



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC



CONECTIVIDADE E INCLUSÃO DIGITAL PARA SÃO PAULO

ACESSO, DISPONIBILIDADE E DESEMPENHO DAS PRAÇAS DIGITAIS

RELATÓRIO R2 - VERSÃO 1 - NÍVEIS DE QUALIDADE E ESTABILIDADE
DA CONEXÃO À REDE E SOBRE O USO, FREQUÊNCIA E ACESSOS ENTRE
AS LOCALIDADES ATENDIDAS RESULTANTES DA ABERTURA DO SINAL

Prof. Sérgio Amadeu da Silveira, UFABC (coordenador)

Santo André, Novembro de 2014.

CONECTIVIDADE E INCLUSÃO DIGITAL PARA SÃO PAULO

Equipe de Projeto

Coordenador

Prof. Dr. Sérgio Amadeu da Silveira – CECS/UFABC

Pesquisadores Principais

Prof. Dr. Claudio Luis de Camargo Penteado – CECS/UFABC

Prof. Dr. Carlos Alberto Kamienski – CMCC/UFABC

Colaboradores

Waleska Barbosa da Silva
Juliano Ratusznei
Geovani Anacleto da Silva
Nilton Queiroz Pinheiro
Raul Iago Ataíde de Souza Melo
Paulo Roberto Elias de Souza
Renata Faleiros Camargo Moreno
Ariane de Andrade Quinalha
Vanessa Cristina do Nascimento
Gustavo Frazato Mabrice
Henrique Vander Galdino dos Santos
Isadora Castanhedi
Jonatas Silveira de Souza
Julia Moreno Rosin
Ligia Machiavelli de Lima
Luana Hanaê Gabriel Homma
Lucca Amaral Tori
Rafael Akio de Miranda Pinto
Victor Machado de Franca
Wesley de Oliveira

Resumo

O programa WiFi Livre SP está sendo desenvolvido pela prefeitura de São Paulo com o objetivo de tornar a Internet mais acessível ao cidadão, disponibilizando sinal WiFi livre e gratuito em praças, parques e outros locais públicos. O projeto “Conectividade e Inclusão Digital para São Paulo” é uma parceria da Universidade Federal do ABC (UFABC) com a Prefeitura de São Paulo que visa estudar os efeitos da Internet, em suas múltiplas dimensões, na vida dos cidadãos e das comunidades atendidas pela política de abertura de sinal de rede sem fio do programa Wi-Fi Livre SP. Esses estudos têm a finalidade de gerar dados para fomentar a implementação e avaliação de uma política pública de acesso gratuito a Internet por meio de rede sem fio. Independente do modelo utilizado para abrir o sinal WiFi à população, sempre haverá a necessidade de mensurar e divulgar métricas de desempenho da rede que demonstram a qualidade e estabilidade da conexão oferecida à Internet. No caso do programa WiFi Livre SP foi adotado o modelo de contratação de empresas para prestação do serviço de conectividade. Este relatório tem o objetivo de realizar uma avaliação preliminar do serviço prestado pelas empresas operadoras do WiFi Livre SP, revelando informações que poderão ser utilizadas para aprimorar os aspectos técnicos da abertura de sinal WiFi. Os resultados obtidos pelas análises dos dados provenientes das empresas contratadas e do sistema de medição SIMET trazem luz às questões que afetam a Qualidade de Experiência (QoE) de usuários de um serviço que ainda está em fase de implantação, mas que deve ser constantemente monitorado e aprimorado.

Sumário

| | |
|---|-----------|
| EQUIPE DE PROJETO | 2 |
| RESUMO | 3 |
| 1. INTRODUÇÃO | 5 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 6 |
| 3. METODOLOGIA | 10 |
| 3.1. OBJETIVOS | 10 |
| 3.2. EMPRESAS CONTRATADAS | 11 |
| 3.3. PRAÇAS ANALISADAS | 11 |
| 3.4. DADOS E COLETAS | 12 |
| 3.5. MÉTRICAS | 13 |
| 4. RESULTADOS | 15 |
| 4.1. ACESSO DOS USUÁRIOS | 15 |
| 4.2. DISPONIBILIDADE DO SERVIÇO | 20 |
| 4.3. DESEMPENHO DO SERVIÇO | 22 |
| 4.3.1. DESEMPENHO GLOBAL | 22 |
| 4.3.2. DESEMPENHO POR EMPRESA | 22 |
| 4.3.3. DESEMPENHO POR REGIÃO | 23 |
| 4.3.4. DESEMPENHO POR PRAÇA | 23 |
| 4.3.5. TAXA DE ENTRADA VS. NÚMERO DE USUÁRIOS | 26 |
| 4.3.6. LATÊNCIA VS. NÚMERO DE USUÁRIOS | 30 |
| 5. CONCLUSÃO | 33 |
| REFERÊNCIAS | 35 |

1. Introdução

Em 2014 a Prefeitura de São Paulo iniciou a implantação do programa WiFi Livre SP¹, desenvolvido com o objetivo de tornar a Internet mais acessível ao cidadão, disponibilizando sinal WiFi livre e gratuito em praças, parques e outros locais públicos. O programa WiFi Livre SP prevê implantar 120 praças digitais, das quais em novembro de 2014, o website do programa contabilizava 80 em operação, 19 em implantação e 21 em projeto, atendendo todos os 96 distritos da Capital. Nestas praças digitais o acesso é irrestrito e gratuito a qualquer cidadão, que pode fazer uso da rede por meio de diferentes dispositivos, como notebooks, tablets ou smartphones. O programa tem a coordenação da Secretaria Municipal de Serviços com apoio técnico da PRODAM - Empresa de Tecnologia da Informação e Comunicação do Município de São Paulo.

O projeto “Conectividade e Inclusão Digital para São Paulo” é uma parceria da Universidade Federal do ABC (UFABC) com a Prefeitura de São Paulo que visa estudar os efeitos da Internet, em suas múltiplas dimensões, na vida dos cidadãos e das comunidades atendidas pela política de abertura de sinal de rede sem fio do programa Wi-Fi Livre SP. Esses estudos têm a finalidade de gerar dados para fomentar a implementação e avaliação de uma política pública de acesso gratuito a Internet por meio de rede sem fio. Os estudos e dados obtidos são importantes ferramentas para a gestão da política de conectividade e inclusão digital, que além de medir os efeitos da política, também permite fazer os ajustes e correções necessárias, condições necessárias para uma maior efetividade e eficácia da ação, como também auxiliar no desenvolvimento de novos projetos voltados para o aprofundamento da inclusão digital e promoção da cidadania.

Existem diferentes modelos de implantação de redes Wi-Fi de acesso gratuito em uma municipalidade, que podem variar de situações onde o poder público é proprietário de toda a infraestrutura de rede ou usa conexões alugadas a modelos onde uma ou várias empresas privadas realizam o serviço mediante um contrato. Independente do modelo utilizado, sempre haverá a necessidade de mensurar e divulgar métricas de desempenho da rede que demonstram a qualidade e estabilidade da conexão oferecida à Internet. No caso do programa WiFi Livre SP foi adotado o modelo de contratação de empresas para prestação do serviço de conectividade.

Este relatório de tem objetivo de realizar uma avaliação preliminar do serviço prestado pelas empresas operadoras do WiFi Livre SP, revelando informações que poderão ser utilizadas para aprimorar os aspectos técnicos da abertura de sinal WiFi. Foram coletados dados provenientes das empresas e do serviço SIMET² durante o mês de outubro de 2014 de 70 praças das cinco regiões de São Paulo que fazem parte do programa: Centro, Norte, Sul, Leste e Oeste. As avaliações se concentraram em três aspectos que relevam para o cidadão a qualidade da experiência (QoE) ao utilizar o serviço: acesso, disponibilidade e desempenho. O primeiro contato do usuário com o serviço de conectividade é através da conexão com a rede WiFi. Para avaliar o acesso são apresentados dados sobre o número de usuários conectados em cada praça, comparando-os com o número máximo preestabelecido para ela. As praças devem oferecer serviço contínuo aos usuários com alta disponibilidade. Medir a disponibilidade é importante para garantir que o acesso à Internet proporcionado pelas praças digitais atenda às demandas da população em todos os momentos que for

¹ <http://wifilivre.sp.gov.br>

² <http://simet.nic.br>

necessário. Por último, cada praça deve oferecer um serviço compatível com um certos parâmetros de qualidade, como taxa de transferência (download) e latência (atraso na transmissão).

Os resultados obtidos pelas análises dos dados provenientes das empresas e do SIMET, inclusive com o cruzamento de ambos, trazem luz a questões que afetam a Qualidade de Experiência (QoE) de usuários de um serviço que ainda está em fase de implantação, mas que deve ser constantemente monitorado e aprimorado. Algumas conclusões importantes são que o número máximo previsto de usuários não está sendo efetivamente imposto como limite, a disponibilidade do serviço ainda não atinge níveis de qualidade desejáveis, existe uma grande disparidade de utilização entre as praças e finalmente que a latência não é afetada pelo número de usuários conectados, apesar de estar mais alta do que o esperado. Além disso, algumas inconsistências foram observadas e devem ser objeto de investigações adicionais para que sejam totalmente esclarecidas, como um diferença de utilização do serviço entre as praças operadas pelas duas empresas, uma disparidade entre as métricas de taxa de entrada da praça e download TCP do SIMET e uma diferença entre as métricas de disponibilidade entre os dados provenientes das empresas e do SIMET.

Na sequência deste relatório, a seção 2 apresenta o referencial teórico, a seção 3 detalha a metodologia utilizada para realizar as coletas, processamento e análise de dados, a seção 4 apresenta os principais resultados e finalmente a seção 5 apresenta alguma conclusões e caminhos para investigações futuras.

2. Referencial Teórico

Sociedades inteligentes em todo o mundo precisam encontrar soluções para as principais tendências que irão mudar o mundo e o modo como vivemos nas próximas décadas. Nesse contexto, uma área de importância especial para o nosso futuro é o desenvolvimento de infraestrutura urbana. Uma análise de *megatendências* globais para a sociedade do futuro baseada em dezenas de projetos de pesquisa e conduzida por governos, agências e especialistas concluiu que até 2020 haverá um grande avanço no modo como a tecnologia pode apropriar-se da inteligência coletiva da sociedade para gerar conexão, colaboração, inovação e vida urbana sustentável (ver projeto Almere Smart City³). Conforme Schaffers et. al (2011) a sociedade deveria explorar totalmente o potencial de uma infraestrutura digital inteligente que conecta pessoas, negócios e a vida urbana, suportando inovação colaborativa, consciência coletiva e criação compartilhada de serviços sustentáveis⁴. Dentro dessa perspectiva, a União Europeia está financiando o desenvolvimento de plataformas computacionais dentro da iniciativa Europe 2020 chamado *Collective Awareness Platforms for Sustainability and Social Innovation*⁵, que são sistemas TIC para alavancar o “efeito de rede” para criar novas formas de inovação social através da combinação de mídias sociais online abertas e dados e conhecimentos distribuídos advindos de ambientes reais (conhecido como Internet das Coisas, ou Internet of Things).

Cidades Inteligentes desempenham um papel significativo nas sociedades inteligentes uma vez que as cidades são habitadas por mais da metade da população

³ <http://www.unescap.org/idd/events/2012-Colombo-meeting/2-3-Mr-Seongtak-oh.pdf>

⁴ <http://amsterdamsmartcity.com/projects/detail/label/Almere%20Smart%20Society?lang=en>

⁵ <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/collective-awareness-platforms>

mundial, consomem 80% da energia mundial e são responsáveis por 70% da emissão total de dióxido de carbono (KPMG 2012). Apesar do conceito de cidades inteligentes ter um foco em sustentabilidade, ele possui um escopo mais amplo do que questões de energia. O projeto europeu Smart Cities⁶ define Cidade Inteligente como aquela que apresenta bom desempenho em seis características relacionadas com a visão estratégica de futuro: Economia Inteligente, Pessoas Inteligentes, Governança Inteligente, Mobilidade Inteligente, Ambiente Inteligente e Moradia Inteligente (Giffinger et. Al 2007).

Para que os conceitos de sociedades inteligentes e cidades inteligentes sejam implementados se tornem realidade, existem necessidades mais básicas que devem estar disponíveis a todos os cidadãos em todos os momentos. A principal delas é o acesso à rede livre e irrestrito. Existem vários esforços nesse sentido, alguns que partem do poder público e outros dos próprios cidadãos. Diversas cidades mundiais já estão adotando políticas de abertura de sinal de rede sem fio para acesso à Internet, principalmente pelo uso da tecnologia Wi-Fi, possuindo variações quanto a área de abertura do sinal: Kuala Lumpur/ Malásia (livre nas áreas comerciais), Singapura (livre), Bangkok/ Tailândia (grátis para os cidadãos, financiado pela True Corporation), Bolonha/ Itália (livre por 3 horas diárias), Dublin/ Irlanda (livre na área central), Paris/ França (livre em algumas áreas públicas como parques, bibliotecas, etc), Quebec/ Canadá (livre, financiado comunitariamente), Houston/ EUA (livre no centro e bairros próximos), Miami/ EUA (livre na maior parte da cidade)⁷. Essas redes são frequentemente chamadas de Redes Municipais Sem Fio ou MuniWi-Fi (BAR & PARK 2006).

Nas grandes cidades brasileiras, a infraestrutura de acesso à Internet além de precária, em termos de qualidade e velocidade, está localizada nas regiões centrais e mais abastadas. A periferia muitas vezes não tem acesso a rede, ou quando tem utiliza conexões precárias conhecidas como o “gatonet”, devido à inexistência de acessos comerciais ou mesmo livres. Desta forma, o passo inicial para uma política de inclusão digital passa pela abertura de sinal, principalmente em banda larga de forma a permitir que os cidadãos tenham amplo acesso as diversas possibilidades da cibercultura. Sousa et al (2009: 13) argumentam que a banda larga possui a característica de externalidade de rede: “a cada novo acesso instalado, maior é a utilidade da rede para todos os usuários”. Assim, o efeito social (e econômico) de uma política pública de abertura de sinal é maior que o preço pago por ele, cabendo ao poder público, em parceria com o mercado e com a sociedade civil, desenvolver programas e ações voltados para ampliar o acesso da população à Internet.

No Brasil podemos destacar os exemplos das cidades de Vitória/ ES, São Vicente/ SP e Pitangueiras/ PR. O projeto Vitória Digital⁸ disponibiliza tecnologias que permitem que qualquer cidadão possa acessar a web utilizando recursos de uma rede sem fio (wireless), sem a necessidade de um provedor comercial, com o objetivo de promover a inclusão digital, apoio ao turista e o desenvolvimento econômico. O sinal aberto está disponível em dez áreas da cidade. O projeto São Vicente Digital⁹ prevê a disponibilização do acesso a Internet em banda larga sem fio gratuita para todo o cidadão, por meio da tecnologia de wireless. Os objetivos desse projeto é possibilitar a produção de conhecimento e o acesso à informação de maneira descentralizada,

⁶ <http://eu-smartcities.eu>

⁷ A lista completa está disponível em: http://en.wikipedia.org/wiki/Municipal_wireless_network. Acesso em 26/02/2013.

⁸ <http://www.vitoria.es.gov.br/setger.php?pagina=oque>

⁹ <http://svdigital.saovicente.sp.gov.br/projeto.php>

contribuir para a geração de emprego e renda e conseqüentemente inclusão social. Inicialmente está previsto a instalação de sete áreas com sinal aberto, para no futuro atingir todo o município. No município de Pitangueiras, no norte do Paraná, foi inaugurado em 2009 o programa de inclusão digital pela abertura de sinal, através de rede sem fio. O sinal aberto atinge toda a área urbana e 80% da zona rural¹⁰. Os benefícios esperados são: desenvolvimento tecnológico, melhoria na gestão pública, fomento do empreendedorismo, qualificação profissional e a alfabetização digital.

A Google também tem um plano de se tornar um provedor gratuito de acesso sem fio em grandes cidades do mundo. Inicialmente a gigante empresa de TI está desenvolvendo uma experiência na cidade de Mountain View/California (EUA), sede da empresa. É uma rede sem fio municipal financiado e instalado pela companhia, que abrange toda a área da cidade e está aberta para o uso de todos seus habitantes e visitantes.

Existem movimentos que tentam estimular os cidadãos a abrirem o sinal das suas redes Wi-Fi privadas e assim obter uma maior cobertura de sinal com maior qualidade a um custo menor para o poder público (SCHMIDT e TOWNSEND 2003). O Open Wireless Movement¹¹ busca um futuro onde em qualquer ambiente urbano do mundo haja várias redes abertas permitindo que diferentes usuários usando diferentes dispositivos possam se conectar automaticamente e onde a população tem uma mentalidade de compartilhamento. Entre os benefícios esperados pelo movimento estão facilitar a inovação, beneficiar o desenvolvimento econômico, possibilitar a introdução de novos serviços, auxiliar a transposição da exclusão digital e auxiliar pessoas em trânsito. Existem também iniciativas que combinam redes Wi-Fi públicas e privadas de sinal aberto formando uma grande rede colaborativa (HERR 2010).

O resultado estudos realizados em locais públicos com acesso a Wi-Fi apresentam revelações importantes. Por exemplo, HAMPTON et. al (2010) mostram que o uso da Internet em espaços públicos permite interações sociais mais variedades do que usar outros meios de comunicação como o telefone celular. Eles argumentam que as atividades online em espaços públicos contribuem para uma maior participam em assuntos da esfera pública, como a obtenção de níveis mais altos de engajamento democrático e social.

Existem diferentes modelos de implantação de redes Wi-Fi de acesso gratuito em uma municipalidade, que podem variar de situações onde o poder público é proprietário de toda a infraestrutura de rede ou usa conexões alugadas a modelos onde uma ou várias empresas privadas realizam o serviço mediante um contrato (EVENEPOEL et. al 2012). Independente do modelo utilizado, sempre haverá a necessidade de mensurar e divulgar métricas de desempenho da rede que demonstram a qualidade e estabilidade da conexão oferecida à Internet (HEER et. al 2010) (WEISS & HUANG 2007).

Essa área, conhecida como Qualidade de Serviço (QoS), vem sendo amplamente estudada e utilizada pela comunidade de redes de computadores há várias décadas. É essencial que o poder público da municipalidade tenha controle sobre os níveis de qualidade obtidos a partir da abertura do sinal, para que as políticas e o orçamento possam ser efetivamente usados para gerar qualidade para o cidadão. Existem fatores limitantes, no entanto. O padrão IEEE 802.11, no qual Wi-Fi é baseado, estabelece um serviço de melhor esforço, onde os elementos de rede não garantem níveis específicos

¹⁰ <http://www.fiepr.org.br/cidadedigital/FreeComponent18087content142321.shtml>

¹¹ <http://openwireless.org>

de qualidade. A alocação da capacidade de rede é realizada de maneira dinâmica, sob demanda, o que frequentemente torna impossível garantir que todos os usuários tenham o mesmo nível de serviço. A vantagem desse modelo é a sua maior eficiência, comparado com outros modelos que alocam a largura de banda de maneira estática.

Redes Wi-Fi utilizam uma faixa do espectro de frequência que não é alocada para nenhuma finalidade específica e portanto pode ser usada para diferentes finalidades, como equipamentos médicos, eletrodomésticos e diferentes tecnologias de rede. Uma vantagem visível dessa abordagem é a facilidade com que qualquer usuário pode criar a sua própria rede Wi-Fi. Isso está cada vez sendo mais utilizado por usuários de banda larga fixa, que sempre recebem de brinde um ponto de acesso Wi-Fi e criam um rede sem fio residencial. Empresas, estabelecimentos comerciais e as mais diferentes instituições também estão a todo momento criando as suas próprias redes Wi-Fi com muita facilidade. Por outro lado, essa liberdade gera problemas para a garantia de desempenho de uma praça digital, uma vez que podem haver nos arredores uma grande variedade de dispositivos competindo pelo mesmo espectro de frequência e como consequência gerando interferências indesejáveis que prejudicam o desempenho de todos. Além disso, embora existam limites legais para a potência de transmissão que pode configurada nos equipamentos, com o objetivo de diminuir a interferência, nem todos os donos de equipamentos respeitam necessariamente essas restrições de boa convivência.

Para escapar dos problemas e garantir níveis adequados de desempenho, o projeto de localização e configuração dos equipamentos deve ser cuidadosamente elaborado e o resultado deve ser constantemente monitorado para que readequações sejam feitas.

Uma grande variedade de métodos podem ser empregados para realizar uma avaliação de desempenho da qualidade do sinal oferecido. Uma rede de computadores é organizada seguindo uma abstração de camadas, onde cada camada adiciona uma nova funcionalidade à camada imediatamente inferior. O padrão mais aceito na comunidade é o modelo OSI da ISO que divide o software e hardware de rede em 7 (sete) camadas (TANENBAUM 2010). O desempenho de uma rede Wi-Fi pode ser avaliado na camada física, camada de rede ou transporte e camada de aplicação.

- a) Camada física: nessa camada é avaliado o nível de transmissão de sinal: nesse nível mede-se a intensidade do sinal, em geral a relação sinal/ruído, que determina a qualidade máxima possível no nível mais ligado à transmissão física através de ondas de rádio. Existem ferramentas de software e/ou hardware específicos para realizar essas mediações, tanto gratuitos quanto comerciais. Algumas abordagens para medir a qualidade são a medição da intensidade do sinal como fator da distância física dos limites da área onde o acesso deve ser oferecido ou a medição da intensidade do sinal como fator da distância física de um ou mais pontos de acesso Wi-Fi
- b) Camada de rede ou transporte: várias métricas de desempenho podem ser obtidas nessas camadas, como atraso de pacotes, taxa de perda de pacotes, vazão (taxa de recebimento das informações), disponibilidade do acesso (tempo médio que o acesso está disponível) e estabilidade de roteamento. Existem várias ferramentas que podem ser utilizadas, como as bem conhecidas *ping* e *traceroute*, além de ferramentas de gerenciamento de rede que utilizam

o protocolo SNMP. Além dessas, podem ser utilizadas diversas outras ferramentas gratuitas e comerciais, como aquelas listadas no site CAIDA¹².

- c) Camada de aplicação: na camada de aplicação são medidos diretamente os aspectos que definem a Qualidade de Experiência (QoE) do usuário. Por exemplo, em aplicações de transferência de arquivos mede-se o tempo de conclusão e taxa de transferência de dados e em aplicações Web mede-se o tempo de carregamento de página.

3. Metodologia

Este projeto visa estudar os efeitos da Internet, em suas múltiplas dimensões, na vida dos cidadãos e das comunidades atendidas pela política de abertura de sinal de rede sem fio Wi-Fi. Esses estudos têm a finalidade de gerar dados para fomentar a implementação e avaliação de uma política pública de acesso gratuito a Internet por meio de rede sem fio. A metodologia utilizada neste relatório tem por objetivo revelar informações que poderão ser utilizadas para aprimorar a abordagem da implementação técnica que baliza o projeto, instalação e operação das praças digitais.

3.1. Objetivos

O principal objetivo deste relatório é revelar informações que poderão ser utilizadas para aprimorar os aspectos técnicos da abertura de sinal, garantindo três aspectos que relevam para o cidadão a qualidade da experiência (QoE) ao utilizar o serviço.

- Acesso: para cada praça foi predeterminado um número máximo de usuários conectados simultaneamente, que foi utilizado na licitação para contratação das empresas, para que elas balizassem a sua oferta técnica. Neste relatório são apresentados dados sobre o número de usuários conectados em cada praça, comparando-os com o número máximo preestabelecido para ela.
- Disponibilidade: as praças devem oferecer o serviço em regime de 24x7, ou seja, vinte e quatro horas por dia nos sete dias da semana. Medir a disponibilidade é importante para garantir que o acesso à Internet proporcionado pelas praças digitais atende as demandas da população em todos os momentos que for necessário.
- Desempenho: cada praça deve oferecer um serviço compatível com um certos parâmetros de qualidade, como taxa de transferência (download) e atraso (latência). A capacidade dos pontos de acesso sem fio (AP Wi-Fi, ou simplesmente AP) e do enlace de comunicação com a Internet deve ser configurada de tal modo a oferecer uma taxa média de download de 512 Kbps por usuário, a latência média deve ser de no máximo 5 ms e a disponibilidade do serviço deve ser de no mínimo 96%¹³. A avaliação do desempenho das praças compara os valores predeterminados com os observados, além de correlacionar informações fornecidas pelas empresas contratadas e medidas pelo SIMET Box.

¹² <http://www.caida.org/tools/>

¹³ <http://e-negocioscidadesp.prefeitura.sp.gov.br/DownloadEdital.aspx?l=A6rub%2fZydmY%3d&e=cGylsaq4A4Q%3d>

As métricas de desempenho estão relacionados aos níveis de Qualidade de Serviço (QoS) apresentados pelo serviço.

3.2. Empresas Contratadas

Duas empresas estão prestando o serviço de conectividade à Internet do programa WiFi Livre SP: ZIVA e WCS. A ZIVA está responsável pela oferta do serviço nas Zonas Norte, Oeste e Sul e a WCS está responsável pelas zonas Leste e Centro, além do Parque da Independência na Zona Sul¹⁴. No entanto, no momento da elaboração deste relatório a praça digital do Parque da Independência estava ainda em projeto, de modo que as cinco regiões podem ser facilmente mapeadas entre as duas empresas. A **Tabela 1** resume a relação entre regiões e empresas prestadoras do serviço para facilitar a compreensão dos resultados futuros.

Tabela 1: Empresas e Regiões

| Região | Empresa |
|--------|---------|
| Centro | WCS |
| Norte | ZIVA |
| Sul | ZIVA |
| Leste | WCS |
| Oeste | ZIVA |

3.3. Praças Analisadas

O programa WiFi Livre SP prevê implantar 120 (cento e vinte) praças digitais, das quais em novembro de 2014, o website do programa contabilizava 80 (oitenta) em operação, 19 (dezenove) em implantação e 21 (vinte e uma) em projeto. Neste relatório foram incluídas 70 (setenta) praças, de acordo com a **Tabela 2**, porque dispunham de informações tanto das empresas WCS e Ziva quanto do SIMET.

Tabela 2: Praças avaliadas

| Região | Número de Praças |
|--------------|------------------|
| Centro | 16 |
| Norte | 12 |
| Sul | 12 |
| Leste | 20 |
| Oeste | 10 |
| Total | 70 |

Particularmente a **Tabela 3** mostra a relação de quinze praças que foram escolhidas para serem analisadas individualmente e para as quais foram gerados gráficos específicos. Foram escolhidas três praças em funcionamento de cada região, de

¹⁴ <http://wifilivre.sp.gov.br/index.php?exibe=120>

maneira aleatória, de acordo com o número de usuários previstos ser alto, médio ou baixo.

Tabela 3: Praças analisadas individualmente

| Região | Acessos Previstos | | |
|--------|--|---|---|
| | Baixa | Média | Alta |
| Centro | Pátio do Colégio (50 acessos) | Praça Dom José Gaspar (150 acessos) | Centro Cultural São Paulo (250 acessos) |
| Norte | Praça Vereador Antônio Sampaio (50 acessos) | Praça Oscar da Silva (75 acessos) | Praça Domingos Luís (125 acessos) |
| Sul | Bacharel Fernando Braga Pereira da Rocha (75 acessos) | Parque do Nabuco (100 acessos) | Praça João Tadeu Priolli - Campo Limpo (150 acessos) |
| Leste | Praça Dilva Gomes Martins - Cohab 1 (50 acessos) | Parque Linear Tiquatira (100 acessos) | Praça Padre Aleixo - do Forró (150 acessos) |
| Oeste | Praça Alfredo Volpi (75 acessos) | Parque Orlando Villas Bôas (125 acessos) | Praça Benedito Calixto (250 acessos) |

3.4. Dados e Coletas

Os dados utilizados para gerar os resultados que são apresentados neste relatório provêm de duas fontes distintas.

- SIMET: em todas as praças em operação foi instalado um equipamento para medir a qualidade do serviço oferecido aos usuários, chamado de SIMET (Sistema de Medição de Tráfego Internet)¹⁵. O SIMET é um software desenvolvido pelo NIC.br¹⁶ e executa testes de desempenho em redes com acesso à Internet. Quando o SIMET é instalado num Access Point (AP)¹⁷ ele realiza testes automaticamente que ficam disponíveis para consulta. Os dados provenientes do SIMET para as praças podem ser obtidos a partir do próprio website do programa WiFi Livre SP¹⁸.
- Empresas: as empresas contratadas oferecem dados sobre a operação dos serviços de conectividade à Internet de sua responsabilidade, disponibilizando arquivos no formato XML em websites específicos (ZIVA¹⁹ e WCS²⁰). A WCS

¹⁵ <http://simet.nic.br>

¹⁶ <http://www.nic.br>

¹⁷ Access Point (AP ou Ponto de Acesso, em português) é o equipamento que provê a conexão em uma rede local sem fio que usa a tecnologia WiFi baseada no padrão IEEE 802.11. Popularmente é conhecido como “roteador”, embora realize muitas funções além do roteamento, como o próprio acesso à rede.

¹⁸ <http://wifilivre.sp.gov.br>

¹⁹ <http://dhcp.americanet.com.br/mrtg/getstatus.php?format=xml>

²⁰ <http://187.62.212.1/prodam/xml>

fornecer um arquivo XML para cada praça, enquanto que a ZIVA fornece apenas um arquivo XML com os dados de todas as praças.

Estes dados são coletados regularmente a cada hora por um programa que executa em um servidor instalado no Núcleo NUVEM²¹ da UFABC. Os dados brutos são armazenados em um servidor de banco de dados PostgreSQL. Os dados analisados neste relatório foram coletados no mês de outubro de 2014, mas para alguns dias não existem informações disponíveis, conforme a **Tabela 4**. Este relatório deverá ser gerado periodicamente e para os próximas versões serão analisados dados de períodos mais longos.

Tabela 4: Interrupções nas coletas de dados

| Interrupção | Retorno | Problema |
|-------------------|-------------------|---|
| 01/10/14 00:00 | 02/10/14 16:00 | O programa de coleta dos dados da empresa WCS não estava pronto para ser iniciado no dia 1º às 0 horas. |
| 11/10/14 22:00 | 16/10/14 04:00 | Problemas com o computador/programa de coleta de dados |
| 19/10/14 01:00 | 23/10/14 20:00 | Alterações nos formatos dos dados fornecidos pelas empresas causaram interrupção da coleta |

3.5. Métricas

As métricas utilizadas para demonstrar a qualidade da experiência do serviço para os usuários se dividem em três categorias, de acordo com os objetivos apresentados na seção 3.1: acesso, disponibilidade e desempenho.

- **Usuários conectados:** É o número de usuários conectados na praça, obtido através dos arquivos disponibilizados pelas empresas, que são coletados a cada hora. Algumas praças possuem vários APs (Access Points) para atingir a cobertura pré-definida, mas o número de usuários representa a soma de todos os usuários conectados em todos os seus APs.
- **Disponibilidade:** A disponibilidade é calculada como o percentual de tempo em que o serviço está ativo. Não é possível determinar quando uma praça esteve operando normalmente do ponto de vista do usuário, mas apenas do ponto de vista dos dados obtidos a partir das empresas e do SIMET. Para a disponibilidade, 100% e 0% representam que a praça esteve disponível todas as vezes ou nenhuma vez respectivamente. Como foram realizadas coletas de dados a cada hora para o período observado, são 24 tentativas de conexão por dia excluindo os dias para os quais não se tem informações. É importante enfatizar que existe a possibilidade de uma praça em alguns momentos estar operando normalmente, mas não haver dados que possam comprovar a disponibilidade do serviço. Estes casos foram considerados como se o serviço não estivesse ativo naquele momento. A disponibilidade foi dividida em duas métricas, para melhor compreender o comportamento do serviço.

²¹ <http://nuvem.ufabc.edu.br>

- Disponibilidade Empresa: Representa a disponibilidade de acordo com os dados oferecidos pelas empresas. A cada coleta o serviço foi considerado ativo se a empresa forneceu os arquivos e se a taxa de entrada ou de saída de dados foi superior a zero. Isso indica que, do ponto de vista das empresas, o serviço estava operando por existir tráfego de dados válido.
- Disponibilidade SIMET: Representa a disponibilidade de acordo com o SIMET Box que está instalado em todas as praças. A cada coleta, o serviço foi considerado ativo se existe valores das métricas proporcionadas pelo SIMET.
- Desempenho: Várias métricas de desempenho são disponibilizadas, tanto pelas empresas quanto pelo SIMET. Neste relatório as seguintes métricas foram analisadas.
 - Taxa de Entrada (empresas): Representa a taxa de informação que está entrando na praça, especificada em bits por segundo (bps). Equivale a taxa agregada de download que está sendo recebido por todos os usuários conectados em todos os APs da praça, mas medida em bits por segundo e não em bytes por segundo (Bps) como normalmente o download é representado. A taxa de saída também é fornecida pelas empresas, mas não é utilizada neste relatório, porque em geral é menos significativa que a taxa de entrada.
 - Número de usuários (empresas): Informa o número de usuários conectados em todos os APs da praça em cada momento. A informação de conexão também é fornecida por AP, mas não é utilizada neste relatório.
 - Taxa de entrada por usuário (calculada): A taxa de entrada é dividida pelo número de usuários conectados para calcular esta métrica, que representa grosseiramente a taxa média que está sendo disponibilizada para cada usuário, ou então quanto cada usuário está usando em média da capacidade instalada da rede. É óbvio que devido à própria diferença de utilização, os usuários recebem cada um uma quantidade diferente de informações. Por exemplo, se um usuário estiver realizando um download de um grande arquivo irá ocupar uma quantidade maior da capacidade instalada da rede do que um usuário que estiver navegando numa página Web.
 - Download TCP (SIMET): Informação que representa o quanto um usuário consegue obter da capacidade da rede. O TCP é um protocolo de comunicação usado na Internet para transferências de arquivos (download/upload), emails, navegação Web, etc., que garante que os dados cheguem corretos no destino. As aplicações da Internet que usam o protocolo TCP geram um tráfego correspondente a mais de 95% do total. A taxa de download TCP mede a velocidade de transferência de informação que uma aplicação que usa o TCP consegue obter em uma rede. Ela depende da capacidade instalada da rede e do seu compartilhamento com outros usuários.
 - Latência (SIMET): Informa o tempo transcorrido para uma informação (ou seja, um pacote) percorrer o caminho de ida e volta de origem para destino, medida em milissegundos (ms). É importante porque algumas aplicações são muito sensíveis à latência, como Skype e jogos (onde o "lag" atrapalha os jogadores). Quando a latência é alta, interfere também em outras

aplicações, como navegação na Web. O ping é um programa universalmente usado na Internet para medir latência e perda de pacotes, tanto que já virou sinônimo do fenômeno que está medindo. Por exemplo, é comum ouvir as pessoas dizendo que o tempo de ping está alto, o que significa que a latência está alta. Todas as medições do SIMET são realizadas para o Ponto de Troca de Tráfego (PTT) mais próximo do usuário. No caso das praças atendidas pelo programa WiFi Livre provavelmente as medições são efetuadas usando o PTT de São Paulo²².

- Perda de Pacotes (SIMET): Representa um percentual de pacotes perdidos em relação aos pacotes transmitidos. Todas as informações transmitidas na Internet são divididas em unidades de informação com tamanho máximo de 1500 bytes (12000 bits)²³, chamadas de pacotes. Cada pacote possui um endereço IP de origem e destino e é encaminhado e roteado individualmente até chegar ao seu destino final. Como o tráfego da Internet ocorre em rajadas devido ao próprio comportamento do usuário e do mecanismo de controle de congestionamento do protocolo TCP, o resultado é que com certa frequência a taxa de chegada de pacotes em um roteador supera a sua capacidade de saída por um período de tempo prolongado. O comportamento padronizado para os roteadores nesses casos é descartar os pacotes excedentes, de modo que existe sempre uma taxa de perda de pacotes não desprezível quando se usa a Internet. Outra causa de perda de pacotes é a própria natureza da transmissão em uma rede sem fio como WiFi onde frequentemente existem fatores que levam à perda das informações que trafegam entre o dispositivo móvel (por exemplo, um smartphone) e o AP.

4. Resultados

Esta seção apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia descrita na seção 3, focando nos três aspectos essenciais para qualidade de experiência dos usuários, que são a possibilidade de acesso ao serviço, a disponibilidade do serviço quando o usuário o deseja e o desempenho do serviço.

4.1. Acesso dos Usuários

Todas as praças estão sendo planejadas para oferecer acesso a um determinado número de usuários, de acordo com uma estimativa inicial do número potencial de cidadãos que possivelmente seriam usuários do serviço de conectividade oferecido. A **Tabela 5** apresenta estatísticas do número de usuários conectados na praça para todo o período de observação, com média, desvio padrão, máximo e mínimo. Além disso, é apresentado a estimativa de número de acessos para cada praça.

É possível observar que o número máximo de acessos está sendo usado apenas como uma estimativa para a capacidade necessária de conexão da praça, mas não está sendo imposta nenhuma restrição à conexão de um número maior de usuários do que o

²² <http://sp.ptt.br>

²³ O tamanho máximo teórico é de 64 KB, mas na prática é utilizado como valor máximo o limite de transmissão das redes locais Ethernet que seguem o padrão IEEE 802.3, de 1500 bytes.

estimado inicialmente. Um exemplo é o Mercado Municipal (a primeira praça da tabela), cujo número máximo de acessos foi estimado em 250 mas recebeu na média 220, com um desvio padrão aproximado de 150 e o número máximo de 501. Este mesmo comportamento pode ser observado em 17 praças, sendo 8 no Centro e 9 na Zona Leste. Ou seja, o número está sendo excedido somente nas praças servidas pela empresa WCS. Como poderá ser visto nas sessões seguintes, isto significa apenas que a demanda pelo serviço está mais baixa nas praças das zonas Norte, Sul e Oeste, servidas pela empresa ZIVA. O motivo para este comportamento pode estar relacionado ao cronograma de implantação do serviço de cada empresa, mas é algo que merece ser investigado com maior profundidade.

Tabela 5: Acesso de usuários às praças

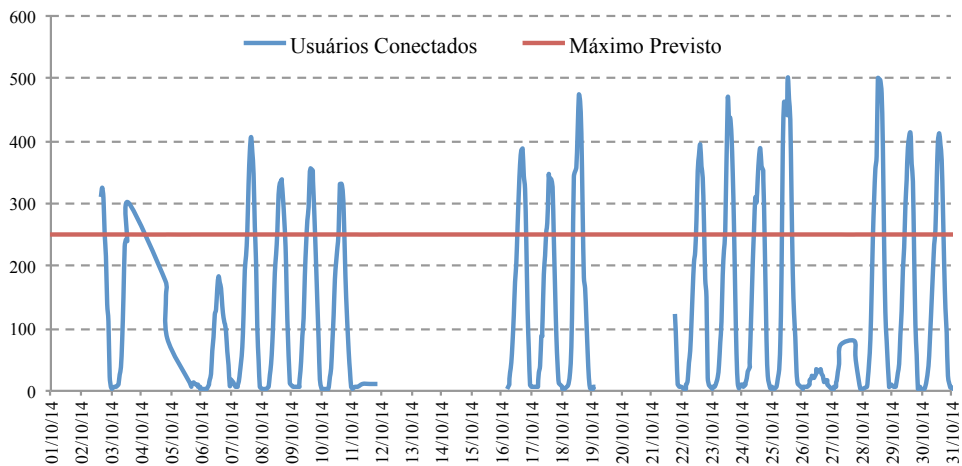
| Praça | Região | Acessos | Número de Usuários Observados | | | |
|--|--------|---------|-------------------------------|---------------|--------|--------|
| | | | Média | Desvio Padrão | Máximo | Mínimo |
| Mercado Municipal | Centro | 250 | 220 | 149,05 | 501 | 16 |
| Pátio do Colégio | | 50 | 23 | 19,10 | 71 | 2 |
| Praça Dom José Gaspar | | 150 | 109 | 90,08 | 304 | 4 |
| Praça da Liberdade | | 250 | 22 | 13,87 | 53 | 1 |
| Praça Roosevelt | | 250 | 31 | 17,12 | 99 | 3 |
| Praça Dom Orione | | 50 | 12 | 6,98 | 48 | 1 |
| Praça Rotary | | 100 | 18 | 13,25 | 73 | 1 |
| Largo do Arouche | | 250 | 25 | 12,52 | 59 | 1 |
| Praça Ramos de Azevedo | | 100 | 52 | 41,55 | 154 | 1 |
| Praça da Bandeira | | 100 | 45 | 29,67 | 124 | 4 |
| Largo São Francisco | | 100 | 23 | 17,14 | 83 | 1 |
| Largo São Bento | | 100 | 56 | 46,97 | 186 | 3 |
| Centro Cultural São Paulo | | 250 | 130 | 141,60 | 501 | 2 |
| Parque da Aclimação | | 150 | 29 | 22,98 | 96 | 1 |
| Parque Dom Pedro II | | 250 | 60 | 28,58 | 154 | 8 |
| Praça do Patriarca | | 100 | 39 | 30,76 | 125 | 2 |
| Terminal Casa Verde | | Norte | 100 | 13 | 8,47 | 43 |
| Largo da Matriz | 125 | | 10 | 11,04 | 58 | 1 |
| Praça Doutor João Batista Vasques | 100 | | 10 | 6,61 | 37 | 1 |
| Praça Nossa Senhora dos Prazeres | 50 | | 8 | 5,05 | 29 | 1 |
| Praça Mariquinha Sciascia | 75 | | 14 | 8,84 | 32 | 1 |
| Praça Marco Antonio Primon Maestre | 75 | | 11 | 3,29 | 22 | 1 |
| Praça na Rua das Imbiraiaras | 100 | | 25 | 15,24 | 70 | 1 |
| Praça Vereador Antonio Sampaio / Av. Ultramarino | 50 | | 9 | 5,10 | 30 | 1 |
| Largo do Japones | 100 | | 14 | 7,79 | 41 | 1 |
| Praça Vigário João G. de Lima (Praça do Samba) | 75 | | 9 | 7,04 | 41 | 1 |
| Parque Domingos Luís | 125 | | 5 | 3,54 | 20 | 1 |
| Praça Oscar da Silva | 75 | 12 | 8,34 | 41 | 1 | |

| | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-----|---|
| Largo de Moema | Sul | 125 | 23 | 16,70 | 110 | 2 | |
| Largo Dona Ana Rosa | | 75 | 4 | 3,13 | 19 | 1 | |
| Praça João Tadeu Priolli (Praça do Campo Limpo) | | 150 | 12 | 7,95 | 48 | 1 | |
| Praça do Largo de Piraporinha | | 75 | 22 | 9,46 | 50 | 1 | |
| Praça Floriano Peixoto | | 150 | 26 | 24,51 | 85 | 1 | |
| Praça Escolar | | 100 | 7 | 5,71 | 28 | 1 | |
| Praça Bacharel Fernando Braga Pereira da Rocha | | 75 | 12 | 8,22 | 49 | 1 | |
| CDC Campo Belo | | 50 | 2 | 1,39 | 9 | 1 | |
| Praça Tuney Arantes | | 50 | 3 | 2,01 | 14 | 1 | |
| Parque Santo Dias | | 125 | 10 | 12,32 | 66 | 1 | |
| Praça Alfredo Egydio de Souza Aranha (Parque Lina e Paulo Raia) | | 75 | 22 | 16,52 | 75 | 2 | |
| Parque do Nabuco | | 100 | 13 | 14,97 | 63 | 1 | |
| Praça Dilva Gomes Martins (COHAB 1) | | Leste | 50 | 26 | 11,70 | 58 | 4 |
| Largo da Concórdia | | | 150 | 50 | 32,80 | 138 | 2 |
| Praça Padre Aleixo (Do Forró) | 150 | | 70 | 40,42 | 164 | 1 | |
| Praça General Humberto de Sousa Mello | 75 | | 29 | 15,14 | 81 | 5 | |
| Praça do 65 / Pombas Urbanas | 150 | | 23 | 13,12 | 62 | 2 | |
| Praça Cecília Marques de Araújo | 50 | | 2 | 0,28 | 4 | 2 | |
| Praça Oswaldo Luís da Silveira | 50 | | 15 | 10,32 | 50 | 2 | |
| Praça Craveiro do Campo | 50 | | 32 | 15,43 | 67 | 3 | |
| Parque Santa Amélia | 100 | | 16 | 10,47 | 50 | 1 | |
| Parque Chico Mendes | 100 | | 15 | 11,49 | 46 | 1 | |
| Parque Raul Seixas | 100 | | 18 | 16,53 | 81 | 1 | |
| Parque Linear Tiquatira | 100 | | 14 | 7,74 | 39 | 1 | |
| Parque Ecológico da Vila Prudente | 125 | | 13 | 10,68 | 66 | 1 | |
| Praça São Luis do Curu | 50 | | 14 | 8,33 | 39 | 2 | |
| Praça Ciro Pontes / Ao Lado do Senai | 50 | | 20 | 14,95 | 69 | 2 | |
| Praça Sampaio Vidal | 50 | | 24 | 14,96 | 72 | 2 | |
| Praça Jaguamitanga | 50 | | 13 | 9,38 | 44 | 1 | |
| Praça Professoras (Na Av. Das Alamandas) | 75 | | 35 | 20,64 | 89 | 2 | |
| Largo do Rosário | 50 | 20 | 16,39 | 77 | 2 | | |
| Praça Oslei Francisco Borges | 50 | 48 | 24,25 | 102 | 5 | | |
| Praça Cornélia | Oeste | 75 | 4 | 3,40 | 21 | 1 | |
| Praça Zilda Natel | | 50 | 4 | 3,51 | 19 | 1 | |

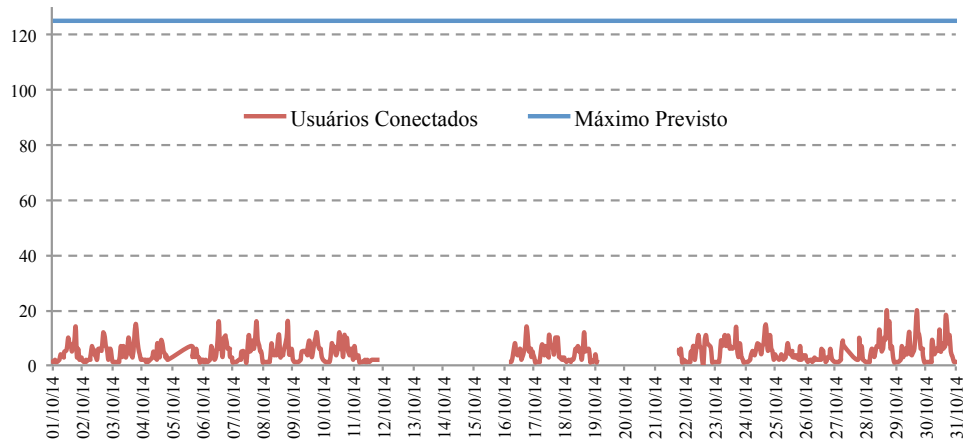
| | | | | | |
|---------------------------------|-----|----|-------|----|---|
| Praça Benedito Calixto | 250 | 15 | 15,72 | 96 | 1 |
| Praça Conde Francisco Matarazzo | 50 | 8 | 5,97 | 41 | 1 |
| Praça Elis Regina | 75 | 6 | 3,59 | 36 | 1 |
| Praça Arlindo Rossi | 100 | 5 | 3,89 | 22 | 1 |
| Parque Orlando Villas Bôas | 125 | 7 | 6,31 | 37 | 1 |
| Parque Alfredo Volpi | 75 | 3 | 3,14 | 18 | 1 |
| Praça General Guimarães | 50 | 3 | 2,48 | 16 | 1 |
| Praça Gen. Porto Carreiro | 75 | 5 | 3,88 | 21 | 1 |

A Figura 1 mostra o número de usuários conectados a cada hora durante o período de observação, nas praças com número alto de acessos previstos de acordo com a **Tabela 3**. É possível observar que o Centro Cultural São Paulo, no Centro, possui grande utilização medida pelo número de usuários conectados, conforme a Figura 1a. Em quase todos os dias o número máximo de usuários conectados superou o limite de acesso previstos. Na Zona Leste a Praça Padre Aleixo (Figura 1d) também experimentou um número maior de usuários conectados do que o seu limite previsto. As praças das zonas Norte, Sul e Oeste tiveram utilização significativamente inferior ao limite de acessos previstos, conforme Figura 1b, Figura 1c e Figura 1e.

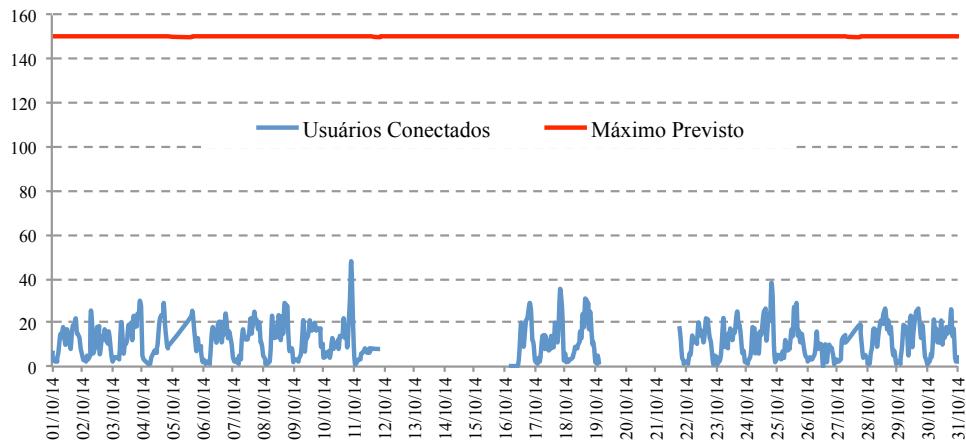
O fato das praças suportarem um número maior de usuários do que o previsto pode representar um fato auspicioso ou não, dependendo de como a rede foi provisionada. De acordo com as especificações de contrato, as praças devem ser capazes de oferecer uma capacidade média de 512 Kbps por usuário. No caso do Centro Cultural São Paulo, por exemplo, isto corresponde a 128 Mbps que devem estar disponíveis para serem compartilhados por todos os usuários. A capacidade efetiva do enlace de comunicação com a Internet, além da capacidade dos APs é que irão determinar o desempenho do agregado de usuários.



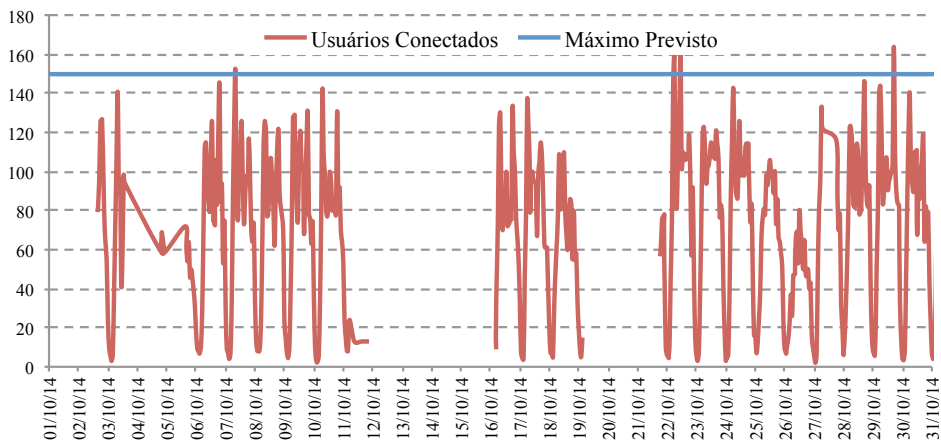
a) Centro Cultural São Paulo (Centro)



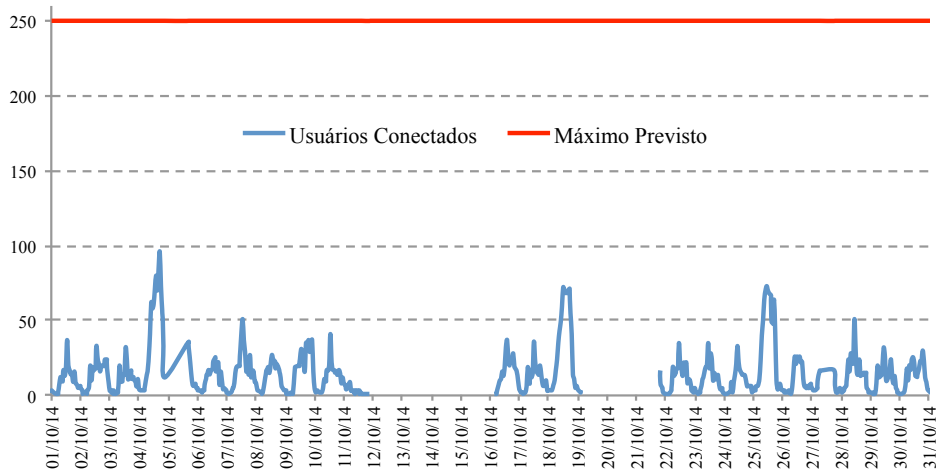
b) Praça Domingos Luís (Zona Norte)



c) Praça João Tadeu Priolli (Zona Sul)



d) Praça Padre Aleixo (Zona Leste)



e) Praça Benedito Calixto (Zona Oeste)

Figura 1 – Número de usuários conectados; a) Centro Cultural São Paulo (Centro); b) Praça Domingos Luís (Zona Norte); c) Praça João Tadeu Priolli (Zona Sul); d) Praça Pedro Aleixo (Zona Leste); e) Praça Benedito Calixto (Zona Oeste)

4.2. Disponibilidade do Serviço

A disponibilidade do serviço, de acordo com as métricas e condições apresentadas na seção 3.5, é atualmente o maior problema que afeta a qualidade de experiência dos serviços para os usuários. A **Tabela 6** apresenta a disponibilidade de acordo com os dados fornecidos pelas empresas e pelo SIMET. Em primeiro lugar, é possível observar que nenhuma praça esteve 100% disponível no período observado. Além disso, existe uma grande variação da disponibilidade do ponto de vista das empresas e do SIMET. Em geral a média da disponibilidade esteve em 86% quando são considerados os dados das empresas, mas apenas 50% quando considerados os dados provenientes do SIMET.

É possível observar que para as regiões Centro e Leste a disponibilidade varia de praça para praça, enquanto que para as regiões Norte, Sul e Oeste todas as praças apresentam disponibilidade de 99,45%. Isto é devido ao fato de Centro e Leste serem de responsabilidade da empresa WCS que fornece arquivos individuais para cada praça, enquanto que Norte, Sul e Oeste serem de responsabilidade da empresa ZIVA que fornece um arquivo único. No entanto, possivelmente a metodologia utilizada para calcular a métrica disponibilidade com os dados das empresas necessita de um ajuste no caso da ZIVA, porque não é provável que todas as praças tenham tido o mesmo nível de disponibilidade durante um período tão longo. Falhas de equipamentos de rede e de enlaces de comunicação ocorrem com frequência, principalmente num ambiente distribuído e de difícil controle e por isso seriam esperados níveis de disponibilidade diferenciados para cada praça.

Tabela 6: Disponibilidade do Serviço

| Praça | Região | Disponibilidade do serviço (%) | |
|-----------------------|--------|--------------------------------|-------|
| | | Empresas | SIMET |
| Mercado Municipal | Centro | 89,82 | 78,18 |
| Pátio do Colégio | | 86,18 | 78,91 |
| Praça Dom José Gaspar | | 86,00 | 74,73 |

| | | | |
|--|-------|-------|-------|
| Praça da Liberdade | | 84,73 | 7,45 |
| Largo do Cambuci | | 84,55 | 37,64 |
| Praça Roosevelt | | 84,55 | 34,91 |
| Praça Don Orione | | 84,36 | 78,91 |
| Praça Rotary | | 84,18 | 37,64 |
| Largo do Arouche | | 84,18 | 37,27 |
| Praça Ramos de Azevedo | | 83,45 | 35,82 |
| Praça da Bandeira | | 82,18 | 35,82 |
| Largo São Bento | | 81,82 | 65,27 |
| Praça do Patriarca | | 81,82 | 37,09 |
| Centro Cultural São Paulo | | 80,91 | 63,82 |
| Parque da Aclimação | | 80,73 | 65,27 |
| Parque Dom Pedro II | | 79,27 | 37,09 |
| Terminal Casa Verde | | 99,45 | 53,27 |
| Largo da Matriz | | 99,45 | 2,55 |
| Praça Doutor João Batista Vasques | | 99,45 | 78,55 |
| Praça Nossa Senhora dos Prazeres | | 99,45 | 77,82 |
| Praça Mariquinha Sciascia | | 99,45 | 25,82 |
| Praça Marco Antonio Primon Maestre | | 99,45 | 36,91 |
| Praça na Rua das Imbirairas | | 99,45 | 75,45 |
| Praça Vereador Antonio Sampaio / Av. Ultramarino | Norte | 99,45 | 78,36 |
| Largo do Japones | | 99,45 | 77,64 |
| Praça Vigário João G. de Lima (Praça do Samba) | | 99,45 | 0,36 |
| Parque Domingos Luís | | 99,45 | 78,73 |
| Praça Oscar da Silva | | 99,45 | 36,91 |
| Largo de Moema | | 99,45 | 2,55 |
| Largo Dona Ana Rosa | | 99,45 | 79,45 |
| Praça João Tadeu Priolli | | 99,45 | 83,27 |
| Praça do Largo de Piraporinha | | 99,45 | 2,55 |
| Praça Floriano Peixoto | | 99,45 | 60,36 |
| Praça Escolar | | 99,45 | 77,64 |
| Praça Bacharel Fernando Braga Pereira da Rocha | Sul | 99,45 | 40,00 |
| CDC Campo Belo | | 99,45 | 37,09 |
| Praça Tuney Arantes | | 98,03 | 37,09 |
| Parque Santo Dias | | 99,45 | 84,18 |
| Praça Alfredo Egydio de Souza Aranha | | 99,45 | 75,64 |
| Parque do Nabuco | | 99,45 | 77,82 |
| Praça Dilva Gomes Martins (COHAB 1) | | 86,18 | 72,73 |
| Largo da Concórdia | | 84,73 | 34,18 |
| Praça Padre Aleixo (Do Forró) | | 84,73 | 74,36 |
| Praça General Humberto de Sousa Mello | | 81,82 | 78,73 |
| Praça do 65 / Pombas Urbanas | | 79,82 | 36,91 |
| Praça Oswaldo Luís da Silveira | | 81,09 | 54,18 |
| Praça Craveiro do Campo | Leste | 80,91 | 54,00 |
| Parque Chico Mendes | | 75,27 | 21,45 |
| Parque Raul Seixas | | 80,18 | 10,22 |
| Parque Linear Tiquatira | | 80,00 | 78,36 |
| Parque Ecológico da Vila Prudente | | 74,91 | 32,55 |
| Praça Sampaio Vidal | | 77,64 | 53,82 |
| Praça Jaguamitanga | | 76,18 | 36,91 |

| | | | | |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Praça Professoras | | 74,36 | 78,55 | |
| Largo do Rosário | | 71,45 | 54,73 | |
| Praça Oslei Francisco Borges | | 63,45 | 54,18 | |
| Praça Cecília Marques de Araújo | | 76,00 | 39,64 | |
| Parque Santa Amélia | | 51,09 | 40,18 | |
| Praça São Luis do Curu | | 77,09 | 40,00 | |
| Praça Ciro Pontes | | 49,09 | 0,36 | |
| Praça Cornélia | Oeste | 99,45 | 35,64 | |
| Praça Zilda Natel | | 99,45 | 46,55 | |
| Praça Benedito Calixto | | 99,45 | 78,00 | |
| Praça Elis Regina | | 99,45 | 78,18 | |
| Praça Arlindo Rossi | | 99,45 | 35,82 | |
| Parque Orlando Villas Bôas | | 99,45 | 78,91 | |
| Parque Alfredo Volpi | | 99,45 | 75,64 | |
| Praça General Guimarães | | 99,45 | 37,27 | |
| Praça Gen. Porto Carreiro | | | 99,45 | 0,00% |
| Praça Conde Francisco Matarazzo | | | 99,45 | 0,00% |

4.3. Desempenho do Serviço

Nesta seção são apresentados tabelas contendo a média de todo o período para algumas métricas selecionadas, divididos por praça, região, empresa contratada e global. Além disso, são apresentados gráficos que comparam o número de usuários com a taxa média e com a latência, para compreender se o aumento do número de usuários causa decréscimo significativo do desempenho.

4.3.1. Desempenho Global

A **Tabela 7** apresenta dados do desempenho global, quando consideradas todas as 70 praças analisadas. É possível observar que a soma da taxa de entrada média para todos os momentos de coleta de dados (horas) do período de observação foi de 482 Mbps e a média das médias de todas as praças foi de 6,6 Mbps. A soma do número de usuários médio foi de 1.775 e a média de 24. É importante observar que estas informações se referem a todos os períodos do dia, incluindo as horas de menor utilização, como as madrugadas, que diminuem a média. A taxa média por usuário foi de 270 Kbps, enquanto que a latência média foi 103,3 ms e o percentual médio de perda de pacotes ficou próximo de 2%.

Tabela 7: Desempenho Médio Global

| Praça | | | | | SIMET | | |
|--------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------|-------------------------|
| Taxa Entrada Soma (Mbps) | Taxa Entrada Média (Mbps) | Número Usuários Soma | Número Usuários Média | Entrada / Usuário Média (Mbps) | Download TCP Média (Mbps) | Latência Média (ms) | Perda Pacotes Média (%) |
| 482,01 | 6,60 | 1775 | 24 | 0,27 | 14,88 | 103,33 | 2,06 |

4.3.2. Desempenho por Empresa

A **Tabela 8** apresenta os mesmos resultados da **Tabela 7** individualizados pelas empresas WCS e ZIVA. É possível observar que a WCS, que opera o Centro e Zona

Leste, possui uma maior utilização geral, comparada com a ZIVA, tanto em taxa agregada de entrada quanto em número de usuários. A razão para esta disparidade ainda deve ser investigada, mas possivelmente está ligada a um cronograma de implantação diferenciado entre as empresas.

Tabela 8: Desempenho Médio por Empresa

| Empresa | Praça | | | | | SIMET | | |
|-------------|--------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|---------------|-------------------|
| | Taxa Entrada Soma (Mbps) | Taxa Entrada Média (Mbps) | Número Usuários Soma | Número Usuários Média | Entrada / Usuários (Mbps) | Download TCP (Mbps) | Latência (ms) | Perda Pacotes (%) |
| WCS | 333,91 | 9,02 | 1414 | 38 | 0,24 | 15,81 | 93,49 | 1,58 |
| ZIVA | 148,10 | 4,11 | 361 | 10 | 0,41 | 13,84 | 114,39 | 2,59 |

4.3.3. Desempenho por Região

A **Tabela 9** apresenta o desempenho médio para as cinco regiões da cidade entre as quais o serviço de conectividade à Internet foi dividido. Estes resultados basicamente estratificam em um nível adicional os resultados apresentados na **Tabela 8**, uma vez que existe um mapeamento entre empresas e regiões, conforme a **Tabela 1**. É possível observar novamente que o Centro e a Zona Leste tiveram maior utilização, comparados com as demais regiões. E estas duas regiões são operadas pela empresa WCS.

Tabela 9: Desempenho por Região

| Região | Praça | | | | | SIMET | | |
|------------|--------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|---------------|-------------------|
| | Taxa Entrada Soma (Mbps) | Taxa Entrada Média (Mbps) | Número Usuários Soma | Número Usuários Média | Entrada / Usuários (Mbps) | Download TCP (Mbps) | Latência (ms) | Perda Pacotes (%) |
| Centro | 181,27 | 11,33 | 889 | 56 | 0,20 | 16,76 | 98,14 | 1,11 |
| Zona Norte | 119,49 | 9,96 | 138 | 12 | 0,86 | 14,89 | 161,61 | 2,27 |
| Zona Sul | 19,67 | 1,41 | 161 | 12 | 0,12 | 10,91 | 92,34 | 2,86 |
| Zona Leste | 152,64 | 7,27 | 525 | 25 | 0,29 | 15,04 | 89,77 | 1,97 |
| Zona Oeste | 8,93 | 0,89 | 61 | 6 | 0,15 | 16,68 | 76,65 | 2,65 |

4.3.4. Desempenho por praça

A **Tabela 10** apresenta os resultados de desempenho individuais para todas as 70 praças analisadas. Vários aspectos podem ser observados, entre os quais alguns são destacados com maior ênfase:

- Somente quatro praças no Centro (Mercado Municipal, Praça Dom José Gaspar, Praça Ramos de Azevedo, Centro Cultural São Paulo) respondem por cerca de 55% de todo o tráfego de entrada e do número de usuários do centro e cerca de 20% do tráfego total e cerca de 30% de número de usuários total. Isto demonstra que a utilização das praças do Centro é muito superior às das outras regiões.

- b) A latência média apresenta grande disparidade entre as praças, que varia de dezenas para centenas de milissegundos. Apenas as praças Largo de Moema e Praça Ciro Pontes apresentaram latência inferior a 5ms, que no entanto apresentam baixa utilização.
- c) As praças Gen. Porto Carreiro e Conde Francisco Matarazzo não apresentam dados para o SIMET, que é compatível também com os resultados apresentados na **Tabela 9**.
- d) A perda de pacotes apresenta grande variação, por exemplo, de 17,34% na Praça Toney Arantes para 0% na Praça Vigário João G. de Lima.
- e) Algumas praças estão tendo baixa utilização, como algumas praças da Zona Oeste. Isto pode ser observado pela taxa de entrada e número de usuários baixos, mas taxa de download alcançada pelo SIMET muito alta. Ou seja, existe capacidade instalada nas praças que não está sendo usada no momento. Este fato pode ser atribuído à recente instalação das praças, mas merece ser investigado com maior profundidade.
- f) Existe uma inconsistência considerável e imprevisível entre as métricas de taxa de entrada da praça e download TCP do SIMET. Uma vez que o SIMET se conecta no AP como se fosse um usuário e para realizar o teste ele envia e recebe pacotes, todos o tráfego gerado na métrica de download TCP deveria estar contabilizado na taxa de entrada. Ou seja, a taxa de entrada média deveria ser sempre superior à taxa de download do TCP. No entanto, uma vistoria rápida nas primeiras praças da tabela revelam que em muitos casos o download TCP é superior à taxa de entrada, o que na teoria seria impossível. Uma possibilidade é que a taxa média de download esteja sendo elevada excessivamente devido à inexistência de medições em várias coletas que poderiam registrar valores menores e consequentemente diminuir a média. Como pode ser observado na **Tabela 6**, a disponibilidade do serviço medida pelo SIMET é significativamente superior à disponibilidade medida pelas empresas, o que significa que um foi possível obter um número menor de coletas do SIMET do que das empresas.

Tabela 10: Desempenho por Praça

| Praça | Região | Praça | | | SIMET | | |
|------------------------|--------|---------------------|-----------------|------------------------|---------------------|---------------|------------------|
| | | Taxa Entrada (Mbps) | Número Usuários | Entrada/Usuário (Mbps) | Download TCP (Mbps) | Latência (ms) | Perda Pacote (%) |
| Mercado Municipal | Centro | 35,84 | 211 | 0,17 | 14,07 | 44 | 0,72 |
| Páteo do Colégio | | 9,11 | 23 | 0,40 | 31,37 | 69 | 0,37 |
| Praça Dom José Gaspar | | 22,27 | 108 | 0,21 | 7,70 | 46 | 1,06 |
| Praça da Liberdade | | 5,07 | 22 | 0,24 | 19,31 | 43 | 0,33 |
| Largo do Cambuci | | 12,18 | 28 | 0,43 | 18,51 | 53 | 0,71 |
| Praça Roosevelt | | 6,26 | 31 | 0,20 | 16,10 | 97 | 1,36 |
| Praça Dom Orione | | 6,55 | 12 | 0,57 | 21,99 | 25 | 0,99 |
| Praça Rotary | | 6,49 | 18 | 0,36 | 26,84 | 27 | 0,98 |
| Largo do Arouche | | 5,88 | 25 | 0,23 | 16,84 | 58 | 1,23 |
| Praça Ramos de Azevedo | | 14,93 | 52 | 0,29 | 6,20 | 295 | 2,06 |
| Praça da Bandeira | | 5,85 | 45 | 0,13 | 6,20 | 295 | 2,06 |
| Largo São Bento | | 1,60 | 56 | 0,03 | 16,45 | 57 | 2,30 |
| Praça do Patriarca | | 7,61 | 39 | 0,20 | 13,36 | 158 | 0,67 |
| Centro Cultural São | | 26,06 | 130 | 0,20 | 12,57 | 103 | 1,16 |

| | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|
| Paulo | | | | | | | | |
| Parque da Aclimação | | 11,22 | 29 | 0,39 | 27,33 | 41 | 1,03 | |
| Parque Dom Pedro II | | 4,35 | 60 | 0,07 | 13,36 | 158 | 0,67 | |
| Terminal Casa Verde | Norte | 5,86 | 13 | 0,46 | 9,51 | 373 | 5,37 | |
| Largo da Matriz | | 16,58 | 10 | 1,63 | 17,69 | 44 | 2,61 | |
| Praça Doutor João Batista Vasques | | 13,78 | 10 | 1,39 | 20,83 | 70 | 0,41 | |
| Praça Nossa Senhora dos Prazeres | | 8,55 | 8 | 1,03 | 0,33 | 251 | 4,10 | |
| Praça Mariquinha Sciascia | | 7,00 | 14 | 0,50 | 6,55 | 435 | 2,90 | |
| Praça Marco Antônio Primon Maestre | | 10,25 | 11 | 0,96 | 24,10 | 36 | 0,56 | |
| Praça na Rua das Imbiraiaras | | 6,68 | 24 | 0,27 | 9,86 | 332 | 4,43 | |
| Praça Vereador Antônio Sampaio / Av. Ultramarino | | 17,07 | 9 | 1,98 | 19,09 | 53 | 1,13 | |
| Largo do Japonês | | 1,47 | 14 | 0,11 | 13,93 | 197 | 3,87 | |
| Praça Vigário João G. de Lima (Praça do Samba) | | 1,85 | 9 | 0,20 | 13,97 | 90 | 0,00 | |
| Parque Domingos Luís | | 21,82 | 5 | 4,59 | 19,18 | 29 | 0,37 | |
| Praça Oscar da Silva | | 8,57 | 12 | 0,72 | 23,67 | 30 | 1,46 | |
| Largo de Moema | | Sul | 0,73 | 23 | 0,03 | 30,10 | 2 | 0,05 |
| Largo Dona Ana Rosa | | | 0,16 | 4 | 0,04 | 20,61 | 22 | 0,79 |
| Praça João Tadeu Priolli | | | 6,14 | 12 | 0,53 | 2,61 | 270 | 5,48 |
| Praça do Largo de Piraporinha | | | 0,70 | 22 | 0,03 | 9,58 | 92 | 2,38 |
| Praça Floriano Peixoto | 1,63 | | 24 | 0,07 | 1,58 | 39 | 0,81 | |
| Praça Escolar | 0,72 | | 7 | 0,10 | 22,48 | 43 | 0,79 | |
| Praça Bacharel Fernando Braga Pereira da Rocha | 0,56 | | 12 | 0,05 | 4,95 | 168 | 2,11 | |
| CDC Campo Belo | 0,15 | | 2 | 0,07 | 17,93 | 36 | 2,31 | |
| Praça Tuney Arantes | 0,11 | | 3 | 0,04 | 0,88 | 162 | 17,34 | |
| Parque Santo Dias | 1,53 | | 10 | 0,16 | 10,09 | 63 | 0,50 | |
| Praça Alfredo Egydio de Souza Aranha | 3,64 | | 21 | 0,18 | 1,42 | 112 | 1,23 | |
| Parque do Nabuco | 1,64 | | 13 | 0,13 | 8,66 | 98 | 0,57 | |
| Praça Dilva Gomes Martins (COHAB 1) | Leste | | 9,21 | 26 | 0,36 | 26,99 | 13 | 0,14 |
| Largo da Concórdia | | | 7,14 | 50 | 0,14 | 17,74 | 93 | 0,73 |
| Praça Padre Aleixo (Do Forró) | | | 15,87 | 70 | 0,23 | 12,36 | 225 | 1,57 |
| Praça General Humberto de Sousa Mello | | | 10,63 | 29 | 0,36 | 14,41 | 60 | 0,95 |
| Praça do 65 / Pombas Urbanas | | 3,64 | 23 | 0,16 | 6,63 | 41 | 2,23 | |
| Praça Oswaldo Luís da Silveira | | 10,74 | 15 | 0,70 | 12,24 | 82 | 4,11 | |
| Praça Craveiro do Campo | | 16,40 | 32 | 0,51 | 13,84 | 98 | 1,12 | |
| Parque Chico Mendes | | 5,81 | 15 | 0,38 | 28,22 | 6 | 1,23 | |
| Parque Raul Seixas | | 4,90 | 18 | 0,27 | 0,51 | 716 | 3,64 | |

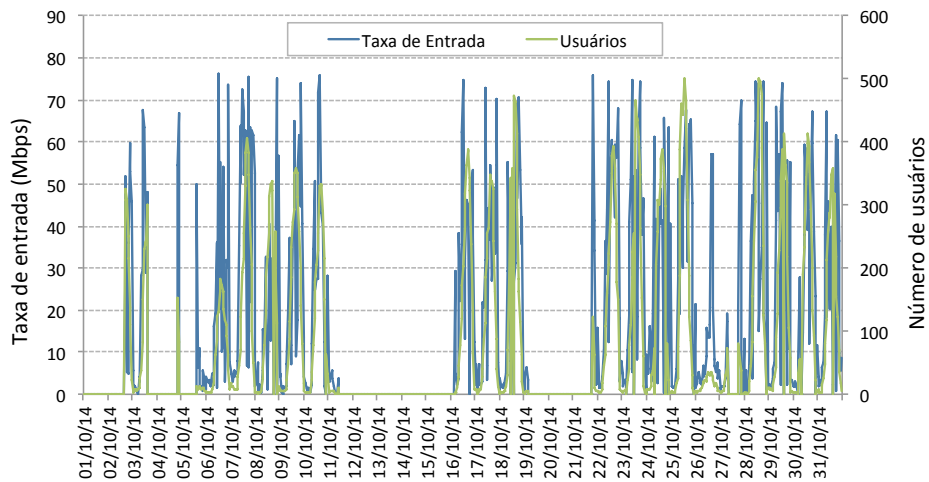
| | | | | | | | |
|--|-------|-------|------|------|-------|------|-------|
| Parque Linear Tiquatira | | 5,48 | 14 | 0,40 | 21,83 | 32 | 1,04 |
| Parque Ecológico da Vila Prudente | | 3,79 | 13 | 0,28 | 20,58 | 31 | 0,61 |
| Praça Sampaio Vidal | | 4,73 | 24 | 0,20 | 7,25 | 80 | 4,07 |
| Praça Jaguamitanga | | 2,65 | 13 | 0,20 | 6,63 | 41 | 2,23 |
| Praça Professoras (na Av. das Alamandas) | | 2,66 | 35 | 0,08 | 21,16 | 72 | 1,13 |
| Largo do Rosário | | 5,62 | 20 | 0,28 | 17,84 | 26 | 2,31 |
| Praça Oslei Francisco Borges | | 11,64 | 48 | 0,24 | 12,24 | 82 | 4,11 |
| Praça Cecília Marques de Araújo | | 0,73 | 2 | 0,35 | 4,32 | 13 | 2,81 |
| Parque Santa Amélia | | 12,97 | 16 | 0,82 | 15,84 | 43 | 2,13 |
| Praça São Luis do Curu | | 4,61 | 14 | 0,32 | 17,43 | 36 | 1,46 |
| Praça Ciro Pontes / Ao Lado do Senai | | 3,36 | 20 | 0,17 | 22,74 | 5 | 1,73 |
| Praça Cornélia | Oeste | 0,37 | 4 | 0,10 | 24,24 | 16 | 1,50 |
| Praça Zilda Natel | | 0,36 | 4 | 0,09 | 20,48 | 21 | 0,47 |
| Praça Benedito Calixto | | 0,55 | 15 | 0,04 | 3,30 | 88 | 1,96 |
| Praça Elis Regina | | 3,27 | 6 | 0,53 | 11,02 | 10 | 0,59 |
| Praça Arlindo Rossi | | 0,50 | 5 | 0,09 | 0,13 | 435 | 16,24 |
| Parque Orlando Villas Bôas | | 0,50 | 7 | 0,07 | 9,24 | 27 | 0,25 |
| Parque Alfredo Volpi | | 0,29 | 3 | 0,09 | 34,78 | 10 | 0,10 |
| Praça General Guimarães | | 1,21 | 3 | 0,39 | 30,25 | 6 | 0,12 |
| Praça Gen. Porto Carreiro | | 0,98 | 5 | 0,20 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| Praça Conde Francisco Matarazzo | 0,91 | 8 | 0,11 | 0,00 | 0 | 0,00 | |

4.3.5. Taxa de entrada vs. Número de usuários

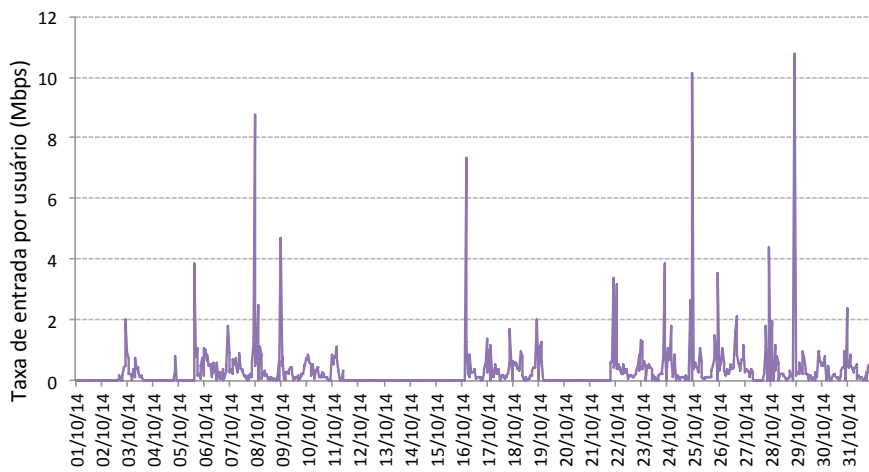
Esta seção faz uma análise comparativa mais detalhada entre a taxa de entrada nas praças e a o número de usuários conectados. O objetivo é tentar identificar o efeito do aumento do número de usuários na taxa geral da praça e na taxa média que cada usuário consegue obter. Para isto, são analisadas as praças com maior número previsto de acessos do Centro, Zona Leste e Zona Norte, como exemplos.

A Figura 2 apresenta a série temporal do número de usuários e da taxa de entrada para o Centro Cultural São Paulo. A Figura 2(a) apresenta o número de usuários juntamente com a taxa de entrada geral da praça. Além dos períodos em que não houve coleta, é possível observar visualmente que os valores de taxa de entrada e número de usuários variam de maneira significativamente síncrona. A Figura 2(b) mostra a taxa de entrada média por usuário (taxa de entrada dividida pelo número de usuários) que fora alguns picos conseguidos por usuários quase solitários usando a rede próximo à meia noite, o desempenho se mantém normalmente abaixo de 500 Kbps com uma média de 200 Kbps segundo a **Tabela 10**. A Figura 2(c) apresenta uma visão mais detalhada para dois dias escolhidos aleatoriamente (dias 09/10/2014 e 10/10/2014) do número de usuários e da taxa de entrada. É possível observar que o número de usuário tem um comportamento semelhante ao que se espera, ou seja, maior no meio da tarde e menor durante a madrugada. Já a taxa de entrada apresenta um comportamento similar mas

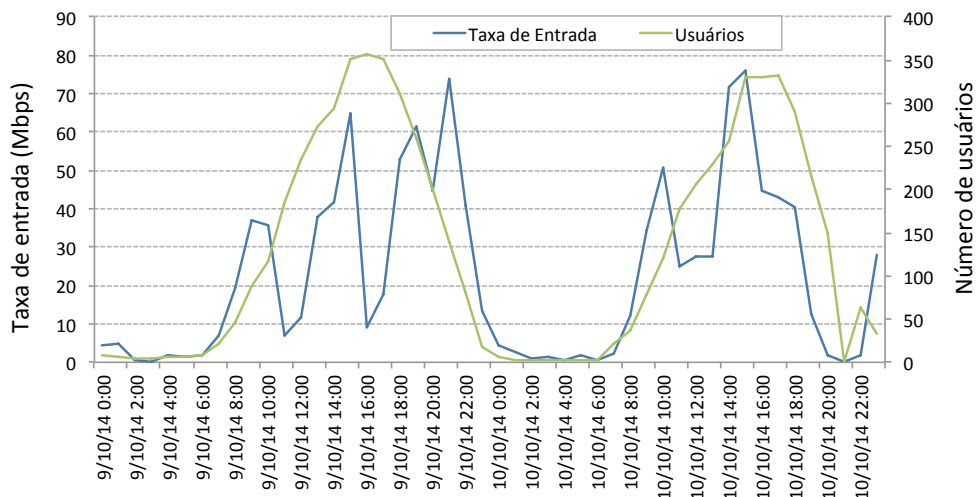
com maior variação, que pode ser explicada pela própria demanda em rajadas dos usuários e pelo mecanismo de controle de congestionamento do protocolo TCP varia a taxa de transmissão das conexões para adaptar-se à situação instantânea da rede. A Figura 2(d) apresenta a taxa média por usuário para os dois dias selecionados.



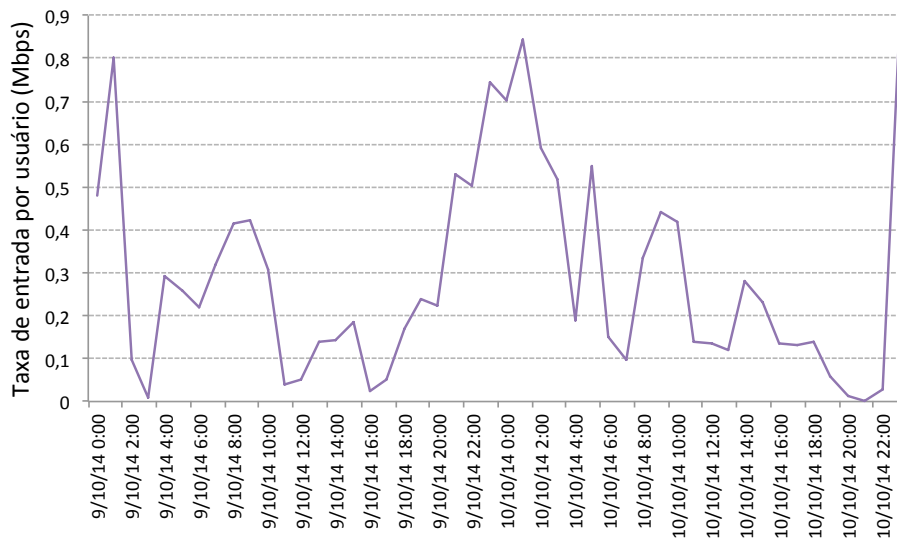
a) Taxa de Entrada e Número de Usuários (período completo)



b) Taxa de Entrada por Usuário (período completo)



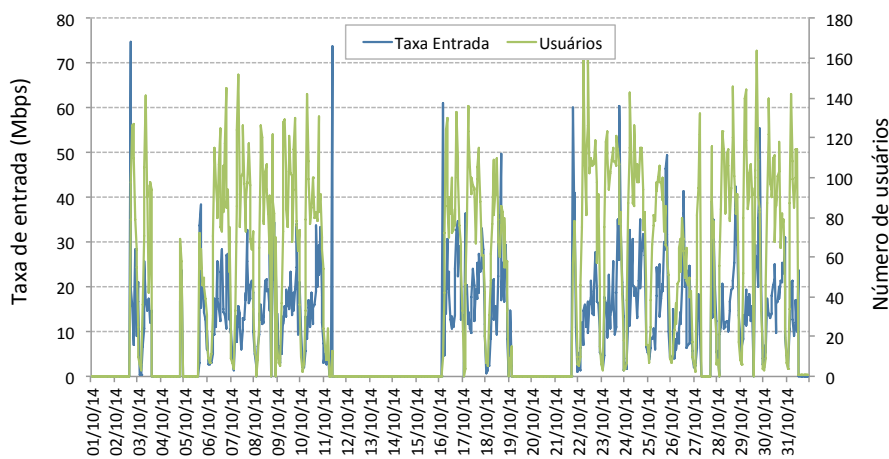
c) Taxa de Entrada e Número de Usuários (2 dias)



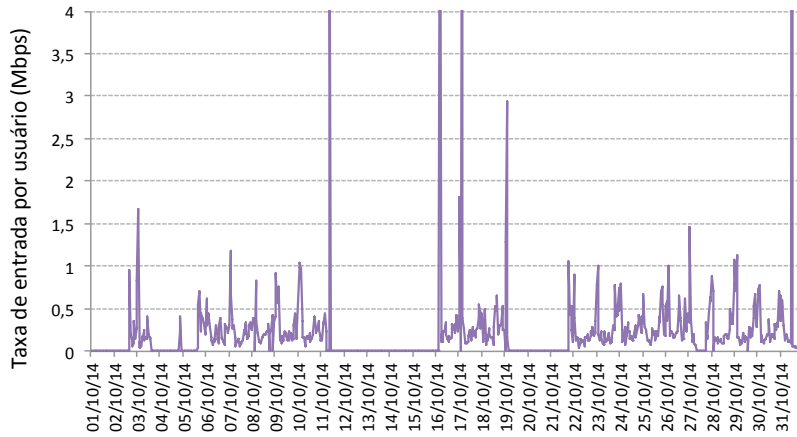
d) Taxa de Entrada por Usuário (2 dias)

Figura 2 – Taxa de Entrada e Número de Usuários (Centro Cultural São Paulo - Centro)

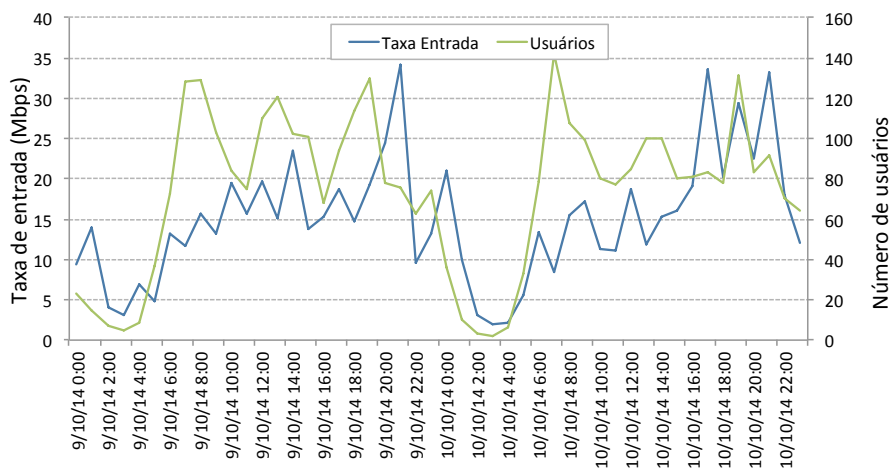
A Figura 3 apresenta resultados de taxa de entrada e número de usuários, assim como a taxa por usuário para a Praça Padre Aleixo (do Forró) na Zona Leste. Para esta praça é possível observar uma menor variação do que para o Centro Cultural São Paulo apresentado na Figura 2. Vale ressaltar que ambas as praças estão nas regiões mais utilizadas, ou seja, Centro e Zona Leste que são servidas pela empresa WCS.



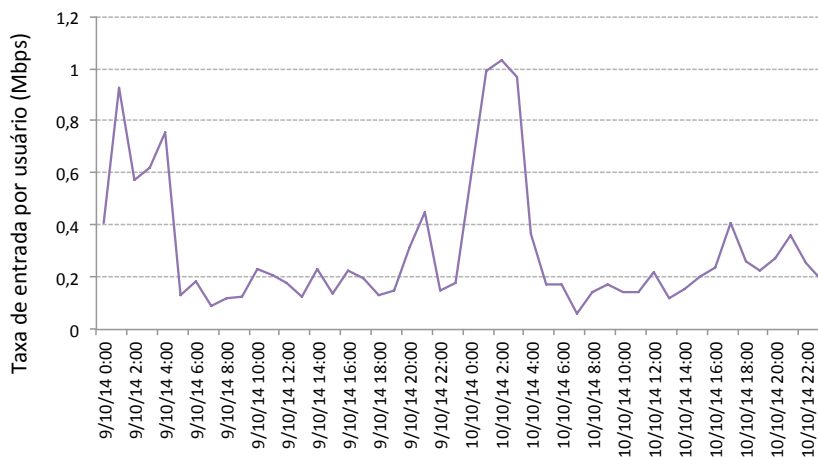
a) Taxa de Entrada e Número de Usuários (período completo)



b) Taxa de Entrada por Usuário (período completo)



c) Taxa de Entrada e Número de Usuários (2 dias)

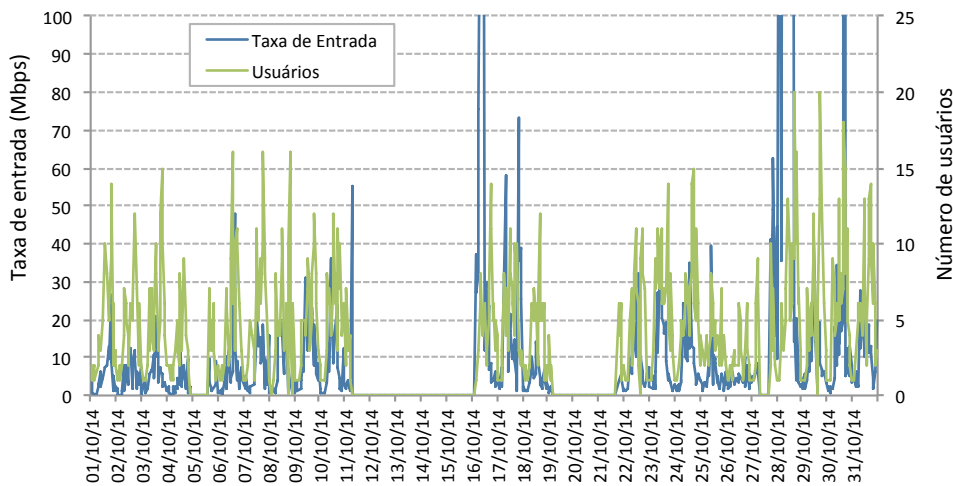


d) Taxa de Entrada por Usuário (2 dias)

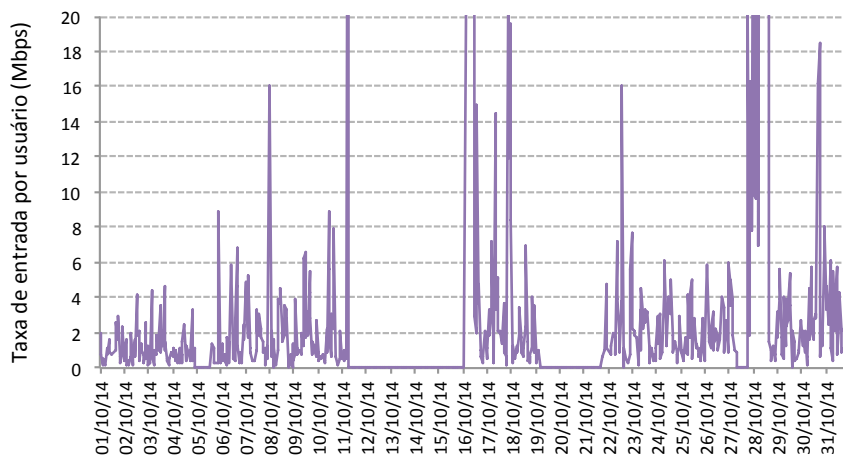
Figura 3 – Taxa de Entrada e Número de Usuários (Praça Padre Aleixo – Zona Leste)

Finalmente, a Figura 4 apresenta a visão da Praça Domingos Luís na Zona Norte, cuja característica é uma alta taxa de entrada agregada mas com um baixo número de

usuários (Figura 4(a)). Desse modo, cada usuário recebe em média uma taxa alta, de aproximadamente 4,6 Mbps (Figura 4(b)). De maneira geral, a taxa média por usuário se mantém entre 1 e 2 Mbps.



a) Taxa de Entrada e Número de Usuários



b) Taxa de Entrada por Usuário

Figura 4 – Taxa de Entrada e Número de Usuários (Praça Domingos Luis – Zona Norte)

A compreensão do comportamento das da taxa de entrada e do número de usuários conectados para as praças merece uma análise mais aprofundada, a ser apresentada nos próximos relatórios com dados de períodos maiores. Espera-se que o serviço esteja operando por um tempo maior e com maior estabilidade devido à maturidade da operação. Particularmente, é importante compreender se a taxa de média por usuário está num nível que garante uma qualidade de experiência adequada aos usuários ou se a rede está limitando a vazão recebida pelos usuários e portanto diminuindo sua sensação de conforto ao utilizar a Internet.

4.3.6. Latência vs. número de usuários

Um estratégia para compreender o comportamento do uso compartilhado de uma praça digital na qualidade de experiência do usuário e observar o efeito do aumento do número de usuários na latência. Quando a latência assume valores excessivamente altos,

o usuário frequentemente é afetado negativamente, seja com atraso em carregar aplicativos, como uma página Web, seja com a baixa qualidade de voz num serviço como o Skype.

A Figura 5 apresenta um gráfico que relaciona a latência com o número de usuários. Para calculá-lo foram utilizados os dados de latência provenientes do SIMET e os dados de número de usuários conectados provenientes das empresas. A maneira de calcular os valores da variável dependente (latência) com base na variável independente (número de usuários) é simples. Para um determinado número de usuários n , calculou-se a média da latência para todas as coletas de todas as praças nas quais estavam conectados exatamente n usuários. Foram excluídos valores surpreendentes (*outliers*) para dois número n que possuíam latência superior a 1100 ms, para facilitar a visualização. A interpretação visual também é simples. Se um aumento do número de usuários causar um aumento na latência, a curva deve apresentar um crescimento linear. Esta situação indica que a qualidade do serviço decai conforme cresce o número de usuários.

No entanto, é possível depreender da Figura 5 que não há crescimento observável da latência devido ao aumento do número de usuários, o que representa um resultado auspicioso para os cidadãos beneficiados com o serviço. Para a maioria dos números de usuários considerados (de 1 a 501) o valor permaneceu em patamares aceitáveis. Para aplicações de Voz sobre IP (VoIP), de acordo com o 3GPP (3GPP 2014), valores de atraso em uma direção deveriam estar idealmente abaixo de 150ms com uma tolerância máxima de 400ms. Como a latência apresenta o atraso nos dois sentidos, é possível fazer uma estimativa de que os seus valores poderiam ser o dobro, ou seja, idealmente no máximo 300ms com tolerância de 800ms. Para a Figura 5 que apresenta a latência considerando todas as praças analisadas, 94% das médias calculadas estão abaixo de 300ms e 98% estão abaixo de 800ms. O valor máximo estabelecido no edital de contratação, de 5 ms, parece ser irreal para condições reais de redes operacionais conectadas à Internet, inclusive porque o ponto de medição se encontra no Ponto de Troca de Tráfego (PTT) de São Paulo²⁴, que está fora da rede das empresas contratadas. No entanto, a latência está alta para a maioria das praças.

A correlação de Pearson apresenta valor próximo a zero para os dados apresentados na Figura 5, que confirma que não há um relacionamento linear entre as variáveis latência e número de usuários, conforme análise anterior.

²⁴ <http://ptt.br/adesao/sp/>

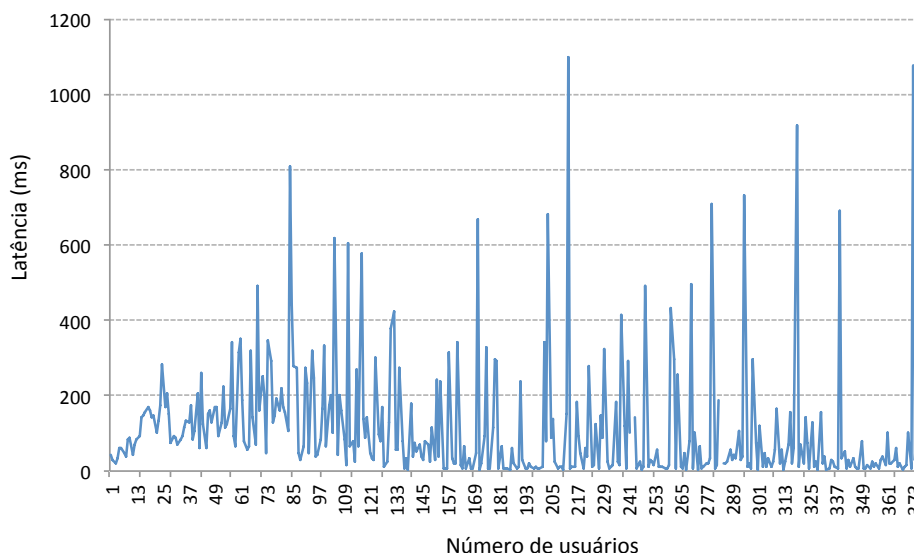
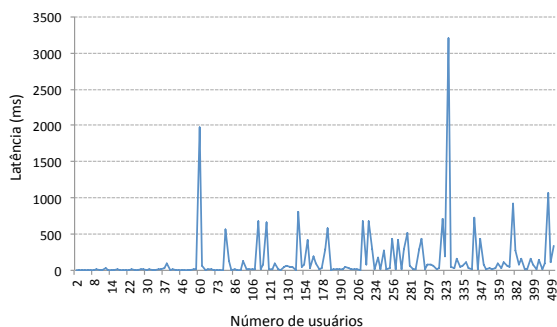


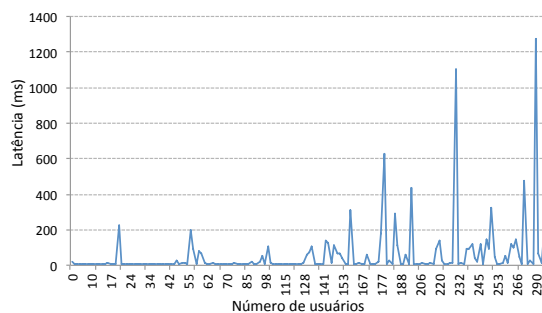
Figura 5 – Latência vs. número de usuários conectados (média global)

A Figura 6 apresenta o comportamento da latência de acordo com o número de usuários para dez praças selecionadas da Tabela 3. Nesses gráficos os valores surpreendentes (*outliers*) foram mantidos para que seja possível observar o real comportamento dos resultados. Estes gráficos corroboram com as informações apresentadas na Figura 5.

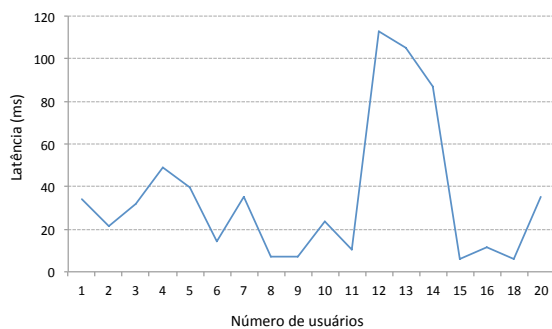
Uma análise mais detalhada dos gráficos mostra que as maiores latências estão em geral nas praças com maior utilização do Centro e da Zona Leste, com exceção da Praça João Tadeu Priolli na Zona Sul e alguns outliers em outras praças.



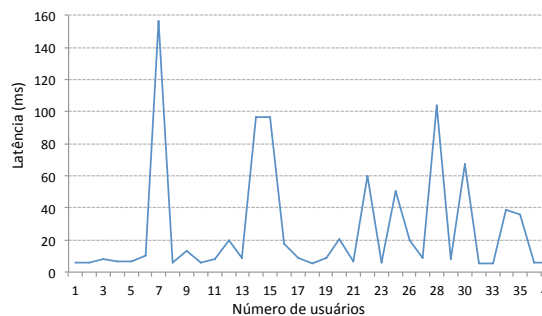
a) Centro Cultural São Paulo (Centro)



b) Praça Dom José Gaspar (Centro)



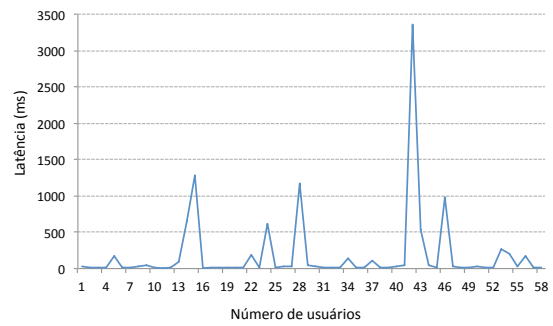
c) Praça Domingos Luís (Norte)



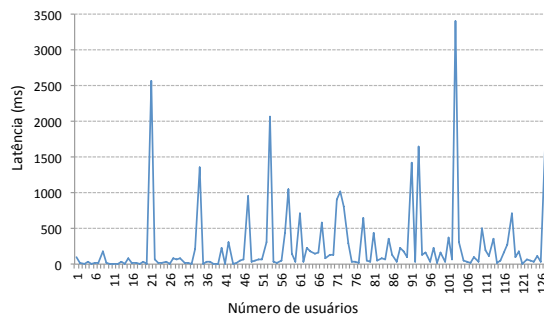
d) Praça Oscar da Silva (Norte)



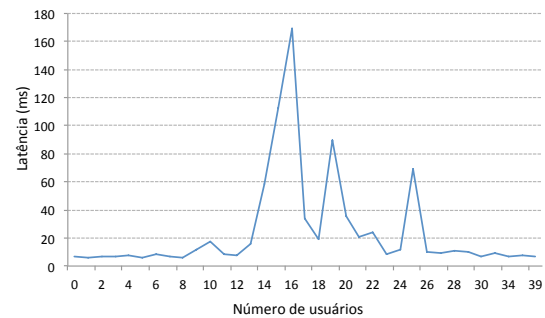
e) Praça João Tadeu Prioli - Campo Limpo (Sul)



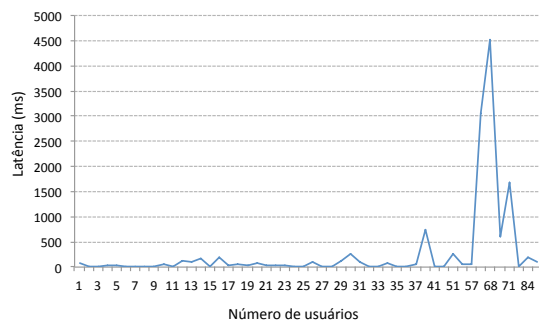
f) Parque do Nabuco (Sul)



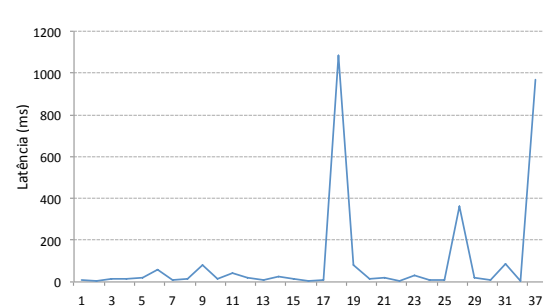
g) Praça Padre Aleixo - do Forró (Leste)



h) Parque Linear Tiquatira (Leste)



i) Praça Benedito Calixto (Oeste)



j) Parque Orlando Villas Bôas (Oeste)

Figura 6 – Latência vs. número de usuários conectados (todas as regiões)

5. Conclusão

Este projeto visa estudar os efeitos da Internet, em suas múltiplas dimensões, na vida dos cidadãos e das comunidades atendidas pela política de abertura de sinal de rede sem fio do programa Wi-Fi Livre SP. Esses estudos têm a finalidade de gerar dados para fomentar a implementação e avaliação de uma política pública de acesso gratuito a Internet por meio de rede sem fio. Os dados analisados neste relatório foram coletados no mês de outubro de 2014, mas para alguns dias não existem informações disponíveis. Este relatório deverá ser gerado periodicamente e para os próximos versões serão analisados dados de períodos mais longos.

Os resultados obtidos pelas análises, inclusive cruzando dados provenientes das empresas e do SIMET, suscitam tanto informações esclarecedoras sobre o

comportamento do serviço quanto novas dúvidas sobre questões de desempenho. Algumas informações novas são:

- O número máximo previsto de acessos está sendo usado apenas como uma estimativa para a capacidade necessária de conexão da praça, mas não está sendo imposta nenhuma restrição à conexão de um número maior de usuários do que o estimado inicialmente.
- A disponibilidade do serviço, de acordo com as métricas e condições analisadas, é atualmente o maior problema que afeta a qualidade de experiência dos serviços para os usuários.
- A compreensão do comportamento da taxa de entrada e do número de usuários conectados para as praças merece uma análise mais aprofundada, a ser apresentada nos próximos relatórios com dados de períodos maiores. Espera-se que o serviço esteja operando por um tempo maior e com maior estabilidade devido à maturidade da operação. Particularmente, é importante compreender se a taxa de média por usuário está num nível que garante uma qualidade de experiência adequada aos usuários ou se a rede está limitando a vazão recebida pelos usuários e portanto diminuindo sua sensação de conforto ao utilizar a Internet.
- Somente quatro praças no Centro (Mercado Municipal, Praça Dom José Gaspar, Praça Ramos de Azevedo, Centro Cultural São Paulo) respondem por cerca de 55% de todo o tráfego de entrada e do número de usuários do centro e cerca de 20% do tráfego total e cerca de 30% de número de usuários total. Isto demonstra que a utilização das praças do Centro é muito superior às das outras regiões.
- A latência não aumenta conforme aumenta o número de usuários conectados nas praças, ou seja, a correlação entre essas duas variáveis é próxima de zero. Os valores de latência estão significativamente mais altos do que a especificação, embora considerando valores para interação entre usuários aplicações síncronas como VoIP foi observado que mais de 98% estão dentro de padrões aceitáveis.

Algumas inconsistências foram observadas e devem ser objeto de investigações adicionais para que sejam totalmente esclarecidas, como:

- a) Uma diferença significativa de utilização do serviço entre as praças operadas pelas duas empresas foi identificada. A demanda pelo serviço, medida pelo número de usuários conectados simultaneamente e taxa de entrada de dados nas praças das regiões Centro e Leste, operadas pela WCS, são significativamente superiores aos das regiões Norte, Sul e Oeste, operadas pela ZIVA. O motivo para este comportamento pode estar relacionado ao cronograma de implantação do serviço de cada empresa, mas é algo que merece ser investigado com maior profundidade.
- b) Uma disparidade considerável e imprevisível existe entre as métricas de taxa de entrada da praça e download TCP do SIMET. Em muitos casos a taxa de download TCP é superior à taxa de entrada na praça, o que na teoria seria impossível. Uma possibilidade é a taxa de download estar sendo elevada excessivamente devido à inexistência de medições do SIMET em várias coletas que poderiam registrar valores menores e diminuir a média.

- c) As métricas de disponibilidade medidas pelos dados provenientes das empresas e do SIMET apresentam inconsistências, sendo que os dados do SIMET apresentam disponibilidade consideravelmente inferior aos dados das empresas. Em geral a média da disponibilidade esteve em 86% quando são considerados os dados das empresas, mas apenas 50% quando considerados os dados provenientes do SIMET. É necessário compreender se alguma das duas informações, ou ambas, estão incorretas.
- d) A metodologia utilizada para calcular a métrica disponibilidade com os dados das empresas possivelmente necessita de um ajuste no caso da empresa ZIVA. Várias praças apresentam mesmos níveis de disponibilidade, o que improvável para um período de um mês.

Este relatório é o primeiro de uma série que deverá ser gerada trimestralmente. Espera-se que no próximo relatório, que incluirá um período de observação de três meses, alguns problemas e inconsistências tenham sido sanados e esclarecidos.

Referências

- SCHAFFERS, H., et al. "Smart cities and the future internet: Towards cooperation frameworks for open innovation." *The future internet*: 431-446, 2011.
- KMPG, "Expect the Unexpected: Building business value in a changing world", KPMG International 2012, <http://www.kpmg.com/Global/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/building-business-value.pdf>.
- GIFFINGER, R. et. Al, "Smart cities: Ranking of European medium-sized cities", Projeto Smart Cities, Relatório Final, 2007, <http://www.smart-cities.edu>.
- SCHMIDT, T., TOWNSEND, A., "Why Wi-Fi Wants to be Free", *Communications of the ACM*, 46(5), p. 47-52, Maio de 2003.
- HEER, T. et. al, "Collaborative municipal Wi-Fi networks - challenges and opportunities", 8th IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2010.
- BAR, F., PARK, N., "Municipal Wi-Fi Networks: The Goals, Practices, and Policy Implications of the U.S. Case", *Communications & Strategies*, no. 61, p. 107, 1st quarter 2006.
- HAMPTON, K et. al. "The Social Life of Wireless Urban Spaces: Internet Use, Social Networks, and the Public Realm", *Journal of Communication*, 60(4), p. 701-722, Dezembro de 2010.
- 3GPP, "Services and service capabilities (Release 12)", 3GPPTS 22.105 - V12.0.0, Outubro de 2014, <http://www.3gpp.org/DynaReport/22105.htm>.
- EVENEPOEL, S., et. al, "Municipal Wi-Fi value network configurations: impact of motivations, pricing and topology", 11th Conference of Telecommunication, Media and Internet Techno-Economics, 2012.
- HEER, T., et. Al, "Collaborative Municipal Wi-Fi Networks - Challenges and Opportunities", IEEE 8th International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), April 2010.

WEISS, M. B. H, Huang, KC, “To Be or Not to Be: A Comparative Study of City-wide Municipal WiFi in the US”, Telecommunications Policy Research Conference, 2007.

TANENBAUM, A. S., “Computer Networks”, Prentice Hall, 5th edition, 2010.