

Uma Caracterização da Rede de Transporte Público de Belo Horizonte

Thiago Amaral Guarnieri¹

¹Instituto de Ciências Exatas ICEX – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

thiagoguarnieri@ufmg.edu.br

Resumo. *Este trabalho descreve uma caracterização da malha do transporte coletivo via ônibus da cidade de Belo Horizonte. Foram sumarizados os aspectos principais dos trajetos, bem como o estudo topológico do grafo de cada região com o objetivo de se estimar a qualidade do serviço prestado. Foi observado que as características do serviço variam de acordo com a região da cidade, sendo que existe uma correlação entre a abrangência do serviço e o índice de desenvolvimento humano municipal.*

1. Introdução

O transporte coletivo é modelo mais importante para o deslocamento nas grandes cidades. Em Belo Horizonte¹, por exemplo, 40% de todas as viagens são feitas através do serviço de transporte coletivo urbano, sendo que, destas, 96,5% (3.007.813) se dão através de ônibus.

Apesar da importância, sua abrangência não é similar em toda cidade. As medidas desse trabalho evidenciam isto. As regiões em cujos IDHM's² são menores tendem ter menos ruas cobertas pelo serviço. Também foi demonstrado que é possível aliviar o problema das distâncias até o centro com o uso das regiões próximas da área central como pontes. Isso é particularmente importante pois existem regiões socialmente mais carentes que são distantes da região central.

A análise deste trabalho se divide em duas partes. A primeira evidencia aspectos qualitativos da malha viária, como por exemplo o número de linhas de ônibus. Essa é uma análise macroscópica que avalia cada região. A segunda parte do trabalho conta com uma análise das métricas de centralidade de uma rede, com o objetivo de mensurar o nível do serviço numa granularidade mais fina, para cada rua do trajeto.

O trabalho segue apresentando a base de dados e em seguida mostra os dados quantitativos e por fim a análise topológica e das métricas de centralidade.

2. Base de dados e metodologia

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos através do site da BHTrans. Um parser foi desenvolvido para coletar os trajetos de cada linha de ônibus e em seguida construir um grafo direcionado onde cada vértice é uma rua e, se um ônibus passa por duas ruas, haverá uma aresta entre elas. Adicionalmente a quantidade de linhas que passam em cada rua também foi coletada.

¹www.bhtrans.pbh.gov.br

²www.atlasbrasil.org.br

Table 1. Grafo das regiões

Região	Tamanho	Ligações
Barreiro	650	1429
Leste	1042	2021
Centro-Sul	1229	2439
Nordeste	1240	2485
Noroeste	1287	2533
Norte	491	938
Oeste	1101	2056
Pampulha	1030	2162
Venda Nova	780	1684

O grafo foi subdividido nas 9 regiões da cidade de Belo Horizonte e, para cada uma delas, as métricas de centralidade foram encontradas, bem como seus dados quantitativos (número de ruas, quantidade de ônibus por rua, entre outros).

Cada grafo foi dividido da seguinte forma: identificou-se a região de cada linha de ônibus através dos seus nomes e em seguida as ruas foram agrupadas por região. Assim obteve-se a malha viária que atende cada área da cidade. Uma rua pode estar em mais de uma região se a linha atender à duas regiões ao mesmo tempo. Um sumário de cada região é mostrado na tabela 1.

2.1. IDHM

O índice de desenvolvimento humano municipal, é um indicador social que leva em consideração longevidade, educação e renda. Para cada região foi feita a coleta deste medidor. A ideia é correlacionar esse indicador social com a qualidade do serviço de transporte público.

3. Análise Quantitativa

Esta seção apresenta a avaliação de cada região da cidade quanto ao seu nível de serviço de transporte coletivo. Segundo os dados coletados, a cidade conta com 317 linhas que atendem um total de 3777 ruas. O grafo global tem o maior caminho de tamanho 41. É o trajeto que liga a rua Copaúba no bairro Jaqueline até rua Flor de Amendoim no bairro Jardim Alvorada. O tamanho médio dos caminhos é de 10,06275.

A figura 1 mostra a fração de linhas que servem cada região da cidade e o número de ruas por região. O número de linhas não é uniforme, variando de 9,7% até 29,3%. O número de ruas pertencentes a essas linhas também segue essa tendência: varia de 12,9% à 34%. Com relação à razão entre as duas quantidades, o centro-sul, ao contrário de outras regiões, possui uma fração maior de linhas do que a fração de ruas. Isso se deve ao fato de que muitas linhas têm como destino o centro da cidade, mas para um conjunto reduzido de ruas.

Como esperado, a região que apresenta o maior número de linhas é a centro-sul (29,3%), por se tratar da área mais importante. É também a que apresenta maior IDHM (0,995). Já a região menos servida é a região norte: apenas 9% das linhas servem esta parte da cidade. É essa também a região que apresenta o segundo menor IDHM (0,754).

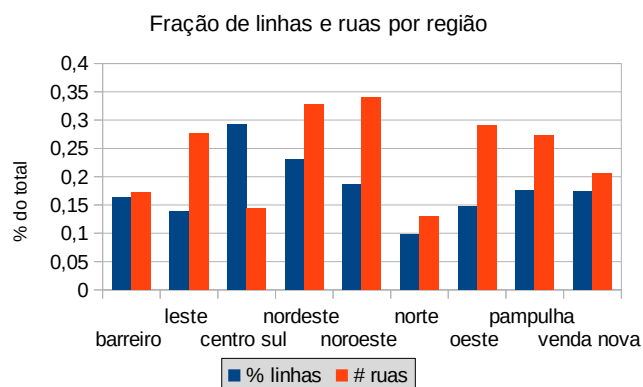


Figure 1. Quantidade de linhas e ruas por região

Foi observada também uma correlação ($R^2 = 0.73\%$), não linear, entre a razão “número de linhas por número de ruas” e o IDHM (figura 2). Em outras palavras, quanto mais próximas as barras, menor é o IDHM registrado. Esse resultado mostra que em regiões de baixo IDHM, as linhas podem ter uma abrangência menor, ou seja, mesmo em casos em que existem mais linhas, ou estas percorrem ruas similares, ou existem mais ruas que não são cobertas pelo serviço de transporte. O coeficiente de clusterização dará luz a essa questão na seção 4.

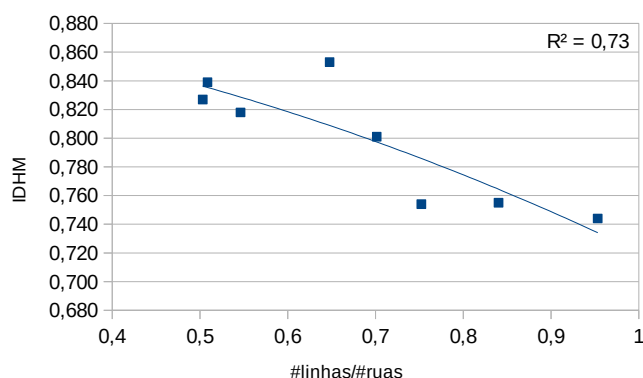


Figure 2. Correlação entre abrangência e IDHM

Esse resultado é importante por mostrar que regiões cujo IDHM é baixo podem não possuir uma abrangência similar às outras regiões. Portanto são necessárias políticas de melhorias nessas áreas, visto que essa população é mais dependente do transporte coletivo.

A figura 3 mostra a distribuição acumulada do número de ônibus por rua de cada região da cidade. É possível observar que as regiões norte e oeste (curvas mais à esquerda) são as que possuem menos ônibus por rua. Para 80% das ruas, o norte possui menos de 5 linhas e a oeste possui menos de 6 linhas. Para as outras regiões e para a mesma proporção, o valor está entre 7 e 8. De maneira geral as distribuições não têm grandes diferenças entre si apesar de evidenciarem os resultados da figura 1 com relação a menor disponibilidade de linhas nas regiões de baixo IDHM.

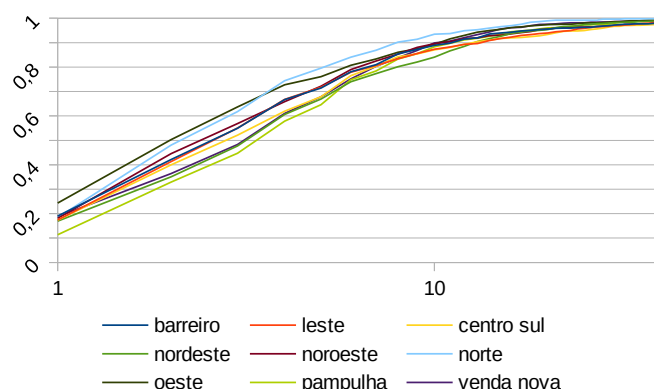


Figure 3. Número de linhas por rua

4. Análise Topológica

Esta seção tem por objetivo avaliar a qualidade do serviço em cada rua assistida pela malha de ônibus. Isso é feito avaliando as métricas de centralidade dos nós. Isso permite saber, por exemplo, se por uma rua passam muitos trajetos.

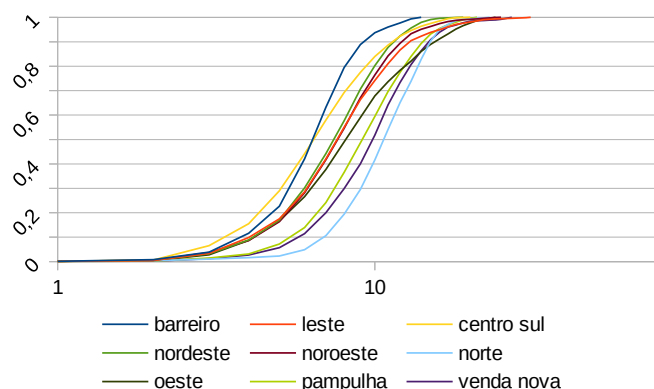


Figure 4. Distância até o centro da cidade

A figura 4 mostra cálculo dos menores caminhos de todos os nós até um vértice que representa o centro da cidade. Essa medida tem o objetivo de avaliar o nível de acessibilidade do usuário a este centro, que é o local que, em geral, se concentram os equipamentos urbanos (hospitais, escolas, comércio). Ao contrário da figura 3, é possível observar uma distinção maior entre as regiões. A região Norte, Pampulha e Venda Nova foram as que apresentaram as maiores distâncias, significando que é mais longo o caminho desta região até o centro. O barreiro foi a região com maior proximidade do centro, seguido de regiões como noroeste e leste. Esse resultado reflete a disposição geográfica das regiões (venda nova e norte estão mais distantes do centro), mas somente esse fator não é capaz de explicar inteiramente o resultado, visto que regiões aparentemente mais próximas (leste) tem caminhos mais longos que regiões mais distantes (barreiro).

O mapa de interseções (figura 5) pode ajudar a explicar esse resultado. Ela mostra, a semelhança máxima entre regiões. Essa semelhança é medida pelo número de ruas das linhas que servem a duas regiões. Por exemplo, se determinada linha passa por bairros

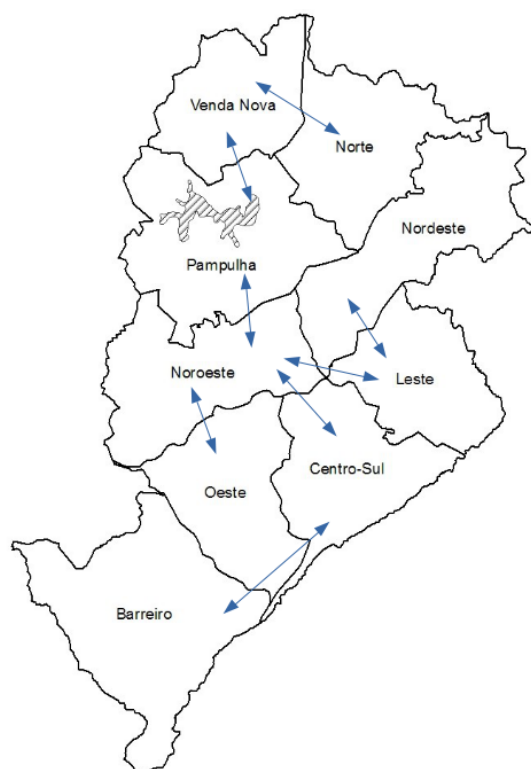


Figure 5. Mapa de interseções.

de duas regiões diferentes, suas ruas serão inseridas em ambos os grafos. O mapa exibe, das 81 interseções (9x9 regiões) as 9 máximas (indicado pelas setas duplas). É possível observar que os bairros que têm uma interseção com bairros próximos do centro têm caminhos mais curtos na distribuição da figura 4. Em outras palavras, essas relações podem funcionar como uma espécie de ponte encurtadora de caminhos. Portanto, para melhorar o serviço de transporte em regiões distantes, pode ser uma alternativa reforçar a relação com os bairros próximos do centro através de entroncamentos que interligam regiões. Desta forma evita-se a criação de linhas que percorrem longas distâncias e que são mais caras.

A figura 6 mostra a distribuição do coeficiente de clusterização [Wasserman and Faust 1994] dos nós dos grafos. A ideia por trás desta métrica neste contexto é a de medir a abundância de ônibus em determinados setores dentro das regiões. A ideia é que se existem muitos triângulos, a densidade de conexões é maior e, por consequência, menos ruas seriam ausentes de ônibus nesses setores. É possível observar que existem diferenças na clusterização das regiões. Até 85%, o barreiro possui ruas com clusterização de até 0,11 contra 0,04 da região oeste. Esses são respectivamente os extremos do grafo.

A hipótese levantada na medição mostrada pela figura 1, de que as regiões com menor IDHM teriam suas linhas menos diversificadas, tem uma sustentação através dos resultados obtidos na clusterização: a região oeste tem um número similar de linhas a da região do barreiro, mas possui muito mais ruas. Sendo assim as conexões se espalham muito mais, reduzindo a clusterização. Desta forma tem-se uma evidência de que nas

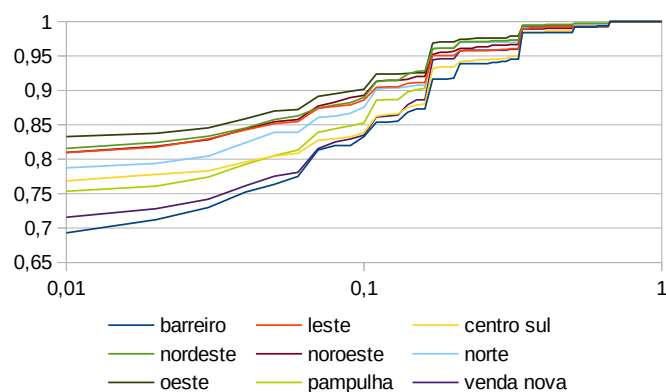


Figure 6. Distribuição do coeficiente de clusterização.

regiões com menor IDHM, as linhas se concentram em determinadas regiões, deixando uma parcela das ruas sem cobertura do serviço de transporte. Já em regiões com alto IDHM, uma maior parcela da região é atendida.

5. Conclusão

Este trabalho procurou apresentar um estudo da rede de transporte coletivo urbano de Belo Horizonte. O principal objetivo foi estimar a disponibilidade e qualidade do serviço nas diferentes regiões e traçar uma relação com indicadores sociais, mas de forma particular o IDHM (índice de desenvolvimento humano municipal). Para mensurar as características da rede, métricas de centralidade adaptadas ao contexto do problemas foram utilizadas, bem como dados da própria estrutura de transporte.

Foi observado que existem diferenças na abrangência e qualidade com a qual o serviço é prestado em diferentes regiões. Embora o senso comum evidencie que lugares mais carentes precisam mais do transporte público, foram detectadas regiões de baixo IDHM em que o serviço apresentou menor abrangência, maiores tempos de viagem e menor disponibilidade.

References

Wasserman, S. and Faust, K. (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge University Press.