários). Com a implantação dos mergulhos, a Av. Washington Soares reduziu em até 100% as paradas dos veículos. Apenas no cruzamento com a Av. Maximiniano da Fonseca a redução foi menor, pois houve apenas a implantação de mais uma faixa de tráfego em cada sentido da via, totalizando 3 faixas por sentido. Observa-se que, o ganho bastante considerável na fluidez do tráfego na Av. Washington Soares, resultante das implantações das melhorias sugeridas, compromete a circulação de pedestres, uma vez que serão removidos os semáforos dos cruzamentos com a Rua Firmino Rocha Aguiar e Av. Des. Manoel Sales de Andrade. Para contornar este problema de travessia de pedestres, é sugerida a implantação de passarelas sobre a Av. Washington Soares para atender aos diversos tipos usuários do CEC, incluindo as pessoas com deficiências físicas que irão necessitar de elevadores, ou escada rolante, para poderem chegar ao CEC.

5.2.3. Relação do tempo total em movimento/ tempo total da viagem (M/T)

O parâmetro M/T é a fração do tempo total de viagem em que os veículos estavam de fato em movimento. Este parâmetro é adimensional, calculado pelo CORSIM como o tempo total em movimento (*Total Move Time*) dividido pelo tempo total da viagem (*Total Travel Time*), este último é a soma do tempo total de viagem e do tempo gasto em atrasos.

A Tabela 5.5 mostra os valores da relação M/T para cada cruzamento da área analisada e em cada cenário. Observa-se que, de modo geral, os veículos permaneceram mais de 30% do tempo total em movimento em cada cenário, ou seja: 48%, 34%, 55% e 35% para os cenários 0, 1, 2 e 3, respectivamente.

Tabela 5.5. Resultados da relação M/T em cada cenário

<i>Cruzamento</i>	<i>Relação M/T</i>			
	<i>Cenário 0</i>	<i>Cenário 1</i>	<i>Cenário 2</i>	<i>Cenário 3</i>
Av. Eng. Santana Junior x Av. Washington Soares	0,62	0,48	0,75	0,61
Av. Miguel Dias x Av. Washington Soares	0,38	0,31	0,40	0,29
Av. Miguel Dias x Rua Firmino Rocha	0,64	0,30	0,39	0,26
Av. Miguel Dias x Rua Des. Manuel Sales Andrade	0,63	0,10	0,47	0,25
Av. Miguel Dias x Av. Maximiniano Fonseca	0,70	0,28	0,44	0,25
Av. Rogaciano Leite x Av. Atilano Moura	0,81	0,34	0,56	0,44
Av. Rogaciano Leite x Rua Des. Manuel Sales Andrade	-	-	0,55	0,37
Av. Rogaciano Leite x Av. Gal. Murilo Borges	0,28	0,23	0,26	0,22
Av. Sebastião de Abreu x Av. Paisagística	-	0,54	0,49	0,29
Av. Washington Soares x Av. Sebastião de Abreu	0,35	0,47	0,80	0,43
Av. Washington Soares x Rua Firmino Rocha	0,27	0,57	0,88	0,61
Av. Washington Soares x Rua Des. Manuel Sales Andrade	0,30	0,36	0,80	0,41
Av. Washington Soares x Av. Maximiniano da Fonseca	0,32	0,25	0,36	0,20
Total geral	0,48	0,34	0,55	0,35

Analisando os piores índices da Tabela 5.5 tem-se que a Av. Miguel Dias x Rua Manuel Sales Andrade apresentou 10% de relação M/T para o cenário 1, ou seja, o ponto crítico do cenário 1, que foi observado o

colapso do sistema. Outro cruzamento em destaque é Av. Rogaciano Leite com a Av. Gal. Murilo Borges, com valores abaixo de 30%, embora tenha sido implantada uma terceira faixa na aproximação oeste/leste da Av. Gal. Murilo Borges. Este local foi citado na descrição da visualização da simulação (item 5.1), pois apresentou uma considerável formação de fila, principalmente dos veículos que chegam pela Av. Gal. Murilo Borges, sentido oeste-leste. Este resultado sinaliza, para em futuro próximo, quando o CEC estiver operando na sua capacidade, seja implantado o cruzamento em desnível.

A Tabela 5.6 compara os valores da relação M/T entre os cenários, considerando o cenário 0 (situação atual) como referência. Os valores em destaque representam melhorias para o sistema com o aumento do tempo em movimento dos veículos.

Tabela 5.6. Diferença percentual da relação M/T com base no cenário 0

<i>Cruzamento</i>	<i>Relação M/T</i>			
	<i>Cenário 0</i>	<i>Cenário 1</i>	<i>Cenário 2</i>	<i>Cenário 3</i>
Av. Eng. Santana Junior x Av. Washington Soares		-22%	21%	-1%
Av. Miguel Dias x Av. Washington Soares		-20%	5%	-23%
Av. Miguel Dias x Rua Firmino Rocha		-52%	-38%	-59%
Av. Miguel Dias x Rua Des. Manuel Sales Andrade		-85%	-25%	-60%
Av. Miguel Dias x Av. Maximiniano Fonseca		-60%	-36%	-64%
Av. Rogaciano Leite x Av. Atilano Moura		-59%	-31%	-46%
Av. Rogaciano Leite x Rua Des. Manuel Sales Andrade		-	-	-
Av. Rogaciano Leite x Av. Gen. Murilo Borges		-16%	-6%	-20%
Av. Sebastião de Abreu x Av. Paisagística		-	-	-
Av. Washington Soares x Av. Sebastião de Abreu		33%	127%	23%
Av. Washington Soares x Rua Firmino Rocha		109%	224%	123%
Av. Washington Soares x Rua Des. Manuel Sales Andrade		20%	163%	35%
Av. Washington Soares x Av. Maximiniano da Fonseca		-23%	11%	-40%
Total geral		-29%	13%	-27%

Analisando os dados da Tabela 5.6, verifica-se que são consideráveis os ganhos deste parâmetro com a implantação dos mergulhos na Av. Washington Soares, com valores superiores a 200% no cruzamento com a Rua Firmino Rocha Aguiar. Também, com a implantação do mergulho da Av. Rogaciano Leite com a Av. Washington Soares, com a pista leste passando por baixo da Av. Washington Soares (cenário 3), os resultados mostram que o há considerável ganho na fluidez do tráfego, visto que neste cenário 3 foi considerado o aumento de veículos na rede com a implantação do CEC.

Por outro lado, as reduções do tempo em movimento são notáveis com a implantação de semáforos na Av. Miguel Dias nos cruzamentos com a Rua Firmino Rocha Aguiar e Av. Des. Manoel Sales Andrade, e também na Av. Rogaciano Leite com a Rua Atilano Moura, e com o prolongamento da Av. Manoel Sales de Andrade, chegando estas reduções de até 85%. As implantações de semáforos nestes locais são justificadas para melhor atender o elevado fluxo de veículos devido à implantação do CEC. Novamente, ressalta-se o que este fato já foi observado na visualização da simulação, onde foi considerado o plano semaforico corrente do CTAFOR. Com a adequação deste plano semaforico, de acordo com os reais volumes que circularão por este cruzamento, dando preferência aos veículos que circulam pelas vias de acesso/saída do CEC (Av. Atilano Moura/Rua Firmino Rocha e Av. Des. Manuel Sales), a fluidez do tráfego neste local possa apresentar melhor resultado.

5.2.4. Detalhes das aproximações

Para uma análise mais detalhada, a Tabela 5.7 e a Tabela 5.8 apresentam os resultados obtidos em cada sentido de todas as aproximações analisadas na área de estudo, para as medidas de velocidade e relação M/T. Desta forma, foi possível identificar as aproximações com maiores problemas.

Tabela 5.7. Resultados da velocidade média por sentido da aproximação

<i>Aproximação</i>	<i>Velocidade média [km/h] (diferença percentual)</i>			
	<i>Cenário 0</i>	<i>Cenário 1</i>	<i>Cenário 2</i>	<i>Cenário 3</i>
Leste	30,0	19,0 (-37%)	28,8 (-4%)	18,4 (-39%)
Norte	26,0	17,5 (-33%)	35,4 (36%)	22,3 (-14%)
Oeste	18,6	13,6 (-27%)	23,8 (28%)	10,3 (-44%)
Sul	28,5	25,7 (-10%)	29,2 (3%)	23,1 (-19%)
Total geral	25,8	19,2 (-26%)	29,7 (15%)	19,1 (-26%)

Tabela 5.8. Resultados da relação M/T por sentido da aproximação

<i>Aproximação</i>	<i>Relação M/T (diferença percentual)</i>			
	<i>Cenário 0</i>	<i>Cenário 1</i>	<i>Cenário 2</i>	<i>Cenário 3</i>
Leste	0,57	0,36 (-37%)	0,58 (2%)	0,36 (-36%)
Norte	0,48	0,30 (-37%)	0,62 (27%)	0,41 (-16%)
Oeste	0,35	0,27 (-25%)	0,48 (35%)	0,20 (-42%)
Sul	0,52	0,43 (-18%)	0,50 (-4%)	0,39 (-25%)
Total geral	0,48	0,34 (-29%)	0,55 (13%)	0,35 (-27%)

A Tabela 5.7 e a Tabela 5.8 corroboram o fato de que as melhorias no desempenho do tráfego ocorreram no cenário 2 (proposto pela equipe técnica). Neste cenário, os fluxos de veículos provenientes dos sentidos norte e oeste tiveram os melhores benefícios. Notoriamente, para os veículos do sentido norte do cruzamento da Av. Rogaciano Leite com a Av. Washington Soares, devido a retirada do semáforo e a implantação do mergulho sobre a Av. Washington Soares.

Para os demais cenários, as maiores reduções foram no sentido oeste e leste, tanto para a velocidade no cenário 3 (-44% e -39%), quanto para a relação M/T (-42% e -36%), também no cenário 3. Novamente, estas reduções foram provenientes da implantação dos semáforos e, principalmente, pelo aumento do tráfego na Rua Des. Manuel Sales Andrade, resultante do prolongamento desta via até a Av. Rogaciano Leite, o que possibilitará uma nova rota para o escoamento dos veículos que deixarão o CEC, sentido leste/oeste. Esta nova via (sentido leste/oeste) formará um binário com a Av. Atilano Moura/Rua Firmino Rocha (entrada no CEC) por onde irão trafegar os veículos no sentido oeste/leste. Este aumento de veículos deve alterar a distribuição dos movimentos na Av. Miguel Dias, e conseqüentemente, com este novo binário, a programação semafórica poderá dar a preferência ao tráfego que circulará pelo mesmo.

A Tabela 4.9 mostra a comparação dos valores das velocidades médias nos cruzamentos e nas aproximações da Av. Miguel Dias e da Av. Rogaciano Leite, onde foram constatadas as piores velocidades para os sentidos leste e oeste.

Tabela 5.9. Comparação da velocidade média nos cruzamentos e aproximações com piores índices

<i>Aproximação / Cruzamento</i>	<i>Velocidade média [km/h]</i>			
	<i>Cenário 0</i>	<i>Cenário 1</i>	<i>Cenário 2</i>	<i>Cenário 3</i>
<i>Leste:</i>				
Av. Miguel Dias x Av. Washington Soares	40,7	42,4	42,3	40,4
Av. Miguel Dias x Rua Firmino Rocha	22,6	11,1	12,2	12,3
Av. Miguel Dias x Rua Des. Manuel Sales Andrade	29,9	4,6	27,9	4,6
Av. Miguel Dias x Av. Maximiniano Fonseca	44,4	8,9	29,7	8,0
Av. Rogaciano Leite x Av. Atilano Moura	27,2	10,7	19,1	5,8
Av. Rogaciano Leite x Rua Des. Manuel Sales Andrade	–	–	26,7	21,7
<i>Oeste:</i>				
Av. Miguel Dias x Av. Washington Soares	16,6	9,6	28,4	4,6
Av. Miguel Dias x Rua Firmino Rocha	20,4	21,4	6,8	2,8
Av. Miguel Dias x Rua Des. Manuel Sales Andrade	22,8	4,4	24,4	3,2
Av. Miguel Dias x Av. Maximiniano Fonseca	54,1	20,9	18,3	6,5
Av. Rogaciano Leite x Av. Gal. Murilo Borges	10,7	5,3	4,8	3,0
Total geral	28,9	13,9	21,9	10,3

A Tabela 5.9 mostra os locais onde serão necessárias intervenções. Embora o cenário 2 tenha melhorado a velocidade em vários cruzamentos críticos, no futuro (cenário 3) serão necessárias novas intervenções no sistema viário da área estudada. Novamente, as aproximações que tiveram redução de mais de 40%, ou velocidade inferior a 15 km/h, são as vias que formam o novo binário: Av. Atilano Moura/Rua Firmino Rocha e Rua Des. Manuel Sales de Andrade, e também na Av. Maximiniano da Fonseca/Av. Gal. Murilo Borges. Vale reforçar que não foram consideradas alterações na distribuição dos movimentos nos cruzamentos nas simulações dos cenários propostos. No entanto, acredita-se que com a implantação do novo binário com as vias Rua Firmino Rogua Aguiar e Av. Des. Manoel Sales Andrade, esta distribuição será alterada, o que também justificará as adequações dos planos semafóricos, dando prioridade para as vias do sentido leste e oeste (acesso/saída do CEC), ao invés dos sentidos norte e sul.

6. Conclusão

Este relatório apresentou a simulação de tráfego na rede viária do entorno do Centro de Eventos do Ceará - CEC, em Fortaleza-CE. O objetivo deste trabalho foi investigar os impactos no sistema viário da região com a construção do CEC, e identificar os locais na rede (malha viária) a serem melhorados. Além do cenário com as condições atuais do tráfego (cenário 0), considerando o sistema viário existente em 2011, mais três cenários foram investigados para avaliar as melhorias propostas no sistema viário, para atender o projeto do CEC.

O modelo de simulação CORSIM calibrado para condições dos motoristas e veículos brasileiros (parâmetros das lógicas de *car-following* e do desempenho dos veículos pesados) foi usado neste trabalho. Este modelo de microscópico de simulação de tráfego é um dos modelos mais utilizados pela comunidade científica e profissional, sobretudo sobre a sua capacidade de simular sistemas combinados de vias urbanas e rodovias (pista simples, pista dupla e *freeways*).

Os resultados das medidas de desempenho avaliadas (velocidade, porcentagem de veículos parados e relação M/T) mostraram que o cenário do projeto do CEC acarretará em colapso no sistema viário se as melhorias propostas não forem implementadas, principalmente na mini-rotatória da Av. Miguel Dias x Rua Manuel Sales. O cenário 2 (proposto pela equipe técnica) apresentou o melhor desempenho na fluidez do tráfego da área estudada, onde foi considerando as implantações dos mergulhos de acesso (Rua Firmino Rocha Aguiar) / saída (Av. Des. Manoel Sales de Andrade) ao CEC, na Av. Washington Soares. Por ser uma das vias mais importante para escoar o tráfego da região, e especificamente da rede simulada, a fluidez do trânsito melhorou expressivamente com relação as três medidas de desempenho analisadas, alcançando melhora acima de 200% na velocidade com relação ao cenário 0 (situação atual). Do mesmo modo, os sentidos norte e sul das vias analisadas, também foram os que tiveram melhor desempenho, o que justifica as implantações das melhorias físicas e operacionais propostas neste trabalho, considerando que os maiores volumes de tráfego circulam por estas vias.

Por outro lado, apesar das propostas de melhorias para as vias com circulação de veículos nos sentidos leste/oeste, ou oeste/leste, a simulação apresentou os piores índices, com reduções de até 85% do obtido no cenário 0 (situação atual), como mostrado na Tabela 5.2 e na Tabela 5.6. Ou seja, as vias com piores índices foram a Av. Atilano Moura/Rua Firmino Rocha Aguiar e Rua Des. Manuel Sales (ver Tabela 5.9), o que, conseqüentemente, prejudicaram a fluidez da Av. Rogaciano Leite e da Av. Miguel Dias. No entanto, os resultados das medidas de desempenho e a visualização das simulações revelaram que a implantação dos semáforos trouxe melhorias, no entanto os planos semaforicos devem ser adequados de acordo com o aumento do tráfego resultante da implantação do CEC, visto que a implantação do novo binário no sistema viário (Av. Atilano Moura/Rua Firmino Rocha Aguiar - sentido oeste/leste e Rua Des. Manuel Sales – sentido leste/oeste) trará um aumento significativo de veículos nestas vias.

Outra via que merece atenção quanto ao plano semaforico é a Av. Gen. Murilo Borges (sentido oeste/leste) no cruzamento com a Av. Rogaciano Leite, pois se verificou que com a implantação do CEC, esta via receberá 36% dos veículos com destino aos eventos, logo esta aproximação necessitará de tempo de atendimento ainda maior no seu plano semaforico, mesmo considerando a proposta de implantação de 3 faixas de tráfego. Diante desta situação simulada, é fundamental a implantação do cruzamento em desnível, quando o CEC estiver operando com toda capacidade operacional.

Referência bibliográfica

- CUNHA, A. L. B. N. (2007) Avaliação do impacto da medida de desempenho no equivalente veicular de caminhões. 130p. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.
- EGAMI, C. Y.; SETTI, J. R. A.; RILETT, L. R. (2004) Algoritmo genético para calibração automática de um simulador de tráfego em rodovias de pista simples. **Transportes**, Rio de Janeiro, v.12, n.2, p.5–14.
- FHWA (2008) TRAFVU File Description Document. **Federal Highway Administration**, U.S. Department of Transportation, University of Florida, Washington, D.C.
- FHWA (2009) CORSIM User's Guide. **Federal Highway Administration**, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C.
- HALATI, A.; LIEU, H.; WLAKER, S. (1997) CORSIM – Corridor traffic simulation model. In: TRAFFIC CONGESTION AND TRAFFIC SAFETY IN THE 21st CENTURY: Challenges, Innovations and Opportunities, 1997, Chicago. **Proceedings...** Chicago: American Society of Civil Engineering, p.570–576.
- OWEN, L. E; ZHANG, Y.; RAO, L.; MC HALE, G. (2000) Traffic flow simulation using corsim. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2000, Orlando. **Proceedings...** Orlando: INFORMS Simulation Society, p. 1143–1147.
- PORTUGAL, L. S. (2005) **Simulação de tráfego: conceitos e técnicas de modelagem**. Rio de Janeiro: Editora Interciência.
- PRISMMA (2009) **RIST Relatório de impacto no sistema de trânsito: Pavilhão de Feiras do Estado do Ceará**. Governo do Estado do Ceará.

Anexo I

O Anexo I traz o levantamento das entrevistas realizadas com os usuários durante a 3ª Maquintex (Feira de Máquinas, Equipamentos, Serviços e Química para a Indústria Têxtil), entre os dias 9 e 12 de agosto de 2011, no Centro de Convenções do Ceará na UNIFOR.

Código dos acessos para a Área de Estudo:

Acesso 1: Aproximação Norte/sul do cruzamento da Av. Eng. Santana Junior x Av. Rogaciano Leite
 Acesso 2: Aproximação Norte/sul do cruzamento da Av. Sebastião de Abreu x Av. Washington Soares
 Acesso 3: Aproximação oeste/leste do cruzamento da Av. Murilo Borges x Av. Rogaciano Leite
 Acesso 4: Aproximação sul/Norte do cruzamento da Av. Rogaciano de Abreu x Av. Murilo Borges
 Acesso 5: Aproximação sul/Norte do cruzamento da Av. Washington Soares x Rua Maximiliano Fonseca

<i>Entrevistado</i>	<i>Bairro de origem</i>	<i>Acesso</i>
1	Goiabeiras	1
2	Nova Metrópole	1
3	Henrique Jorge	1
4	Barra do Ceará	1
5	Conjunto Ceará	5
6	Henrique Jorge	5
7	Henrique Jorge	5
8	Cristo Redentor	1
9	Padre Andrade	1
10	Montese	3
11	Tamandaré	3
12	Praia de Iracema	2
13	Turista	1
14	Aldeota	1
15	Vila Peri	3
16	Dionisio Torres	1
17	Antonio Bezerra	1
18	Messejana	5
19	Barroso	5
20	Parangaba	3
21	Manuel Sátiro	3
22	Turista	1
23	Meireles	1
24	Maraponga	3
25	Bairro de Fátima	1
26	Bairro de Fátima	1
27	Meireles	1
28	Conjunto Ceará	1
29	São Gerardo	1
30	Iracema	1
31	Aldeota	1
32	Parangaba	3
33	Vila União	3
34	Edsin Queiroz	5
35	Caucaia	1
36	Maracanaú	5
37	Castelão	3
38	Meireles	1

<i>Entrevistado</i>	<i>Modo de Transporte</i>
1	ônibus
2	ônibus
3	topic
4	ônibus
5	ônibus
6	ônibus
7	topic
8	ônibus
9	carro
10	carro
11	topic
12	carro
13	ônibus
14	carro
15	carro
16	topic
17	carro
18	ônibus
19	carro
20	carro
21	carro
22	ônibus
23	carro
24	carro
25	carro
26	carro
27	carro
28	ônibus
29	ônibus
30	topic
31	ônibus
32	carro
33	ônibus
34	carro
35	carro
36	topic
37	carro
38	carro

39	Messejana	5
40	Horizonte	3
41	Horizonte	3
42	Henrique Jorge	3
43	Horizonte	3
44	Cidade dos Funcionários	5
45	Cambeba	5
46	Montese	3
47	Ellery	1
48	Praia de Iracema	1
49	Pici	3
50	Vila União	3
51	Unifor	5
52	Mucuripe	2
53	Maraponga	3
54	Centro	1
55	Maracanaú	3
56	Parquelândia	1
57	Maracanaú	3
58	Cidade dos Funcionários	5
59	Barra do Ceará	1
60	Eusébio	5
61	São Gerardo	1
62	Damas	3
63	Montese	3
64	Barra do Ceará	1
65	Parnaíba	1
66	Antonio Bezerra	1
67	Itapery	3
68	Cidade dos Funcionários	5
69	Aldeota	1
70	Maracanaú	3
71	Castelão	3
72	Aldeota	1
73	Aldeota	1
74	Antonio Bezerra	1
75	Dionisio Torres	1
76	Horizonte	3
77	Bairro de Fátima	3
78	Conjunto Ceará	1
79	Horizonte	3
80	Messejana	5
81	Beira Mar	1
82	Panamericano	3
83	Messejana	5
84	Henrique Jorge	3
85	Praia do Futuro	2
86	Conjunto Industrial	5
87	Maracanaú	3
88	Maracanaú	3
89	Pernambuco	5
90	Jockey Club	3

39	ônibus
40	carro
41	ônibus
42	carro
43	carro
44	carro
45	carro
46	carro
47	carro
48	carro
49	ônibus
50	carro
51	carro
52	carro
53	carro
54	carro
55	carro
56	carro
57	ônibus
58	carro
59	carro
60	carro
61	carro
62	carro
63	carro
64	topic
65	motocicleta
66	carro
67	carro
68	motocicleta
69	carro
70	carro
71	a pé
72	ônibus
73	carro
74	ônibus
75	ônibus
76	carro
77	carro
78	carro
79	táxi
80	carro
81	carro
82	carro
83	carro
84	carro
85	carro
86	carro
87	motocicleta
88	ônibus
89	carro
90	carro

Anexo II

APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE PREFERÊNCIA DECLARADA NA IDENTIFICAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS RELEVANTES PARA A ESCOLHA DO MODAL DE TRANSPORTES SOB A ÓTICA DOS USUÁRIOS DO CENTRO DE CONVENÇÕES DO CEARÁ

Camila Alves Maia

Maria Elisabeth Pinheiro Moreira

Universidade Federal do Ceará

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes - PETRAN

Leonardo Araújo Rodrigues

Universidade Federal do Ceará

Grupo de Pesquisa em Transporte, Trânsito e Meio Ambiente - GTTEMA

Resumo

Pólos geradores de viagens costumam comprometer a circulação viária de seu entorno, tornando-se necessário implantar medidas mitigadoras que incentivem o uso racional do automóvel e estimulem as pessoas a usar mais frequentemente o transporte público. Diante deste contexto, tomadores de decisão precisam de informações seguras e confiáveis sobre as necessidades de deslocamentos dos usuários desses equipamentos. Este trabalho contém um estudo de caso, no qual se utiliza uma aplicação da Técnica de Preferência Declarada para a identificação de características relevantes aos usuários acerca na escolha do modo em seu deslocamento ao Centro de Convenções do Ceará. Os resultados apontaram que os usuários julgam os atributos custo e tempo de viagem como os de maior importância relativa em seus deslocamentos.

1. INTRODUÇÃO

A implantação de Pólos Geradores de Viagens – PGV's, normalmente, vem sucedida de impactos nas áreas de entorno destes empreendimentos, resultantes, principalmente, da mudança do uso e ocupação do solo, e, conseqüentemente, do surgimento de congestionamentos que comprometem a circulação viária pelo aumento do número de viagens, maior tempo em deslocamento, elevação dos custos operacionais dos veículos, deterioração do meio-ambiente e das edificações, dentre outros prejuízos para a mobilidade dos usuários do sistema, motoristas, ciclistas e pedestres.

Campos e Melo (2005) afirmam que, para melhorar a qualidade de vida nas cidades, é fundamental que os planejamentos do uso do solo e dos transportes estejam relacionados com o desenvolvimento sustentável. Esta visão é importante para que não sejam tomadas decisões, ou medidas de forma isolada, sem uma análise das conseqüências da sustentabilidade nas cidades. Dentre as questões relacionadas com a mobilidade sustentável, destacam-se o uso racional dos automóveis com a restrição às áreas congestionadas, o investimento em transporte coletivo de alta capacidade para torná-los mais eficiente, a oferta de modos de transporte menos poluentes, mais seguros, confortáveis e acessíveis, e o fomento e incentivo ao uso de meios não motorizados (bicicleta e viagens a pé).

Para Gomide (2006), a oferta inadequada de transporte coletivo, além de prejudicar a parcela mais pobre da população, estimula o uso do transporte individual, que aumenta os níveis de poluição e congestionamentos. Estes, por sua vez, drenam mais recursos para a ampliação e construção de vias. O autor também afirma que o uso ampliado do automóvel favorece a dispersão das atividades na cidade, espraçando-a, o que dificulta a acessibilidade urbana por aqueles que dependem do transporte coletivo.

Gakenheimer (1999) afirma que a queda da mobilidade das pessoas através de transporte coletivo está relacionada ao aumento dos congestionamentos, sendo estes causados por vários fatores, tais como: (a) crescimento das taxas de motorização da população; (b) oferta insuficiente de infraestrutura viária; (c) estrutura urbana incompatível com uma maior motorização; (d) manutenção inadequada das vias; dentre outros. Tudo isso contribui para que o sistema de transporte público de passageiros (STPP) fique ainda menos atrativo em relação ao transporte individual, incentivando ainda mais a aquisição de automóveis.

Neste contexto, o transporte público coletivo é um modal importante dentro dos princípios da sustentabilidade, que pode substituir o automóvel, por transportar maior número de pessoas por veículo, diminuir o número de acidentes de trânsito através da redução da circulação dos veículos individuais, melhorar a qualidade de vida das pessoas mediante minimização da poluição ambiental, sonora e visual, contribuindo para um ambiente mais humanizado.

Gomide (2003) afirma que, os usuários dos STPP's no Brasil se situam, em sua maioria, nas classes B e C, estando os das classes D e E atualmente em desvantagem com relação à sua capacidade de realizar viagens, devido não só à inadequação da oferta dos serviços, mas principalmente ao impacto do crescimento das tarifas em relação à renda familiar. Atualmente, a demanda por transporte coletivo em Fortaleza-Ce não é diferente desta demanda nacional do ano de 2003, como mostra os dados da Tabela 1.

Tabela 10: Demanda por Transporte Coletivo em Fortaleza (ETUFOR, 2011)

Classe Econômica	% da População	% da População/Ônibus
A	4,8	2,8
B	14,6	20,5
C	31,2	61,8
D	36,9	13,9
E	12,5	1,2

Diante deste contexto, a fim de tornar o cenário atual da mobilidade das pessoas mais sustentável, os tomadores de decisão precisam de informações seguras e confiáveis sobre as necessidades de deslocamentos dos usuários do sistema de transportes. Dentre as metodologias que avaliam tais necessidades, destaca-se a Técnica de Preferência Declarada (Bradley e Kroes, 1990) que, através de declarações de indivíduos sobre suas preferências, dado um conjunto de opções, estimam-se funções que modelam a estrutura de suas escolhas.

Neste estudo, pretende-se elaborar a modelagem da preferência dos usuários de transportes coletivos e individuais nas suas viagens ao Centro de Convenções do Ceará, na cidade de Fortaleza-Ce, buscando verificar qual a importância relativa de determinados fatores relacionados à escolha dos modos de transporte na realização deste tipo de viagem, incluindo: tempo de viagem, acessibilidade, conforto e custo.

Este artigo apresenta a fundamentação teórica e o desenvolvimento metodológico onde será utilizada a Técnica de Preferência Declarada para identificar a melhor opção de atendimento aos deslocamentos dos usuários do Centro de Convenções do Ceará. Para tanto, foram realizadas entrevistas com estes usuários, utilizando questionários elaborados segundo tal técnica, e, em seguida, foram analisados os resultados, seguidos pelas principais conclusões e recomendações sobre o tema estudado.

2. MODOS DE TRANSPORTE

Nas áreas urbanas, a ocupação do solo por diferentes usos gera a necessidade de deslocamento das pessoas e veículos, sejam por motivos de trabalho, negócios, educação, saúde, e lazer. Assim, para as pessoas se movimentarem e vencerem as distâncias dos espaços geográficos e poderem participar de alguma atividade, faz-se uso de algum tipo de transporte. Os modos de transportes, segundo Ferraz e Torres (2001) são classificados em três grupos: (i) o privado ou individual, cujas principais características incluem a possibilidade de escolher o caminho e a hora da viagem, possuir capacidade reduzida, incluindo os modos a pé, de bicicleta, motocicleta, carro, etc.; (ii) o semipúblico que só atende a um determinado grupo de usuários com rotas e horários adaptáveis, como táxis, lotações, ônibus fretados e outros; e (iii) o público, o coletivo, ou de massa, que operam em rotas fixas e horários pré-definidos, com veículos de grande capacidade, incluindo os ônibus, o metrô, o pré-metrô, o bonde, o trem suburbano, e outros.

Para identificar como as pessoas escolhem o modo de transportes para realizarem seus deslocamentos, neste trabalho foi realizada uma pesquisa de opinião juntos aos usuários, do Centro de Convenções do Ceará, e assim identificar a importância dada a cada atributo analisado.

3. MODELAGEM ATRAVÉS DA TÉCNICA DE PREFERÊNCIA DECLARADA

A abordagem de Preferência Declarada, embora originária da área de *marketing*, vêm apresentando uma crescente aplicação em outras áreas de pesquisa aplicada (Bastos, 1994). Métodos para a obtenção de preferências declaradas referem-se a uma família de técnicas, as quais utilizam respostas individuais acerca da preferência, em um conjunto de opções (cenários), de forma a estimar funções utilidade (Kroes e Sheldon, 1988). Para estabelecer o conjunto de cenários, parte-se de descrições de situações ou contextos, possibilitando, assim,

estudar preferências que não podem ser diretamente medidas, tendo vista que as situações analisadas são fictícias.

Para Green e Scrivivasan *apud* Sheldon (1991), os métodos de Preferência Declarada são definidos como quaisquer métodos decomposicionais que estimem uma estrutura das preferências dos usuários, utilizando sua avaliação global a respeito de um conjunto de alternativas pré-especificadas em níveis de diferentes atributos.

A modelagem deste estudo tem como principal subsídio para análise o modelo comportamental desagregado do tipo *Logit Multinomial*, e para seu delineamento, é necessário, inicialmente, medir quantitativamente as preferências dos usuários, medida esta baseada no conceito de utilidade e formalizada através de uma função utilidade. Assim, segundo Ferguson (1994), a principal hipótese acerca da teoria do comportamento do consumidor e da demanda é que o consumidor procura alocar sua renda monetária (limitada) entre bens e serviços, de tal forma a maximizar sua satisfação.

Normalmente, a função utilidade tem forma de modelos aditivos compensatórios, já que se pode melhorar um atributo piorando outro, e assim, manter o mesmo nível de utilidade. Esta função apresenta a configuração geral apresentada na Equação 1:

$$U_i = a_1X_1 + \dots + a_nX_n \quad (1)$$

onde:

U_i é a utilidade da opção i ;

$X_1 \dots X_n$ são os atributos do produto (serviço);

$a_1 \dots a_n$ são os coeficientes do modelo, correspondente ao peso relativo de cada atributo incluído no modelo.

Assim, a partir da utilização de técnicas de Preferência Declarada e da calibração de uma função utilidade, obtém-se a base de dados necessária para utilização de Modelo *Logit Multinomial*, conforme a Equação 2:

$$P_i = \frac{e^{U_i}}{\sum_{j=1}^n e^{U_j}} \quad (2)$$

onde:

P_i : probabilidade da alternativa i ser escolhida;

e : base do logaritmo neperiano (2,78182);

j : alternativas consideradas e

U_j : utilidade das alternativas consideradas.

Em um modelo experimental de Preferência Declarada, o número total de alternativas pode ser definido como uma função do número de atributos e dos níveis envolvidos. Todavia, cada grupo de alternativas a ser submetido aos entrevistados devem ser limitadas, razoavelmente, a um número de alternativas. Ou seja, um modelo que incorpora todas as possíveis combinações, de todos os níveis de cada atributo (Modelo Fatorial Completo) pode ser reduzido a uma quantidade limitada de atributos e níveis.

4. ESTUDO DE CASO

Na cidade de Fortaleza, está sendo construído o Centro de Eventos do Ceará, com capacidade para abrigar até 30 mil pessoas em um único evento e que ocupará uma área total de 173 mil metros quadrados (incluindo urbanização, estacionamento e edificação), dos quais 73 mil são direcionados para exposição e 21 mil para jardins (SEINFRA, 2009). O projeto inclui dois blocos subdivididos em módulos estanques, área de estacionamento com 2.500 vagas, e uma Praça de Convivência, área onde estarão localizados equipamentos gastronômicos, espaços para encontros, lazer e entretenimento. Assim, a implantação deste grande empreendimento poderá resultar em grandes impactos ao tráfego de sua área de influência. Desta forma, torna-se necessário a realização de um estudo com uma abordagem sistêmica de análise e tratamento das informações, levando em consideração todos os efeitos indesejáveis à mobilidade dos usuários.



Figura 7: Centro de Eventos do Ceará (Governo do Estado do Ceará, 2011)

Estudos do Banco Mundial (World Bank, 2003) indicaram que os serviços públicos atendem melhor aos mais pobres quando os usuários participam da especificação da qualidade, quantidade e avaliação dos serviços que recebem. A redução dos tempos de espera, a melhoria do acesso físico às redes, o aumento do conforto, entre outros benefícios, podem ser conseguidos por meio da promoção da participação do usuário, expressando sua opinião e preferências.

A fim de estudar as dimensões avaliativas dos deslocamentos dos usuários em potencial ao novo Centro de Eventos do Ceará, foi realizada uma pesquisa junto aos atuais usuários do Centro de Convenções do Ceará, o qual está localizado na mesma área de influência, com o propósito de se ranquear a importância das características de suas viagens. O produto deste estudo irá subsidiar os gestores na identificação de quais medidas mitigadoras podem ser implantadas para reduzir os impactos na mobilidade e acessibilidade das pessoas.

4.1. Montagem dos Experimentos

Inicialmente, buscou-se montar dois experimentos visando analisar situações distintas. No primeiro foram analisadas as preferências dos usuários com relação ao transporte individual e sua integração com o transporte coletivo. No segundo, procurou-se identificar as preferências relacionadas apenas ao modal coletivo (ônibus e ônibus/metrô).

Em seguida, identificaram-se atributos determinantes nas escolhas de rotas, baseados em estudos anteriores. Na determinação dos níveis, procurou-se aproximar da realidade encontrada em Fortaleza, adotando variações associadas à simulação da viagem utilizando o modo carro; integrando os modos carro e ônibus; ou carro e metrô (Experimento 1 da Tabela 2) e utilizando o modo ônibus; ou ônibus e metrô (Experimento 2 da Tabela 3).

Tabela 11: Experimento 1- Atributos e variações de seus respectivos níveis

Atributos Níveis	Modo	Tempo de Viagem	Conforto	Custo
0	Carro	Até 50 min	Baixo	R\$ 25,00
1	Carro +	Até 40 min	Médio	R\$ 13,00
2	Ônibus Carro + Metrô	Até 30 min	Alto	R\$ 12,00

Tabela 12: Experimento 2- Atributos e variações de seus respectivos níveis

Atributos Níveis	Modo	Tempo de Viagem	Acessibilidade de	Custo
0	Ônibus	Reduzido	Boa	R\$ 2,00
1	Ônibus +Metrô	Atual	Reduzida	R\$ 3,00

O Experimento 1, com 4 atributos e 3 níveis, resultou em $3^4 = 381$ combinações possíveis. Brandão Filho (2005) adverte que, a premissa básica para questionários de preferência declarada é formar cartões que proporcionem uma maior captação possível dos efeitos de cada atributo, sem causar cansaço ao respondente,

assim, considerou-se a técnica de fatorial fracionário, desenvolvida por Box, Hunter e Hunter dentre outros *apud* Souza (2006), adotando-se 24 alternativas. Já no Experimento 2, por possuir uma quantidade inferior de níveis, optou-se por utilizar todas as $2^4 = 16$ combinações.

A adaptação dos experimentos de escolha foi feita através da seleção dos atributos a serem avaliados, seus respectivos níveis, e da apresentação dos estímulos. Existem três métodos básicos para apresentar os estímulos: descrição verbal, parágrafos descritivos e representação pictorial. Neste trabalho, usou-se a coleta tradicional, baseada em cartões com figuras que apresentam os estímulos aos entrevistados (Figura 2).

Opção	MODO	TEMPO DE VIAGEM	CONFORTO	CUSTO DA VIAGEM
1	Carro + metrô 	até 50 min 	Alto 	R\$ 25,00 
2	Carro 	40 min 	Médio 	R\$ 12,00 
3	Carro 	40 min 	Baixo 	R\$ 13,00 
4	Carro + ônibus 	até 30 min 	Alto 	R\$ 25,00 

Figura 8: Exemplo de cartão utilizado na pesquisa com os usuários (Experimento 1)

No Experimento 1, das 24 alternativas adotadas, foram gerados 6 tipos de cartões de escolha, possuindo cada um, 4 cenários (combinações de níveis) diferentes, mostrados na Tabela 3.

Tabela 13: Cartões do Experimento 1 com cenários propostos pela técnica do fatorial fracionado

Cenários Cartões	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Cartão 1	0110	0101	1010	1001
Cartão 2	0202	2020	2002	0220
Cartão 3	1212	2112	2121	1221
Cartão 4	2100	0021	0012	1200
Cartão 5	0211	2011	1102	1120
Cartão 6	2210	2201	0122	1022

No Experimento 2, foram gerados 4 tipos de cartões, com 4 cenários cada, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Cartões do Experimento 2 com seus respectivos cenários

Cenários	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Cartões				
Cartão 1	0001	0000	0101	0100
Cartão 2	1001	0011	1000	0010
Cartão 3	1101	0111	1100	0110
Cartão 4	1011	1010	1111	1110

4.2. Método de coleta de dados

Para conhecer os perfis dos usuários entrevistados, montou-se um questionário com perguntas acerca do seu perfil socioeconômico (variáveis: sexo, idade, escolaridade e renda) e das características da viagem realizada ao local (variáveis: origem da viagem, modo utilizado e frequência anual). Em cada cartão, os entrevistados declaram as suas preferências segundo o método de *ranking*, através do qual se colocam as alternativas em ordem de preferência.

A pesquisa foi realizada durante a feira MAQUITEX, no Centro de Convenções, em agosto de 2011. A equipe, composta por quatro pesquisadores, obteve um total de 97 entrevistados, sendo aleatório o processo de escolha do entrevistado.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA

5.1. Perfil dos entrevistados

A seguir, são apresentados os resultados das informações coletadas junto aos usuários.

- **Sexo:** a alta participação das mulheres na composição dos usuários (62%) é justificada pela grande participação da mão de obra feminina no mercado de confecção de roupas.
- **Faixa Etária:** a maioria dos entrevistados tem idade entre 35 e 44 anos (38%), caracterizando um grupo de adultos.
- **Escolaridade:** observou-se que grande parte dos entrevistados possui ensino médio completo (34%), ou superior completo (34%).
- **Profissão:** a maioria dos entrevistados é constituída por comerciantes, empresários, e representantes, o que é justificado pelo motivo do evento, inovações em máquina e serviços na área da confecção de roupas.
- **Renda média mensal:** os dados demonstram que a maioria (41%) dos entrevistados tem renda entre 1 e 3 salários mínimos.
- **Origem das viagens:** o maior número de deslocamento teve origem na cidade de Maracanaú, distrito industrial da Região Metropolitana de Fortaleza - RMF, com 10% das viagens, seguido da cidade de Horizonte, que também faz parte da RMF, com 8%. Em seguida, estão os bairros de Fortaleza-Ce: Cidade dos Funcionários, Aldeota e Messejana, com 5%.
- **Modo utilizado na viagem:** a grande maioria dos entrevistados (76%) utilizou o modo carro para realizar seu deslocamento. O segundo mais citado foi o modo ônibus (12%), seguido da motocicleta (5%).
- **Frequência:** grande parte dos entrevistados (73%) disse que comparece ao Centro de Convenções de duas a três vezes por ano.

5.2. Calibração da função utilidade

No Experimento 1, que relaciona o automóvel com modos de transporte público, foram realizadas 66 entrevistas, nas quais, cada entrevistado realizou duas escolhas, gerando um total de 132 escolhas. Já no Experimento 2, realizaram-se 31 entrevistas, onde cada entrevistado realizou quatro escolhas, totalizando 124 escolhas.

As funções utilidade foram obtidas através do programa LMPC (Souza, 1999), utilizando o método de Newton-Raphson para ajuste dos parâmetros a partir de uma solução inicial. Como resultados da calibração dos modelos estimados, são apresentados os coeficientes dos atributos de cada experimento, o erro, as estatísticas t-

Student e os intervalos de confiança. Os resultados das estimações para os Experimento 1 e 2 encontram-se expressos nas Tabela 6 e 7, respectivamente.

Tabela 14: Experimento 1 - Resultados obtidos através do LMPC

Atributos	β	Erro	Teste t	IC (t=2,5%)
Modo	-0,0420	0,0880	-0,4776	[-0,218 ; 0,134]
Tempo de viagem	0,1859	0,0981	1,8940	[-0,010 ; 0,382]
Conforto	0,3143	0,0958	3,2817	[0,123 ; 0,506]
Custo	0,9698	0,1112	8,7249	[0,748 ; 1,192]

Outras estatísticas:

Número de Entrevistas = 124

Número de Escolhas = 372

Rho = 0,2132

Rho (Ajt) = 0,2030

Tabela 15: Experimento 2 - Resultados obtidos através do LMPC

Atributos	β	Erro	Teste t	IC (t=2,5%)
Modo	0,7214	0,1440	5,0081	[0,433 ; 1,010]
Tempo de viagem	0,8316	0,1450	5,7330	[0,541 ; 1,122]
Acessibilidade	0,6710	0,1355	4,9506	[0,400 ; 0,942]
Custo	-0,6491	0,1332	-4,8723	[-0,916; -0,383]

Outras estatísticas:

Número de Entrevistas = 124

Número de Escolhas = 372

Rho = 0,1610

Rho (Ajt) = 0,1509

Analisando os valores da Tabela 6, observa-se que o total de entrevistas (124) está inferior à quantidade esperada (132) pelo fato de o programa ter identificado 08 entrevistas como discrepantes, as quais foram desconsideradas na análise. Este fato não ocorreu no Experimento 2. Quanto aos coeficientes, têm-se atributos diretamente proporcionais à utilidade (sinal positivo), como o tempo de viagem, conforto e custo; e um atributo inversamente proporcional à utilidade (sinal negativo), o modo de transporte. No Experimento 2, o custo também apresentou desutilidade (sinal negativo).

Os valores obtidos para o teste t-Student (Experimentos 1 e 2) mostraram que todos os coeficientes β dos atributos foram significativos a um nível de significância de 0,25 (95 % de confiança). Quanto ao valor do Rho, no Experimento 1 encontra-se dentro do intervalo aceitável, que compreende valores entre 0,2 e 0,4, embora o Experimento 2 tenha apresentado um valor ligeiramente inferior, foi aceito pelo fato da amostra obtida estar dentro do sugerido pelo programa, e também por não ter apresentado nenhuma discrepância nos resultados.

Tomando-se como base os dados das Tabelas 6 e 7, é possível expressar formalmente as funções utilidade de cada experimento, que evidenciam o comportamento da escolha de todos os entrevistados através das Equações 3 e 4:

$$U_{\text{Experimento1}}(\mathbf{X}) = -0,0420X_1 + 0,1859X_2 + 0,3143X_3 + 0,9698X_4 \quad (3)$$

$$U_{\text{Experimento2}}(\mathbf{X}) = 0,7214X_1 + 0,8316X_2 + 0,6710X_5 - 0,6491X_4 \quad (4)$$

onde X_1 : modo, X_2 : tempo de viagem, X_3 : conforto, X_4 : custo e X_5 : acessibilidade.

As Figuras 5 e 6 mostram a importância relativa dos atributos considerados nos Experimentos 1 e 2, respectivamente.

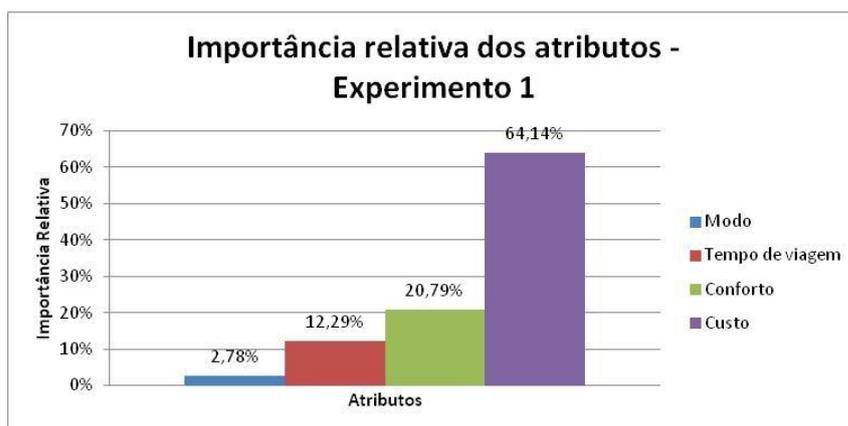


Figura 9: Importância relativa dos atributos no Experimento 1



Figura 10: Importância relativa dos atributos no Experimento 2

Analisando a Figura 5, percebe-se que, no Experimento 1, o atributo “Custo” apresentou maior valorização por parte dos usuários quando realizam suas viagens ao Centro de Convenções, enquanto o atributo “Modo de transporte” revelou ser de baixa importância nas suas escolhas.

Segundo o LMPC, o cenário que apresentou maior probabilidade de escolha (13%) no Experimento 1 possui todos os atributos no nível 2, que representa a situação de viagem realizada através da integração de automóvel com metrô, com tempo de viagem de até 30 minutos, alto conforto e custo de R\$12,00. Assim, pode-se concluir que a maioria dos usuários do Centro de Convenções está disposta a substituir a viagem realizada apenas por automóvel pela integração deste com o metrô, desde que essa viagem possua um custo acessível.

Já no Experimento 2 (Figura 6), nota-se que a importância relativa dos atributos está mais uniforme, com um suave destaque no atributo “Tempo de Viagem”, seguido do “Modo de transporte”. Os atributos “Acessibilidade” e “Custo” tiveram menor importância relativa, segundo os usuários.

Segundo o LMPC, no Experimento 2, o cenário com maior probabilidade de escolha (20%) possui no nível 1 os atributos “Modo de transporte”, “Tempo de Viagem” e “Acessibilidade”, e “Custo” no nível 0, representando uma viagem realizada através da integração de ônibus com metrô, sem alteração no tempo de viagem, acessibilidade reduzida, e custo de R\$2,00. Neste experimento, também se constatou a aceitação da integração com o modo metrô pelos usuários, mas houve divergência quanto à importância relativa do tempo de viagem, já que o cenário com maior probabilidade de escolha não possui o nível referente ao tempo reduzido.

O valor monetário que os usuários entrevistados estão dispostos a pagar pela melhoria de um certo atributo (A_x) é obtido através da Equação 5.

$$\text{Custo } A_x = \left| \frac{A_x}{(C_{\text{custo}}/\ln(\text{renda}))} \right| \quad (5)$$

onde: A_x : coeficiente do atributo; C_{custo} : coeficiente do atributo “Custo”; e $\ln(\text{renda})$: logaritmo natural da renda média por habitante da cidade.

Os valores monetários dos atributos dos Experimentos 1 e 2 são indicados nas Tabelas 8 e 9, considerando o valor da renda média por habitante da cidade de Fortaleza como 2,3 salários mínimos por habitante, o que equivale a R\$1.253,50/hab (IBGE, 2010).

Tabela 16: Custos dos atributos do Experimento 1

Atributo	Custo
Modo	R\$ 0,31
Tempo de viagem	R\$ 1,37
Conforto	R\$ 2,31

Tabela 17: Custos dos atributos do Experimento 2

Atributo	Custo
Modo	R\$ 7,93
Tempo de viagem	R\$ 9,14
Acessibilidade	R\$ 7,37

Analisando os dados da Tabela 8, verifica-se que os usuários do Experimento 1, estão dispostos a pagar mais por melhorias no conforto da viagem, mas não se mostram atraídos a mudanças no modo de transporte. Quanto ao Experimento 2 (Tabela 9) constata-se que os usuários estão dispostos a pagar mais por menor tempo de viagem, seguido de integração com o metrô e de um transporte público mais acessível.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A finalidade desse estudo foi a utilização da Técnica de Preferência Declarada para modelar a demanda por transportes dos usuários do Centro de Convenções do Ceará. As principais vantagens observadas, quanto ao uso dessa técnica, são o fato de que poucas entrevistas são necessárias para a obtenção de um modelo consistente, e a compreensão dos padrões de comportamento dos usuários que regem as tomadas de decisões sobre suas viagens. Além disso, essa técnica possibilita a mensuração de variáveis tanto quantitativas (tempo e custo de viagem) como qualitativas (conforto, modo de transporte e acessibilidade).

Percebe-se que a maioria dos usuários entrevistados realizou a viagem ao Centro de Convenções através de carro, mas estes apresentaram grande aceitação sobre a integração com o modo metrô, desde que estas viagens tenham um baixo custo e um tempo reduzido.

Através dos resultados obtidos, conclui-se que é necessário realizar estudos de planejamento de transportes que atendam às necessidades nos deslocamentos dos usuários. A Técnica de Preferência Declarada mostra-se adequada na identificação das alternativas de viagens que retratam as preferências dos usuários.

Complementando o presente estudo, embora a pesquisa tenha consultado usuários de um dos maiores eventos realizado no Centro de Convenções, recomenda-se a aplicação da técnica em novos experimentos, abrangendo um maior número de usuários com diferentes perfis socioeconômicos, possibilitando ajustes mais precisos nos modelos propostos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bastos, L. C. (1994) Planejamento da Rede Escolar: Uma Abordagem Utilizando Preferência Declarada. Tese de doutorado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC.
- Bradley, M. A.; Kroes, E. P. (1990) Simultaneous analysis of stated preference and revealed preference information. In: PTRC Summer Annual Meeting Seminar On Transportation Planning Methods, 18., Sept. 1990, University of Sussex. England, Proceedings... p. 1-16.
- Brandão Filho, J. E. (2005) Previsão da Demanda por Gás Natural Veicular: Uma Modelagem Baseada em Dados de Preferência Declarada e Revelada. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE.
- Campos, V.B.G.; Melo, B. P. (2005) Estratégias Integradas de Transporte e Uso do Solo Visando a Redução de Viagens por Automóvel. In: XV Congresso de Transporte e Trânsito. Goiânia, GO.
- ETUFOR (2011) Manual do Planejamento de Transportes de Fortaleza. Empresa de Transporte Urbano de Fortaleza. Fortaleza, CE.
- Ferguson, C. E. (1994) Microeconomia. Editora Forense Universitária Ltda. Rio de Janeiro, RJ.
- Ferraz, A. A. P.; Torres, I.G.E. (2001) Transporte Público Urbano. 1ª Edição. Editora RiMa. São Carlos, SP.
- Gakenheimer, R. (1999) Urban Mobility in the Developing World. Transportation Research Part A. n. 33, pp. 671-689.
- Gomide, A. A. (2006) Mobilidade Urbana, Desigualdade e Políticas Públicas. In: XX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Brasília, DF.
- Gomide, A. A. (2003) Mobilidade Urbana e Inclusão Social: Desafios Para o Transporte Urbano no Brasil. Revista dos Transportes Públicos - ANTP, nº 100, pp. 57-64.
- Governo do Estado do Ceará (2011) Disponível em <<http://www.ceara.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/4157-governo-investe-mais-de-r-5363-milhoes-em-turismo-de-negocios>> Acesso em 25/08/2011.
- Kroes, E.; Sheldon, R.J. (1988) Stated preference methods. An introduction. Journal of Transport Economics and Policy, London, v. XXII, n. 1, p. 11-25.
- SEINFRA (2009) Secretaria de Infraestrutura do Estado do Ceará. Disponível em <seinfra.ce.gov.br/index.php/noticias/16-antiores-a-mar2011/249-avancam-as-obras-de-construcao-do-centro-de-eventos-do-ceara> Acesso em 26/09/2011.
- Sheldon, R. (1991) Design and Conduct of Stated Preference Surveys. In PTRC Course: Introduction to Stated Preference Techniques.

Souza, O. A. (1999) Delineamento Experimental em Ensaios fatoriais Utilizando a Técnica de Preferência Declarada, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia de Produção, Florianópolis/SC.

Souza, O. A. (2006) Delineamentos de Experimentos em Ensaios Fatoriais Utilizados em Preferência Declarada: Uma Aplicação em Benchmarking. Revista Ciências Exatas e Naturais, Vol. 8, n° 1.

World Bank (2003) World Development Report 2004: Making Services Working for the Poor. Disponível em: <<http://econ.worldbank.org/wdr/wdr2004/>> Acesso em 26/08/2011.

Camila Alves Maia (camilaalves@det.ufc.br)

Maria Elisabeth Pinheiro Moreira (beth@det.ufc.br)

Leonardo Araújo Rodrigues (leonardo.engcivil@live.com)

Departamento de Engenharia de Transportes, Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará Campus do Pici, s/n Bloco 703, CEP 60455-760 – Fortaleza, CE, Brasi