

MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS CAUSADOS NO SISTEMA DE TRANSPORTES DO ENTORNO DO TERMINAL DE ÔNIBUS URBANO DO PAPICU, DEVIDO À IMPLANTAÇÃO PARCIAL DO 1º ANEL VIÁRIO DE FORTALEZA

José Iran de Oliveira Lopes Filho

Centro de Formação de Recursos Humanos em Transporte – CEFTRU
Universidade de Brasília - UnB

Francisco Suliano Mesquita Paula

Paulo Marinho de Paiva Neto

Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e Cidadania de Fortaleza – AMC

Mário Angelo Nunes de Azevedo Filho

Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes - PETRAN
Universidade Federal do Ceará – UFC

Resumo

Esta Comunicação Técnica tem como objetivo apresentar um estudo de mitigação dos impactos causados no sistema de transportes, do entorno do Terminal de Ônibus Urbano do Papicu, devido à implantação parcial do 1º Anel Viário de Fortaleza. O projeto dessa via permite a ligação leste-oeste do município, contornando a área central e o centro expandido, com viadutos sobre as principais avenidas, além de uma ciclovia entre suas pistas. Entretanto, por falta de recursos financeiros, tal via foi implantada parcialmente, além do que algumas interseções, como Av. Santos Dumont x 1º Anel Viário, foram sinalizadas com semáforos. Após a implantação parcial do 1º Anel Viário, constataram-se excessivos atrasos veiculares nas aproximações da área em estudo. Diante disso, foram realizadas diversas pesquisas que sinalizaram um novo cenário de intervenção para a solução da problemática. Adotando-se a proposta sugerida, a avaliação da mesma comprovou a redução dos atrasos veiculares nas aproximações estudadas.

Abstract

This report presents the results of a study about the mitigation of the impacts caused by the construction of a new road in the area of the Papicu Bus Terminal. This “ring road” will create a new east-west link that passes around the City Centre and a larger area composed by highly occupied districts. Flyovers for the main interchanges and a bikeway in the central part of the road were devised. Due to the lack of resources, that road was only partially executed and important interchanges are operating with traffic lights. That is the case of the Santos Dumont Ave. x 1st. Ring Road intersection. Excessive traffic delays were observed on the main approaches. Several surveys and studies were carried out and a new scenario was projected. The proposed measures were put into operation and new surveys were accomplished. The evaluation of the results demonstrated a considerable delay reduction.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

O 1º Anel Viário foi previsto pela atual Lei nº 7987 de 23/12/1996 de Uso e Ocupação do Solo de Fortaleza – LUOS/FOR (PMF, 1996). O projeto dessa via permite a ligação das áreas leste-oeste, contornando a área central e o centro expandido, com a implantação de viadutos sobre as principais avenidas, além de uma ciclovia entre suas pistas. Porém, por falta de recursos financeiros, algumas interseções não foram contempladas com tais obras-de-arte e, conseqüentemente, parte das mesmas (por exemplo, Av. Santos Dumont x 1º Anel Viário) foram sinalizadas com semáforos.

No entorno dessa área, localizam-se vários equipamentos urbanos, além de importantes vias do sistema de circulação viária, conforme demonstra a Figura 1. Com relação aos equipamentos urbanos, estes são caracterizados pela diversidade das atividades. Dentre eles, pode-se destacar o Terminal de Integração do Sistema de Transporte Público por Ônibus do Papicu, residências uni e multi-familiares, estabelecimentos comerciais diversos, grandes pólos geradores de tráfego (hipermercados, instituições de ensino fundamental, médio e superior), serviços, etc. Por outro lado, o sistema viário da área em estudo é caracterizado pela presença de vias, segundo a LUOS/FOR, classificadas como “Arteriais” (Av. Santos Dumont,

Rua Frei Mansueto, Av. Eng. Santana Júnior, Av. Dom Luis e Av. Júlio Abreu) e ‘Expressa’ (1º Anel Viário), que exercem a função de escoar o tráfego de passagem leste-oeste e norte-sul. Convém salientar que existe um ramal ferroviário de cargas, de sentido sul-norte, localizado entre a Av. Jangadeiro e o 1º Anel Viário, que intercepta a Av. Santos Dumont.

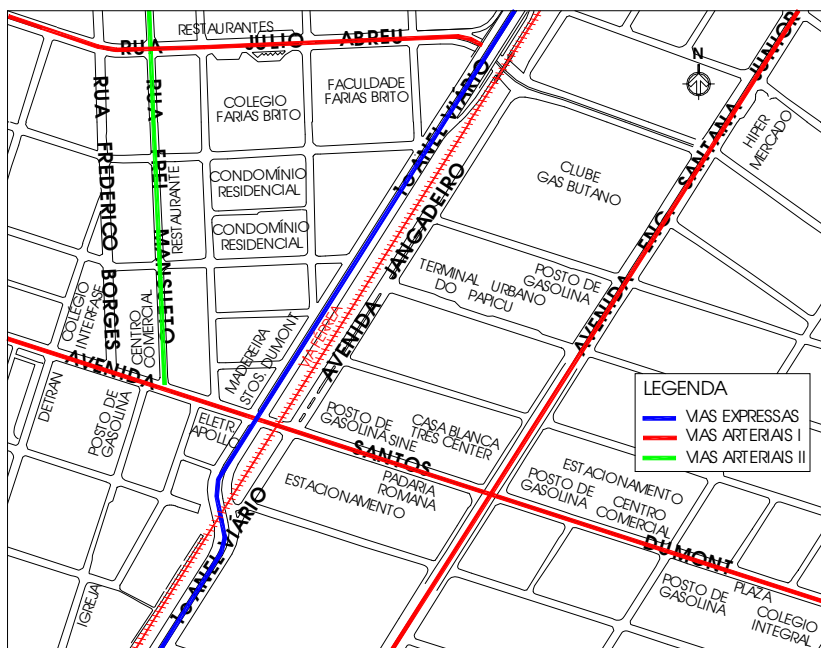


Figura 1: Localização dos Principais Equipamentos Urbanos e Classificação do Sistema de Circulação Viária

Com isso, após o dia 13 de abril de 2004, o tráfego de veículos que transita nos sentidos norte-sul e sul-norte foi contemplado com a inauguração de aproximadamente 50% do 1º Anel Viário. Para que fosse possível adequar a saída dos ônibus do Terminal do Papicu pela Av. Jangadeiro em direção à Av. Santos Dumont, foi necessário acrescentar um novo estágio demandando na operação do semáforo da interseção da Av. Santos Dumont com o 1º Anel Viário. Por ocasião de visitas *in-loco* constatou-se, após o início da operação do terceiro estágio, a ocorrência de excessivos atrasos veiculares ocasionados pela formação de filas na aproximação norte da Rua Frei Mansueto e na Av. Santos Dumont. Na interseção da Av. Santos Dumont com o 1º Anel Viário, foi necessário implantar um ciclo semafórico de 144 segundos, dos quais 10 segundos são de vermelho geral, justificados pela insegurança em transpor a via férrea e ainda os 60 metros de largura das vias transversais. Além disso, os atrasos podem ser ainda maiores devido à ocorrência da passagem do trem de carga, mesmo com baixa frequência, ocasionando o acúmulo de filas durante vários ciclos.

Diante dessa problemática, foi necessário realizar vistorias, pesquisas e um detalhado estudo de toda essa área com o objetivo de facilitar a tomada de decisão a ser adotada. Assim, esta comunicação técnica tem como objetivo apresentar os resultados do estudo de avaliação sobre a situação definida para reduzir os atrasos veiculares dessas interseções.

2. METODOLOGIA

Com base em pesquisas volumétrica, classificatória, de ocupação do transporte individual e de ocupação do transporte público coletivo por ônibus, foram delineadas duas hipóteses:

- A eliminação do terceiro estágio da interseção Av. Santos Dumont x 1º Anel Viário (estágio destinado à saída dos ônibus pela Av. Jangadeiro) diminui os atrasos veiculares do tráfego geral.
- A retirada do terceiro estágio não altera o tempo de percurso dos ônibus na passagem pela interseção.

Para verificar essas hipóteses, foram necessárias ainda as seguintes pesquisas, realizadas nos períodos de pico, em dias úteis típicos: pesquisa do tempo de percurso dos ônibus provenientes do Terminal que passam pela interseção e dos atrasos veiculares nas aproximações.

A pesquisa de ocupação do transporte individual teve como objetivo determinar a taxa de ocupação de passageiros nesse tipo de transporte. Assim, coletou-se o número de passageiros de cada veículo que trafegasse na interseção da Av. Santos Dumont com o 1º Anel Viário. O valor da taxa de ocupação de passageiros, juntamente com a pesquisa volumétrica e classificatória, foram necessários para o cálculo do número de passageiros transportados pelo transporte individual.

A pesquisa de ocupação do transporte público coletivo por ônibus determinou a quantidade de passageiros transportados em todas as linhas de ônibus de saída e de entrada do Terminal do Papicu (acesso pela Av. Jangadeiro), de uma linha que trafega ao longo da Av. Santos Dumont, além de outra que trafega pelo 1º Anel Viário. Para isso, de acordo com a metodologia sugerida pela Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos (EBTU, 1988), realizou-se uma pesquisa visual de ocupação nessas linhas, de acordo com o nível de serviço observado.

As demais pesquisas visaram à obtenção dos valores das variáveis (tempo de percurso dos ônibus e atrasos veiculares) que constituíram a análise. A pesquisa do tempo de percurso dos ônibus que saem do Terminal do Papicu e passam pela interseção em estudo foi realizada em campo, utilizando pesquisadores embarcados nos veículos. Já a pesquisa do atraso veicular para o tráfego geral foi feita por meio da coleta no banco de dados do sistema SCOOT, uma vez que a interseção é controlada pelo Sistema Centralizado de Controle de Tráfego em Área de Fortaleza – CTAFOR (Loureiro *et al.*, 2002).

3. APRESENTAÇÃO DOS DADOS COLETADOS

A pesquisa de taxa de ocupação média do transporte individual indicou o valor de 1,54, que está bem próximo dos valores médios encontrados por ocasião do Projeto de Implantação do CTAFOR (ASTEF, 1998) realizado em 1997, cujos valores médios aproximados foram na ordem de 1,5. Já a pesquisa de ocupação média do transporte coletivo registrou uma taxa de 40 passageiros por veículo, o que corresponde a um total de 10660 passageiros transportados por esse modo de transporte, nos horários de 07:00 às 08:00h e 18:00 às 19:00h.

A Tabela 1 resume os dados da contagem volumétrica e classificatória, por movimento, além da quantidade de passageiros transportados por transporte individual, relativos aos horários de pico da manhã e da tarde. Os dados estão ponderados em unidades de carro de passeio (ucp), excetuando-se o modal ônibus. A Figura 2 mostra os movimentos pesquisados. Salienta-se que os movimentos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10 e 11 são relativos ao transporte individual, enquanto os movimentos 8 e 9 são exclusivos do transporte público coletivo por ônibus.

Tabela 1: Volumes Veiculares e Passageiros Transportados por Transporte Individual

Movimentos	Volumes Veiculares (em ucp)			Passageiros Transportados		
	07:00 às 08:00 h	18:00 às 19:00 h	Total	07:00 às 08:00 h	18:00 às 19:00 h	Total
1	251	181	432	387	279	665
2	138	108	246	213	166	379
3	456	642	1098	702	989	1691
4	622	980	1602	958	1509	2467
5	76	65	141	117	100	217
6	470	435	905	724	670	1394
7	577	484	1061	889	745	1634
10	1143	1086	2229	1760	1672	3433
11	117	128	245	180	197	377
Total	3850	4109	7959	5929	6328	-
Total de Passageiros Transportados por Transporte Individual						12257

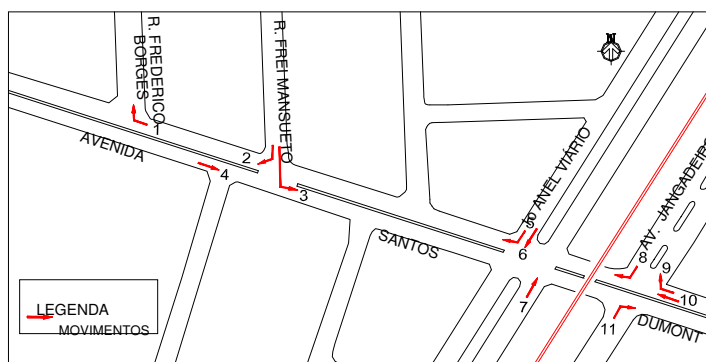


Figura 2: Localização dos Movimentos Pesquisados na Área em Questão

Analisando-se a Tabela 1, observa-se que o período de maior carregamento é o pico da tarde e as aproximações de maiores volumes veiculares são as dos movimentos 10, 4 e 3. Além disso, pode-se concluir que o total de passageiros transportados pelo transporte individual foi de 12257 pessoas, considerando os movimentos leste-oeste, oeste-leste, norte-sul e sul-norte, dentro da área de estudo. Verificou-se, assim, que é relevante a quantidade de pessoas transportadas tanto no modo de transporte individual (automóvel) como no modo de transporte coletivo (ônibus), contribuindo para a definição das hipóteses levantadas.

4. DELINEAMENTO E ANÁLISE DO CENÁRIO PROPOSTO

A partir do conhecimento sobre o cenário atual, partiu-se para a definição de um cenário alternativo que fosse ao encontro das hipóteses apresentadas. Após discussões técnicas sobre possíveis alternativas, foi definido um novo cenário: composto pela retirada do terceiro

estágio do semáforo da interseção das vias Santos Dumont e 1º Anel Viário, além da alteração do itinerário dos ônibus, que pode ser vista na Figura 3. Este cenário foi o único dentre os possíveis em que poderia ser mantida a prioridade para o transporte coletivo pois, apesar de aumentar em aproximadamente 300 metros o percurso dos ônibus, a redução de atraso nas interseções pode ser um fator determinante no tempo de viagem deste modo de transporte.

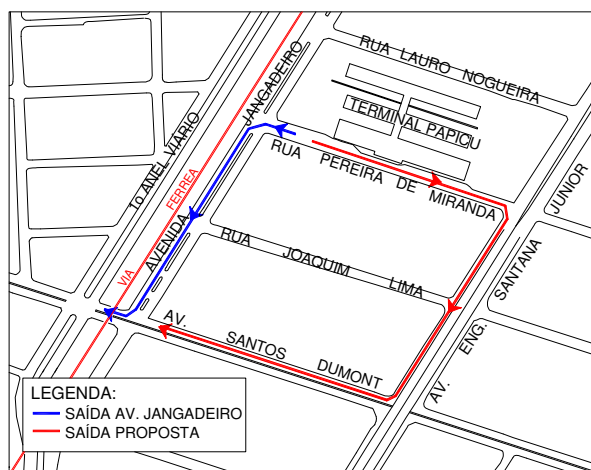


Figura 3: Rotas de Saída dos Ônibus - Av. Jangadeiro e Situação Proposta

Foi utilizado o *software Transyt* para simular o desempenho operacional do novo cenário, como forma de subsidiar a tomada de decisão. Segundo Binning e Crabtree (1999), essa ferramenta permite otimizar ciclos semafóricos em redes de tráfego minimizando atrasos e paradas nas aproximações. Assim, foi possível obter os valores dos atrasos veiculares totais das aproximações estudadas, tanto da atual configuração, quanto do cenário proposto, conforme demonstra a Tabela 2. A simulação foi feita com base nos volumes de tráfego do período de pico mais crítico (pico da tarde). Para facilitar a visualização e a compreensão dos valores contidos na Tabela 2, a Figura 4 mostra, espacialmente, dentro da área em questão, os códigos de cada aproximação. Nessa mesma figura encontram-se também os códigos relativos aos dois semáforos (190 e 474) da área em estudo.

Tabela 2: Valores dos Atrasos Veiculares Totais, por *Link*, da Área em Estudo

<i>Link</i>	Cenário Atual Atraso Total (min)	Cenário Proposto Atraso Total (min)	Diferença entre Cenários
1901	600,2	650,3	+ 8,3 %
1902	330,4	289,1	- 12,5 %
1903	506,3	424,7	- 16,1 %
4741	833,3	625,0	- 25,0 %
4742	190,7	-	-
4743	880,5	371,8	- 57,8 %
4744	734,1	572,7	- 22,0 %
4745	1081,5	919,3	- 15,0 %
Redução Média dos Atrasos Totais			- 23,3 %

Diante dos dados mostrados na Tabela 2, pode-se concluir que o cenário proposto propiciará reduções de atraso na grande maioria dos *links*. Ao se analisar a área de estudo, observa-se que houve uma redução média desses atrasos de 23,3%. Salienta-se que o *link* 4742 contido na Tabela 2 refere-se à aproximação norte da Av. Jangadeiro, o qual foi retirado para realizar a simulação. Esses resultados indicam que a retirada do terceiro estágio irá beneficiar também a operação dos ônibus, visto que a simulação mostrou redução dos atrasos nos *links* 4743, 1902, 1903, 4745, 4741 e 4744, nos quais circula esse modo de transporte. A Tabela 3 mostra os atrasos totais, por rota, dos veículos que transitam pela área de estudo, conforme suas origens e destinos, além da diferença entre os cenários.

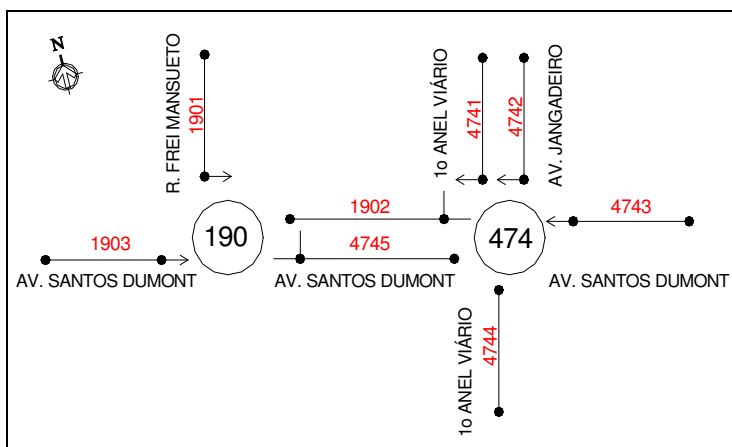


Figura 4: Espacialização dos *Links* em Estudo

Tabela 3: Valores dos Atrasos Veiculares Totais, por Rota, da Área de Estudo

Origem Via - <i>Link</i>	Destino Via - <i>Link</i>	Cenário Atual Atraso Total (min)	Cenário Proposto Atraso Total (min)	Diferença entre Cenários
Rua Frei Mansueto - 1901	Av. Santos Dumont - 4745	1681,8	1569,6	- 6,7 %
Av. Santos Dumont - 1903	Av. Santos Dumont - 4745	1587,9	1344,0	- 15,4 %
Av. Santos Dumont - 4743	Av. Santos Dumont - 1902	1210,9	660,9	- 45,4 %
1º Anel Viário - 4741	1º Anel Viário - 4744	833,3	625,0	- 25,0 %
1º Anel Viário - 4744	1º Anel Viário - 4741	734,1	572,7	- 22,0 %
Av. Jangadeiro - 4742	Av. Santos Dumont - 1902	190,7	-	-

Com base nos resultados apresentados na Tabela 3, que apontam reduções nos atrasos veiculares totais em todas as rotas consideradas, foram recomendadas e, em seguida, implementadas as intervenções anteriormente descritas. Para que fosse possível determinar sua eficácia, foi necessário realizar coleta de dados após as implementações, para posterior comparação, do tipo ‘antes e depois’, para a verificação das hipóteses. Para realizar essa comparação foram coletadas amostras de no mínimo trinta observações.

5. AVALIAÇÃO DO CENÁRIO PROPOSTO

De posse dos dados, realizou-se a comparação da situação antes e depois para duas rotas, uma no sentido Leste-Oeste e a outra no sentido Norte-Leste, durante o pico da tarde. O critério usado na escolha dessas rotas foi o nível de volume de tráfego e atraso veicular. Essas rotas

são formadas por um conjunto de *links*, agregados da seguinte forma: Rota 1 – *links* 4743 e 1902 (leste-oeste) e Rota 2 – *links* 1901 e 4745 (norte-leste).

A análise foi baseada em testes de variância e de médias, buscando comprovar a primeira hipótese levantada. O Teste-F de variância, com Grau de Confiança de 20%, unilateral (Milton e Arnold, 1990), indicou que as médias dos atrasos totais das Rotas 1 e 2 do cenário proposto foram diferentes em relação ao cenário inicial. Esse resultado pode ser explicado pelo maior nível de saturação observado no primeiro cenário (antes), o que pode levar a valores de atraso muito elevados em relação à média. Já o Teste-T de médias, com a hipótese nula representando a superioridade ou igualdade do nível de atraso no cenário proposto, indicou, com 95% de certeza, que é possível afirmar que a média de atraso veicular total obtido nas Rotas 1 e 2 foi menor para o cenário proposto que para o primeiro cenário. Os resultados, apresentados na Tabela 4, apontam uma considerável redução de atraso no movimento da Rota 1 (leste-oeste), com um valor de aproximadamente 52%. Essa rota é a que apresenta o maior volume de tráfego, inclusive do modal ônibus.

Tabela 4: Análise da Variável Atraso Veicular Total do Tráfego Geral

	Atraso (min) - ROTA 1 (leste-oeste)		Atraso (min) - ROTA 2 (norte-leste)	
	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS
Média	1236,9	653,4	1327,0	1015,9
Desvio Padrão	256,7	118,1	273,3	157,7
Coefic. de Variação	0,21	0,18	0,21	0,16
Valor – p (NS=5%)	<1%		<1%	
Resultado	<i>H₀ rejeitada</i>		<i>H₀ rejeitada</i>	

Da mesma forma que para a análise do atraso de tráfego geral, a análise do tempo de percurso dos ônibus foi realizada com base em testes de variância e de média. O Teste-F de variância (GC=20%) apontou diferença significativa, o que pode ser explicado pelo pequeno tempo de verde existente no primeiro cenário para os ônibus. Isso acarretava uma pequena descarga de veículos, aproximadamente 3 ou 4 por ciclo, o que propiciava que um determinado veículo (o 5º, por exemplo) poderia não conseguir atravessar a interseção nesse mesmo ciclo. Assim, esse veículo teria que esperar mais um ciclo completo, com o seu atraso destoando em relação à média e tornando grande a variância observada. O Teste-T de médias, com a hipótese nula de igualdade, indicou, com 95% de certeza, que é possível afirmar que as médias do tempo de percurso são diferentes, com o tempo do segundo cenário sendo menor que o do primeiro. A Tabela 5 resume os resultados supracitados.

Tabela 5: Análise da Variável Tempo de Percurso dos Ônibus

	Tempo de Percurso (s)	
	ANTES	DEPOIS
Média	199,1	158,0
Desvio Padrão	60,0	25,9
Coefic. de Variação	0,30	0,16
Valor – p (NS=5%)	2,3%	
Resultado	<i>H₀ rejeitada</i>	

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da problemática enfrentada, a primeira solução definida foi implantar o semáforo com três estágios, um deles específico para o transporte coletivo, como forma de garantir sua prioridade. Nesta intervenção não foi considerado, de início, o prejuízo que o acréscimo desse estágio poderia causar para o tráfego geral, inclusive para os ônibus. Essa medida, utilizada comumente em Fortaleza para priorizar determinados movimentos, gera atrasos excessivos. Isto pode ser evitado através de um prévio estudo, utilizando ferramentas de simulação, permitindo-se avaliar os cenários propostos antes de sua implantação.

Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que o estudo confirmou as expectativas dos técnicos de que o cenário proposto reduziria o nível de atraso da interseção sem, no entanto, aumentar o tempo de percurso dos ônibus, provenientes do Terminal do Papicu, que passam pelas interseções.

A nova solução, a princípio, enfrentou a oposição dos operadores do sistema de ônibus, pois apresenta um aumento da extensão das linhas. No entanto, este aumento da extensão é compensado pela diminuição dos transtornos provocados pelos atrasos no semáforo de três estágios. Baseado na observação da operação e no contato com esses operadores, percebe-se que as mudanças estão bem aceitas.

Além do significado dos resultados, esta Comunicação Técnica teve como objetivo mostrar a importância do uso das ferramentas de análise de simulação e estatística na Engenharia de Tráfego, servindo como um subsídio de grande valor nas tomadas de decisão.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTEF (1998) *Estudos e Projetos para a Implantação do Sistema Centralizado de Controle de Tráfego de Fortaleza – CTAFOR – Relatório Final*. Associação Técnico-Científica Eng. Paulo de Frontin, Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará.
- Binning, J. C. e M. R. Crabtree (1999) *User Guide of TRANSYT version 11*. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne - England.
- EBTU (1988) *Gerência do Sistema de Transporte Público de Passageiros – STPP, Módulos de Treinamento, Planejamento da Operação – Vol. IV. - Diagnóstico do Sistema Existente*. Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos, Brasília, DF.
- Loureiro, C.F.G.; C.H.P. Leandro; M.V.T. Oliveira (2002) Sistema Centralizado de Controle do tráfego de Fortaleza: ITS Aplicado à Gestão Dinâmica do Trânsito Urbano. *Anais do XVI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Natal, RN, Comunicações Técnicas, p. 19-26.
- Milton, J.S e J.C. Arnold (1990) *Introduction to Probability and Statistics: Principles and Applications for Engineering and the Computing Sciences*. McGraw Hill, New York, EUA.
- PMF – Prefeitura Municipal de Fortaleza (1996) *Lei de Uso e Ocupação do Solo de Fortaleza – Lei nº 7.987 Consolidada*. Prefeitura Municipal de Fortaleza, Fortaleza/CE.