

Monetização de Benefícios Socioambientais

Linha Sul do Metrofor



Lista de Tabelas

| | |
|---|--------------------------------------|
| Tabela 1 Matriz dos tempos de viagens entre as estações de metrô (Modo metrô)..... | 7 |
| Tabela 2 Matriz dos tempos de viagens entre as estações de metrô (Modo ônibus). | 8 |
| Tabela 3 Matriz de diferença de tempos entre modos (Ônibus – Metrô)..... | 9 |
| Tabela 4 Matriz o-d sintética (Distribuição de viagens por modelo gravitacional)..... | 9 |
| Tabela 5 Matriz dos tempos economizados..... | 10 |
| Tabela 6 Resumo das quantificações e monetização dos benefícios sociais relativos ao ganho de tempo..... | 10 |
| Tabela 7 Participação dos modos de transporte nas ocorrências de acidentes de trânsito na cidade de Fortaleza para o ano de 2016. (Adaptado de FORTALEZA, 2016) | 12 |
| Tabela 8 Quantificação aproximada da Frota. (Adaptado de FORTALEZA, 2016)..... | 13 |
| Tabela 9 Divisão modal das viagens na cidade de Fortaleza e a estimativa da transferência de passageiros do metrô para outros modos..... | 13 |
| Tabela 10 Custos associados aos tipos de acidentes de trânsito (IPEA 2015) | 14 |
| Tabela 11 Quantificação dos acidentes, por tipo, por modo e as respectivas monetizações..... | 15 |
| Tabela 12 Cálculo do custo de combustíveis em R\$/Km. | 16 |
| Tabela 13 Monetização dos benefícios relativos à redução de consumo de combustíveis. | 17 |
| Tabela 14 Custo de manutenção por modo de transporte (Silva e Beltrame 2018) | 18 |
| Tabela 15 Cálculo das reduções em custos de operação por modo de transporte. | 19 |
| Tabela 16 Quantificação dos Km(e) (quilometro equivalente) em ônibus..... | Erro! Indicador não definido. |
| Tabela 17 Monetização dos benefícios relativos à redução dos custos de manutenção de vias... Erro! Indicador não definido. | |
| Tabela 18 Monetização dos benefícios com a redução das emissões de poluentes..... | 21 |
| Tabela 19 Resumo da monetização de benefícios sociais, discriminando cada tipo de benefício. | 22 |

Lista de Figuras e Gráficos

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mapa do sistema completo do Metrô de Fortaleza. Contabilizando as 4 linhas propostas. Sul (Vermelho), Oeste (Verde), VLT (Azul) e Leste (Amarelo). | 5 |
| Gráfico 1. Valores de monetização do tempo para três intervalos de medição distintos..... | 11 |
| Gráfico 2. Descritivo dos valores monetizados de benefícios sociais, e o acumulado | 22 |
| Gráfico 3. Estimativa de benefícios sociais monetizados dados os cenários de previsão de demanda. | 24 |

SUMÁRIO

| | |
|---|--------------------------------------|
| Sumário..... | 4 |
| Introdução..... | 5 |
| 1. Redução do tempo de viagem..... | 7 |
| 2. Monetização da redução de acidentes..... | 12 |
| 3. Consumo de combustível..... | 16 |
| 4. Custo de operação dos veículos..... | 18 |
| 5. Manutenção de vias | Erro! Indicador não definido. |
| 6. Emissão poluentes | 20 |
| Resultado final..... | 21 |
| Referências | 25 |

Como contexto do sistema analisado, apresentamos na Figura 01 a abrangência da nossa rede metropolitana metroferroviária, que conta com duas linhas operacionais (Oeste, Sul), uma em operação assistida e em fase final de implementação (VLT) e uma em projeto (Leste), prevista para entrar em operação no ano de 2022. O sistema em operação comercial e assistida apresenta, em sua totalidade, tem 48,6 km de linhas e 33 estações. O sistema completo, previsto em projeto terá 69,4 km e 52 estações. De todas as 52 estações propostas e em operação, 16 são subterrâneas, 4 são elevadas (Parangaba, Juscelino Kubitschek, Antônio Bezerra é Alvaro Weyne) e as demais, em um total de 32, são em superfície. Do sistema proposto, duas linhas são planejadas para operar com veículos elétricos (linhas Sul e Leste), e duas com veículos movidos a Diesel (Oeste e VLT). Isto significa que 53% do sistema proposto já surge eletrificado, e 28% do sistema, correspondente à linha Oeste, tem em seu horizonte intenções de eletrificação, o que corresponde a um total de 81% do sistema eletrificado.

Para efeito deste relatório, por ser o estudo inicial dos benefícios socioambientais, limitamo-nos à avaliação dos impactos causados pela Linha Sul do Metrô de Fortaleza. Ela está ilustrada na Figura 01 na cor Vermelha.

Neste sentido, existe uma pergunta fundamental que guia a elaboração deste material, sendo ela:

- Qual é a medida dos benefícios não financeiros ou monetários do Metrô de Fortaleza?

Vale ressaltar que a análise apresentada neste relatório não trata de uma avaliação de custo benefício (CBA) ou um comparativo entre despesas e receitas. O que se pretende é uma avaliação ‘ex-post’ da linha sul, ou seja, uma quantificação dos efeitos positivos da utilização do metrô, avaliados após sua implantação. Para tanto, pretendemos quantificar os custos associados às opções de transportes que substituiriam o metrô no caso da sua inexistência.

A resposta à pergunta central conduziu à estruturação deste relatório. Utilizou-se metodologia de avaliação dos impactos das infraestruturas de transportes e a avaliação dos impactos dessas linhas em relação ao Tempo de Viagem (capítulo 1), à Redução de acidentes (capítulo 2), ao Consumo de Combustível (capítulo 3), ao Custo de Operação dos Veículos (capítulo 4) e a Emissão de poluentes (capítulo 5). Ao final das análises, na forma de conclusão deste material, apresenta-se um resumo da contabilização dos benefícios. Seguidos de uma simulação destes benefícios para cenários futuros.

1. REDUÇÃO DO TEMPO DE VIAGEM

O Metrô de Fortaleza proporciona aos usuários tempos de viagens significativamente menores quando comparado aos outros modos disponíveis em Fortaleza. Esta vantagem se dá pela velocidade operacional média mais elevada do metrô se comparada à dos demais modos, dada a condição atual de saturação do sistema de transporte. Estes ganhos de tempo incluindo tempos de viagem, de espera e de caminhada (Transitar 2018, Kawamoto 1994, Souza e Pereira 2013) são uma grande vantagem para os seus usuários, sendo, inclusive, um importante critério para a escolha modal. Pretende-se, desta maneira, quantificar estes ganhos de tempo de viagem de modo a estimar os benefícios sociais resultantes.

Para a estimação dos ganhos de tempo, tomou-se em conta três fatores:

- Quanto ao tipo de transporte utilizado pelos usuários.

Os ganhos de tempo são diferentes a depender do modo a ser substituído pelo metrô. Foram quantificadas as diferenças de tempos entre as viagens de metrô e as viagens rodoviárias;

- Quanto à saturação do sistema.

Não foi contabilizado, para efeito de cálculo de tempo de viagens, o aumento no nível de saturação e congestionamento do sistema decorrente do aumento no número de veículos (carros, motos e ônibus) no cenário de estudo (em que o metrô não exista);

- Quanto ao valor do tempo.

O cálculo de quanto vale uma hora para cada cidadão se deu pelo cálculo de tempo de deslocamento, feito para toda a população usuária do metrô, qualquer que fosse o motivo de viagem.

A quantificação dos benefícios sociais decorrentes desta redução de tempo de cada viagem, pode passar despercebido quando visto de forma unitária, porém, quando contabilizadas todas as viagens (para todos os usuários, ao longo de um ano inteiro), é possível perceber que o modo ferroviário proporciona um grande impacto social, benéfico para os sistemas de transportes da cidade de Fortaleza e seus usuários. Dado este contexto, estabelecem-se como objetivos desta seção, contabilizar a economia de tempo gerada pela utilização do metrô para todas as viagens realizadas na Linha Sul do Metrô de Fortaleza e monetizar esse ganho de tempo através da própria percepção do usuário.

1.1 Fonte dos dados

Os dados necessários para realizar a contabilização e monetização do tempo foram: Tempos de viagens do metrô, Tempos de viagens dos ônibus, e a Matriz O-D dos usuários do metrô. Os tempos

de viagens do metrô são fixos, definidos pela tabela de horários do sistema, e foram atribuídos em uma matriz que segue o mesmo formato da Matriz O-D dos usuários (Tabela 1). Os valores não mudam uma vez que o Metrô não enfrenta, em condições normais de operação, lentidão de tráfego, o que o permite manter uma velocidade média muito constante.

Tabela 1 Matriz dos tempos de viagens entre as estações de metrô (Modo metrô).

| METRÔ | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | CHI | JAL | SBE | BEN | POR | COU | JUK | PAR | VIP | SAT | MON | ESP | ARA | ALT | RAQ | VIT | MAR | JER | CAB |
| 1 Chico da Silva | 0 | 2 | 4 | 6 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 23 | 25 | 27 | 29 | 31 | 33 | 35 | 37 |
| 2 José de Alencar | 2 | 0 | 2 | 4 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 23 | 25 | 27 | 29 | 31 | 33 | 35 |
| 3 São Benedito | 3 | 2 | 0 | 2 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 23 | 25 | 27 | 29 | 31 | 33 |
| 4 Benfca | 5 | 3 | 2 | 0 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 23 | 25 | 27 | 29 | 32 |
| 6 Porangabussu | 9 | 7 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 23 | 25 | 28 |
| 7 Couto Fernandes | 11 | 9 | 7 | 5 | 2 | 0 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 23 | 26 |
| 8 Juscelino Kubitschek | 13 | 11 | 9 | 7 | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 24 |
| 9 Parangaba | 15 | 13 | 11 | 9 | 5 | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 22 |
| 10 Vila Pery | 17 | 15 | 13 | 11 | 7 | 5 | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 20 |
| 11 Manoel Sátiro | 19 | 17 | 15 | 13 | 9 | 7 | 5 | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 18 |
| 12 Mondubim | 21 | 19 | 17 | 15 | 11 | 9 | 7 | 5 | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 16 |
| 13 Esperança | 23 | 21 | 19 | 17 | 13 | 11 | 9 | 7 | 5 | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 14 |
| 14 Aracapé | 25 | 23 | 21 | 19 | 15 | 13 | 11 | 9 | 7 | 5 | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 12 |
| 15 Alto alegre | 27 | 25 | 23 | 21 | 17 | 15 | 13 | 11 | 9 | 7 | 5 | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 | 5 | 7 | 10 |
| 16 Rachel de queiroz | 29 | 27 | 25 | 23 | 19 | 17 | 15 | 13 | 11 | 9 | 7 | 5 | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 | 5 | 8 |
| 17 Virgílio Távora | 31 | 29 | 27 | 25 | 21 | 19 | 17 | 15 | 13 | 11 | 9 | 7 | 5 | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 | 6 |
| 18 Maracanaú | 33 | 31 | 29 | 27 | 23 | 21 | 19 | 17 | 15 | 13 | 11 | 9 | 7 | 5 | 3 | 2 | 0 | 2 | 4 |
| 19 Jereissati | 35 | 33 | 31 | 29 | 25 | 23 | 21 | 19 | 17 | 15 | 13 | 11 | 9 | 7 | 5 | 3 | 2 | 0 | 2 |
| 20 Carlito Benevides | 37 | 35 | 33 | 31 | 27 | 25 | 23 | 21 | 19 | 17 | 15 | 13 | 11 | 9 | 7 | 5 | 3 | 2 | 0 |

Os tempos de viagens de ônibus foram calculados através de simulação, pela utilização da ferramenta do Google Maps de previsão de tempo de viagem. Foram contabilizados os tempos médios de viagem para um dia útil na hora pico. Somente os tempos de viagens urbanas foram encontradas através da ferramenta Google Maps. Como o metrô possui parte de sua linha abrangendo a região metropolitana, foi necessário estimar, através dos tempos obtidos e da proporção da quilometragem, os tempos das viagens que envolvem estações fora da região urbana. Os valores encontrados foram distribuídos no mesmo formato da matriz de tempos de viagens entre as estações do metrô, de modo a facilitar a comparação entre os tempos nos dois modos (Tabela 2).

Tabela 2 Matriz dos tempos de viagens entre as estações de metrô (Modo ônibus).

| ÔNIBUS (07:00:00) | Google Maps | | | | | | | | | | Estimado através de médias | | | | | | | | | |
|------------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | |
| | CHI | JAL | SBE | BEN | POR | COU | JUK | PAR | VIP | SAT | MON | ESP | ARA | ALT | RAQ | VIT | MAR | JER | CAB | |
| 1 Chico da Silva | 0 | 8 | 12 | 13 | 20 | 24 | 30 | 36 | 47 | 46 | 47 | 55 | 73 | 79 | 85 | 91 | 97 | 103 | 110 | |
| 2 José de Alencar | 8 | 0 | 7 | 8 | 16 | 20 | 24 | 32 | 41 | 40 | 41 | 50 | 64 | 70 | 76 | 83 | 89 | 95 | 101 | |
| 3 São Benedito | 13 | 3 | 0 | 7 | 15 | 16 | 21 | 28 | 40 | 40 | 41 | 47 | 64 | 70 | 77 | 83 | 90 | 96 | 103 | |
| 4 Benfca | 19 | 7 | 3 | 0 | 8 | 12 | 19 | 27 | 35 | 33 | 34 | 42 | 59 | 66 | 73 | 80 | 86 | 93 | 100 | |
| 6 Porangabussu | 28 | 15 | 12 | 10 | 0 | 7 | 16 | 19 | 33 | 46 | 38 | 45 | 50 | 58 | 66 | 74 | 81 | 89 | 97 | |
| 7 Couto Fernandes | 32 | 20 | 18 | 16 | 6 | 0 | 8 | 16 | 26 | 25 | 26 | 33 | 48 | 55 | 62 | 69 | 75 | 82 | 89 | |
| 8 Juscelino Kubitschek | 33 | 27 | 22 | 15 | 17 | 7 | 0 | 9 | 23 | 17 | 18 | 25 | 36 | 43 | 50 | 57 | 64 | 71 | 79 | |
| 9 Parangaba | 45 | 34 | 30 | 25 | 23 | 15 | 7 | 0 | 17 | 23 | 19 | 31 | 28 | 35 | 43 | 50 | 57 | 64 | 72 | |
| 10 Vila Pery | 54 | 43 | 39 | 34 | 32 | 25 | 16 | 15 | 0 | 25 | 21 | 31 | 33 | 41 | 49 | 57 | 65 | 73 | 81 | |
| 11 Manoel Sátiro | 56 | 47 | 43 | 38 | 37 | 29 | 22 | 23 | 19 | 0 | 7 | 29 | 42 | 50 | 59 | 67 | 75 | 84 | 92 | |
| 12 Mondubim | 64 | 55 | 51 | 46 | 45 | 37 | 30 | 30 | 26 | 13 | 0 | 20 | 28 | 36 | 43 | 51 | 59 | 66 | 74 | |
| 13 Esperança | 71 | 60 | 56 | 51 | 49 | 42 | 33 | 30 | 28 | 30 | 19 | 0 | 11 | 18 | 25 | 33 | 40 | 47 | 54 | |
| 14 Aracapé | 87 | 76 | 72 | 67 | 65 | 58 | 49 | 40 | 44 | 38 | 35 | 16 | 0 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 | |
| 15 Alto alegre | 94 | 83 | 79 | 74 | 72 | 65 | 56 | 46 | 52 | 49 | 43 | 23 | 8 | 0 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | |
| 16 Rachel de Queiroz | 102 | 90 | 86 | 81 | 79 | 72 | 62 | 53 | 59 | 59 | 51 | 31 | 17 | 8 | 0 | 8 | 16 | 24 | 33 | |
| 17 Virgílio Távora | 109 | 97 | 93 | 88 | 86 | 79 | 69 | 59 | 67 | 70 | 59 | 38 | 25 | 17 | 9 | 0 | 9 | 17 | 26 | |
| 18 Maracanaú | 116 | 104 | 100 | 94 | 93 | 85 | 75 | 65 | 74 | 80 | 67 | 46 | 34 | 25 | 17 | 9 | 0 | 9 | 19 | |
| 19 Jereissati | 123 | 111 | 107 | 101 | 100 | 92 | 82 | 72 | 82 | 91 | 75 | 53 | 42 | 34 | 26 | 17 | 9 | 0 | 10 | |
| 20 Carlito Benevides | 131 | 118 | 114 | 108 | 108 | 99 | 89 | 78 | 90 | 101 | 83 | 61 | 51 | 42 | 34 | 26 | 17 | 9 | 0 | |

A diferença entre os valores de tempo (da utilização do metrô ou ônibus) para cada par da matriz permitiu calcular a média de tempo economizado por viagem realizada entre os pares (Tabela 3).

Tabela 3 Matriz de diferença de tempos entre modos (Ônibus – Metrô).

| DIFERENÇAS (ÔNIBUS - METRO) | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | CHI | JAL | SBE | BEN | POR | COU | JUK | PAR | VIP | SAT | MON | ESP | ARA | ALT | RAQ | VIT | MAR | JER | CAB |
| 1 Chico da Silva | 0 | 5 | 8 | 7 | 11 | 13 | 17 | 21 | 30 | 27 | 26 | 32 | 48 | 67 | 71 | 75 | 79 | 83 | 88 |
| 2 José de Alencar | 5 | 0 | 5 | 4 | 9 | 11 | 13 | 19 | 26 | 23 | 22 | 29 | 41 | 60 | 64 | 69 | 73 | 77 | 81 |
| 3 São Benedito | 10 | 5 | 0 | 5 | 10 | 9 | 12 | 17 | 27 | 25 | 24 | 28 | 43 | 62 | 67 | 71 | 76 | 80 | 85 |
| 4 Benfica | 14 | 4 | 5 | 0 | 5 | 7 | 12 | 18 | 24 | 20 | 19 | 25 | 40 | 60 | 65 | 70 | 74 | 79 | 83 |
| 6 Porangabussu | 19 | 8 | 7 | 7 | 0 | 5 | 13 | 14 | 26 | 37 | 27 | 32 | 35 | 56 | 62 | 68 | 73 | 79 | 84 |
| 7 Couto Fernandes | 21 | 11 | 11 | 11 | 5 | 0 | 5 | 13 | 21 | 18 | 17 | 22 | 35 | 55 | 60 | 65 | 69 | 74 | 78 |
| 8 Juscelino Kubitschek | 20 | 16 | 13 | 8 | 14 | 5 | 0 | 5 | 20 | 12 | 11 | 16 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 |
| 9 Parangaba | 30 | 21 | 19 | 16 | 18 | 12 | 5 | 0 | 5 | 20 | 14 | 24 | 19 | 24 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| 10 Vila Pery | 37 | 28 | 26 | 23 | 25 | 20 | 13 | 5 | 0 | 5 | 18 | 26 | 26 | 32 | 38 | 44 | 50 | 56 | 61 |
| 11 Manoel Sátiro | 37 | 30 | 28 | 25 | 28 | 22 | 17 | 20 | 5 | 0 | 5 | 26 | 37 | 43 | 50 | 56 | 62 | 69 | 74 |
| 12 Mondubim | 43 | 36 | 34 | 31 | 34 | 28 | 23 | 25 | 23 | 5 | 0 | 5 | 25 | 31 | 36 | 42 | 48 | 53 | 58 |
| 13 Esperança | 48 | 39 | 37 | 34 | 36 | 31 | 24 | 23 | 23 | 27 | 5 | 0 | 5 | 15 | 20 | 26 | 31 | 36 | 40 |
| 14 Aracapé | 62 | 53 | 51 | 48 | 50 | 45 | 38 | 31 | 37 | 33 | 32 | 5 | 0 | 5 | 13 | 19 | 25 | 31 | 36 |
| 15 Alto alegre | 82 | 73 | 71 | 68 | 70 | 65 | 43 | 35 | 43 | 42 | 38 | 20 | 5 | 0 | 5 | 13 | 19 | 25 | 30 |
| 16 Rachel de Queiroz | 88 | 78 | 76 | 73 | 75 | 70 | 47 | 40 | 48 | 50 | 44 | 26 | 14 | 5 | 0 | 5 | 13 | 19 | 25 |
| 17 Virgílio Távora | 93 | 83 | 81 | 78 | 80 | 75 | 52 | 44 | 54 | 59 | 50 | 31 | 20 | 14 | 5 | 0 | 5 | 14 | 20 |
| 18 Maracanaú | 98 | 88 | 86 | 82 | 85 | 79 | 56 | 48 | 59 | 67 | 56 | 37 | 27 | 20 | 14 | 5 | 0 | 5 | 15 |
| 19 Jereissati | 103 | 93 | 91 | 87 | 90 | 84 | 61 | 53 | 65 | 76 | 62 | 42 | 33 | 27 | 21 | 14 | 5 | 0 | 5 |
| 20 Carlito Benevides | 109 | 98 | 96 | 92 | 96 | 89 | 66 | 57 | 71 | 84 | 68 | 48 | 40 | 33 | 27 | 21 | 14 | 5 | 0 |

Para se obter a matriz da quantificação total dos tempos economizados, para todas as viagens realizadas, além dos tempos de viagens economizados por par, foi necessário calcular quantas viagens são realizadas entre cada par O-D. Para isso foi necessária a construção de uma Matriz O-D sintética dos passageiros do metrô.

A Matriz O-D sintética (Tabela 4) foi construída através do uso de uma adaptação do Modelo Gravitacional (Ortúzar e Willumsen 2011) e dos dados de embarques dos usuários do metrô. Como os dados de desembarques não são coletados, assume-se a premissa de que os deslocamentos dos usuários são pendulares, ou seja, o desembarque no período da manhã ocorre na estação que o usuário embarca no período da tarde. O mês de abril/2018 foi utilizado como referência e os dados de embarques foram coletados do sistema de bilhetagem do metrô. A matriz resultante da modelagem pode ser vista na Tabela 4.

Tabela 4 Matriz O-D sintética (Distribuição de viagens por modelo gravitacional).

| O-D | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | CHI | JAL | SBE | BEN | POR | COU | JUK | PAR | VIP | SAT | MON | ESP | ARA | ALT | RAQ | VIT | MAR | JER | CAB |
| 1 Chico da Silva | 0 | 15 | 11 | 15 | 6 | 4 | 5 | 26 | 12 | 13 | 13 | 37 | 22 | 7 | 25 | 34 | 46 | 15 | 26 |
| 2 José de Alencar | 20 | 0 | 39 | 75 | 46 | 51 | 44 | 211 | 185 | 202 | 144 | 570 | 348 | 67 | 346 | 383 | 515 | 237 | 420 |
| 3 São Benedito | 11 | 38 | 0 | 27 | 20 | 22 | 20 | 97 | 83 | 92 | 67 | 261 | 160 | 32 | 161 | 180 | 244 | 111 | 196 |
| 4 Benfica | 16 | 62 | 26 | 0 | 18 | 20 | 20 | 102 | 82 | 91 | 69 | 264 | 161 | 34 | 166 | 192 | 261 | 114 | 204 |
| 6 Porangabussu | 6 | 45 | 19 | 17 | 0 | 4 | 5 | 26 | 19 | 22 | 19 | 66 | 40 | 10 | 44 | 56 | 77 | 30 | 54 |
| 7 Couto Fernandes | 4 | 51 | 22 | 20 | 4 | 0 | 3 | 15 | 9 | 11 | 11 | 34 | 21 | 7 | 25 | 36 | 50 | 16 | 29 |
| 8 Juscelino Kubitschek | 5 | 46 | 20 | 20 | 4 | 3 | 0 | 12 | 9 | 12 | 11 | 39 | 24 | 7 | 28 | 36 | 51 | 19 | 35 |
| 9 Parangaba | 25 | 219 | 98 | 101 | 26 | 15 | 12 | 0 | 33 | 40 | 40 | 153 | 99 | 27 | 116 | 150 | 211 | 82 | 150 |
| 10 Vila Pery | 13 | 201 | 89 | 86 | 19 | 9 | 8 | 30 | 0 | 11 | 14 | 44 | 29 | 13 | 42 | 67 | 97 | 28 | 50 |
| 11 Manoel Sátiro | 13 | 223 | 100 | 98 | 22 | 11 | 12 | 39 | 11 | 0 | 11 | 33 | 23 | 11 | 37 | 62 | 90 | 25 | 46 |
| 12 Mondubim | 12 | 158 | 72 | 73 | 19 | 11 | 11 | 40 | 14 | 11 | 0 | 29 | 20 | 8 | 32 | 48 | 70 | 24 | 45 |
| 13 Esperança | 38 | 636 | 290 | 289 | 70 | 35 | 41 | 158 | 43 | 33 | 28 | 0 | 37 | 17 | 69 | 121 | 186 | 55 | 103 |
| 14 Aracapé | 22 | 391 | 179 | 179 | 44 | 21 | 26 | 105 | 28 | 23 | 20 | 37 | 0 | 8 | 29 | 56 | 91 | 27 | 51 |
| 15 Alto alegre | 6 | 74 | 34 | 36 | 10 | 6 | 6 | 26 | 11 | 10 | 7 | 18 | 8 | 0 | 8 | 13 | 21 | 9 | 18 |
| 16 Rachel de queiroz | 24 | 385 | 179 | 182 | 47 | 25 | 30 | 123 | 40 | 35 | 32 | 68 | 29 | 8 | 0 | 36 | 59 | 23 | 48 |
| 17 Virgílio Távora | 32 | 418 | 196 | 204 | 57 | 34 | 37 | 154 | 61 | 57 | 47 | 117 | 56 | 12 | 37 | 0 | 63 | 26 | 62 |
| 18 Maracanaú | 44 | 559 | 262 | 275 | 78 | 47 | 51 | 215 | 88 | 83 | 69 | 179 | 89 | 21 | 61 | 63 | 0 | 29 | 69 |
| 19 Jereissati | 15 | 263 | 123 | 125 | 33 | 17 | 21 | 90 | 27 | 25 | 26 | 55 | 27 | 9 | 23 | 25 | 26 | 0 | 13 |
| 20 Carlito Benevides | 27 | 472 | 220 | 226 | 59 | 31 | 39 | 165 | 50 | 46 | 48 | 103 | 51 | 18 | 47 | 57 | 57 | 13 | 0 |

Esta matriz descreve o total de passageiros um dia útil típico do mês de abril de 2018, distribuídos para cada par O-D. Foi utilizado como da premissa que os comportamentos observados neste dia funcionarão como base para dos os outros dias úteis do ano.

1.2 MÉTODO

Para a monetização do tempo economizado nas viagens realizadas pelo Metrô de Fortaleza, foi necessário estimar um valor que quantificasse em reais quanto custa a hora dos usuários do metrô. O valor de referência utilizado foi estimado pelo relatório de estudo de demanda do metrô de Fortaleza, elaborado pela Transitar Engenharia e Consultoria (Transitar 2018). Neste relatório, o valor do tempo dos passageiros é modelado através de pesquisas de preferência declarada (modelo Logit multinomial) e representado através de uma função utilidade para escolha do modo de transporte. O valor da hora encontrado para os passageiros de Fortaleza foi de R\$ 4,47 pela hora. Com a matriz O-D dos passageiros do metrô (tabela 4) e a matriz de economia de tempos de viagens entre estações (Tabela 3) foi calculada a economia total de tempo (em minutos) para cada par O-D (Tabela 5).

Tabela 5 Matriz dos tempos economizados, em minutos.

| TOTAL | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|------------------------|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | CHI | JAL | SBE | BEN | POR | COU | JUK | PAR | VIP | SAT | MON | ESP | ARA | ALT | RAQ | VIT | MAR | JER | CAB |
| 1 Chico da Silva | 0 | 75 | 87 | 107 | 67 | 58 | 93 | 555 | 370 | 353 | 331 | 1183 | 1034 | 463 | 1756 | 2554 | 3688 | 1266 | 2300 |
| 2 José de Alencar | 99 | 0 | 193 | 299 | 416 | 557 | 576 | 4004 | 4814 | 4657 | 3170 | 16522 | 14260 | 4060 | 22261 | 26203 | 37459 | 18222 | 33994 |
| 3 São Benedito | 114 | 191 | 0 | 136 | 196 | 197 | 240 | 1643 | 2251 | 2296 | 1599 | 7319 | 6879 | 1988 | 10762 | 12842 | 18436 | 8860 | 16559 |
| 4 Benfica | 217 | 249 | 129 | 0 | 88 | 143 | 245 | 1830 | 1970 | 1822 | 1315 | 6588 | 6455 | 2059 | 10756 | 13354 | 19408 | 9012 | 16967 |
| 6 Porangabussu | 117 | 362 | 130 | 116 | 0 | 20 | 60 | 370 | 488 | 797 | 502 | 2097 | 1408 | 574 | 2735 | 3759 | 5625 | 2373 | 4527 |
| 7 Couto Fernandes | 93 | 561 | 237 | 215 | 19 | 0 | 14 | 198 | 190 | 193 | 190 | 756 | 730 | 381 | 1515 | 2317 | 3481 | 1223 | 2299 |
| 8 Juscelino Kubitschek | 106 | 730 | 262 | 160 | 63 | 14 | 0 | 61 | 178 | 138 | 118 | 621 | 610 | 197 | 988 | 1460 | 2291 | 979 | 1919 |
| 9 Parangaba | 750 | 4598 | 1870 | 1613 | 464 | 184 | 60 | 0 | 164 | 807 | 563 | 3673 | 1874 | 644 | 3428 | 5226 | 8436 | 3716 | 7415 |
| 10 Vila Pery | 466 | 5626 | 2325 | 1987 | 476 | 178 | 110 | 151 | 0 | 54 | 250 | 1150 | 744 | 404 | 1582 | 2949 | 4829 | 1530 | 3007 |
| 11 Manoel Sátiro | 496 | 6697 | 2809 | 2448 | 626 | 235 | 196 | 772 | 53 | 0 | 55 | 859 | 863 | 480 | 1838 | 3445 | 5612 | 1729 | 3394 |
| 12 Mondubim | 521 | 5679 | 2449 | 2264 | 637 | 298 | 246 | 994 | 315 | 57 | 0 | 146 | 500 | 233 | 1152 | 1999 | 3339 | 1289 | 2614 |
| 13 Esperança | 1812 | 24806 | 10733 | 9810 | 2512 | 1078 | 976 | 3643 | 995 | 880 | 141 | 0 | 187 | 264 | 1401 | 3094 | 5698 | 1958 | 4108 |
| 14 Aracapé | 1379 | 20726 | 9136 | 8579 | 2176 | 966 | 993 | 3247 | 1040 | 757 | 627 | 184 | 0 | 39 | 369 | 1057 | 2236 | 816 | 1823 |
| 15 Alto alegre | 516 | 5379 | 2439 | 2442 | 710 | 409 | 275 | 930 | 483 | 421 | 282 | 358 | 41 | 0 | 42 | 163 | 407 | 221 | 533 |
| 16 Rachel de Queiroz | 2135 | 30066 | 13574 | 13217 | 3535 | 1755 | 1402 | 4886 | 1913 | 1769 | 1414 | 1756 | 403 | 40 | 0 | 178 | 779 | 439 | 1176 |
| 17 Virgílio Távora | 2959 | 34705 | 15838 | 15807 | 4535 | 2513 | 1904 | 6767 | 3294 | 3311 | 2352 | 3666 | 1139 | 174 | 187 | 0 | 313 | 379 | 1245 |
| 18 Maracanaú | 4278 | 49215 | 22574 | 22680 | 6616 | 3733 | 2880 | 10409 | 5242 | 5540 | 3878 | 6547 | 2381 | 439 | 867 | 316 | 0 | 147 | 1009 |
| 19 Jereissati | 1594 | 24455 | 11162 | 10923 | 2940 | 1428 | 1290 | 4739 | 1762 | 1876 | 1586 | 2306 | 888 | 244 | 469 | 353 | 132 | 0 | 63 |
| 20 Carlito Benevides | 2984 | 46220 | 21163 | 20761 | 5616 | 2733 | 2529 | 9399 | 3498 | 3841 | 3254 | 4892 | 2023 | 601 | 1272 | 1181 | 819 | 65 | 0 |

1.3 RESULTADOS

A matriz dos tempos economizados (Tabela 5) permite encontrar que o tempo médio economizado por passageiro é de 49,76 minutos/viagem. Se multiplicarmos este valor pelo custo da hora, definido em R\$ 4,47/Hora, obtém-se o valor de economia média de R\$ 3,71/viagem. Com o valor médio economizado por viagem, o último passo para a monetização dos benefícios sociais gerados pela economia de tempo decorrente da escolha do modo metroferroviário, é multiplicar a quantidade de viagens realizadas em determinado período de tempo pelo valor de R\$ 3,71/viagem. O valor resultante foi o valor total, em reais, economizado para determinado período. Pode-se observar na Tabela 6 o resumo dos cálculos para a quantificação da economia para três períodos de 12 meses,

referentes aos anos de 2017 e (previsão) para 2018, e o observado nos 12 meses imediatamente anteriores à confecção deste relatório(junho/2017 até maio/2018).

Tabela 6 Resumo das quantificações e monetização dos benefícios sociais relativos ao ganho de tempo.

| | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Σ min/dia - 1,253,058 | Valor do tempo (R\$/h) - R\$ 4.47 | | |
| Σ min/mês - 30,073,384 | Dias uteis/mês - 24 | | |
| hr/mês - 501,223 | Viagens/dia - 25,180 | | |
| Valor do tempo/mês - R\$ 2,240,467.12 | Viagens /mês - 604,309 | | |
| Economia/viagem - R\$ 3.71 | Economia/Passageiro - 49.76 min | | |
| CENÁRIOS | 2017(01/17 a 12/17) | 06/2017 a 05/2018 | 2018 (01/18 a 12/18) |
| Passageiro/Ano | 6,545,033 | 7,550,000 | 8,737,553 |
| Valor do tempo/ano | R\$ 24,265,617.81 | R\$ 27,991,518.83 | R\$32,394,354.88 |

No ano de 2017 foram transportados 6.545.033 de passageiros. Isso resultou em uma economia de média de 326 milhões de minutos. A monetização desse tempo economizado, dado os valores encontrados e apresentados, resulta em uma quantia de R\$ 24.265.617,81 para o ano de 2017. O gráfico 1 ilustra um comparativo da economia para os três períodos simulados.

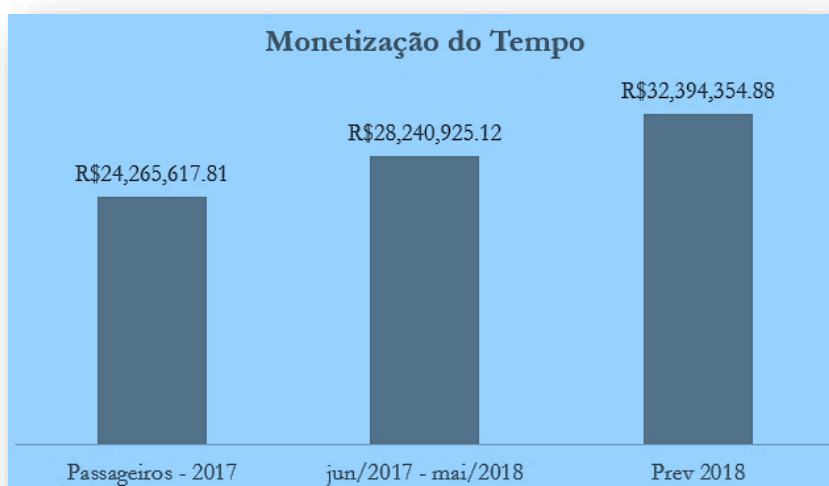


Gráfico 1. Valores de monetização do tempo para três intervalos de medição distintos.

2. REDUÇÃO DE ACIDENTES.

Esta seção do relatório tem por objetivo quantificar os benefícios sociais resultantes da redução da exposição dos usuários do sistema de transporte rodoviário de Fortaleza ao risco de acidentes de trânsito decorrentes da escolha pelo modo ferroviário. Partimos da premissa de que, se a Linha Sul do Metrô não estivesse em operação, teríamos um aumento no número de viagens nos demais modos. Com uma maior quantidade de veículos nas vias, elevam-se os conflitos de trânsito e, conseqüentemente, a quantidade de acidentes com vítimas. Não se pode calcular o que representa a perda de uma vida humana ou os danos psíquicos e estresses traumáticos aos quais as vítimas de trânsito e seus familiares são submetidos após eventos dessa natureza. Por outro lado, há também a formação de custos econômico-financeiros que impactam diretamente as famílias, bem como a sociedade em geral, e que podem ser estimados por meio de metodologias específicas de cálculo.

Com base no manual de segurança viária (Fortaleza 2016), em 2016 foram registrados 27.492 acidentes, sendo 274 acidentes com fatalidade, e aproximadamente 18.295 feridos. Foram observadas 281 mortes no período analisado, tornando a taxa de mortalidade em acidentes com fatalidade maior do que 1. Vale ressaltar que os motociclistas respondem por grande parte destas ocorrências. A tabela 07 mostra a participação dos modos nas ocorrências de acidentes em Fortaleza no ano de 2016, sendo dividida ainda por tipo de acidente.

Tabela 7 Participação dos modos de transporte nas ocorrências de acidentes de trânsito na cidade de Fortaleza para o ano de 2016. (Adaptado de FORTALEZA, 2016)

| Tipo de acidente | Total | /modo | % | Parcial |
|-------------------------|--------------|--------------|-------------|----------------|
| Com fatalidade | 274 | Moto | 52.70% | 144 |
| | | Carro | 8.80% | 24 |
| | | Bicicleta | 7.80% | 21 |
| | | Ônibus | 0.40% | 1 |
| | | Outros | 30.30% | 83 |
| Com vítima | 14873 | Moto | 61.20% | 9102 |
| | | Carro | 18.90% | 2811 |
| | | Bicicleta | 3.90% | 580 |
| | | Ônibus | 1.80% | 268 |
| | | Outros | 14.20% | 2112 |
| Sem vítima | 12345 | Moto | 61.20% | 7555 |
| | | Carro | 18.90% | 2333 |
| | | Bicicleta | 3.90% | 481 |
| | | Ônibus | 1.80% | 222 |
| | | Outros | 14.20% | 1753 |
| TOTAL | 27492 | | 100% | 27492 |

Para efeito de cálculo da monetização de acidentes, foi quantificada a frota por modo que deixou de entrar no sistema, dada a escolha do metrô como transporte. Este cálculo se baseou na observação da frota de veículos e da divisão modal do sistema de Fortaleza (Tabela 8). Destacamos que a quantificação dos modos considera ônibus/caminhão como uma frota só, entretanto sabemos que a

frota exclusiva de ônibus para transporte público coletivo de Fortaleza conta com 2039 veículos, sendo o número de 127mil relativo a todos os veículos (públicos ou privados) da mesma categoria (ônibus, micro-ônibus, caminhões, etc.). Contamos ainda com a quantificação das escolhas modais, feita pelo IPEA (2015). Para o cálculo, levou-se em consideração cinco premissas básicas. (1) O total de viagens por bicicleta foi limitado pelas distâncias das estações e o total de viagens de cada estação. Isto significou um limite máximo teórico de 1% das viagens. (2) Foram desconsideradas as viagens a pé¹. (3) A divisão de modos rodoviários (Ônibus, Carros e Motos) foi calculada pelas medidas de utilidade de cada modo (Transitar, 2018), que apontou para uma divisão de 60,2% para ônibus e 39,8% para carros e motos. (4) Dado que temos estabelecidas as porcentagens de bicicletas (1%) na divisão modal, utilizamos a divisão rodoviária (60,2%/39,8%) para ajustar o total percentual de viagens restante (equivalente a 100% - 1%). Isto nos permitiu redistribuir os totais relativos a ônibus e motos/carros. (5) O público do metrô não é usuário frequente de modos motorizados individuais do tipo carro, existindo uma preferência pelas motos. Isso significa que, para não zerarmos a contagem de carros (o que poderia potencializar erros), adotamos um valor conservador (de apenas 5% das viagens individuais motorizadas) derivado do resultado da premissa 4, o que garante a ênfase no uso de motos. Os valores finais podem ser vistos na tabela 8.

Tabela 8 Quantificação aproximada da Frota e da divisão modal.

| FROTA | No. de veículos | % | Divisão modal (IPEA, 2015) | (1) e (2) | (3) | (4) | (5) |
|--------------|------------------------|----------------|-----------------------------------|------------------|------------|---------------|-------------|
| Ônb/Cam | 127000 | 12.2% | 37,5% | - | 60,2% | 59,6% | 59,60% |
| Motos | 288000 | 27.7% | 19,4% | - | 39,8% | 39,4% | 37,43% |
| Carros | 603000 | 58.1% | 13,0% | - | - | - | 1,97% |
| Bicic./Pé | - | - | 11,3% | 1,0% | - | 1,00% | 1,00% |
| Outros | 21000 | 02.0% | 18,8% | - | - | - | - |
| TOTAL | 1039000 | 100.00% | | | | 100.0% | 100% |

Fonte: Relatório Anual de Segurança viária 2016 – Fortaleza e IPEA (2015)

De posse da divisão modal, é calculado a quantidade de passageiros a ser absorvida por cada modo, a fim de substituir a oferta provida pela Linha Sul do Metro. A partir de dados oficiais de número de passageiros e total de viagens de ônibus (ETUFOR 2015), calculamos a lotação média de ônibus em 50,67 passageiros. Para motos, foi assumido a média de 1,5 passageiros e carro, 2,0 passageiros. Sabendo a quantidade de passageiros por modo e as devidas lotações médias, é calculado o Total de Viagens por modo a serem consideradas (Tabela 9). O Total de Viagens significa quantas viagens somadas os quatro modos considerados seriam necessários para suprir a demanda atual do metrô respeitando a divisão modal.

¹ Falta de dados sobre viagens realizadas a pé

Tabela 9 Divisão modal das viagens na cidade de Fortaleza e a estimação da transferência de passageiros do metrô para outros modos

| Passageiros metrô/ano | 6,536,728 - ano base 2017 | | | |
|------------------------------|---------------------------|-----------|----------------------|-------------------------|
| Transferem para: | | | Lotação média | Total de Viagens |
| Ônibus | 59,60% | 3,895,759 | 50.67 | 76,889 |
| Moto | 37,43% | 2,446,821 | 1.4 | 1,747,730 |
| Carro/uber/taxi | 1,97% | 128,780 | 2.0 | 64,390 |
| Bicicleta/Pé | 1,00% | 65,367 | 1 | 65,367 |

Em seguida, para conseguirmos quantificar o total de acidentes que deixaram de ocorrer devido a redução da exposição ao risco, precisamos de alguma proporcionalidade entre o número de acidentes ocorridos (por tipo) (vide TABELA 07), e o número de viagens de cada modo, representativos da divisão modal. Deste modo pudemos definir uma taxa de acidentes por total de viagens, por modo (Tabela 11). Adotando esta taxa para as viagens que deixaram de ocorrer, pudemos quantificar o número de acidentes (por tipo) que foram evitados. Já, para a monetização destes acidentes evitados, precisamos de valores em reais definidos por tipo de acidentes. A prefeitura de Fortaleza, respaldada por estudos do IPEA, estipula valores monetários para os três tipos de acidentes (com fatalidade, com vítima e sem vítima). Estes valores, corrigidos pela inflação do período (Banco Central do Brasil s.d.), podem ser vistos na tabela 10.

Tabela 10 Custos associados aos tipos de acidentes de trânsito (IPEA 2015)

| TIPO | CUSTO | |
|----------------|--------------------|-------------------------|
| | IPEA (2015) | Corrigido (2018) |
| Sem vítima | R\$ 23,000.00 | R\$ 27,252.70 |
| Com Vítima | R\$ 90,100.00 | R\$ 106,759.49 |
| Com fatalidade | R\$ 646,700.00 | R\$ 766,274.83 |

A seguir, apresentamos um resumo das quantificações de acidentes por tipo e por modo de transporte, e a monetização dos acidentes “evitados”. A monetização leva em consideração o total de acidentes ‘evitados’ por modo (em média) e o custo unitário de cada acidente por tipo (tabela 10). A soma dos montantes por tipo de acidente e modo pode ser visto na tabela 11.

² Entendemos como “acidentes evitados” a quantificação de acidentes que deixaram de acometer aos cidadãos devido à menor exposição ao risco do trânsito, por estarem utilizando o metrô.

Tabela 11 *Quantificação dos acidentes, por tipo, por modo e as respectivas monetizações.*

| Modo | Redução da frota | No. de acidentes 'evitados'/Tipo | | Total (\$) |
|-------------------|------------------|----------------------------------|--------|-------------------------|
| Ônibus | 29.3 veic. | Com fatalidade | 0.016 | R\$ 10,349.51 |
| | | Com Vítima | 3.844 | R\$ 352,210.41 |
| | | Sem vítima | 3.191 | R\$ 74,627.30 |
| Carros | 110 veic. | Com fatalidade | 0.004 | R\$ 2,901.42 |
| | | Com Vítima | 0.514 | R\$ 47,125.87 |
| | | Sem vítima | 0.427 | R\$ 9,985.16 |
| Motos | 1997 veic. | Com fatalidade | 1.001 | R\$ 658,305.27 |
| | | Com Vítima | 63.106 | R\$ 5,781,467.40 |
| | | Sem vítima | 52.380 | R\$ 1,224,993.10 |
| Bicicletas | 53 veic. | Com fatalidade | 0.054 | R\$ 35,697.90 |
| | | Com Vítima | 1.473 | R\$ 67,492.05 |
| | | Sem vítima | 1.223 | R\$ 14,300.40 |
| TOTAL | | | | R\$ 8,279,455.77 |

Esta distribuição partiu da premissa de que os acidentes de trânsito são decorrentes da exposição ao risco e que esta distribuição é proporcional à divisão modal e ao total de acidentes por cada tipo de modo (vide tabela 7). Para este cálculo, é necessário quantificar a redução no tamanho da frota exposta ao risco em decorrência da escolha do metrô como modo de transporte. Este cálculo se deu pelo total de viagens dividido pelo número de viagens médio de um veículo (caso este fosse utilizado para substituir o metrô). Para um ano com 340 dias úteis, um carro (dada a condição pendular dos movimentos) faria 2 viagens/dia ou 680 viagens/ano, um ônibus (dada a quantidade de horas de atividades) faria 9 viagens /dia ou 3060 viagens/ano, motos e bicicletas (pela maior versatilidade) fariam 3 viagens/dia ou 1020 viagens/ano. Destes valores quantificou-se a redução de veículos na frota.

3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

Pela decisão de se utilizar os modos privados (carro e moto) ou mesmo o ônibus, os viajantes acabam por arcar com os custos relativos ao consumo de combustíveis fósseis que a maioria destes modos implicam. Além de significarem efeito direto sobre a emissão de poluentes, e a degradação ambiental associada à sua extração, refino e distribuição, o consumo de combustíveis também tem efeito financeiro para o usuário destes modos de transporte alternativos ao metrô. Para este relatório, levamos em consideração que a redução do consumo de combustíveis se reverte em benefício (na forma de economia financeira) para os usuários que se utilizam do modo ferroviário eletrificado. O valor que se deixa de gastar com a compra de combustíveis se reverte em benefício sociais difusos, para toda a sociedade (na forma de redução da emissão de poluentes, que será tratado na seção 6 deste relatório), e individualmente, na forma de menores custos financeiros associados às viagens.

Dado que o presente estudo foca apenas na Linha Sul do Metrô de Fortaleza, que é movida a eletricidade, assumimos que todas as viagens substituídas de modos motorizados não elétricos geram uma economia em litros de combustível que deixaram de ser consumidos. Viagens não motorizadas substituídas não foram contabilizadas por não consumirem qualquer tipo de combustível.

Sendo assim, a redução foi calculada levando-se em conta três variáveis anualizadas.

1. Os Km rodados por modo (que foram substituídos pelo metrô);
2. O consumo de combustível por Km rodado; e
3. O preço do combustível.

Para se calcular a quilometragem total referente ao número de viagens que deixaram de ser realizadas nos modos ônibus, carro e moto, utilizamos a distância média percorrida pelos usuários que foi obtida a partir da Matriz OD (capítulo 1 deste relatório) e o número de viagens necessárias para atender a todo o público. Estas duas variáveis estão descritas na tabela 9 da capítulo 2. O consumo de combustíveis por modo foi obtido a partir de dados fornecidos pela literatura especializada (ANTP 2010). Os valores adotados foram, 2,5 Km/l para ônibus, 10 km/l para carros e 25 km/l para motocicletas, que representam valores médios para as categorias de veículos (Tabela 12). Em seguida estas taxas de consumo foram transformadas em medidas de litros por Km rodado, e em R\$ por Km rodado, dados os preços dos combustíveis na data da confecção do relatório.

Tabela 12 Cálculo do custo de combustíveis em R\$/Km.

| | | | | |
|---------------|----------------------|-----------------|-----------------|--|
| \$ | Gasolina (dez. 2017) | R\$ 4.162 | | |
| 29/06/2018 | Diesel (dez. 2017) | R\$ 3.377 | | |
| | Moto | Carro | Ônibus | |
| km/l | 25 | 10 | 2.5 | |
| l/km | 0.04 | 0.10 | 0.40 | |
| R\$/km | R\$ 0.17 | R\$ 0.42 | R\$ 1.35 | |

De posse dos valores para as três variáveis, foi possível quantificar o total de economia com a redução do consumo de combustíveis decorrente da adoção do modo ferroviário. A listagem geral dos dados pode ser vista na Tabela 13, que ilustra todas as variáveis utilizadas e calculadas. Ao final, utilizando o valor corrente dos combustíveis (para o mês de dezembro de 2017), calculou-se o total de economia para cada modo, e o total para todo o sistema.

Tabela 13 Monetização dos benefícios relativos à redução de consumo de combustíveis.

| Km médios/ viagem | 12.4 | | |
|--------------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| | Ônibus | Moto | Carro |
| Redução de passageiros | 3,895,759 | 2,446,821 | 128,780 |
| Lotação média | 50.67 | 1.40 | 2.00 |
| Redução de viagens | 76,889 | 1,747,730 | 64,390 |
| Km rodados | 953,422 | 21,671,847 | 798,436 |
| Autonomia média | 2.5 | 25 | 10 |
| l/km | 0.40 | 0.04 | 0.10 |
| Consumo (litros/ano) | 381,368.61 | 866,873.90 | 79,843.65 |
| \$ Combustível | R\$ 3.38 | R\$ 4.16 | R\$ 4.16 |
| Total em \$ | R\$ 1,287,881.78 | R\$ 3,607,929.17 | R\$ 332,309.27 |
| SOMA | | | R\$ 5,228,120.22 |

4. CUSTO DE OPERAÇÃO DOS VEÍCULOS

Ou seja, quando substituídos pelo modo metroferroviário, os demais modos de transporte motorizados deixam de gerar custos de operação.

Para o cálculo do custo de operação dos veículos, partimos da premissa de que existem custos associados aos veículos que incidem sobre os seus operadores (no caso de transportes públicos) ou proprietários (no caso de transporte privado) que deixam de ser dispendidos no caso de transferência das viagens destes modos para o modo metro-ferroviário. Isto significa que os investimentos na manutenção e operação do Metrô geram economias individuais aos seus usuários que superam o desembolso das tarifas cobradas pelo Metrô. Contabilizamos estas economias a seguir.

Para o cálculo do custo do transporte coletivo rodoviário, leva-se em consideração um conjunto de aspectos da operação, tais como, preço de aquisição de veículos, custo de combustível, pneus, formação de motoristas, inflação do período, impostos, seguro, manutenção periódica, substituição de peças, dentre outros custos menores (ANTP 2017). Para os demais veículos privados (motos e carros), adotamos metodologia proposta por Silva e Beltrame (2018), que tem como premissas de cálculo a incorporação dos seguintes itens no cálculo do custo por quilômetro rodados: depreciação do veículo, pneu, óleo, filtros, seguro, DPVAT, IPVA e combustível. Cada tipo de veículo tem um custo próprio, de modo que foi necessário calcular o custo para cada faixa de preço de veículo (Popular, médio, caminhonete ou sedan de luxo). De forma similar, o cálculo das motos leva em conta, além dos fatores já citados, custos com vela, bateria e pastilha. Um resumo dos valores indicados por categoria de veículo pode ser visto na tabela 14, que ainda mostra o valor médio ponderado segundo a participação destas categorias na frota (FENABRAVE 2018).

Tabela 14 Custo de manutenção por modo de transporte (Silva e Beltrame 2018)

| Modo | R\$/Km (2016) | Ajustado para 2018 | modelos |
|------------------|---------------|--------------------|---------------|
| Ônibus | - | 5.08 | R\$/km |
| Motos | 0.43 | 0.56 | Econômica |
| | 0.74 | 0.96 | Urbana |
| média das motos | 0.52 | 0.67 | R\$/km |
| Carros | 0.26 | 0.76 | Econômico |
| | 0.30 | 0.79 | Médio |
| | 1.19 | 3.08 | Caminhonete |
| | 3.15 | 8.15 | Sedan de luxo |
| média dos carros | 1,61 | 2,08 | R\$/km |

<http://infograficos.estadao.com.br/economia/custo-transporte/>

Uma vez que o consumo de combustível foi contabilizado separadamente, para efeito de cálculo, o montante referente aos gastos com combustíveis foi retirado dos custos de operação. Também não foram considerados os gastos com estacionamento, ou analisado o fator trânsito e horários de pico,

devido à impossibilidade de se prever o tráfego na cidade, fator que tem influência nas tarifas de táxi e nos gastos com combustível. O levantamento foca exclusivamente na questão econômica, sem considerar variáveis como conforto, tempo e segurança.

Utilizando-se de as taxas de R\$/Km, ilustradas na tabela 14, avançamos com a quantificação dos custos de manutenção. Para o cálculo, subtraímos da taxa de R\$/Km o custo em R\$ de combustível por Km para cada modo e o custo da tarifa do metrô por Km, para os modos privativos. Isto significa que mesmo que o usuário privado tenha economia ao escolher o metrô como modo de transporte, o usuário de ônibus ainda tem que arcar com o custo da tarifa. Esta diferença foi multiplicada pelo total de Km rodados (descrito na seção 3 deste relatório e ilustrado na tabela 13), resultando no custo de manutenção e operação de cada modo. Estes valores foram somados para representar o total, em R\$, de economia para a sociedade. O resumo destes valores está ilustrado na tabela 15.

Tabela 15 Cálculo das reduções em custos de operação por modo de transporte.

| | Ônibus | Moto | Carro |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| R\$/Km | R\$ 5.08 | R\$ 0.67 | R\$ 2.08 |
| R\$.combustível/Km | R\$ 1.35 | R\$ 0.17 | R\$ 0.42 |
| Custo da tarifa do metrô | - | R\$ 0.27 | R\$ 0.27 |
| Diferença | R\$ 3.73 | R\$ 0.23 | R\$ 1.39 |
| Km reduzidos | 953,422 | 21,671,847 | 798,436 |
| Redução | R\$ 3,555,499.519 | R\$ 5,077,116.837 | R\$ 1,107,888.53 |
| Soma | | | R\$ 9,740,504.89 |

5. EMISSÃO POLUENTES

O transporte de pessoas e mercadorias sempre esteve associado a algum tipo de poluição, atmosférica, sonora ou visual (IPEA 2011). No mundo, o setor de transportes responde por 20% das emissões globais de CO₂, e no Brasil este setor é responsável por cerca de 9% do total das emissões (CNT 2009). Se considerarmos apenas o transporte rodoviário, o sistema de ônibus, responsável por mais de 60% dos deslocamentos, contribui com 7% das emissões do setor. Ao mesmo tempo, os automóveis atuam em menos de 30% dos deslocamentos, o que faz com que participem com metade dessas emissões. Em pouco tempo, ao longo do século XX, o Brasil deixou de ser um país rural e passou a ser majoritariamente urbano. Hoje, 80% da população brasileira vive em área urbana, com significativa participação no consumo energético e nas emissões de CO₂.

O cálculo de emissões de poluentes utiliza uma medida comparativa definida por CO₂(e) ou equivalente, que representa todos os gases poluentes presentes nas emissões. A título de curiosidade, podemos citar alguns dos gases presentes como sendo: CO, CO₂, NO_x, SO_x, O₃, dentre outros (Aguiar, et al. 2015). Grande parte desta poluição é devida ao uso do transporte individual motorizado, considerado o mais poluente, e também em relação à distância média das viagens motorizadas realizadas. Essa mudança ocorrida na estrutura das cidades trouxe consequências geradoras de externalidades negativas à sociedade, como poluição, congestionamentos e mortes, ocasionando custos econômicos e ambientais.

Deste contexto, fica claro que o potencial de benefícios sociais associados à redução da mobilidade motorizada poluente é muito grande. Em se tratando de motores menos poluentes, segundo dados do IPEA (2011), a participação dos motores elétricos como fonte poluidora tem um nível de emissões unitárias que chega a ser 36 vezes menor que nos casos observados para os automóveis a combustão interna. Consequentemente, acredita-se que a adoção do metrô elétrico como modo prioritário de transporte de massa tem muito a contribuir com a diminuição das emissões per capita das cidades.

Uma forma de se avaliar o benefício causado pela redução das emissões de poluentes é através de sua monetização. A quantificação das emissões de gases poluentes que deixariam de ser emitidas por conta da utilização do metrô pode ser calculada a partir da quantificação de viagens que deixaram de ser feitas por veículos poluentes, quantificadas em km não rodados. A emissão de gases é medida pela quantidade de Kg de gases para cada litro de combustível consumido. Sabendo-se o nível de consumo dos veículos (em l/km) e a taxa de emissões (em Kg/l de combustível) podemos quantificar o total de gases não emitidos, ou reduzidos.

Para o cálculo da redução de emissão de poluentes utilizou-se a lotação média dos ônibus, carro e moto, considerando-se uma proporção na redução do número de viagens em comparação aos passageiros transportados pelo metrô linha sul. Isto significa que, a partir da divisão modal do sistema (tabela 9) estipulou-se a quantidade de passageiros por cada modo, e depois calculou-se a quantidade

de viagens necessárias para atender a todos estes passageiros. Dado o nível de consumo de combustível por cada veículo, foi possível quantificar quantos litros de combustível seriam necessários para perfazer todas as viagens estimadas.

Os últimos dois passos foram a quantificação dos gases emitidos (em toneladas) para cada tipo de veículo e a monetização destes valores. O valor de Km rodados (ano) foi encontrado através da multiplicação do valor de redução do número de viagens pela distância média das viagens encontrado através da matriz O-D (tabela 4). A distância média utilizada é de 12,4 km. As taxas de emissões em Kg/l foram adotadas a partir dos dados calculados por Soares (2009) e confirmados pelo IPEA (2011). A monetização das toneladas de CO₂(e) foram calculadas a partir da cotação do crédito de carbono futuro (Futuros 2018).

Os valores estão listados resumidamente na tabela 18.

Tabela 16 Monetização dos benefícios com a redução das emissões de poluentes.

| | ÔNIBUS | MOTO | CARRO |
|--|-----------------------|----------------|---------------|
| Lotação média | 50.67 | 1.40 | 2.00 |
| Redução do número de viagens | 76,889 | 1,747,730 | 64,390 |
| Redução dos Km rodados (ano) | 953,422 | 21,671,847 | 798,436 |
| l/km | 0.40 | 0.040 | 0.1 |
| Redução Diesel consumido (ano) | 381,369 | 866,874 | 79,844 |
| Consumo teórico Kg.CO₂/litro | 4.00 | 2.30 | 2.30 |
| Kg.CO ₂ deixados de emitir | 1,525,474.4 | 1,993,810.0 | 183,640.4 |
| Crédito de Carbono | € 16.00 | | |
| Cambio (em reais) | R\$ 72.48 | | |
| Monetização (€) | € 24,408 | € 31,901 | € 2,938 |
| (R\$) | R\$ 110,566.39 | R\$ 144,511.35 | R\$ 13,310.26 |
| TOTAL | R\$ 268,387.99 | | |

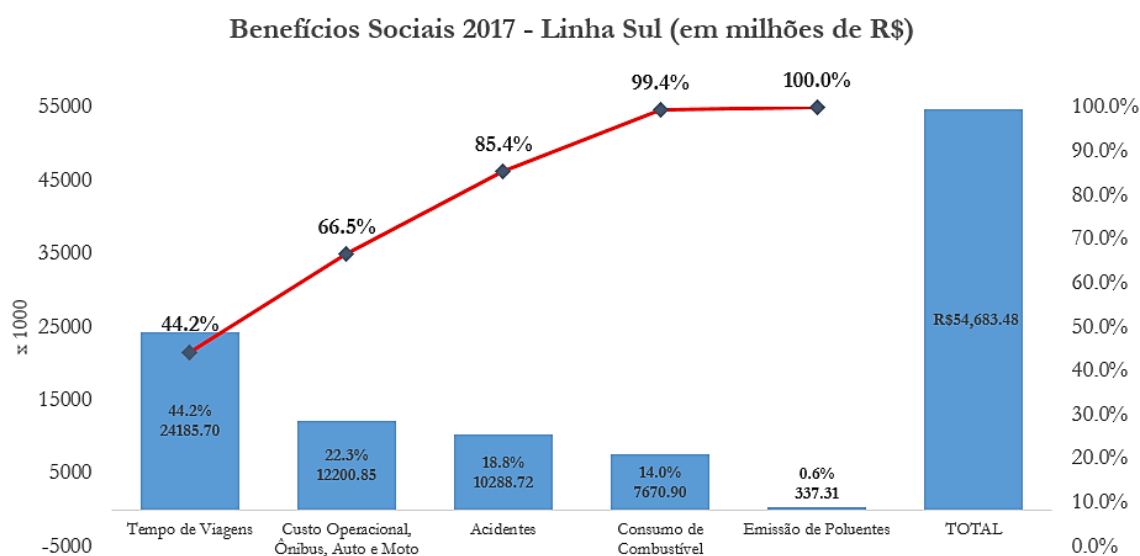
RESULTADO FINAL

Apresentamos a tabela 19 como resumo do esforço de contabilização dos benefícios sociais decorrentes das seis fontes tratadas neste relatório. Dela consta o sumário dos valores calculados para cada ganho socioambiental, monetizados em reais.

Tabela 17 Resumo da monetização de benefícios sociais, discriminando cada tipo de benefício.

| Benefícios Sociais | Milhões | % | % Acumulada |
|--|---------------------|-------|-------------|
| Tempo de Viagens | 24185.70 | 44.2% | 44.2% |
| Custo Operacional, Ônibus, Auto e Moto | 12200.85 | 22.3% | 66.5% |
| Acidentes | 10288.72 | 18.8% | 85.4% |
| Consumo de Combustível | 7670.90 | 14.0% | 99.4% |
| Emissão de Poluentes | 337.31 | 0.6% | 100.0% |
| TOTAL | R\$54,683.48 | | |

Gráfico 2. Descritivo dos valores monetizados de benefícios sociais, e o acumulado



LIMITAÇÕES DA ABORDAGEM

1. Redução dos custos com manutenção de vias
2. Custos reais da poluição – degradação ambiental
 - Custos por gás poluente

| US\$/t em 2006 | |
|-----------------|-------------|
| CO | \$517,94 |
| HC | \$2.292,62 |
| NO _x | \$2.650,06 |
| SO _x | \$10.086,83 |
| MP | \$13.554,21 |
| CO ₂ | \$83,24 |

Fonte: ANTP – IPEA

Fonte: FLORES, Roberto M. V.; Alencar, Rodrigo S. de (2011) “*Uma análise dos benefícios socioeconômicos gerados pela CPTM para a região metropolitana de São Paulo através do modelo de demanda de quatro etapas*”. Revista Brasileira de Economia de Empresas 11(1): 79-105

3. Valorização das terras urbanas

“A implantação de um dado sistema de transporte público influencia a cidade segundo quatro aspectos: i) a variação do valor do solo; ii) as melhorias urbanas decorrentes das intervenções necessárias; iii) a intensidade do desenvolvimento socioeconômico durante o período em que ocorre a implantação; e iv) o impacto na estrutura da cidade em razão dos novos usos no território – promovendo a criação de novas centralidades ou novos eixos de crescimento (TCRP, 1996).”

Dentre os casos citados nesta base, podemos destacar o estudo de Boyce et al. (1972) que observa no sudoeste de Nova Jersey um incremento de US\$ 149,00 no valor da residência para cada dólar de economia do tempo de viagem – consistindo em uma medida da capitalização do ganho da mobilidade.

Calvo et al. (2007) analisam o impacto da implantação do sistema de transporte público de Bogotá – Transmilenio – no valor dos imóveis comerciais e residenciais por meio da comparação entre a área limdeira aos terminais do sistema (segundo um raio de 500 metros) e outras áreas de controle. Foram observados distintos impactos segundo o uso do solo permitido. Nas áreas residenciais observa-se uma variação de 5,8% a 17% no preço dos imóveis, sendo o resultado considerado a capitalização do incremento da acessibilidade. No caso dos imóveis comerciais o impacto do sistema é relativamente mais elevado, variando entre 256% e 365% dos valores dos imóveis.

FONTES:

LIMA NETO, Vicente C. **O Efeito de Investimentos em Transporte Público no Valor dos Imóveis: O Caso do Distrito Federal**. Boletim Regional, Urbano e Ambiental, 2011, IPEA.

TCRP. Transit and urban form. **TCRP Report 16**. Washington: National Academy Press, Transportation Research Board, 1996. v. 2.

BOYCE, D. F. et al. **Impact of rapid transit on suburban residential property values and land development** U.S. Department of Transportation, 1972.

CALVO, J. A. P. et al. **Study of the effect of the transmilenio mass transit project on the value of properties in Bogotá, Colombia**. Lincoln Institute of Land Policy, 2007 (Working Paper).

APÊNDICE

Em estudos de previsão de demanda, encomendados pela Companhia Cearense de Transportes Metropolitanos - Metrofor, (Transitar 2018), um conjunto de cenários futuros forma elaborados. Estes cenários foram estabelecidos levando-se em conta os estágios evolutivos da implementação do metrô. Um cenário base foi estabelecido para o ano de 2017, avaliando o metrô em sua conjuntura presente. Os demais cenários adotaram como critérios os seguintes aspectos do sistema:

- 2020 – Pleno funcionamento comercial do VLT Parangaba-Mucuripe;
- 2022 – Final da implantação da primeira fase da linha Leste (até a estação Papicu);
- 2027 – Final da implantação da segunda fase da linha Leste (até a estação Edson Queiroz);
- 2032 – Final da implantação da terceira fase da linha Leste (estações intermediárias);
- 2042 – Horizonte de maturação do sistema – 10 anos.

Este estudo de previsão de demanda avalia todo o sistema metroferroviário da capital cearense. O atual relatório, no entanto, se restringe ao estudo da linha Sul. Deste modo, adotamos para efeito de previsão de benefícios sociais os números modelados pela Empresa Transitar (2018) relativos ao total de passageiros apenas da linha Sul em duas modalidades, adotando ou não adotando a integração entre outros modos de transporte público.

Foram simulados os benefícios sociais para cada cenário, em um total de 12. É possível identificar um alto potencial no incremento desses valores de acordo com o crescimento da demanda do sistema ao longo do tempo. Vale ressaltar que os cenários analisados levaram em consideração apenas alterações na demanda do sistema. Em todos os cálculos envolvidos na quantificação dos benefícios sociais as variáveis outras (que não de demanda por transporte ferroviário) se mantiveram iguais ao cenário atual (2017).

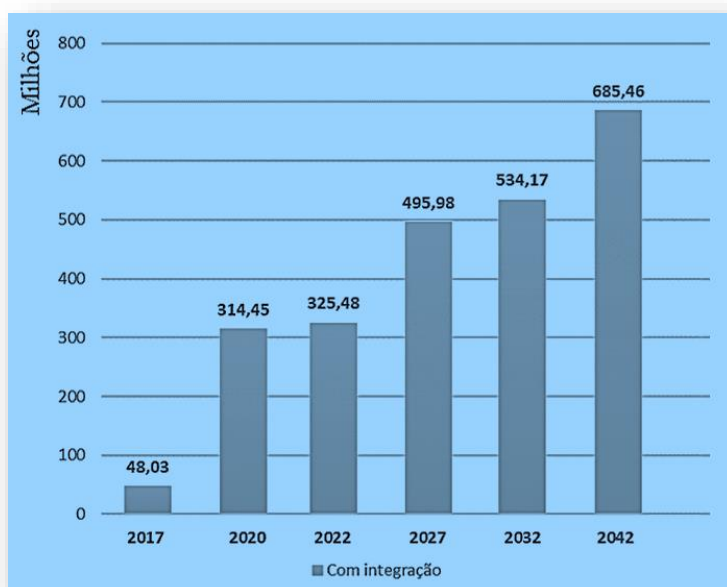


Gráfico 3. Estimativa de benefícios sociais monetizados dados os cenários de previsão de demanda.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, Suzana de Oliveira, Rinaldo dos Santos Araújo, Francisco Sales Ávila Cavalcante, Bruno Vieira Bertoncini, Rita Karolinny Chaves de Lima, e Mona Lisa Moura Oliveira. “Avaliação das emissões de escapamento veicular em condições específicas do motor: partida e marcha-lenta.” *Transportes*, 2015: 35-43.
- ANTP. “Custos dos Deslocamentos: Custos para usar ônibus, moto e automóvel.” Sistema de Informação da Mobilidade Urbana, 2010.
- ANTP. *Custos dos serviços de transporte público por ônibus: Método de cálculo*. São Paulo: ANTP, 2017.
- Bancon Central do Brasil. *Calculadora do Cidadão*. s.d.
<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAO/publico/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice> (acesso em 15 de 05 de 2018).
- CNT, Confederação Nacional do Transporte. “Oficina Nacional: transporte e mudança climática.” Brasília, 2009.
- ETUFOR. *Anuário de transporte público de Fortaleza*. Fortaleza: Prefeitura de Fortaleza, 2015.
- FENABRAVE. *Anuário 2017: O desempenho da distribuição automotiva no Brasil*. Anuário do Setor de Distribuição de Veículos Automotores, São Paulo: DTI Fenagrave/Milxtor Arte, 2018.
- Fortaleza. *Relatório anual de segurança viária de Fortaleza*. Fortaleza: Prefeitura de Fortaleza, 2016.
- Fortaleza, Prefeitura Municipal de. *Canal Infraestrutura*. 2016.
<https://infraestrutura.fortaleza.ce.gov.br/2016-10-28-18-07-54.html> (acesso em 15 de 06 de 2018).
- Futuros, Bolsa de Mercados. *Crédito Carbono Futuros*. 2018.
<https://br.investing.com/commodities/carbon-emissions> (acesso em 02 de 07 de 2018).
- IPEA. *Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros*. 1606 - texto para discussão, Brasília: IPEA, 2011.
- IPEA. *Estimativa dos Custos dos Acidentes de Trânsito no Brasil com Base na Atualização Simplificada das Pesquisas Anteriores do Ipea*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2015.
- Kawamoto, Eiji. “Calibração do modelo semi-compensatório de escolha modal.” *Transportes RJ*, 1994: 31-41.
- Ortúzar, Juan de Dios, e Luis G. Willumsen. *Modelling Transport*. New York: John Wiley & Sons, Ltd, 2011.
- Silva, Diego, e Nelson Beltrame. *Calculadora de mobilidade urbana - WTS BRA*. 2018.
<http://infograficos.estadao.com.br/economia/custo-transporte/> (acesso em 18 de 06 de 2018).
- Sindionibus. *Numeros do Setor*. 2017. <http://www.sindionibus.com.br/> (acesso em 17 de 06 de 2018).
- Soares, L. H. B., Bruno José Alves, Segundo Urquiaga, e Robert Michael Boddey. *Mitigação da emissão de gases efeito estufa pelo uso de etanol de acana de açúcar produzido no Brasil*. Circular Técnica, n.27, EMBRAPA, 2009.
- Souza, Antônio Artur de, e Anna Carolina Corrêa Pereira. “Critérios que influenciam na escolha de modos de transporte nos deslocamentos ao aeroporto.” *Anais do Congresso Chileno de Ingeniería de Transporte*. Santiago, 2013. XVI Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte.
- Transitar. “Estudo de atualização de demanda: Metrô de Fortaleza.” Pesquisa de demanda, Fortaleza, 2018.