

Análise da qualidade do sinal de Internet de banda larga móvel de empresas de telecomunicações: estudo de caso na região Central de Porto Alegre

Analysis of mobile broadband Internet signal quality of telecommunications companies: case study in Porto Alegre's central region

Maurício de Azambuja Barão¹

Filipe de Medeiros Albano²

Noara Foiatto³

Morgana Pizzolato⁴

Hélio Radke Bittencourt⁵

Resumo

Com o avanço da Internet móvel torna-se necessário uma avaliação da qualidade técnica dos serviços prestados pelas operadoras de telefonia celular visando verificar se os requisitos regulamentares são efetivamente cumpridos. Este trabalho apresenta uma proposta para avaliar a qualidade técnica do sinal da Internet 3G na região central de Porto Alegre utilizando dois parâmetros como referência: nível de sinal e taxa de *download*. O objetivo da pesquisa foi verificar se existe diferença entre as operadoras e bairros avaliados, bem como se o serviço contratado atende ao mínimo estipulado na legislação. Utilizou-se um sistema de medição para a coleta dos dois parâmetros selecionados, avaliando também quatro operadoras de telefonia celular em cinco bairros distintos. Com a aplicação dos testes de *Kruskal-Wallis* e ANOVA verificou-se que não existem diferenças significativas entre as operadoras e os bairros analisados, de acordo com o mapeamento geográfico proposto. Todas as operadoras atenderam o valor mínimo estipulado pela legislação, entretanto nenhuma delas chegou ao nível de sinal e taxa de download nominal que faz parte do plano contratado.

Palavras-chave: Banda larga móvel. Avaliação da conformidade. Metrologia.

Abstract

The advancement of mobile Internet turns to be necessary to evaluate the technical quality of services provided by mobile operators in order to identify whether regulatory requirements are effectively met. This paper presents a proposal to assess the technical quality of 3G Internet signal in Porto Alegre city using two parameters as reference: signal level and download rate. We used a measuring system for the measurements of the two selected parameters, evaluating also four mobile operators in five distinct neighborhoods. By applying the *Kruskal-Wallis* test and ANOVA it was found that there are no significant differences between operators and analyzed quarters, according to the proposed geographic mapping. All operators met the minimum amount stipulated by the law, though none of them reached the signal level and nominal download rate which is part of the contracted plan.

Keywords: Mobile Internet. Conformity assessment. Metrology.

1 Pontifícia Universidade Católica do RS
mauriciobarao@hotmail.com

2 Pontifícia Universidade Católica do RS
filipe.albano@pucri.br

3 Pontifícia Universidade Católica do RS
noara@pucri.br

4 Universidade Federal de Santa Maria
morganapizzolato@ufsm.br

5 Pontifícia Universidade Católica do RS
heliorb@pucri.br

1 Introdução

A Internet chegou ao Brasil no ano de 1988 para fins acadêmicos quando a Secretaria Estadual de Ciência e Tecnologia de São Paulo realizou a primeira conexão à rede através de uma parceria com o Fermilab, um centro de pesquisa científica dos Estados Unidos. Em 1992 o governo federal criou a Rede Nacional de Pesquisa (RNP) que, alguns anos mais tarde por meio de uma parceria com a empresa de telecomunicações Embratel, expandiu o uso da Internet. Assim, a Embratel passou a comercializar os serviços de Internet para todo o país (Vieira, 2003).

Em 1998 ocorreu a privatização do setor e assim o crescimento acelerado das redes de telecomunicações no Brasil. A necessidade de mobilidade na área da Internet foi uma consequência e em 2007 através do 3G a banda larga móvel se popularizou utilizando a infraestrutura da telefonia celular e assim veio crescendo exponencialmente chegando aos *Smartphones* dos dias de hoje (Dias & Cornils, 2008).

Devido à expansão da banda larga móvel no Brasil e no mundo, cada vez mais os usuários desse tipo de Internet procuram qualidade, velocidade e praticidade. Com o aumento da demanda e com o aumento da concorrência entre as operadoras, o número de clientes insatisfeitos também aumenta expondo a deficiência na qualidade técnica dos serviços prestados (Dias & Cornils, 2008).

De acordo com Fitzsimmons e Fitzsimmons (2000), a qualidade de serviços deve levar em consideração as seguintes dimensões: confiabilidade, responsividade, segurança, empatia e tangibilidade. Para estes autores, os clientes utilizam estas cinco dimensões para avaliar a qualidade dos serviços comparando o serviço esperado e o serviço percebido. A diferença entre o serviço esperado e o percebido pode ser considerada uma medida da qualidade, positiva ou negativa (Fitzsimmons

& Fitzsimmons, 2000). O verdadeiro critério de qualidade é a preferência do cliente pelos produtos e serviços que a empresa oferece. Assim a avaliação do cliente é fundamental para a continuidade dos serviços, pois se o cliente está satisfeito, a empresa ganha destaque perante os concorrentes (Campos, 1999).

O tema qualidade técnica em serviços na área de Internet móvel e telefonia também é destacado como relevante em pesquisas que abordam os seguintes aspectos: (i) análise do atendimento técnico ao cliente, estrutura de preços e sistema de cobrança, sendo estas dimensões da qualidade do serviço que têm a influência fidelidade do cliente em empresas sediadas na Grécia (Santouridis & Trivellas, 2010); (ii) percepção de que a rápida proliferação da Internet deu origem a uma variedade de outros serviços podem ser agrupados em conjunto com a telefonia da Internet. Assim, vários desafios e soluções técnicas emergentes devem suportar as inovações da área de telefonia e Internet, sendo a qualidade do sinal fundamental (Hassan, Nayandoro, & Atiquzzaman, 2000). (iii) pesquisas na Índia indicam que serviços diferenciados através do uso de Internet móvel têm impacto substancial sobre o tempo de resposta, tempo de espera e atrasos nos serviços. Estes seriam os principais parâmetros para medir a Qualidade de diferentes serviços da Internet (Nedeem, Saleem, & Habib 2017).

Dentro deste contexto, verifica-se a seguinte questão de pesquisa, que embasam as hipóteses a serem exploradas dentro do tema deste trabalho: existe diferença entre a qualidade técnica do serviço oferecido por diferentes operadoras de telefonia móvel e Internet na região central de Porto Alegre?

Esta pesquisa tem como objetivo geral a análise metrológica da qualidade técnica dos serviços de banda larga móvel prestados por quatro operadoras em cinco bairros da região central da cidade de Porto Alegre, sendo eles: Centro, Cidade Baixa, Floresta, Menino Deus e Moinhos de Vento.

Como objetivos específicos deste trabalho têm-se: (i) quantificar a velocidade de download e a qualidade do sinal nos cinco bairros anteriormente citados de Porto Alegre; (ii) comparar os resultados obtidos e identificar qual a melhor operadora de acordo com os critérios estabelecidos legalmente para nível de sinal e taxa de download.

O presente trabalho não considera as informações prestadas pelas operadoras, em relação ao seu atendimento, e limitou o estudo a cinco bairros de Porto Alegre, pois analisar mais bairros implicaria em um custo financeiro mais elevado e demandaria um tempo maior para obtenção dos dados. A pesquisa não avaliou o grau de satisfação dos usuários, além disso, não realizou análise do custo-benefício dos serviços prestados para saber qual operadora presta o serviço com mais economia para o cliente, o que seria interessante em outro estudo sobre o tema. O foco do trabalho está na tecnologia 3G. Ainda, a contribuição do artigo possui um caráter mais relacionado com o serviço técnico oferecido e a conformidade do mesmo com o que foi contratado com o cliente e com a legislação vigente.

A estrutura deste artigo está dividida em cinco seções. A primeira seção apresentou o tema, a justificativa, os objetivos do trabalho e as delimitações. Na segunda seção será abordado o referencial teórico do trabalho, descrevendo a banda larga móvel, a qualidade de serviços e a teoria do método estatístico utilizado para a obtenção do resultado final. Na terceira seção será apresentado o método. Na quarta seção será feita a aplicação prática deste trabalho, para, por fim, na quinta seção apresentar as considerações finais do trabalho.

2 Referencial teórico

O referencial teórico foi dividido em três subseções. A primeira subseção apresenta uma

visão geral sobre a banda larga móvel e a segunda subseção apresenta uma abordagem sobre qualidade de serviços. A terceira subseção apresenta o conceito teórico de metrologia no contexto técnico de comunicações e descreve a avaliação de conformidade.

2.1 Qualidade do serviço de banda larga móvel

A tecnologia de banda larga móvel, também chamada de tecnologia de rede de longa distância sem fio, termo em inglês *Wireless Wide Area Network* (WWAN), fornece acesso de alta velocidade e sem fio à Internet por meio de dispositivos eletrônicos portáteis. Com a banda larga móvel, é possível se conectar à Internet em qualquer lugar onde haja serviço de celular disponível (Microsoft, 2013). A Figura 1 apresenta a evolução na tecnologia da banda larga móvel.

Atualmente, na maioria das redes, existem quatro tipos de tecnologia: 2G, 3G e 4G. A tecnologia mais comercializada é o 3G que é a terceira geração de padrões e tecnologia móvel e permite às operadoras oferecerem a seus usuários serviços compatíveis com as demandas atuais para consumo de dados, já que possuem uma capacidade de rede maior por causa de uma melhora na eficiência espectral. Normalmente, no Brasil são fornecidos serviços com taxas de 1 a 5 megabits por segundo (Anatel, 2013).

O CDMA (*Code Division Multiple Access*) é uma tecnologia de origem militar e serve para comunicações de voz e de dados e foi a base para o desenvolvimento da tecnologia móvel de terceira geração (3G). A tecnologia 3G da telefonia celular, nome dado às novas redes de banda larga móvel das operadoras tem por objetivo oferecer acesso móvel à Internet com alta velocidade (Piovezane, 2013).

A terceira geração da tecnologia móvel (3G) é a mais frequente no Brasil. Em 1999, a

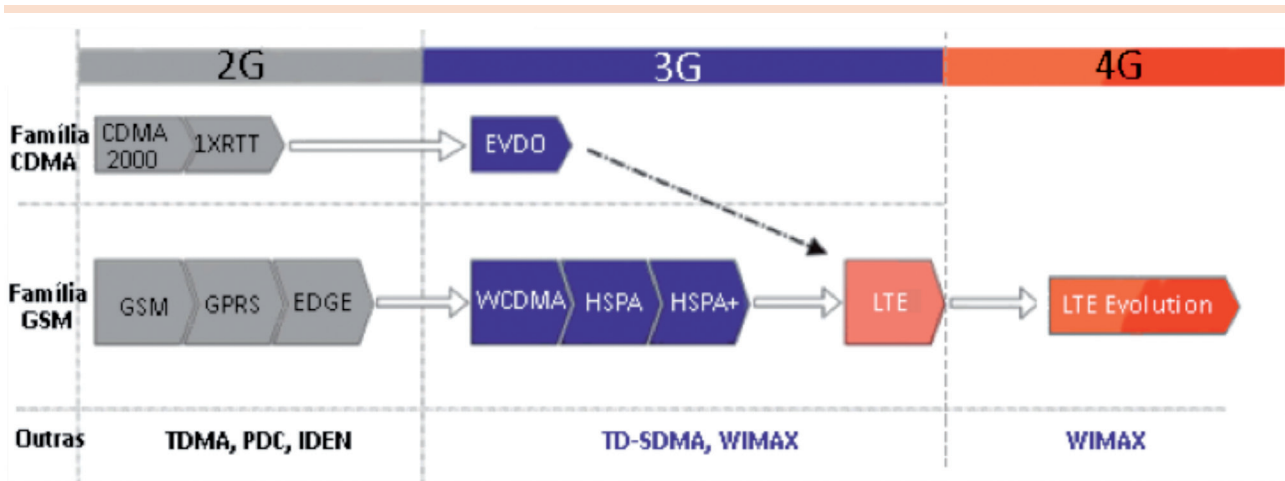


Figura 1: Evolução tecnológica da telefonia celular
Fonte: Teleco (2013).

União Internacional de Comunicações (UIT) criou o IMT-2000, um padrão global para o 3G com o objetivo de facilitar o crescimento, o aumento da banda e suporte a aplicações diversas (Teleco, 2013).

A tecnologia 3G possui duas modalidades de comunicação conhecidas como TDD (*Time Divisor Duplex*) e FDD (*Frequency Divisor Duplex*). A TDD é um método semelhante ao funcionamento do TDMA (*Time Division Multiple Acces*), onde as transmissões do *uplink* e do *downlink* são carregados na mesma faixa de frequência, usando intervalos sincronizados dos períodos. Assim os intervalos do tempo são divididos tanto na transmissão quanto na recepção. A FDD é um método semelhante ao funcionamento do AMPS (*Advanced Mobile Phone System*), onde as transmissões do *uplink* e *downlink* empregam duas faixas distintas e especificadas que são atribuídas para uma conexão (Teleco, 2013).

A LTE (*Advanced Long Term Evolution*) é uma evolução das redes 3G atuais que permitirá usar TV interativa, blogs de vídeos móveis, jogos avançados e serviços profissionais, além de outros recursos, oferecendo benefícios às ope-

radoras e aos consumidores. A tecnologia 4G vai se aproximar da Internet a cabo com relação às taxas de transmissão. A tecnologia LTE permite que taxas superiores a 200 Mbit/s sejam atingidas (Piovezane, 2013). A implantação efetiva de três gerações de sistemas celulares e a preparação para o surgimento de uma quarta geração levantam a questão de como se dará a convivência entre as tecnologias mais novas e as tecnologias mais antigas (Piovezane, 2013).

Outro aspecto importante na evolução da tecnologia 3G é a transição do CDMA para o OFDMA (*Orthogonal Frequency-Division Multiple Access*), com a implantação do LTE. O OFDMA possui melhor desempenho para bandas acima de 5 MHz. A Figura 2 apresenta as frequências de trabalho da tecnologia 3G no Brasil.

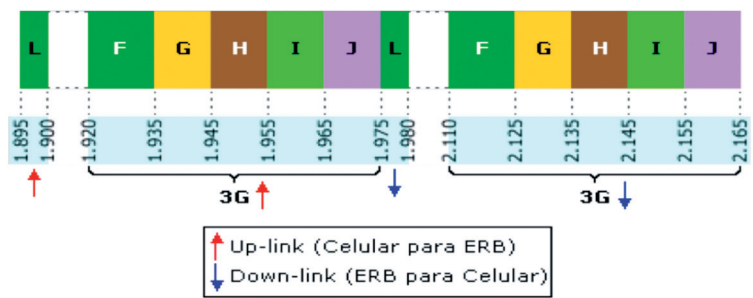


Figura 2: Faixa de frequências (MHz) 3G no Brasil
Fonte: Teleco (2013)

2000). As medidas da qualidade são importantes devido aos processos de globalização, da abertura de mercados e conseqüentemente da competição entre as empresas. Um cliente que possui suas expectativas atendidas é um cliente satisfeito, porém não é um cliente gerador de marketing. Já um cliente que tem suas expectativas excedidas é um cliente muito satisfeito e se tornará um cliente fiel e gerador de marketing (Corrêa, 2002).

Os indicadores de qualidade e as medidas da gestão da qualidade possibilitam o constante aprimoramento das prestadoras de serviços que, a todo o momento, tem que melhorar seus processos na tentativa de atender as necessidades e a satisfação dos seus clientes (Fitzsimmons & Fitzsimmons, 2000).

Neste contexto encontram-se os serviços de telecomunicações nas suas diversas áreas como telefonia fixa, telefonia móvel e dados e para avaliar a qualidade desses serviços prestados é necessário encontrar indicadores que sejam cada vez mais operacionais e úteis aos gestores mostrando como o cliente enxerga os serviços prestados pela empresa. Existem duas percepções de medidas, a primeira avalia as medidas quantitativas dos serviços técnicos de manutenção que afetam a percepção do cliente. A segunda avalia a taxa de abandono do cliente que reflete a insatisfação do mesmo, bem como a forma como suas expectativas sobre um determinado serviço não foram atendidas (Fernandes, 2007).

Com o aumento da concorrência entre as empresas o cliente torna-se mais exigente e crítico em relação aos serviços oferecidos e com isso os padrões de qualidade desses serviços aumentam. De acordo com Fernandes (2007), um modelo de gerenciamento na excelência em serviços pode ser composto por três elementos, no qual o cliente é considerado como chave para o sucesso empresarial, sendo eles: Foco do serviço - consiste nas ações e procedimentos que devem ser cria-

dos e planejados para atender as necessidades dos clientes; Funcionários - devem ser treinados pela empresa de acordo com serviço prestado; Suporte técnico - consiste em sistemas, técnicas e procedimentos que auxiliam a prestação do serviço.

Vale a ressalva de que empresas que possuem produtos como seu enfoque principal também devem dar valor aos seus serviços. De acordo com Pereira (2013), a estratégia chamada “servitização”, que significa aumentar a oferta de pacotes combinados de produtos e serviços com foco nos consumidores, está cada vez mais presente nas empresas, sendo que o serviço ganha um aspecto relevante mesmo em empresas de manufatura. Existem aspectos positivos, sob o ponto de vista dos clientes, como novas formas de pagamento, serviços de manutenção associados, produtos com serviços customizados, o que vem mudando as dinâmicas das empresas.

Para Beltagui, Pawar, e Riedel (2010), antigamente era suficiente a empresa ser especialistas em um determinado produto ou serviço, pensados e categorizados de forma separada, onde o produto era responsável pela transmissão de valor e o serviço era um custo necessário. Em um contexto mais atual, os serviços vinculados com o produto acabam fazendo parte da diferenciação da oferta. Os autores Auguet, Paslauski, e Frank (2015) desenvolveram estudos recentes com o objetivo analisar o impacto da estratégia de “servitização” no processo de desenvolvimento de produto. Os resultados da pesquisa indicaram a importância da integração dos conhecimentos da área de serviços nas fases iniciais do desenvolvimento de novos produtos, de maneira a viabilizar o desenvolvimento de uma solução consistente e integrada de produtos-serviços. Ainda, dentre as proposições realizadas do estudo de caso destes pesquisadores, destaca-se que o aumento do valor percebido pode ser consequência da qualidade ofertada no serviço (i); a ampliação do valor percebido pode se dar

mediante a aplicação de conhecimento técnico na forma de serviços complementares (ii).

Outras aplicações na área de qualidade de serviços também foram desenvolvidas outros autores, tais como Jayawardhena (2010), que estudou a dinâmica B2B examinando impacto da qualidade do serviço oferecido na satisfação, valor e lealdade dos empregados da empresa; Su *et al.* (2016), que pesquisaram a satisfação com a qualidade dos serviços prestados por hotéis, onde percebeu-se que a satisfação geral do cliente possui relação direta com a qualidade do serviço percebida, intenções de recompra e bem-estar subjetivo; e Senante, Maziotisd e Garrido (2016), que pesquisaram a qualidade de serviços de abastecimento de água e quais as ações preventivas são relevantes para evitar interrupções não planejadas no serviço realizado.

2.3 Metrologia e avaliação da conformidade

A Metrologia é a ciência que abrange todos os aspectos práticos e teóricos de medições, qualquer que seja a incerteza em qualquer campo da ciência ou tecnologia. A Metrologia Científica e Industrial é uma ferramenta fundamental para o desenvolvimento da inovação tecnológica criando um ambiente de competitividade e favorável ao crescimento científico e industrial em todos os países (Inmetro, 2007).

A metrologia tem como foco principal prover confiabilidade, credibilidade, universalidade e qualidade às medidas. Como em quase todos os processos de tomada de decisões as medições estão presentes, direta ou indiretamente, a metrologia abrange diversas áreas como a indústria, o comércio, a saúde e o meio ambiente. Estima-se que os países industrializados destinem cerca de 4 a 6% do PIB nacional aos processos de medição (Inmetro, 2007).

Segundo a ABNT NBR ISO/IEC 17000, a Avaliação da Conformidade é um exame sistemático do grau de atendimento por parte de um produto, processo ou serviço a requisitos especificados. Na visão da Organização Mundial do Comércio – OMC, a Avaliação da Conformidade é qualquer atividade com objetivo de determinar, direta ou indiretamente, o atendimento a requisitos aplicáveis (Inmetro, 2007).

A Avaliação da Conformidade possui dois objetivos: estabelecer ao consumidor uma relação de confiança de que o produto, processo ou serviço está em conformidade com requisitos especificados e mostrar para as empresas as características técnicas que seu produto deve atender para se adequar as normas ou regulamentos definidos. A Avaliação da conformidade é um poderoso instrumento para o desenvolvimento industrial, para o incremento das importações e exportações e para proteção e defesa do consumidor e, ainda com um desenvolvimento sustentável, através da minimização dos impactos ambientais na fabricação, uso e descarte de produtos (Rede Metrológica RS, 2005).

O processo de avaliação da conformidade envolve, entre outras ações: seleção da norma ou regulamento; coleta de amostras; realização de ensaios; realização de inspeções; realização de auditorias no sistema da qualidade do fornecedor e avaliação e acompanhamento do produto no mercado e no processo produtivo. Os mecanismos de avaliação da conformidade usados no Brasil são: certificação, declaração do fornecedor, inspeção, etiquetagem e ensaio (Rede Metrológica RS, 2005).

A certificação fornece uma comprovação da avaliação da conformidade de um produto, serviço ou processo. A declaração do fornecedor é um processo em que um fornecedor dá garantia escrita de que um produto, processo ou serviço está em conformidade. A inspeção avalia os serviços

após a sua execução. Na etiquetagem é informada ao consumidor uma característica do produto, especialmente relacionada ao seu desempenho. O ensaio é a determinação das características de uma amostra de produtos, serviços ou processos. (Inmetro, 2007).

O Programa Brasileiro de Avaliação da Conformidade tem como objetivo, com sua implantação, contribuir para o desenvolvimento econômico e melhorar a qualidade de vida da população através da produção e comercialização de bens e serviços que atendam às necessidades dos clientes em um ambiente de justa competição (Pereira, 2011).

O INMETRO entende que o consumidor crítico, consciente de seus direitos e responsabilidades dispondo de informações confiáveis que lhe permitam tomar adequadas decisões de compra, uso e descarte de produtos, atua como indutor do processo de melhoria da qualidade de produtos e serviços, tornando a empresa brasileira mais competitiva tanto no mercado interno, quanto no mercado externo (Pereira, 2011).

A orientação e o incentivo à qualidade se dá por meio de programas formais ligados a Avaliação da Conformidade, tais como: Portal do Consumidor, Implantação de Programas de Avaliação da Conformidade, o Programa de Análise de Produtos, a Formação de Multiplicadores em Educação para o Consumo Sustentável, a Produção de Material Informativo e a Capacitação de Recursos Humanos com foco no meio acadêmico e nas micro e pequenas empresas (Pereira, 2011).

O grande desafio da Avaliação da Conformidade é atuar como regulador de mercados. A implantação de Programas de Avaliação da Conformidade, obedecendo a práticas internacionais, propicia o reconhecimento entre programas de diferentes países, permitindo um fluxo natural de produtos, sem o precisar da repetição

dos ensaios e avaliações nos países compradores (Loureiro & Pinheiro, 2004).

A Avaliação da Conformidade induz à busca contínua da melhoria da qualidade para as empresas. Aquelas que entram neste movimento asseguram a qualidade dos seus produtos, processos ou serviços, beneficiando-se com a melhoria da produtividade e o aumento da competitividade, tornando a concorrência mais justa (Inmetro, 2007).

3 Método

O presente trabalho possui uma pesquisa classificada como aplicada, pois se trata de uma aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos. De acordo com a abordagem, essa pesquisa é quantitativa, pois se utiliza de números para a interpretação dos resultados obtidos (Boaventura, 2004). Este trabalho é considerado um estudo de caso, pois analisa de forma profunda e detalhada o objeto de estudo (Severino, 2007). Também é considerada uma pesquisa exploratória, pois consiste em uma maior familiaridade com o problema envolvendo levantamento bibliográfico, análise de exemplos que estimulam a compreensão do problema e experiências práticas com o tema pesquisado (Gil, 2002).

O método de trabalho dividiu-se em três etapas: validação e calibração do equipamento usado no experimento; coleta de dados; análise de resultados. A primeira etapa consistiu na validação e calibração do equipamento usado para a coleta de dados. Esse equipamento foi calibrado em um Laboratório acreditado pela Coordenadoria Geral de Acreditação (CGCRE) do INMETRO. A validação do equipamento consistiu em uma análise crítica de sua incerteza e erro de medição, após a calibração.

O equipamento notebook com *software ASCOM TEMS Pocket Investigation*, usado para a

coleta de dados, foi calibrado no LABELO. Este laboratório está situado na Faculdade de Engenharia da PUCRS e foi escolhido por ser um laboratório acreditado pela CGCRE e por ter uma experiência relevante no assunto, pois atua há mais de 45 anos na metrologia científica e industrial e há 20 anos é acreditado por organismos nacionais e internacionais e é referência no Brasil na área eletroeletrônica. O erro e a incerteza de medição do equipamento calibrado foram inferiores a 5%, sendo o mesmo considerado adequado para o uso pretendido.

Na segunda etapa, foram coletados os dados por meio do equipamento já validado e calibrado. Essa coleta visou à obtenção das seguintes medidas: nível de sinal e velocidade de *download* de quatro operadoras de telefonia celular denominadas por A, B, C e D em quatro pontos com diferentes coordenadas geográficas, para os bairros Centro, Cidade Baixa, Floresta, Menino Deus e Moinhos de Vento, na região central de Porto Alegre.

Na terceira etapa, procedeu-se a análise estatística visando identificar se existe diferença entre as operadoras e os bairros pesquisados. As técnicas de análise estatística empregadas levam em consideração as variáveis envolvidas: o nível de sinal e a taxa de *download*. Essas duas variáveis, embora correlacionadas, apresentam características distintas.

O nível de sinal, expresso em dBm (decibel *miliwatt*), representa um valor de potência que é emitido ou recebido por um equipamento, sendo esta medida utilizada principalmente em telecomunicações para expressar a potência absoluta mediante uma relação logarítmica. Define-se como o nível de potência em dBm a relação entre a potência em *miliwatts* e o valor de referência 1mW, sendo expressa através da Equação 1.

$$P_{dBm} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{mW}}{1_{mW}} \right) \quad (1)$$

Onde:

P_{mW} é a potência em *miliwatts*

P_{dBm} é a potência em dBm

Como os valores medidos em dBm são negativos, quanto mais próximo de zero, maior é a intensidade de sinal na região. Conforme a Portaria nº452 da Anatel o limiar de recepção é -102dBm (ANATEL, 2016).

A taxa de *download* é medida diretamente em Mb, seguindo uma relação linear. Para mais informações sobre o equipamento de medição dirigir-se a seção 4.

A taxa de *download* é uma variável passível da operação média, de forma que, para realização das comparações entre bairros e operadoras, optou-se pela técnica de Análise de Variância (ANOVA) com dois fatores fixos (Lenine, Berenson, & Stephan, 2008; Maroco, 2003). Já para a variável nível de sinal (dBm), foi utilizada a prova não-paramétrica de *Kruskal-Wallis*, uma técnica baseada em postos (*ranks*). O fato de a operação logaritmo ser uma função monótona preserva a relação de ordem da variável, viabilizando o uso desta técnica baseada em postos.

Para comparação da velocidade entre os bairros e considerando a amostra de n=16 por operadora, a ANOVA apresenta poder superior a 99,9% a partir de 0,5Mbs. Portanto o teste apresentou excelente poder. Para comparação da velocidade entre as operadoras e considerando a amostra de n=20 por operadora, a ANOVA também apresenta poder superior a 99,9% a partir de 0,5Mbs. Portanto o teste também apresentou poder adequado.

No caso do teste de *Kruskal-Wallis* realizado dentro de cada bairro para comparação entre as operadoras o poder do teste é inferior, da ordem de 70% para diferenças de 25dbm. Contudo, se desconsiderarmos os bairros para comparação

das operadoras, o poder estimado para o teste de *Kruskal-Wallis* aumenta para 98% para detecção de diferenças a partir de 15dbm. Já se desconsiderarmos as operadoras para comparação entre bairros o poder cai para 92% para uma diferença de 10dbm. Os resultados não surpreendem visto que o teste de K-W deve apresentar poder menor do que a ANOVA pelo fato de trabalhar com postos. Neste caso como os resultados de Velocidade (ANOVA) e de Nível de sinal (K-W) não foram antagônicos, consideramos que a amostra coletada foi suficiente para sustentar os resultados apresentados no presente estudo. O *software* utilizado para análise estatística foi o SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*), versão 17.0.

4 Resultados

4.1 Coleta de dados

As medidas de taxa de *download* e nível de sinal de quatro operadoras de telefonia celular denominadas por A, B, C e D foram consideradas na pesquisa proposta. Essas medidas foram coletadas com base em um pacote de Internet 3G com velocidade de 1Mbs (Mega bits por segundo) e franquia de *download* superior a 1GB/mês (*Giga bytes* por mês), para os cinco bairros da região Central de Porto Alegre.

Em cada bairro as medidas de nível de sinal e taxa de *download* foram obtidas em quatro pontos diferentes como demonstra a Figura 3. A coleta ocorreu em dois dias úteis durante o mês de junho de 2014 no período entre 14:00h e 17:00h. Optou-se por coletar os dados neste período, pois teoricamente a demanda de uso da Internet é mais elevada em horário comercial.



Figura 3: Mapa da região central de Porto Alegre-RS e identificação dos locais de coleta

Fonte: Google Maps (2017).

Cada bairro foi subdividido em quatro quadrantes com o centro no ponto central do bairro, como indicado na Figura 5. Com a coleta nos quadrantes 0°, 90°, 180°, e 270° foi possível ter uma melhor distribuição dos dados obtidos garantindo assim que os serviços de cada operadora fossem analisados em toda a área do bairro. Com quatro medições por operadora e por bairro, o total de medições resultou em $5 \times 4 \times 4 = 80$.

4.2 Análise de dados

A análise estatística foi realizada separadamente para as duas variáveis consideradas: nível de sinal (dBm) e velocidade de *download* (Mbs). As duas variáveis apresentam uma correlação apenas moderada e direta ($r < 0,6$), o que indicou a necessidade de analisar ambas.

A Tabela 1 apresenta a Mediana (MD) e a amplitude interquartilica (IQR) para os níveis de sinal das quatro operadoras nos diferentes bairros. Dentro de cada bairro foi realizado o teste de *Kruskal-Wallis*.

Tabela 1 - Valores medianos (Md) e amplitude interquartílica (IQR) do nível de sinal (dBm) por bairro e operadora e teste de Kruskal-Wallis

Bairro	Operadora	Nível de sinal (dBm)		Teste Kruskal-Wallis
		Mediana	IQR	Valor de p
Centro	A	-64,0	24,0	0,973
	B	-66,0	3,0	
	C	-69,0	6,0	
	D	-65,0	7,0	
Cidade Baixa	A	-84,0	13,0	0,080
	B	-68,0	6,0	
	C	-71,0	10,0	
	D	-79,0	12,0	
Floresta	A	-92,0	19,0	0,213
	B	-70,0	13,0	
	C	-72,0	14,0	
	D	-77,0	9,0	
Menino Deus	A	-76,0	10,0	0,089
	B	-82,5	15,5	
	C	-75,0	14,0	
	D	-60,0	9,0	
Moinhos	A	-74,0	19,0	0,818
	B	-70,0	16,0	
	C	-68,5	5,5	
	D	-80,0	21,0	

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

O teste revela que não há diferença estatisticamente significativa entre as operadoras dentro dos cinco bairros investigados. Realizando a comparação entre os bairros, desconsiderando a operadora, o resultado não apontou diferenças entre eles ($p=0,129$). Da mesma forma, se as operadoras forem comparadas sem o efeito dos bairros também não foram encontradas diferenças significativas ($p=0,128$).

Conforme a Portaria nº452 da Anatel o limiar de recepção é -102dBm. Portanto, os valores medianos de todas as operadoras, em todos os bairros, respeitam a especificação. Com relação à taxa de download, a Tabela 2 apresenta os valores médios e os desvios-padrão das operadoras dentro dos bairros.

Tabela 2: Valores médios e desvios-padrão da taxa de download (Mbs) por bairro e operadora considerando planos contratados de 1Mbs (alpha 0,05)

Bairro	Operadora	Taxa de download (Mbs)	
		Média	Desvio-padrão
Centro	A	0,85	0,19
	B	0,85	0,13
	C	0,88	0,15
	D	0,93	0,10
Cidade Baixa	A	0,80	0,22
	B	0,78	0,17
	C	0,58	0,38
	D	0,83	0,21
Floresta	A	0,53	0,34
	B	0,85	0,19
	C	0,93	0,15
	D	0,90	0,14
Menino Deus	A	0,88	0,15
	B	0,65	0,31
	C	0,77	0,39
	D	0,95	0,10
Moinhos	A	0,85	0,24
	B	0,83	0,21
	C	0,90	0,14
	D	0,68	0,39

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

A Tabela 3 apresenta o resultado da ANOVA de dois fatores para a comparação das taxas de download por bairro e operadora.

Apesar de existir valores médios diferentes entre as operadoras nos bairros analisados, não se pode concluir que houve diferença significativa entre as operadoras de telefonia celular a ponto de afirmar qual operadora oferece o melhor serviço prestado ($p>0,05$). Os resultados obtidos mostram que não há como definir qual a operadora de telefonia celular presta o melhor serviço, pois, apesar de existirem diferenças entre as operadoras tanto no nível de sinal como na taxa de *download*, essas diferenças não são estatisticamente significativas ($p>0,05$).

Tabela 3: Tabela de ANOVA para a taxa de download (Mbs) com dois fatores fixos: bairro e operadora (alpha 0,05)

Fonte de variação	Soma de Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Valor de p
Operadora	0,066	3	0,022	0,404	0,750
Bairro	0,140	4	0,035	0,637	0,638
Operadora * Bairro	0,835	12	0,070	1,273	0,258
Error	3,283	60	0,055		
Total	56,650	80			
Corrected Total	4,324	79			

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

Em relação à conformidade dos serviços prestados, destaca-se que as operadoras avaliadas atingem um valor médio de nível de sinal dentro da legislação vigente definida pela Anatel (Portaria nº 452) e de taxa de download de 80% do serviço contratado pelo cliente, o que é legalmente aceito, apesar de não ser o valor nominal contratado do serviço.

Sugere-se, como melhorias na qualidade dos serviços oferecidos pelas operadoras, aumentar os pontos de distribuição do sinal de banda larga móvel garantindo assim o uso de 100% do pacote contratado pelo usuário e aumentar a capacidade de tráfego nas redes para atender a crescente demanda por serviços multimídias, como fotos e vídeos, investindo em mais tecnologia.

Em relação aos conceitos relacionados com gestão da qualidade na área de serviços, segundo Kotler e Armstrong (2003), a qualidade percebida está relacionada com o nível de satisfação do cliente, sendo relacionada com o desempenho percebido e as expectativas. Além disso, uma das dimensões da qualidade do serviço é a parte técnica, estando relacionada com o escopo da pesquisa deste trabalho. Por vezes, a expectativa do cliente de empresas de telefonia está associada à taxa de *download* contratada e não ao mínimo aceito na legislação vigente. Sendo assim, este é um fator de destaque para ser explorado em pesquisas futuras que cruzem estas informações com a percepção dos clientes pelos serviços prestados.

5 Considerações finais

A Internet é uma ferramenta de trabalho e de comunicação indispensável nos dias atuais. A conformidade dos serviços com o que consta na legislação é relevante para o adequado andamento entre as elações contratuais dos usuários com as operadoras deste

tipo de serviço.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade técnica da Internet 3G na região central de Porto Alegre, onde foram coletados os níveis de sinal e a taxa de *download* de quatro operadoras de telefonia celular em cinco bairros e em quatro pontos geográficos diferentes em cada bairro. Com a aplicação dos testes estatísticos pode-se concluir que não existem diferenças significativas entre as operadoras pesquisadas (considerando bairros onde foi realizada a pesquisa). Com as médias obtidas para nível de sinal e de taxa de *download*, não se pode avaliar qual das operadoras oferece o melhor serviço prestado ao cliente. Verificou-se que os serviços oferecidos pelas operadoras nestes cinco bairros da região central atendem aos requisitos de nível de sinal determinado pela legislação vigente (Portaria nº 452 da Anatel) e de 80% na velocidade de taxa de download do pacote de 1Mbs de velocidade contratado pelo cliente. Considera-se que os objetivos do trabalho foram atingidos adequadamente.

Como sugestões para trabalhos futuros propõe-se a aplicação de uma pesquisa de satisfação do cliente, com base na lógica do modelo *Servqual*, em relação ao atendimento geral do seu pacote contratado onde ele mostre quais pontos fortes do serviço prestado pela operadora e quais os pontos fracos desse serviço podem ser melhorados. Ainda, propõe-se a aplicação deste método

para tecnologia de sinal 4G, verificando se existe diferença significativa entre os fatores estudados.

Referências

- Anatel (2013). *Diretrizes da banda larga móvel no Brasil*. Recuperado em 4 de junho, 2016, de <http://www.anatel.com.br>
- Anatel (2016). *Portaria nº 452 - Procedimento de fiscalização para verificação do cumprimento dos compromissos de abrangência e da área de cobertura do serviço móvel pessoal*. Recuperado em 28 de junho, 2016, de <http://www.anatel.gov.br/legislacao/procedimentos-de-fiscalizacao/769-portaria-452>
- Auguet, A.; Paslauski, C. Ayala, N. & Frank, A. (2015). *Fatores de incentivo à servitização: integração do serviço ao cliente no processo de desenvolvimento de produtos*. Anais 10º Congresso Brasileiro de Gestão da Inovação e Desenvolvimento de Produtos Itajubá. Minas Gerais: CBGIDP.
- Beltagui, A.; Pawar, K. S. & Riedel, J. C. K. H. (2010). *Design in a product-service organization*. 17th International Annual EurOMA Conference: managing operations in service economies. Portugal: EurOMA.
- Boaventura, E. M. (2004). *Metodologia científica*. São Paulo: Editora Atlas.
- Campos, V. F. (1999). *TQC - Controle da qualidade Total*. Belo Horizonte: DG.
- Corrêa, H. L. (2002). *The Links between Uncertainty, Variability of Outputs and Flexibility in Manufacturing Systems*. University of Warwick, Warwick.
- Dias, L.R. & Cornils, P. (2008). *Telecomunicações no desenvolvimento do Brasil*. São Paulo: Momento Editorial.
- Fernandes, A. P. (2007). *Análise dos indicadores de qualidade versus taxa de abandono utilizando método de regressão múltipla para serviços de banda larga*. Dissertação (mestrado) – Engenharia de Produção da Faculdade Federal do Rio Grande do Norte, RN.
- Fitzsimmons, J. A., & Fitzsimmons, M. J. (2000). *Administração de serviços: operações, estratégia e tecnologia de informação* (2a ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas.
- Hassan, M. Nayandoro, A., & Atiquzaman, M (2000). Internet telephony: services, technical challenges, and products. *IEEE Communications Magazine*, 38(4). DOI: <http://doi.org/10.1109/35.833564>
- Inmetro. (2007). *Avaliação da conformidade* (5a ed.) Diretoria da Qualidade. Recuperado em 20 de junho, 2016, de <http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/acpq.pdf>
- Jayawardhena, C. (2010). The impact of service encounter quality in service evaluation: Evidence from a business-to-business context. *Journal of Business & Industrial Marketing*. 25(5), pp. 338–348. DOI: <http://doi.org/10.1108/08858621011058106>.
- Kotler, P., & Armstrong, C. (2003). *Princípios de marketing*. (9a ed.). Rio de Janeiro: Pearson Prentice Hall.
- Levine, D. M.; Berenson, M.L. e Stephan, D. (2008). *Estatística: teoria e aplicações*. (5a ed.). Rio de Janeiro, RJ: LTC.
- Loureiro, I. M. A. L., & Pinheiro L. F. (2004). *Metodologia para o Programa Brasileiro de avaliação da conformidade: um caso prático de inteligência competitiva no INMETRO*. Monografia (especialização). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Pós Graduação em Engenharia. Rio de Janeiro.
- Maroco, J. (2003). *Análise estatística com utilização do SPSS*. (2a ed.) Lisboa: Edições Sílabo.
- Microsoft. (2013). *What is mobile broadband*. Recuperado em 03 de junho, 2016, de <http://windows.microsoft.com/pt-br/windows7/what-is-mobile-broadband>
- Nadeem, R. Saleem, R. Bashir. R. Habib, S (2017). Analysis of Impact of Differentiated Services (DiffServ) on the Quality of Services (QoS) Parameters of Major Services of Internet. *Indian Journal of Science and Technology*, 10(31). DOI: <http://doi.org/10.17485/ijst/2017/v10i31/116345>
- Pereira, V. (2013). *Sistema produto-serviço – PSS: Um estudo do relacionamento entre os fatores motivadores e a estruturação das empresas na integração produto serviço*. Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Engenharia.
- Pereira, L.C.O. (2011). *A Avaliação da Conformidade: Uma ferramenta de aumento da competitividade e seu impacto na cadeia produtiva de transformados plásticos*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Piovezane, L. (2013). *Simulação de serviços multimídias em redes de acesso de banda larga móvel*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas, Limeira.
- Rede Metrológica, RS (2005). *Avaliação da Conformidade Certificação de produtos - Guia prático/ FINEP*. 2º ed. Porto Alegre. Recuperado em 20 de junho, 2016, de <http://www.redemetrologica.com.br/2010>



Santouridis, I., & Trivellas, P. (2010) Investigating the impact of service quality and customer satisfaction on customer loyalty in mobile telephony in Greece. *The TQM Journal*, 22(3), p.330-343. Recuperado em 01 junho, 2016, de <https://doi.org/10.1108/17542731011035550>

Senante, M., Maziotisd, A., & Garrido, R. (2016). Estimating the cost of improving service quality in water supply: A shadow price approach for England and wales. *Science of The Total Environment*, 539(1), p. 470–477, Recuperado em 03 junho, 2016, de [doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.155](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.155)

Severino, J.A. (2007). *Metodologia do trabalho científico* (23a ed.). São Paulo: Cortez.

Su, L. Scott R., Swanson, S., & Chen, X. (2016). The effects of perceived service quality on repurchase intentions and subjective well-being of Chinese tourists: The mediating role of relationship quality. *Tourism Management*, 52(1), p. 82–95, Recuperado em 03 junho, 2016, de [doi: https://doi.org/10.1016/j.tourman.2015.06.012](https://doi.org/10.1016/j.tourman.2015.06.012)

Teleco. (2013). *Tecnologia 3G*. Recuperado em 04 junho, 2016, de http://www.teleco.com.br/3g_tecnologia.asp

Vieira, E. (2003). *Os bastidores da Internet no Brasil*. Barueri, SP: Manole.

Recebido em 6 mai. 2017 / aprovado em 5 mar. 2018

Para referenciar este texto

Barão, M. A., Albano, F. M., Foiatto, N., Pizzolato, M., & Bittencourt, H. R. Análise da qualidade do sinal de Internet de banda larga móvel de empresas de telecomunicações: estudo de caso na região Central de Porto Alegre. *Exacta*, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 121-134, 2018.