

Análise do transporte coletivo urbano do município de Florianópolis – SC com base nos dados do sistema de bilhetagem eletrônica.

Victor Marques Caldeira¹; Alexandre Hering Coelho²

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – CTC – Departamento de Engenharia Civil. Campus Reitor João David Ferreira Lima, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. CEP 88040-900. 148 9955-1184. victormarquescaldeira@gmail.com ²48 3269-9580. alexandre@labtrans.ufsc.br.

RESENHA

Este trabalho objetiva o levantamento e tratamento de dados, indicadores e elaboração de análises globais do sistema integrado de transporte coletivo urbano do município de Florianópolis – SC, com base nos relatórios do sistema de bilhetagem eletrônica, através de ferramentas computacionais como Sistemas de Informações Geográficas.

PALAVRAS-CHAVE: transporte coletivo, sistema de bilhetagem eletrônica, Florianópolis/SC.

ÁREA DE ESTUDOS

O município de Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina, situado na região sul do Brasil, é composto por todo território da Ilha de Santa Catarina (97,23%), e uma porção continental (2,77%), totalizando uma área de 675.409 km², como apresentado no mapa da Figura 1.

Da área total, 31,9 km² são considerados área urbana (IBGE, 2010). Segundo IBGE (2014), a cidade possui uma população estimada de 461.525 habitantes e tendo uma frota de veículos, de acordo com o DETRAN/SC (2014), de 250.482 veículos, distribuídos conforme apresentado no quadro 1. Possui a densidade de 683,32 habitantes por km².

Quadro 1 - Frota de veículos de Florianópolis em 2014

Automóvel	209.542
Caminhonete	16.101
Camioneta	16.720
Utilitário	5.100
Ônibus/Micro-ônibus	3.019
Total de veículos	250.482

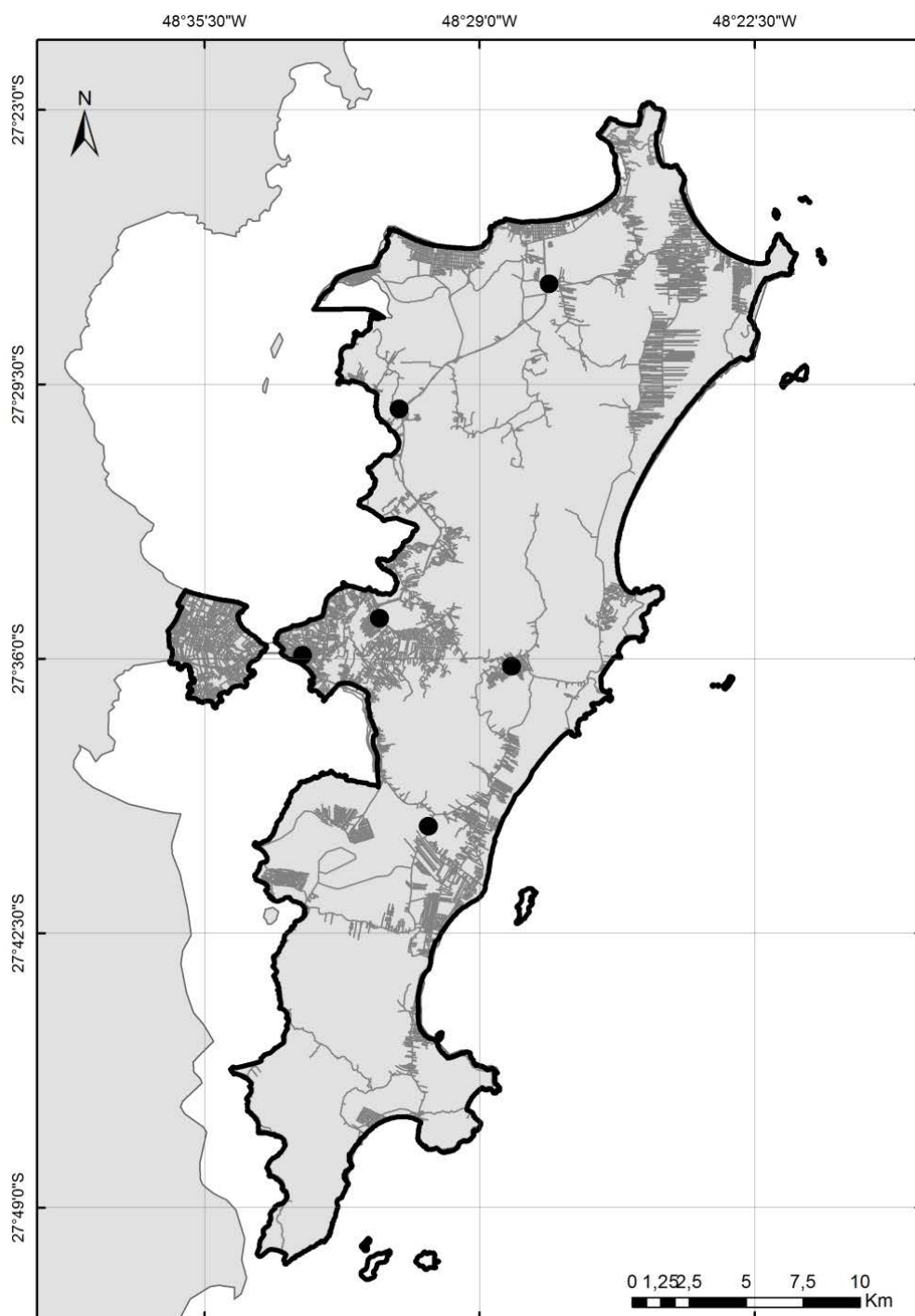
Fonte: Adaptado de DETRAN/SC (2014)

Florianópolis apresenta um índice de desenvolvimento humano muito elevado, de 0,847 no ano de 2010, sendo o mais alto dentre as capitais do país (PNUD, 2010). O IBGE (2010) apontou o Produto Interno Bruto (PIB) por habitante do município em R\$26.749,29.

O Sistema Integrado de Transporte Coletivo do município passou a operar a partir do ano de 2003. Hoje operado por um consórcio composto por 5 empresas, com mais de 500 veículos dispostos em 199 linhas de acordo com informações online das operadoras, transportando mais de 4 milhões de passageiros por mês.

O sistema município possui seis terminais de integração física, representados através dos pontos em preto no mapa da Figura 1.

Figura 1 – Delimitação do município de Florianópolis e localização dos terminais de integração



AQUISIÇÃO, TRATAMENTO E ESTRUTURAÇÃO DE DADOS

CARACTERÍSTICAS GEOPOLÍTICAS

O trabalho baseou-se na camada de dados dos setores do município de Florianópolis – SC e, através de dados censitários disponibilizados em formato de planilha eletrônica pelo IBGE (2010). Foi realizada a inclusão, através de união pelo código do setor censitário, dos dados de população, renda média, uso do solo, entre outros, na tabela de atributos dos setores através da plataforma SIG.

INFRAESTRUTURA VIÁRIA

A malha viária utilizada no trabalho teve como fonte o sistema de mapeamento colaborativo *OpenStreetMap (OSM)*.

Todos os dados do *OSM* estão disponíveis sob licenças do tipo *Open Database License* e podem ser acessados através do endereço eletrônico "<http://www.openstreetmap.org/>".

A estrutura viária resultante para o trabalho pode possuir, na maioria dos casos, em sua camada de atributos dados referentes ao nome da rua, velocidade máxima, sentido e se é composta por alguma obra de arte especial.

Uma verificação visual dos dados geométricos deu-se através de comparação da sobreposição da malha e imagem de satélite da área de estudos obtidas pelo *Google Earth*.

SISTEMA DE BILHETAGEM ELETRÔNICA (SBE)

O sistema eletrônico de bilhetagem utilizado em Florianópolis faz a gestão, controle, validação e arrecadação do SIT.

Tal sistema tem a capacidade de registro histórico dos dados por ele gerenciados. Os dados ficam de posse do operador do sistema, e a Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana de Florianópolis possui acesso a uma plataforma para geração de relatórios.

Para a realização do estudo foi solicitado por escrito à Secretaria relatórios do sistema referentes aos meses de janeiro e maio do ano de 2014. Dessa forma foi possível avaliar características próprias do sistema quando da alta temporada de veraneio na região de Florianópolis, coincidente com o período de férias escolares (mês de Janeiro), e o período de baixa temporada turística, porém durante período letivo (mês de Maio).

O volume de dados da bilhetagem eletrônica mensal do município obtidos está na casa de uma matriz 210.240x99.

ITINERÁRIOS DO TRANSPORTE COLETIVO

O percurso de cada linha do sistema de transporte coletivo foi consultado através da internet no site das empresas prestadoras do serviço. Tal informação é acessível para todos os usuários e, em alguns casos, eram apresentadas em formato sequencial de nomes de ruas e, em outras vezes, possuíam um mapa espacializado do itinerário como suporte à consulta do usuário.

Nessa etapa foram coletados os itinerários, o nome, e número das linhas a disposição para consulta dos usuários e o tempo médio do percurso apontado pela prestadora do serviço.

Foram levantadas 199 linhas distintas, entre normais e especiais.

ESTRUTURAÇÃO DA MALHA VIÁRIA

A malha viária importada do *OSM* apresentava-se multiframegmentada, ou seja, não existia coerência entre as quebras das feições, conforme observado em seleção em vermelho na **Erro! Fonte de referência não encontrada**.2. Isso dificultaria o processo de manipulação da rede e também a posterior visualização espacial dos trechos das ruas.

Para realização do trabalho, foram estabelecidas regras topológicas a serem aplicadas a malha viária de forma que ela obtivesse uma estrutura de grafo. Essas regras foram:

- ✓ Geometria do tipo simples;
- ✓ Sem sobreposição;
- ✓ Conexão em nós;
- ✓ Sem quebras desnecessárias.

Dessa forma, apresentou-se necessário realizar procedimento de quebra da malha em todas as intersecções e garantir a continuidade dos trechos entre nós.

Após pesquisas e tentativas de realização do procedimento de diferentes formas, foi utilizado o módulo *v.clean* do software livre *GRASS GIS* para a quebra dos trechos nos nós. Após a operação, os trechos das ruas continuaram fragmentados, porém eles eram interrompidos em todos os nós.

Como forma de facilitar o posterior traçado dos itinerários e espacialização dos dados, foi necessário eliminar a fragmentação dos trechos entre os nós. Para tal operação foi realizada uma fusão da malha entre os nós, utilizando a função “Simplificação de camada geográfica” do software *TransCAD* da empresa CALIPER, sob licença do Laboratório de Transportes e Logística – LabTrans/UFSC.

Assim, após os procedimentos de estruturação da malha viária, toda ela apresentou-se padronizada, sendo composta de segmentos do tipo simples contínuos interseccionados nos nós, conforme observado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.3**.

Figura 2 - Feição fragmentada da malha viária

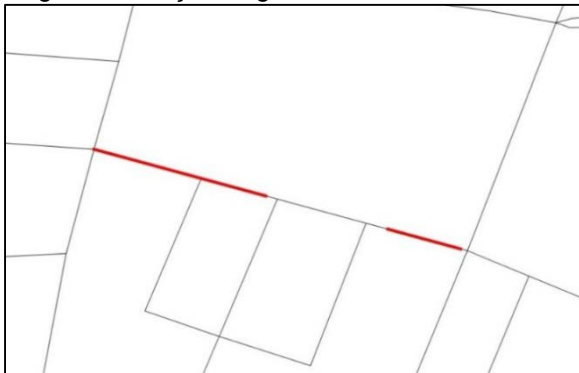
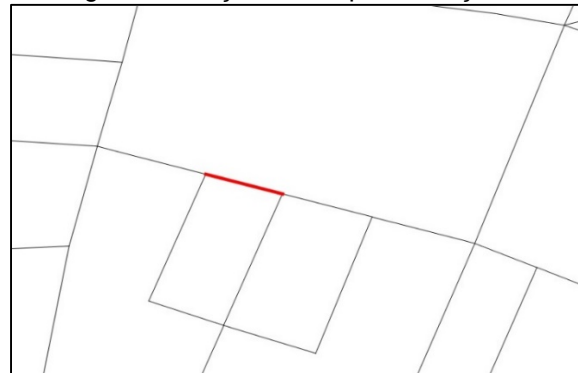


Figura 3 - Feição ideal após correção



ESPAIALIZAÇÃO DOS ITINERÁRIOS DO TRANSPORTE COLETIVO

Com base nas coletas feitas nos sítios online das empresas de transporte coletivo foi realizado um extenso trabalho de espacialização dos itinerários sobre a malha viária já estruturada.

Inicialmente o trabalho de espacialização foi realizado através do software livre *QGis*, onde o procedimento era a seleção, sequencial e manual, dos trechos de via componentes do itinerário e, após conclusão de cada linha, exportação da rota em formato *shapefile*.

Este procedimento teve que ser realizado manualmente, pois os dados geográficos não se encontraram disponíveis em nenhuma fonte. O uso de procedimentos para auxiliar o desenho dos itinerários, como por exemplo algum algoritmo de caminho mínimo era de difícil emprego nesse caso.

INSERÇÃO DE DADOS DO SBE NAS CAMADAS DE DADOS

Os dados do SBE utilizados para carregamento do modelo foram inseridos nas tabelas de atributos dos *shapefiles* através da utilização de scripts elaborados em *Python* de forma a atender a especificidade de cada dado trabalhado.

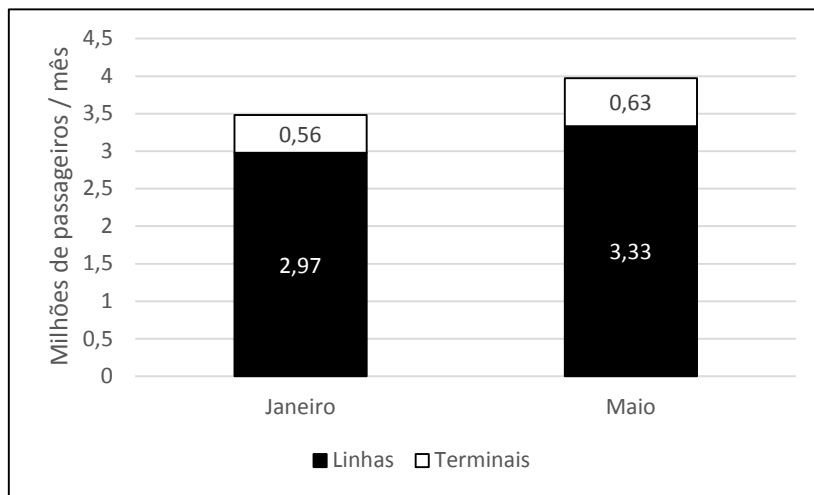
Com esse procedimento foram realizados os carregamentos de giros, desvio padrão, tempos de viagem, tipo de linha e frequência nas linhas. Na camada de atributos das vias, foram inseridas as linhas que dela se utilizavam.

RESULTADOS

O Sistema Integrado de Transporte Coletivo de Florianópolis registrou em Maio de 2014 aproximadamente 4 milhões de giros. Como se pode observar no **Erro! Fonte de referência não encontrada**.4, o sistema possui mais giros de passageiros no mês de maio, fora da temporada de veraneio, do que no mês de janeiro, tendo caracterizado no ano de 2014 um crescimento de aproximadamente 430 mil giros (11%) entre esses períodos.

Também é possível constatar que os passageiros acessam o sistema majoritariamente através dos pontos de ônibus, embarcando diretamente nos veículos. Menos de 20% dos giros tem origem através dos terminais de integração, segundo os registros do SBE.

Figura 4 - Giros mensais no transporte coletivo de Florianópolis - janeiro e maio de 2014



A cidade possui corredores de adensamento populacional muito bem caracterizados. Parte devido ao seu relevo, parte devido aos vetores de desenvolvimento locais, como estradas, regiões comerciais e pontos turísticos.

É importante que o traçado da rede de transporte coletivo atenda as regiões mais adensadas da cidade de forma racional.

Como é possível ver no mapa da figura 5, a região continental e o centro da cidade são bem atendidas quanto ao desenho da rede e disponibilidade de linhas na mesma.

Ao norte e ao sul da ilha, apesar do traçado seguir racionalmente os corredores de adensamento, há menor oferta de linhas.

Pode-se observar também que há uma grande quantidade de linhas diferentes servindo algumas vias, representado por sua espessura, como por exemplo, as pontes de ligação a ilha, a Avenida Beira Mar Norte, a Avenida Mauro Ramos e o trecho da Rodovia SC-401, entre a região do Itacobubi e Santo Antônio de Lisboa. É possível observar em mais detalhes essa região no **Erro! Fonte de referência não encontrada**. figura 6. Essas vias chegam a dar passagem a até 52 linhas. O excesso de itinerários distintos em um mesmo local pode ser indicativo de uma rede não otimizada e confusa ao usuário.

Figura 5 - Distribuição espacial das linhas de transporte coletivo

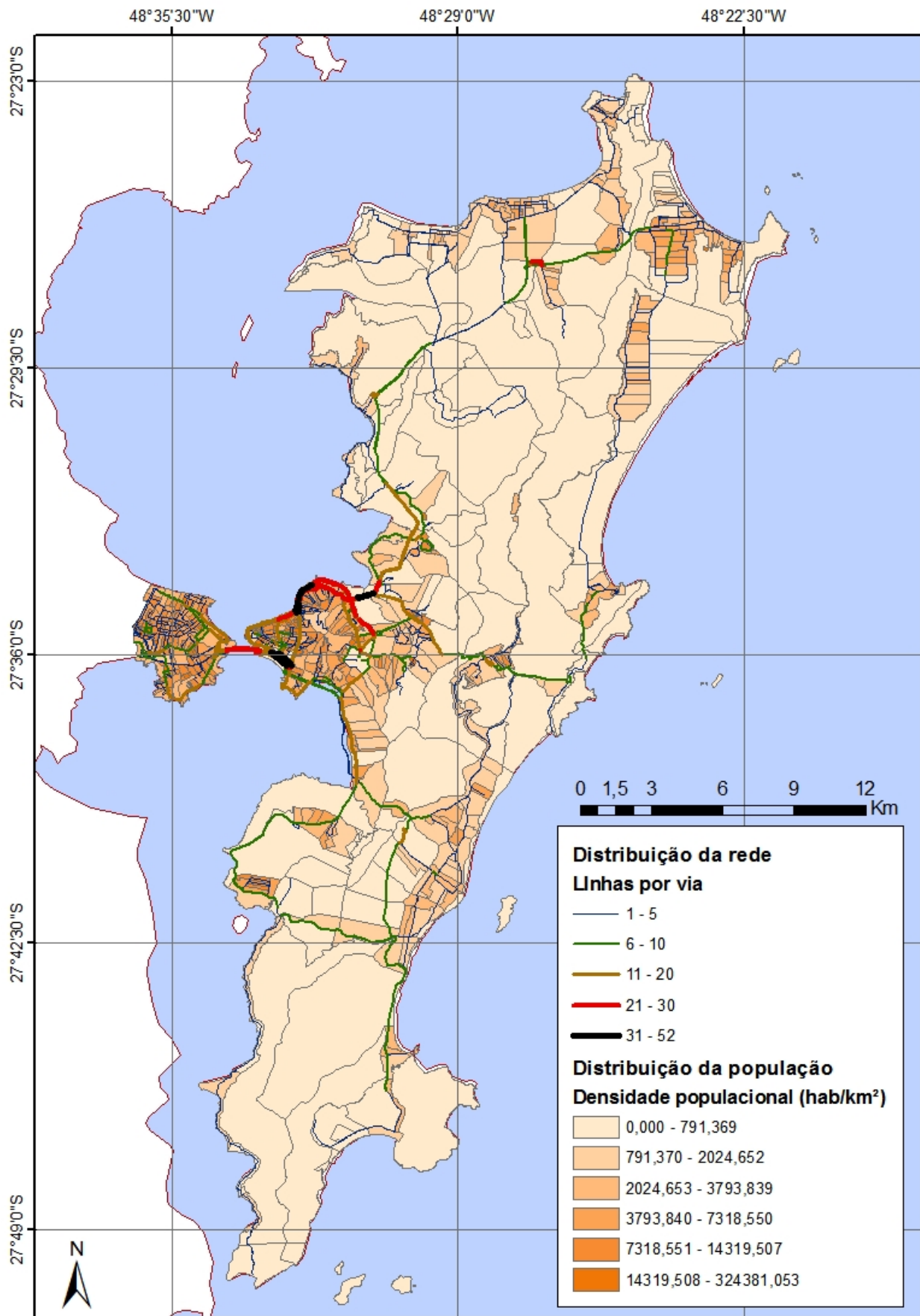
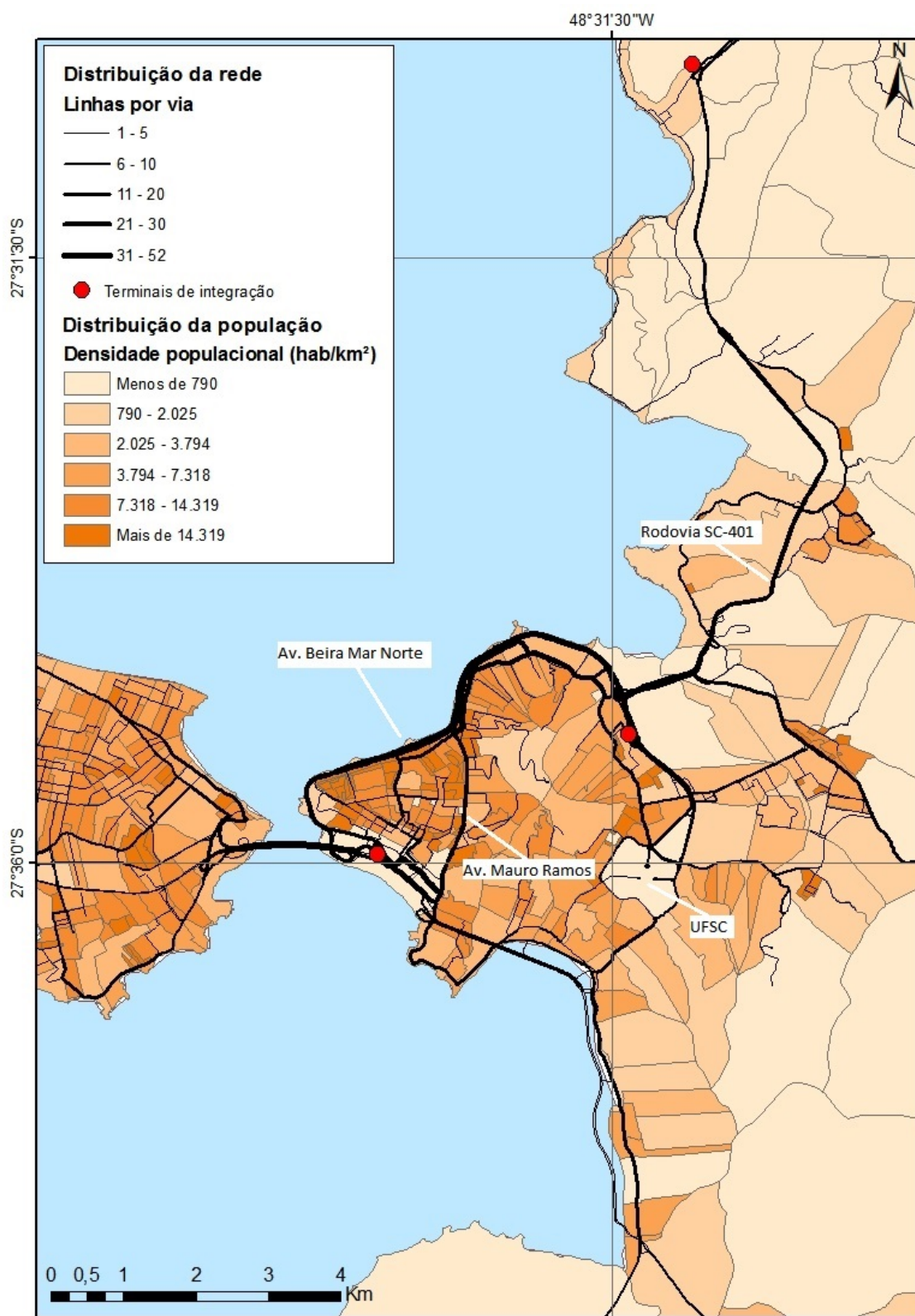
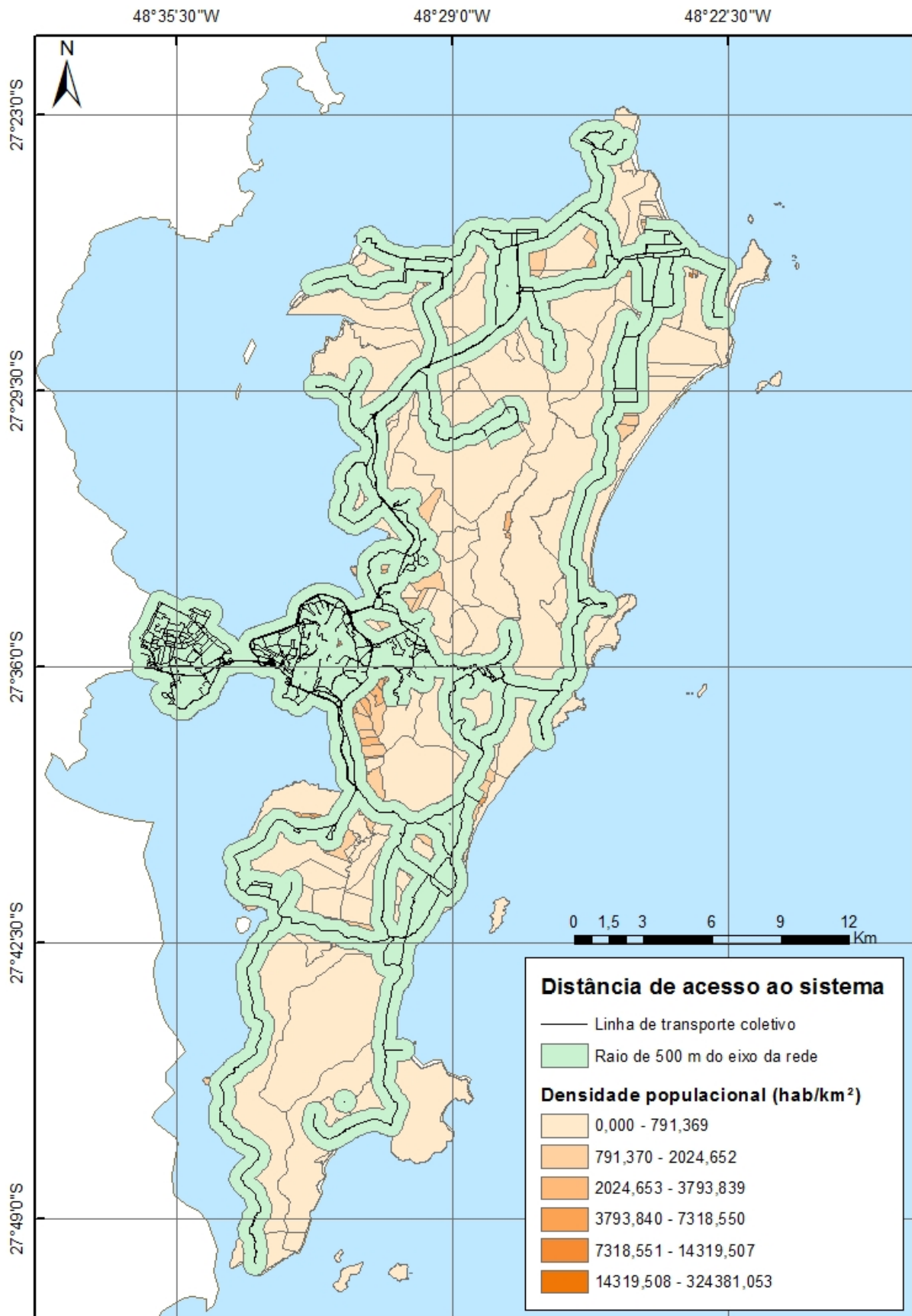


Figura 6 - Detalhe da distribuição espacial de linhas na região central da cidade



No mapa da figura 7 é possível observar que grande parte da região mais adensadas da cidade encontra-se dentro do raio de 500 m do eixo da rede de transporte coletivo, distância considerada máxima ideal para o acesso à rede segundo Ferraz e Torres (2004). Porém, parte considerável da população que vive nos morros entre o centro e o sul da ilha acaba por não ser atendida por essa área de cobertura.

Figura 7 - Área coberta por raio de 500 m da rede transporte coletivo



No mapa da figura 8 é apresentada a espacialização dos desvios-padrão de duração de viagem das linhas, critério utilizado na avaliação de desempenho.

Dessa forma, quanto maior o desvio padrão da linha, maior a incerteza quanto a sua duração de viagem e conseqüentemente pior o desempenho da linha na rede.

Os desvios tendem a crescer devido principalmente a dois fatores: a interferência em via com veículos privados, os congestionamentos, e/ou o tempo perdido em embarques/desembarques de passageiros em algum local de acumulação em horários de pico.

Com base nisso, e observando o mapa da Figura 7, é possível verificar que os trechos que possuem maior variabilidade temporal (mais de 50% do tempo da viagem) são os que ligam o centro a barra da lagoa, passando pelo morro da lagoa; o trecho da SC-401 entre o Centro e o bairro de Santo Antônio de Lisboa, passando pela Avenida Beira-Mar Norte; a ligação do Centro ao sul da ilha via Campeche; e o corredor que liga o bairro de Coqueiros no Continente a região central da cidade, passando pelas pontes.

No quadro 2 são apresentadas as linhas municipais que apresentam maior desvio padrão temporal em minutos.

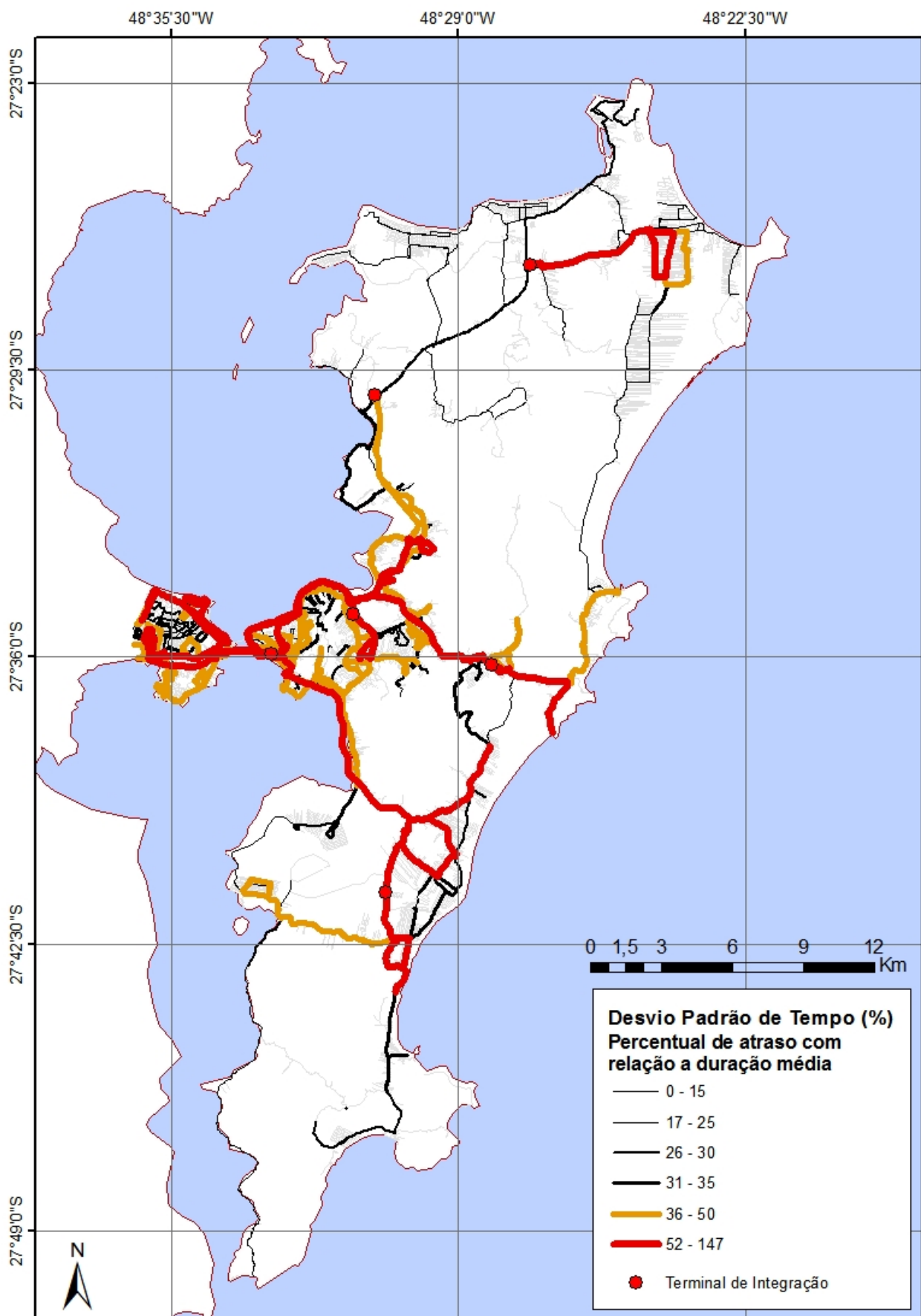
Quadro 2 - Linhas com maior desvio padrão em minutos

Linha	Nome	Ligação	Desvio Padrão
2123	Exec. Lagoa da Conceição	Centro - Leste	33,89
946	Jardim Atlântico - UFSC	Continente - Centro	32,67
472	Campenche via capela	Local (Sul)	30,34
D174	Saco Grande via João Paulo	Centro - Norte	23,63
D360	Barra da Lagoa - Direto	Centro - Leste	22,80
460	Porto da Lagoa	Centro - Lagoa via sul	20,69
D163	Córrego Grande - Direto	Centro (Local)	20,42
949	Abraão/UFSC	Continente - Centro	19,73
181	Cacupé/João paulo	Local (Norte)	18,08
6221	Executivo Bom Abrigo	Continente - Centro	16,64
565	Ribeirão da Ilha	Local (Sul)	16,15

Fica evidente que nesses trechos existem gargalos ao transporte coletivo e, devido a serem também corredores importantes de deslocamento, devem ter as restrições ao transporte coletivo avaliadas e desobstruídas. Isso tendo em vista que a previsibilidade e constância do transporte coletivo é um dos principais fatores de confiabilidade do sistema, características básicas para seu bom funcionamento e para a atração de novos usuários.

Duas alternativas possíveis para combater essa situação nessas linhas é a criação de corredores exclusivos ao transporte coletivo nessas vias, como também a criação de pontos de pré-embarque nos pontos em que a demanda é maior. Dessa forma o usuário paga ao entrar no ponto e não mais dentro do veículo, evitando assim tempo desnecessário de veículo parado para o embarque de usuários.

Figura 8 - Desvio padrão de tempo de duração de viagem em percentual da duração da viagem



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de ferramentas de SIG, como o *QGIS*, e *TransCAD*, demonstrou-se uma vantagem muito importante para a realização desse trabalho. Através da espacialização dos dados foi possível observar o comportamento do sistema como um todo e, além disso, viabilizou a construção de um modelo espacial que serve de base para vários tipos de consultas e análises que se busque realizar futuramente.

Os dados disponíveis no sistema de bilhetagem eletrônica mostraram-se insumos úteis principalmente para identificação de corredores, frequência real das linhas, demanda do sistema por tipo de usuário e caracterização da motivação das viagens.

Com base nas análises realizadas de acordo com os mapas temáticos e dados analíticos extraídos do SBE do município é possível construir alguns indicativos do sistema.

No que diz respeito ao desenho da rede, apesar de mesma seguir uma coerência com as zonas de maior densidade populacional da cidade, constatadas visualmente, a existência de várias ruas servidas por mais de 30 linhas de transporte coletivo aponta para uma falta de otimização do sistema em alguns trechos.

Dessa forma, de um mesmo ponto partem várias linhas para diversos destinos, gerando pouca eficiência no sistema.

A identificação de corredores críticos para o deslocamento dos veículos através da análise dos desvios-padrão demonstra focos críticos para intervenções no sistema de forma a reduzir o tempo de viagem dos usuários.

Ademais, com a realização do trabalho identificou-se a necessidade de utilização de dados não apresentados pelo sistema de bilhetagem eletrônica para uma análise mais completa do sistema, principalmente de dados referentes a taxa de ocupação dos veículos, possíveis de obtenção através de pesquisas de embarque e desembarque, ou da instalação de sensores/contadores nos veículos da frota.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DETRAN/SC - DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DE SANTA CATARINA. **Frota de veículos por município (mensal)**, 2014. Disponível em: <<http://www.detran.sc.gov.br>>. Acesso em: 14 de Outubro de 2014.

FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G. E. **Transporte Público Urbano**. São Carlos: Rima, 2004.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Banco de dados, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 de Outubro de 2014.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Banco de dados, 2014. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 de Outubro de 2014.

PNUD. **Atlas do desenvolvimento humano no Brasil**. 2010. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/ranking-idhm-municipios-2010.aspx>>. Acesso em: 17 de Setembro de 2014.