

## Chapter

# 1

## Qualidade de Experiência em Serviços Multimídia de Comunicações

Demóstenes Zegarra Rodríguez, Renata Lopes Rosa and Graça Bressan

### *Abstract*

*In recent years, the number of researches in Quality-of-Experience (QoE) is increasing because the high number of areas in which this concept can be applied. In multimedia services, the subscriber fidelity depends on the user's QoE level. Thus, service providers need to know the real users' QoE to improve their services offered. In this arena, the study of methods to assess QoE is very important. In this short course proposal is presented the different approaches that compose the QoE concept, from technology, context and human aspects, distinguishing it from others well known concepts, such as, Quality of Service (QoS) and User Experience (UX). In order to assess user's QoE, subjective tests need to be conducted, and based on their results, mathematical models are formulated to establish quality metrics. In this research, a case study is presented, and it shows how the QoE is assessed in real multimedia applications.*

### *Resumo*

*Nos últimos anos, o número de pesquisas em Qualidade de Experiência (QoE) está incrementando-se devido ao elevado número de áreas em que este conceito pode ser aplicado. Em serviços de multimídia, a fidelidade do assinante depende do nível de QoE do usuário. Assim, os prestadores de serviço precisam saber a real QoE dos usuários para melhorar os seus serviços oferecidos. Nesta arena, o estudo de métodos para avaliar a QoE é muito importante. Nesta proposta de minicurso é apresentado as diferentes abordagens que compõem o conceito de QoE: tecnologia, contexto e fatores humanos, distinguindo-a de outros conceitos bem conhecidos, tais como, Qualidade de Serviço (QoS) e Experiência de Usuário (UX). A fim de avaliar a QoE do usuário, testes subjetivos devem ser realizados, e com base nos seus resultados, modelos matemáticos são formulados para estabelecer as métricas de qualidade. Nesta pesquisa, um estudo de caso é apresentado, e ele mostra como a QoE é avaliado em aplicações multimídia.*

## 1.1. Introdução

O conceito de QoE é utilizado em diversas áreas do conhecimento. Assim, em engenharia, a QoE é um dos critérios para a avaliação de serviços e aplicações, já na ciência cognitiva a QoE reflete as experiências e fatos decorridos na vida de uma pessoa, portanto cada pessoa pode ter uma expectativa diferente em relação a um determinado serviço ou produto. Por tanto, para uma correta avaliação de QoE de um serviço devem ser considerados critérios de diferentes áreas, tendo-se um estudo multidisciplinar.

A importância da avaliação de QoE em serviços Multimídia radica em que nesses serviços, principalmente nos de comunicações, a fidelidade do usuário por um determinado serviço depende do nível de QoE. Neste contexto, os provedores de serviço necessitam conhecer a QoE de seus usuários para que a partir de essa informação possam melhorar os serviços oferecidos.

Nos últimos anos, o número de pesquisas sobre Qualidade de Experiência aumentaram, devido principalmente ao grande número de áreas nas quais o conceito de QoE é aplicável.

O uso do conceito de QoS, amplamente utilizado em redes IP para suporte de serviços multimídia está apresentando uma desaceleração nas citações dos trabalhos de pesquisa. Por outro lado, o número de citações do termo QoE está aumentando consideravelmente nos últimos anos. A Tabela I apresenta os número de citações para os termos QoE e QoS nos resumos de artigos de conferencias e revistas na base de dados da IEEE.

**TABLE I**  
**NÚMERO DE CITAÇÕES DE QOE E QOS NA BASE DE DADOS DA IEEE**

<b>Período de Referência (Anos)</b>	<b>QOE</b>	<b>QoS</b>
2002 - 2004	4	3451
2005 - 2007	23	5328
2008 - 2010	235	6689
2011 - 2013	853	5291

Neste trabalho, abordaremos os enfoques que as diferentes áreas tem sobre o conceito de QoE, distinguindo-o de outros conceitos relacionados como, percepção, Experiência de Usuário (UX) e Qualidade de Serviço (QoS), assim como também as formas de avaliação de QoE serão descritas. Por outro lado, neste capítulo apresentaremos os fatores que influenciam a QoE, considerando principalmente os fatores humanos, de sistema e do contexto e como eles estão relacionados. Por fim, será apresentado um estudo de caso correspondente a avaliação de QoE no serviço de streaming de vídeo sobre uma rede IP que utiliza como protocolo de transporte o TCP. Este estudo tem por objetivo mostrar a metodologia utilizada para determinar um modelo matemático que representa uma métrica de QoE pois esta baseada em testes subjetivos e parâmetros de rede, principalmente o congelamento de imagem durante uma transmissão (pausa).

## 1.2. Definição de Qualidade de Experiência

Nesta seção revisaremos diferentes de uma forma geral os conceitos relacionados à percepção, qualidade, e experiência, de uma forma individual, com o objetivo de definir o conceito global de QoE.

Em primeiro lugar, analisaremos os termos percepção e experiência. O processo de percepção inicia com a incidência do respectivo estímulo para um ou mais órgãos sensoriais humanos. Percepção é o processamento consciente da informação sensorial ao qual o ser humano é exposto, e envolve dois estágios:

- Conversão do estímulo proveniente de um órgão sensorial em um sinal neural.
- Processamento e transmissão dos sinais neurais no sistema nervoso central até o córtex, até resultar no mundo perceptual da pessoa.

A percepção é influenciada por eventos de lembranças armazenadas na memória. Como consequência, as características neurais que pertencem ao mesmo objeto são associadas. De acordo com Cowan (1984), Coltheart (1980) e Baddeley (1997), diferentes níveis de memória tem sido identificadas, com respectivos papéis no processo de percepção, e respectiva duração de armazenamento. Tais memórias são:

- Memória sensorial: é a memória periférica que armazena representações de duração curta entre 150 mseg. e 2 seg.
- Memória de trabalho: armazena informações recordadas de duração longa até 10 seg. [Baddeley 2003]. Também é conhecida como memória a curto-prazo.
- Memória a longo-prazo: cobre tempos longos até anos ou a vida toda.

O processo de formação de qualidade pode ser visto como um paralelo de processo cognitivo de alto nível relacionado com o processo de experimentar. A reflexão pode ser desencadeada por uma tarefa externa para avaliar o que tem sido experimentado, durante ou após o processo de experiência. É importante destacar que o estado da pessoa assim como sua personalidade possui um papel importante nos processos de avaliação de qualidade.

Baseados nos conceitos acima descritos, a palavra experiência se refere à percepção individual de fluxos de sentimentos, percepção sensorial e conceitos que ocorrem em uma situação particular, por exemplo, quando uma pessoa experimenta um serviço multimídia.

Segundo Jackson (1982), a palavra *Qualia* pode ser vista como uma propriedade de experimentar algo que não pode ser compartilhado por descrições verbais ou técnicas, sendo assim uma experiência individual e subjetiva. Martens e Martens (2001) discutem duas abordagens existentes para se compreender qualidade: (1) objetiva, racional e orientada a produto e (2) perceptiva e subjetiva. A primeira abordagem foca nas características e propriedades de um item (produto ou serviço) em termos de qualidade; já a segunda abordagem requer a avaliação humana perante um evento considerando termos de “avaliação de excelência”. Reves e Bednar (1994) definem qualidade de uma maneira mais intrusiva, ou seja, “a extensão no qual um produto ou serviço encontram ou excedem a expectativa do cliente”; esta definição vem da literatura de marketing de serviços. Por tais motivos, a definição de qualidade faz parte

de padrões, tais como o ISO 9000:2000 (2000): “Qualidade...é a habilidade de um conjunto de características de um produto, sistema ou processo preencher determinados requisitos de clientes, consumidores e demais partes interessadas”.

Uma definição de maior aceitação de QoE definida pela ITU-T na Rec, P.10 (Emenda 2, 2008) é a seguinte: "*QoE é a aceitação geral de um aplicativo ou serviço, como percebido subjetivamente pelo usuário final.* "

Desta definição podemos observar dois pontos:

- Inclui o desempenho completo do sistema fim-a-fim.
- Pode ser influenciada por expectativas do usuário e do contexto.

Nos últimos anos surgiram algumas críticas respeito à definição de QoE. O termo “aceitabilidade” incluído como base para a QoE é indicado como não ideal por Moller (2010) e outros estudiosos, pois aceitabilidade ... "*é o resultado de uma decisão [sim / não] que é parcialmente baseado na Qualidade da Experiência*".

Vamos agora dar uma visão mais orientada a serviços, discutindo que qualidade baseia-se na comparação da percepção com as expectativas. Os aspectos das expectativas têm sido abordados de uma forma mais global, no contexto da pesquisa de mercado, considerando-se papel da pessoa como um cliente. Percepção pode referir-se tanto a percepção durante o encontro com o serviço, e a impressão conceitual da Qualidade de Serviço relacionada com uma determinada empresa, em termos de Satisfação e Insatisfação do Cliente.

Outros autores definem QoE como: “as características das sensações, percepções e as opiniões das pessoas sobre um determinado serviço ou produto. Essas características podem ser boas, razoáveis ou ruins.” Também, se deve ressaltar que para determinar a QoE do usuário, a percepção da qualidade do sinal multimídia precisa ser complementado com outros critérios relacionados com o processamento sensorial, o processo cognitivo humano e abordagens psicológicas.

## **1.2 Qualidade de Experiência versus Experiência do usuário.**

QoE e Experiência de Usuário (do termo em inglês *User experience - UX*) são temas novos e que vem se tornando popular nas últimas décadas. Eles também estão relacionados a estudos de desenvolvimento e validação de produtos e serviços.

Atualmente tem-se como objetivo obter emoções positivas enquanto uma pessoa usa um sistema interativo, por exemplo, com foco na facilidade de uso e em conceitos como diversão, facilidade de uso, em vez de atenção e memória. Em 2010, a Organização Internacional de Padronização (International Organization for Standardization - ISO) apresentou seu novo padrão ISO 9241-210 (2010), que incluiu a seguinte definição do termo Experiência do Usuário: “*As percepções e respostas de uma pessoa que resultam do uso, muitas vezes antecipado de um produto, sistema ou serviço*”.

No padrão ISO 9241-210 se ressaltam 4 características do UX:

- Aspecto temporal e dinâmico do UX, ou seja, o UX muda de acordo com o tempo;

- UX é dependente do contexto, onde cada situação e experiência vivida por alguém pode ser única;
- UX é considerada, algumas vezes, subjetivo e individual;

O foco do UX está no prazer e diversão ao usar uma nova tecnologia, tendo que buscar que o sistema ou produto seja agradável em vez de ressaltar problemas e dificuldades ao se lidar com um computador.

Estudos mostram que métodos de usabilidade não são suficientes para medirem UX e conseqüentemente, novos métodos de medição tem sido estudados [Bargas-Avila and Hornbæk, 2012]. Aspectos como qualidades e emoções não estão no escopo de HCI (Human-computer interaction). Portanto, o UX é avaliado por meio de métodos "subjetivo".

Por outro lado, a experiência do usuário forma um domínio que engloba o 3 contextos (interativo, situacional e sócio-cultural); uma pessoa pode assistir a uma TV interativa e interagir com amigos ou conhecidos (ambiente interativo), pode assistir a um jogo de futebol em sua casa (contexto situacional) e o ambiente sócio-cultural de seus amigos que estão interagindo com o espectador forma o contexto sócio-cultural. Como o espectador vê e avalia a qualidade de vídeo de um jogo de futebol depende tanto dos sinais audiovisuais, como também do contexto no qual está inserido.

Enquanto a QoE tem sua origem na área de Telecomunicação, a UX tem sua origem nos estudos sobre HCI. A origem e evolução da QoE sempre foi voltada a indústria, com o objetivo de evitar frustrações dos usuários perante um sistema; a motivação econômica e a preocupação na melhora e na lealdade dos clientes está relacionada com a QoE. Embora esta dimensão econômica é menos proeminente na literatura sobre UX, a Pesquisa de [Law et al. 2009] indicou que o objetivo de "fazer as pessoas felizes" não é o único motivador das pesquisas sobre UX, que também está fortemente ligada ao objetivo de "projetar melhores produtos". Nessa linha de raciocínio, conclui-se que a QoE é muito mais próxima a Experiência do Cliente que a UX.

Outra diferença entre UX e QoE é que o UX é mais centrada ao usuário. Em [Roto et al. 2011] se enfatiza que o UX não é dirigida a tecnologia, e que isso se reflete no âmbito teórico como prático. QoE é considerada, em sua maioria, dependente de QoS [Callet et al. 2012], e a pesquisa de QoE está primariamente centrada no sistema e tecnologia.

Enquanto a UX tem uma natureza dinâmica, é dependente de contexto, subjetiva e individual e relacionada a experiências positivas e voltada a valor. A QoE é voltada a aplicação, possuindo uma visão mais prática. Durante os últimos anos, vários frameworks conceituais mais holísticos começam a serem apresentados na literatura. Exemplos incluem taxonomia voltada a QoE [Möller et al. 2009], o Gr@sp-framework de QoE [Geerts et al. 2010] e a abordagem da Qualidade de Experiência Centrada no Usuário [Jumisko-Pyykkö 2011].

Uma nova definição indica que a compreensão de QoE está sendo vinculada a instrumentais e não instrumentais, expandindo-se em direção ao hedônico, que tem um papel central na área da UX. Em contraste com as definições anteriores, QoE já não é

expressa em termos de satisfação, mas também no grau de prazer ou aborrecimento. Além disso, o inerente caráter subjetivo e individual e dependente ao contexto de QoE, que também são características chaves da UX.

Diferente da avaliação de UX, as medidas de QoE são ainda predominantemente baseadas em avaliações de qualidade quantitativa. A QoE é frequentemente representada em termos de valor do índice MOS (*Mean Opinion Score*). A escala MOS já era usada antes da QoE se tornar um tópico de estudo, como por exemplo em 1969, que ele era parte da “*IEEE Recommended Practice for Speech Quality Measurements*” [Rothauser et al. 1969]. Enquanto isto pode indicar a aplicabilidade universal do índice MOS, também devemos indicar que os recentes esforços por parte da Comunidade de pesquisadores sobre QoE, já não só considerando medidas puramente quantitativas e outros fatores que incluam a subjetividade humana entre outros fatores de influência, os quais são explicados a seguir.

### **1.3 Fatores que influenciam a Qualidade de Experiência**

No contexto do consumo de mídia, serviços de rede, e outros serviços de telecomunicações e aplicações, a experiência humana pode ser influenciada por diversos fatores que impactam a QoE. Alguns deles são mais simples e seus impactos podem ser exaustivamente descritos e quantificados. No entanto, outros fatores são dependentes da situação, esses são mais difíceis de descrever, ou são válidos apenas sobre certas circunstâncias, por exemplo, em combinação ou na ausência de outros.

O grupo Qualinet, define esses fatores que influenciam a QoE da seguinte forma: “Fator de Influência (IF): Qualquer característica de um usuário, sistema, serviço, aplicativo ou contexto cujo estado atual pode ter influência sobre a Qualidade de Experiência para o usuário [Callet et al. 2012]”. Neste sentido, os Fatores de Influência discutidos aqui são as variáveis independentes, enquanto a QoE resultante percebida pelo usuário final é a variável dependente. Um determinado conjunto de Fatores de Influência pode ser descrito pelos usuários em termos de seus impactos sobre a QoE. Isso significa que os usuários não estão necessariamente conscientes dos IFs subjacentes, mas eles geralmente são capazes de descrever, até certo ponto, o que eles gostam ou não sobre a experiência.

A seguir, discutiremos os Fatores de Influência em suas três categorias, Fatores de Influência Humano (HIFs - Human Influence Factors), Fatores de Influência do Sistema (SIFs - System Influence Factors), Fatores de Influência do Contexto (CIFs - Context Influence Factors), e daremos exemplos e explicações detalhadas. No entanto, os IFs não devem ser considerados como isolados, uma vez que se relacionam frequentemente. Por exemplo, o mesmo vídeo pode deixar uma impressão de qualidade totalmente diferente, quando assistido em um telefone celular enquanto andava no ônibus, do que quando assistido em uma TV na casa do usuário.

#### **1.3.1 Fatores de Influência Humano**

Um Fator de Influência Humano (HIFs) é qualquer propriedade variante ou invariante ou característica de um usuário humano. Essa característica pode relatar a condição socioeconômica, a condição física e mental, ou o estado emocional do usuário [Callet et al. 2012].

HIFs podem influenciar uma determinada experiência e a forma que ela se desenvolve, bem como a sua qualidade. Esses fatores (HIFs) são extremamente complexos devido à sua subjetividade e sua relação com os estados e processos internos. Isso os torna bastante intangíveis e, portanto, muito mais difícil de entender. Além disso, HIFs são fortemente inter-relacionados e também podem interagir com os demais IFs.

Alguns estudos têm investigado a influência de fatores humanos específicos sobre a qualidade percebida [Wechsung et al. 2012] e QoE [Sackl et al. 2012]. Exemplos comuns de HIFs geralmente incluem gênero, idade, nível de especialização (especialista vs. ingênuo). Como resultado, devido à sua complexidade inerente e a falta de evidências empíricas, ainda é pouco compreendido como os fatores humanos influenciam a QoE.

Nesta seção, damos exemplos de fatores humanos que podem influenciar o processo de formação da percepção e qualidade. Mais concretamente, consideramos os fatores de processamento de baixo e alto nível [Jumisko-Pyykkö 2011].

O Processamento de Baixo Nível também chamado de nível das propriedades sensoriais representa as propriedades relacionadas à estrutura física, emocional e mental do usuário. Essas características podem ser disposicional (por exemplo, acuidade visual e auditiva do usuário, sexo, idade), bem como variante e mais dinâmico (por exemplo, emoção, humor, motivação, atenção).

No sistema visual humano (HVS), sensibilidade visual pode ser o fator mais importante que influencia a qualidade visual. Como o mecanismo de sensibilidade visual sempre desempenha um papel essencial na experiência de visualização perceptiva, a QoE de conteúdo visual pode ser significativamente melhorada por tê-lo em conta. Por exemplo, os modelos de sensibilidade visual têm sido amplamente aplicada em muitos algoritmos de compressão de vídeo / imagem e métodos de avaliação da qualidade [You et al. 2012]. Da mesma forma para a HVS, a qualidade auditiva e a QoE dependem do processamento sensorial do sistema auditivo humano (HAS) [Greenberg and Ainsworth 2004].

O Processamento cognitivo de alto-nível refere-se à compreensão de estímulos e os processos interpretativos e avaliativos associados. Baseia-se no conhecimento, ou seja, "qualquer informação que o observador traz a uma situação" [Goldstein 2009]. Alguns HIFs, importantes para este nível, têm uma natureza invariável ou relativamente estável. Exemplos disso incluem em primeiro lugar o contexto sócio-cultural e educativo, fase da vida e posição sócio-econômica (que também é um Fator de Influência do Contexto) de um usuário humano. Dentro do contexto sócio-econômico temos, por exemplo, a disposição do usuário a pagar e no sócio-cultural temos as normas e crenças de uma sociedade. A atenção é um processo cognitivo de concentrar seletivamente sobre determinados objetos externos (por exemplo, visual ou auditivo), enquanto presta menos ou nenhuma atenção aos outros [Reiter 2010].

Outros HIFs relativamente estáveis incluem valores individuais, necessidades, motivações, preferências e sentimentos, atitudes e traços de personalidade. Várias classificações foram propostas na literatura: em [Rokeach 1973] é feita a distinção entre os valores terminais e instrumentais. Os primeiros são ligados a objetivos finais da vida

(por exemplo, a felicidade, o prazer, a vida confortável) e esses últimos correspondem a modos de comportamento e objetivos mais pragmáticos (por exemplo, alegria, ambição). Na literatura, argumenta-se que a motivação é muito pessoal e subjetiva e pode variar em termos de nível e orientação (ou seja, a natureza e o foco) [Ryan and Deci 2000]. Em geral, no entanto, e apesar de as pesquisas anteriores sobre a motivação humana terem demonstrado que o tipo de motivação pode influenciar fortemente o desempenho e QoE [Ryan and Deci 2000], a influência da motivação sobre QoE ainda é um território pouco explorado. Preferências e atitudes também podem ser considerados como fatores bastante estáveis que podem influenciar QoE em alto nível. Em [Wechsung et al. 2012], mostrou-se que as atitudes e a qualidade percebida estão relacionadas. No mesmo estudo, a possível influência dos traços de personalidade também foi investigada. Traços de personalidade têm sido definidos como "padrões consistentes de pensamentos, sentimentos ou ações que distinguem as pessoas umas das outras" [Robert et al. 1997]. No estudo de Wechsung et al. [Wechsung et al. 2012], foi encontrado que existe ligação direta entre traços de personalidade e qualidade percebida.

Pode-se argumentar que um outro conjunto de fatores que influenciam no nível humano tem um caráter mais dinâmico e até mesmo agudo. Ao nível dos estados afetivos, a influência do humor e das emoções na QoE (e vice-versa) tem ganhado cada vez mais interesse de pesquisadores [Wechsung et al. 2012] [Rainer et al. 2012]. Embora ambos são caracterizados pela sua duração relativamente curta, o humor geralmente dura mais tempo (variando desde horas até dias) do que as emoções (que variam de segundos a minutos). Junto a essas características afetivas de um usuário humano, vários outros fatores que têm uma variante e caráter instável pode ter uma influência significativa sobre QoE. Estes incluem, por exemplo, experiências anteriores, conhecimento (prévio), habilidades e capacidades, e expectativas. Os aspectos acima mencionados podem, mas não necessariamente, têm um impacto direto sobre QoE. Eles também podem ter uma influência indireta sobre QoE através de fatores afetivos, atitudes e preferências, etc Além dos critérios e fatores acima mencionados, Fatores de influência humana estão intimamente ligadas às características técnicas de um sistema.

### **1.3.2 Fatores de Influência do Sistema**

Fatores de Influência do Sistema (SIFs) referem-se a propriedades e características que determinam a qualidade de produção técnica de um aplicativo ou serviço [Callet et al. 2012]. Nesta seção discutiremos mais detalhadamente a classificação dos SIFs em relação ao conteúdo, à mídia, à rede e ao dispositivo.

O conteúdo em si e seu tipo é muito influente para a QoE do sistema, como diferentes características de conteúdo pode exigir diferentes propriedades do sistema. Assim, por exemplo, o conteúdo de voz e conteúdo de música apresentam diferentes requisitos tecnológicos para garantir uma boa qualidade.

Os SIFs relacionados à mídia referem-se aos fatores de configuração de mídia, como a codificação, resolução, taxa de amostragem, taxa de quadros, a sincronização da mídia [Möller 2010]. Eles estão inter-relacionados com os SIFs de conteúdo. SIFs relacionados à mídia podem mudar durante a transmissão devido à variação dos SIFs relacionados à rede [Jammeh et al. 2012]. Para áudio, a codificação depende do tipo de conteúdo e cenário de serviço ou aplicação. Codecs usados em telefonia (tais como



G.711, G.729) são usados para cenários só de voz (por exemplo, VoIP). Os atrasos são altamente indesejáveis em serviços de comunicação de conversação. A sincronização de mídia pode ter uma influência importante, se a mídia (por exemplo, filme), contém áudio e vídeo [ITU BT.1359].

Por outro lado, SIFs relacionados à rede referem-se a transmissão de dados através de uma rede. As principais características da rede são largura de banda, atraso, jitter, taxas e distribuições de perdas e erros, e taxa de transferência [Nahrstedt and Steinmetz 1995] [Fiedler et al. 2010]. Os SIFs relacionados à rede podem mudar ao longo do tempo ou como um usuário muda a sua localização, e estão fortemente relacionados com a Qualidade de Serviço (QoS) da rede.

SIFs relacionados ao dispositivo se referem a sistemas finais ou dispositivos do caminho de comunicação. A interface visual para o usuário é o display. Sua capacidade vai ter um tremendo impacto sobre a experiência do usuário final, mas, o conteúdo e o sinal da qualidade irão interagir com ele. Por exemplo, se uma alta qualidade, alta resolução (aqui significando em termos de número de pixels) da imagem é exibida em uma tela de baixa resolução, com poucas cores, a maioria da intenção original da imagem pode ser perdida. No entanto, se uma imagem de baixa resolução é exibida em uma tela grande de alta resolução, provavelmente uma imagem com muitos blocos embaçada será exibida, mas o resultado final será altamente dependente do procedimento de dimensionamento da imagem final.

### **1.3.3 Fatores de Influência do Contexto**

Os Fatores de Influência do Contexto (CIFs) são fatores que abraçam qualquer propriedade situacional para descrever o ambiente do usuário [Callet et al. 2012].

A importância do conhecimento CIFs sobre a QoE fornecida pode ser entendida com os seguintes exemplos: conteúdo de longa duração não é interessante na hora do almoço em um dia de semana, a música de ritmo rápido é melhor do que a música de ritmo lento em uma academia, e anúncios em um rede social considerará normalmente o perfil do usuário.

A discussão acima de fatores que influenciam a Qualidade de Experiência individual do usuário de um dispositivo ou serviço demonstra que a QoE pode ser influenciada por uma gama ampla de fatores, que são complexos e fortemente inter-relacionados. Hoje é ainda pouco compreendido que fatores influenciam a QoE em quais circunstâncias, como exatamente eles influenciam a QoE, e qual a sua possível influência implica para o campo de pesquisa da QoE.

## **1.4. Estudo de Caso**

Nesta seção são descritos os componentes e a metodologia utilizada na determinação da métrica de avaliação de vídeo proposta, chamada de e-VsQM. Na determinação desta métrica foram levados em consideração alguns conceitos da cognição humana, portanto, se apresentará as limitações dos métodos subjetivos de

avaliação de qualidade de vídeo mais citados na atualidade, e em seguida se apresentará as recomendações práticas da avaliação subjetiva utilizadas.

A métrica VsQM é definida utilizando um modelo matemático. Visando a melhora da métrica VsQM, em uma segunda fase é considerado o tipo de conteúdo de vídeo avaliado (Fator de influência do sistema - conteúdo), como um parâmetro adicional a ser considerado na determinação de uma métrica de qualidade de vídeo. Assim, utilizando o parâmetro de tipo de conteúdo de vídeo, a métrica e-VsQM foi formulada.

Enfim, são apresentados os resultados do desempenho desta métrica quando é avaliada por usuários remotos via a Internet, utilizando o método crowdsourcing. Nestes testes foram utilizados vídeos com diferentes durações e diversos cenários de degradação.

Na realização de testes subjetivos é importante seguir algumas recomendações práticas na avaliação subjetiva de qualidade do streaming de vídeo utilizando TCP, tais como:

- Os testes de avaliação devem ser realizados em um ambiente similar ao uso real do serviço de streaming de vídeo. Nos testes considerou-se que o usuário faz o streaming dos vídeos na ordem de sua preferência, podendo assistir cada vídeo as vezes que ele considere necessário.
- As seqüências de vídeo devem ser maiores que 10 segundos para não perder o efeito de temporalidade das pausas. Neste trabalho foram utilizadas seqüências de 2 e 4 minutos tomando como referência que os vídeos mais acessados do YouTube tem uma duração média de 3 minutos.
- Considerando a variabilidade da atenção dos avaliadores consideramos que as instruções para realização dos testes devem ser específicas.
- As avaliações devem ser realizadas quando o usuário considerar que compreendeu as diferenças entre os vídeos, podendo mudar as pontuações se considerar necessário. Os avaliadores possuem diferentes velocidades no processamento das informações, não se considerou um tempo limitado para dar a pontuação.
- Considerando a variabilidade na memória dos avaliadores, eles podem assistir aos vídeos o número de vezes que cada um deles considere necessário.
- Deve-se considerar a variabilidade da subjetividade dos avaliadores. Avaliadores com preferências explícitas no conteúdo do vídeo outorgam diferentes pontuações que os avaliadores que não os tem.

De acordo com os testes realizados, concluiu-se, que uma métrica para avaliar a qualidade de vídeo no serviço de streaming de vídeo tem que considerar a localização temporal de cada pausa no vídeo. Com base neste critério, foi necessário construir uma base de dados de vídeos para utilizá-los como material de teste; assim, foram criados vídeos com pausas em diferentes instantes e com certa duração.

Sendo definidos os seguintes segmentos: Segmento A, segmento inicial do vídeo, Segmento B, o primeiro segmento intermediário; Segmento C, segundo segmento

intermediário; Segmento D, segmento final do vídeo. A métrica VsQM proposta é determinada pelos seguintes parâmetros: Número de pausas; Duração das pausas; e Peso do segmento temporal durante a qual as pausas ocorreram.

A métrica  $VsQM$  é definida pela equação (1.1):

$$VsQM = \sum_{i=1}^k \frac{N_i * L_i * W_i}{T_i} \quad (1.1)$$

Onde:  $k$  é o número de segmentos temporais de um vídeo, este trabalho considera quatro segmentos para todos os testes.  $T_i$  é o período de tempo, em segundos, de cada segmento;  $N_i$  é o número de pausas em um segmento temporal “i”;  $L_i$  é o comprimento médio de pausas, em segundos, que ocorre no mesmo segmento temporal e  $W_i$  é um fator de peso, que representa o grau de degradação que cada segmento adiciona à degradação total do vídeo.

Com os resultados dos testes subjetivos será possível determinar cada um dos pesos ( $W_i$ ) de degradação que cada segmento temporal possui. Estes pesos ( $W_A$ ,  $W_B$ ,  $W_C$  e  $W_D$ ) determinarão uma função para mapear a métrica VsQM na escala MOS ( $VsQM_{MOS}$ ) que vai desde 1 até 5, na escala ACR.

Além do critério de localização temporal da pausa, e considerando que existem inúmeros estudos que indicam que o tipo de conteúdo de vídeo é um fator determinante na avaliação do QoE do usuário, foram considerados os tipos de vídeo: notícias (repórter falando), documentário (em relação a tecnologia) e esporte (futebol). A duração do vídeo foi estabelecida considerando que o comprimento médio da maioria dos vídeos vistos no *YouTube* tem a duração de 3 minutos, de modo que o comprimento dos vídeos utilizados nos testes subjetivos foram de 2 e 4 minutos. Além disso, os vídeos mais longos podem desencorajar o usuário a ver todo o vídeo com uma atenção aceitável.

Como indicado na recomendação ITU-T P.910, os vídeos podem ser caracterizadas usando os seguintes parâmetros: informação temporal (TI) e informação espacial (SI). O parâmetro SI define quão homogênea é a distribuição espacial de um quadro, e o parâmetro TI indica como varia, no plano de luminância, a posição de um pixel no domínio temporal.

Com todas estas considerações criou-se uma base de dados de vídeos degradados, que seguem os seguintes critérios: o tipo de conteúdo do vídeo, o comprimento de vídeo, o número de pausas, a localização temporal de cada pausa. Assim, para cada vídeo original, cada um com um determinado tipo de conteúdo, 20 vídeos degradados foram criados, chamados de “cenários” por meio da inserção de pausas em diferentes instantes, resultando 60 vídeos degradados.

Os testes subjetivos foram realizados com 96 pessoas. Na média, cada pessoa avaliou 10 cenários (vídeos degradados), sendo que 5 tinham uma duração de 4 minutos e os demais vídeos de 2 minutos. A avaliação foi feita nas mesmas condições para todos os observadores, considerando-se a distância de observação entre 50 cm a 60 cm.

Como resultado de testes subjetivos presenciais, obteve-se um índice de MOS para cada vídeo degradado avaliado (cenário de teste). Considerou-se apenas o valor

MOS médio dos três tipos de vídeo que correspondem a um cenário, o que resulta em um vetor que denominamos vetor MOS de 20 componentes.

Usando a equação (1.2), e o vetor MOS obtido nos testes subjetivos, obtém-se um sistema linear de equações com três variáveis e 20 equações. Para resolver este sistema de equações, é utilizado o método dos mínimos quadrados. Além disso, os valores VsQM foram transformados em valores na escala de 1 a 5, correspondente à escala MOS e resultando nos valores de índices VsQM<sub>MOS</sub> através da função exponencial, apresentada em (1.2).

$$VsQM_{MOS} = C * \exp\left(-\sum_{i=1}^k \frac{N_i * L_i * W_i}{T_i}\right) \quad (1.2)$$

Onde C é uma constante de fator de escala a ser determinada. Portanto, para cada um dos cenários há uma relação entre VsQM<sub>MOS</sub> e VsQM. Assim, por exemplo, em (1.3) é apresentada a relação corresponde ao cenário 1 (VsQM<sub>MOS1</sub>):

$$VsQM_{MOS1} = C * \exp\left(-\frac{W_A * N_A * L_A}{T_A} - \frac{W_B * N_B * L_B}{T_B} - \frac{W_C * N_C * L_C}{T_C} - \frac{W_D * N_D * L_D}{T_D}\right) \quad (1.3)$$

Onde C é uma constante e WX é o peso do segmento temporal “X” a serem determinados. Sendo que as variáveis VsQM<sub>MOS X</sub>, N<sub>X</sub>, T<sub>X</sub> e L<sub>X</sub> são conhecidas. Em (1.4) é apresentada a equação, depois de considerar o logaritmo neperiano na equação (1.3).

$$\begin{aligned} \ln(VsQM_{MOS-1}) = \ln(C) - & \frac{W_A * N_A * L_A}{T_A} - \\ & \frac{W_B * N_B * L_B}{T_B} - \frac{W_C * N_C * L_C}{T_C} - \frac{W_D * N_D * L_D}{T_D} \end{aligned} \quad (1.4)$$

Os valores do vetor MOS de 20 componentes obtido dos testes subjetivos são relacionados aos valores de VsQM<sub>MOS</sub>, já que estes valores modelam a QoE dos avaliadores. Utilizando os valores do vetor MOS e a equação (1.4), é obtido um sistema de equações lineares o qual é representado em (1.5).

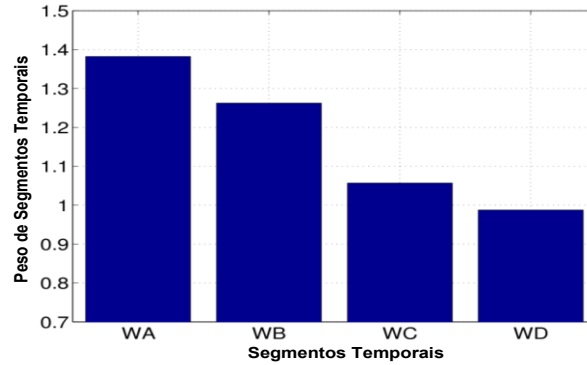
$$\begin{bmatrix} 1 & t_{1,2} & \dots & t_{1,5} \\ 1 & t_{2,2} & \dots & t_{2,5} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & t_{20,2} & \dots & t_{20,5} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ln(C) \\ W_A \\ W_B \\ W_C \\ W_D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \ln(VsQM_{MOS-1}) \\ \ln(VsQM_{MOS-2}) \\ \vdots \\ \ln(VsQM_{MOS-20}) \end{bmatrix} \quad (1.5)$$

O termo “ $t_{xy}$ ” representa a relação  $N_y * L_y / T_y$  correspondente ao segmento “y” e ao cenário “x”. Assim, por exemplo, considerando o primeiro cenário, as variáveis  $t_{1,2}$

a  $t_{l,5}$  representam:

$$t_{l,2} = -N_A * L_A / T_A ; \quad t_{l,3} = -N_B * L_B / T_B ; \quad t_{l,4} = -N_C * L_C / T_C \quad \text{e} \quad t_{l,5} = -N_D * L_D / T_D$$

Utilizando o método de mínimos quadrados na equação (1.5), são obtidos os valores dos pesos de todos os segmentos temporais considerados:  $W_A$ ,  $W_B$ ,  $W_C$  e  $W_D$ , os quais são apresentados na Figura 1.1.



**Figura 1.1 - Peso dos segmentos temporais:  $W_A$ ,  $W_B$ ,  $W_C$  e  $W_D$ .**

Como representado nesta figura, é importante notar que o segmento inicial do vídeo é mais relevante, ou seja, tem um peso de degradação maior que os outros segmentos. Como consequência, as pausas no início do vídeo, tem um maior efeito negativo sobre a QoE do usuário final.

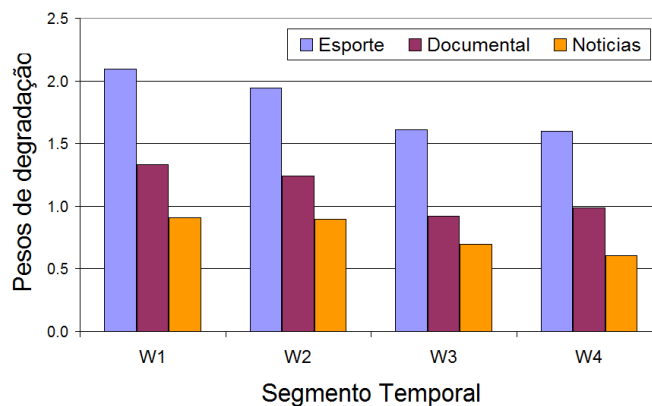
Os resultados dos testes subjetivos mostraram que os valores MOS obtidos variam dependendo do tipo de conteúdo do vídeo testado, sempre considerando as mesmas degradações nos diferentes tipos de vídeos, ou seja, com o mesmo número de pausas e localizados nos mesmos instantes do tempo. Assim, se propõe incluir o tipo de conteúdo de vídeo como um novo parâmetro na determinação da métrica VsQM. A equação (1.6) apresenta a nova fórmula para determinar a métrica VsQM, que denominaremos de  $eVsQM$  (enhanced VsQM).

$$eVsQM = \sum_{i=1}^k \frac{N_i * L_i * Wct_i}{T_i} \quad (1.6)$$

Onde:  $k$  é o número de segmentos temporais de um vídeo, foram considerados quatro segmentos;  $T_i$  é o período de tempo, em segundos, de cada segmento;  $N_i$  é o número de pausas em um segmento temporal “ $i$ ”;  $L_i$  é o comprimento médio de pausas, em segundos, que ocorre no mesmo segmento temporal.  $Wct_i$  representa o peso de degradação, dependente do tipo de conteúdo de vídeo, para cada segmento temporal “ $i$ ”.

Com os valores de índice MOS obtidos nos testes subjetivos para cada tipo de conteúdo de vídeo e as informações de cada cenário (número de pausas e localização das pausas), formou-se um sistema de equações lineares, a partir do qual foram determinados os diferentes valores de  $Wct_i$  utilizando a mesma metodologia empregada para determinar os pesos de degradação dos segmentos temporais na métrica VsQM, ou seja, utilizando um dos métodos de mínimos quadrados (pseudo-inverso).

Os valores obtidos de  $Wct_i$  para cada tipo de conteúdo de vídeo são apresentados na Figura 1.2. Pode-se observar que os maiores pesos de degradação de qualidade de vídeo correspondem ao tipo de conteúdo de vídeo de esporte, e os menores correspondem aos vídeos de notícias. Adicionalmente, observa-se que os pesos de degradação dos dois primeiros segmentos temporais são maiores que dos dois últimos segmentos, acontecendo este comportamento para todos os tipos de conteúdo de vídeo.



**Figura 1.2. Peso de degradação de qualidade que cada segmento temporal adicionado à degradação total da qualidade do vídeo.**

## 1.5. Referências

- Cowan N (1984) On short and long auditory stores. *Psychol Bull* 96(2):341–370.
- Coltheart M (1980) Iconic memory and visible persistence. *Percept Psychophysics* 27(3):183–228. doi:10.3758/BF03204258.
- Baddeley A (1997) *Human memory—theory and practice*. Taylor & Francis: Psychology Press, East Sussex.
- Baddeley A (2003) Working memory: looking back and looking forward. *Nat Rev Neurosci* 4:829–839.
- Jackson F (1982) Epiphenomenal qualia. *Philos Q* 32(127):127–136.
- Martens H, Martens M (2001) *Multivariate analysis of quality*. Wiley, Chichester.
- Reeves CA, Bednar DA (1994) Defining quality: alternatives and implications. *Acad Manage Rev* 19(3):419–445.
- International Organization for Standardization: ISO 9000:2000 (2000) *Quality management systems: fundamentals and vocabulary*.
- Möller S (2010) *Quality engineering: Qualität kommunikationstechnischer Systeme*. Springer, London.
- ISO 9241-210 (2010) *Ergonomics of human system interaction-part 210: human-centred design for interactive systems (formerly known as 13407)*. International organization for standardization (ISO), Geneva.

- Bargas-Avila J, Hornbæk K (2012) Foci and blind spots in user experience research. *ACM interact* 19(6):24–27.
- Law EL, Roto V, Hassenzahl M, Vermeeren APOS, Kort J (2009) Understanding, scoping and defining user experience: a survey approach. In: *Proceedings of the 27th international conference on human factors in computing systems (CHI 2009)*, pp 719–728.
- Roto V, Law EL, Vermeeren A, Hoonhout J (eds) (2011) *User experience white paper: bringing clarity to the concept of user experience, result of dagstuhl seminar 10373*.
- Le Callet P, Möller S, Perkis A (eds) (2012) *Qualinet white paper on definitions of quality of experience—output version of the dagstuhl seminar 12181*. European network on quality of experience in multimedia systems and services (COST Action IC 1003), Lausanne, Version 1.1.
- Möller S, Engelbrecht K-P, Kühnel C, Wechsung I, Weiss B (2009) A taxonomy of quality of service and quality of experience of multimodal human-machine interaction. In: *Proceedings of the first international workshop on quality of multimedia experience (QoMEX'09)*, pp 7–12.
- Geerts D, De Moor K, Ketyko I, Jacobs A, Van den Bergh J, Joseph W, Martens L, De Marez L (2010) Linking an integrated framework with appropriate methods for measuring QoE. In: *Proceedings of quality of multimedia experience (QoMEX), 2010 second international workshop on quality of multimedia experience*, pp 158–163.
- Jumisko-Pyykkö S (2011) *User-centered quality of experience and its evaluation methods for mobile television*. Doctoral thesis, Tampere University of Technology, Tampere.
- Rothausen EH, Chapman WD, Guttman N, Nordby KS, Silbiger HR, Urbanek GE, Weinstock M (1969) IEEE recommended practice for speech quality measurements. *IEEE Trans Audio Electroacoust* 17(3):225–246.
- QualinetWhite Paper on Definitions of Quality of Experience— Output version of the Dagstuhl seminar 12181 (2012) In: Le Callet P, Möller S, Perkis A (eds) *European network on quality of experience in multimedia systems and services (COST Action IC 1003), Version 1.1, Lausanne*.
- Wechsung, I., Engelbrecht, K.-P., Kühnel, C., Möller, S. and Weiss, B. (2012). Measuring the Quality of Service and Quality of Experience of Multimodal Human-Machine Interaction *Journal on Multimodal User Interfaces.. Journal on Multimodal User Interfaces*. Springer, 73-85.
- Sackl A, Masuch K, Egger S, Shatz R (2012) Wireless vs. wireline shootout: how user expectations influence quality of experience. In: *Fouth international workshop on quality of multimedia experience (QoMEX), 5-7 July 2012*, pp 148-149.
- Jumisko-Pyykkö S (2011) *User-centered quality of experience and its evaluation methods for mobile television*. Doctoral thesis, Tampere University of Technology, Tampere.

- You J, Xing L, Perkis A, Ebrahimi T (2012) Visual contrast sensitivity guided video quality assessment. In: 2012 IEEE international conference on multimedia and expo (ICME). IEEE, pp 824–829
- Greenberg S, Ainsworth WA (2004) Speech processing in the auditory system: an overview. In: Speech processing in the auditory system. Springer, pp 1–62.
- Goldstein EB (2009) Sensation and perception, 8th edn. Cengage Learning, Wadsworth.
- Reiter U (2010) Perceived quality in game audio. In: Grimshaw M (ed) Game sound technology and player interaction: concepts and developments. IGI Global, New York.
- Rokeach M (1973) The nature of human values. The Free Press, New York.
- Ryan RM, Deci EL (2000) Intrinsic and extrinsic motivations: classic definitions and new directions. *Contemp Educ Psychol* 25(1):54–67.
- Robert S, John J, Hogan B (1997) Handbook of personality psychology. Academic Press, San Diego.
- Rainer B, Walzl M, Cheng E, Shujau M, Timmerer C, Davis S, Burnett I, Ritz C, Hellwagner H (2012) Investigating the impact of sensory effects on the quality of experience and emotional response in web videos, In: Fourth international workshop on quality of multimedia experience (QoMEX). IEEE, pp 278–283.
- Zinner T, Hohlfeld O, Abboud O, Hoffeld T (2010) Impact of frame rate and resolution on objective QoE metrics. In: Proceedings of second international workshop on quality of multimedia experience (QoMEX).
- Jammeh E, Mkwawa I, Khan A, Goudarzi M, Sun L, Ifeakor E (2012) Quality of experience (QoE) driven adaptation scheme for voice/video over IP. *Telecommun Syst* 49(1):99–111.
- ITU BT.1359: Relative timing of sound and vision for broadcasting.
- Nahrstedt K, Steinmetz R (1995) Resource management in networked multimedia systems. *IEEE Comput* 1995:52–63.
- Ryan RM, Deci EL (2000) Intrinsic and extrinsic motivations: classic definitions and new directions. *Contemp Educ Psychol* 25(1):54–67.
- Fiedler M, Hoffeld T, Tran-Gia P (2010) A generic quantitative relationship between quality of experience and quality of service. *Netw IEEE* 24(2):36–41