



ANÁLISE DE FATORES RELACIONADOS À SATISFAÇÃO DE USO DOS SISTEMAS OPERACIONAIS *ANDROID*, *IOS* E *WINDOWS PHONE*

Marcos Antonio Alves

marcosalves@ufmg.br

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi analisar os fatores relacionados à satisfação de uso de smartphones com os sistemas operacionais *Android*, *iOS* e *Windows Phone*. O público alvo foram graduandos e graduados em cursos nas áreas de Engenharias, Computação e Administração. A base de dados foi criada por meio da aplicação de um questionário online, fundamentado no Questionnaire For User Interaction Satisfaction – QUIS versão 7.0. Os entrevistados externaram o conforto e aceitabilidade de tais sistemas em notas entre 1 e 9 pontos. Os quesitos avaliados foram: tela, terminologia, aprendizado e recursos do sistema. Foi aplicada uma análise multivariada dos dados para obtenção dos resultados. A análise dos fatores e redução de dimensões por matriz de componentes principais apontou quatro novos fatores que explicam 69.2% da variância das 21 características inicialmente estudadas. Questões relacionadas a mensagens de erro dos sistemas foram as variáveis com maior correlação (0.884 e 0.889). Os resultados desta pesquisa servem como guia de novas avaliações sobre sistemas operacionais e suporte para análise e melhoria de satisfação de uso sobre aplicativos móveis. Como recomendações, sugere-se incluir novos grupos de entrevistados, entendendo que fatores podem interferir, ou não, na satisfação final dos usuários destas plataformas.

Palavras-chave: Satisfação de uso; Smartphones; Questionnaire For User Interaction Satisfaction.



1. INTRODUÇÃO

Segundo a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel, 2016), o número de linhas ativas de celulares no Brasil superou a marca de 258,1 milhões de unidades, em fevereiro de 2016. Mesmo com um decréscimo no número de vendas (Anatel, 2016), a teledensidade, no mesmo período, apresentou uma média de 125,6 aparelhos por 100 habitantes.

Há poucos anos, dispositivos móveis eram utilizados apenas para realização de chamadas e envio de mensagens de texto. Hoje, eles chegam a ser tão potentes e completos que se aproximam de computadores pessoais.

Para conquistar e fidelizar os usuários destes *smartphones*, as empresas que desenvolvem os sistemas operacionais buscam melhorar progressivamente tecnologias para construção de tais dispositivos, conforme apontaram Wasserman (2010) e Choi et Lee (2012). Aplicações cada vez mais complexas foram desenvolvidas neste processo evolutivo, enquanto o número de dispositivos móveis cresce exponencialmente.

Várias marcas e modelos de aparelhos celulares estão disponíveis no mercado. Com isto, sistemas operacionais robustos buscam atender às diversas expectativas de seus usuários e atrair novos.

Neste âmbito, pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de propor melhorias para os atuais *softwares* em busca da satisfação de uso de seus consumidores (Parada et al., 2015). Dentre estas pesquisas, o critério satisfação é um dos mais investigados, conforme levantado por Kronbauer et Santos (2013).

Além disso, percebe-se na literatura muitos trabalhos relacionados com desenvolvimento, avaliação e/ou validação de uso de aplicativos para dispositivos móveis (Wasserman, 2010; Treeratanapon, 2012; Gresse Von Wangenheim et al., 2014; Moumane et al., 2016) ou para aceitação destes (Silva et Dias, 2007; França et al., 2016). Contudo, há uma carência de estudos que avaliem a confiança dos usuários sobre os sistemas operacionais em si, eximindo as avaliações de aplicativos.

Uma das formas de mensurar as expectativas dos utilizadores é através da aplicação de questionários. Esta abordagem é empregada quando se quer obter dados ou informações sobre características, ações ou opiniões de uma população-alvo (Freitas et al., 2000; Moumane et al., 2016) a fim de que o pesquisador possa obter descrições quantitativas de um instrumento pré-definido utilizado pela população. Além disso, de acordo com Kronbauer et Santos (2013), os questionários têm sido muito utilizados em trabalhos que investigam o uso de aplicativos para dispositivos móveis.

O *Questionnaire for User Interface Satisfaction* - QUIS, base deste trabalho, é comumente empregado para medir a satisfação subjetiva do usuário quanto à usabilidade de uma interface (Chin et al., 1988). Desde sua concepção e validação, muitas pesquisas foram desenvolvidas utilizando ou se inspirando nesta ferramenta. Isso inclui avaliações de aplicativos para dispositivos móveis de diferentes sistemas operacionais (Hussain et Kutar, 2012; Gresse Von Wangenheim et al., 2014; Naeini et Mostowfi, 2015; Moumane et al., 2016).

Com o objetivo de manter a população alvo representativa, os participantes foram escolhidos por julgarem-se mais similares entre si (Freitas et al., 2000). O grupo de entrevistados foi composto por pessoas graduandas ou graduadas nos cursos das Engenharias, da Computação ou Administração. Acreditou-se que generalizar a pesquisa para um público muito diverso e heterogêneo, apesar de também representar utilizadores de dispositivos móveis, poderia tornar as respostas não fiéis à pesquisa, visto que grupos diferentes podem ter expectativas diversas e isso afeta a satisfação de uso. Um exemplo foi destacado por Kronbauer et Santos (2013), que apontaram que o número de erros na utilização de um determinado aplicativo é diferenciado dependendo da condição socioeconômica.

Este trabalho se propôs a estudar critérios de conforto e aceitabilidade dos usuários de *smartphones* habilitados, com os sistemas operacionais *Android*, *iOS* e *Windows Phone*. Optou-se pela escolha destes sistemas operacionais por serem os mais utilizados e conhecidos atualmente no mercado (IDC, 2015).

Esta pesquisa se torna relevante por vários aspectos: preencher a lacuna quanto à avaliação de diferentes e importantes sistemas operacionais de dispositivos móveis; basear-se em um questionário válido e reconhecido para avaliação das interfaces; e trazer contribuições tanto pelo aspecto gerencial quanto pelo aspecto científico, uma vez que é possível entender as diferenças entre os sistemas e quais os pontos mais contrastam estas divergências. Além disso, indica para desenvolvedores de sistemas operacionais quais caminhos carecem de mais atenção, aponta abordagens que podem guiar estudantes de interação homem-computador (IHC) e dispositivos. Com estes resultados, pode-se indicar para o desenvolvimento de melhorias para os sistemas ou a relação que os aplicativos construídos terão com tais dispositivos.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

O número de *smartphones* no Brasil ultrapassa o número de habitantes. Isso sem levar em consideração que dos mais de 206 milhões de habitantes (IBGE, 2016), nem todos



possuem um aparelho móvel. Logo, se o número de 125,6 celulares a cada 100 habitantes (Anatel, 2016) representasse apenas o grupo que já possui aparelhos, este valor seria ainda maior. Percebe-se, então, duas oportunidades para o setor de telefonia móvel: fidelizar os clientes atuais e a chance de conquistar novos.

O crescimento nas vendas de *smartphones* está em ritmo desacelerado. Pesquisas realizadas pela EMarketer (2016) apontaram que a dinâmica de mercado vai se concentrar na substituição destes atuais dispositivos móveis em aparelhos com mais recursos tecnológicos.

Estudo realizado por Gartner (2012) indicou que os sistemas operacionais *Android* e *iOS* aparecem no topo de presença de mercado. Esses sistemas estavam presentes em mais de 80% dos aparelhos vendidos no mundo, sendo o *Android* detentor de mais de 60% do total. Ambos ocupavam o primeiro e segundo lugar, respectivamente, em posições no mercado. Já o *Windows Mobile* apareceu em quinto lugar, precedido pelos sistemas *Symbian*, *Research In Motion* e *Bada*. Todavia, o primeiro e o último foram descontinuados por suas desenvolvedoras, Nokia e Samsung. Já o *Research In Motion* continua no mercado como *BlackBerry*.

Pesquisas realizadas pela IDC (2015) revelaram que o *Android*, *iOS* e *Windows Phone* mantém sua hegemonia no mercado com 82,8, 13,9 e 2,6% de fatia de mercado, respectivamente. Fica evidente, neste ponto, que para continuar esta supremacia, a continuidade de manutenção nestas plataformas se faz necessária. Por isso, estudos com foco na relação ao desenvolvimento dos sistemas e no público ao qual ele se destina se fazem imprescindíveis.

Vale inferir, neste ponto, que o *Android* é um sistema para dispositivos móveis desenvolvido pela Google e baseado no Linux. Apesar de este sistema poder ser utilizado por mais de uma fabricante de aparelhos, a empresa Samsung é detentora da maior parte e almeja manter-se na liderança com foco em *smartphones* de baixo custo (IDC, 2015; Gartner, 2012). O *iOS*, por sua vez, é desenvolvido e distribuído pela *Apple Inc*, sendo um *software* dedicado e homologado exclusivamente para produtos desta marca. Já o *Windows Phone* é desenvolvido pela Microsoft e em parceria com a Nokia se tornou o sistema operacional principal dos aparelhos desta marca (IDC, 2015).

Os diferentes formatos de interação entre usuário e sistema operacional aliados às diferentes situações de uso tornam esta avaliação essencial e peculiar. Neste cenário, a Engenharia de Usabilidade ganha notório destaque. Ela descreve critérios de usabilidade verificáveis e mensuráveis, além de especificar parâmetros quantificáveis acerca do desempenho de um produto em relação às medidas adotadas, como, por exemplo, satisfação de uso que inclui a frequência de reclamações e expressões dos usuários (Nielsen, 1994; Abreu, 2005).

Evidencia-se diversas oportunidades de pesquisa a partir desta área do saber. A Tabela 1 apresenta um levantamento com trabalhos relacionados à avaliação de interfaces e/ou aplicativos e os métodos de avaliação utilizados. Pesquisas estas que tiveram como objetivo principal mensurar a satisfação de uso em dispositivos móveis ou elaboração de abordagens para avaliação destes.

É possível perceber que a aplicação de questionários é uma técnica comumente empregada na literatura. Esta

Tabela 1. Pesquisas que investigam dispositivos móveis e métodos de avaliação

Autor	Objetivo da pesquisa	Materiais e métodos
Chin <i>et al.</i> (1988)	Desenvolvimento do QUIS como ferramenta para mensurar a satisfação de usuário na IHC	Foram utilizados 150 participantes para validar o questionário
Harper <i>et al.</i> (1997)	Estudo para validação e confiabilidade do QUIS 7.0 baseado em web	QUIS 7.0 em ambiente web. Participaram 88 voluntários para validação do questionário
Park et Chen (2007)	Investigar motivações de enfermeiros e médicos para adoção de smartphones	Questionário TAM (Technology Acceptance Model) com 133 participantes
Hussain et Kutar (2012)	Análise de usabilidade de mapas de navegação em dispositivos móveis	Modelo mGQM (Goal Question Metric model) para avaliar o uso dos aplicativos e questionários (similar ao QUIS) para medidas subjetivas
Treeratanapon (2012)	Proposta de um framework como ferramenta de mensuração de usabilidade de aplicações móveis	Norma ISO 9241 e Questionário TAM para três grupos de usuários: novatos, experientes e especialistas
Naeini et Mostowfi (2015)	Avaliação de satisfação de usuários de máquinas de vendas	Questionário QUIS com 34 usuários
França <i>et al.</i> (2016)	Aceitação de aplicativos móveis por alunos de uma instituição de ensino	Questionário TAM (Technology Acceptance Model) com 251 discentes
Moumane <i>et al.</i> (2016)	Avaliação de usabilidade de aplicações para dispositivos móveis	Questionário QUIS para mensurar satisfação e Norma ISO 9241 e ISO 25062 com 32 usuários

Fonte: Os próprios autores



abordagem permite mensurar a expectativa do usuário (Freitas *et al.*, 2000; Padilha, 2004; Moumane *et al.*, 2016). Padilha (2004) e Kronbauer *et Santos* (2013) indicaram que questionários têm sido muito utilizados em pesquisas que investigam o uso de aplicativos móveis, sendo capazes de avaliar uma interface qualitativa e quantitativa. Já para Freitas *et al.* (2000), Abreu (2005) e Naeini *et Mostowfi* (2015), os questionários servem para coletar informações subjetivas, qualidade da interface e dados sobre o perfil dos usuários e possível problemas.

O levantamento apontou estudos que utilizaram o QUIS como ferramenta de avaliação subjetiva do usuário. Este questionário é uma ferramenta fiável e indicada para este fim. Foram realizadas atualizações neste questionário para adequá-lo às novas necessidades do mercado e para mantê-lo atualizado (Harper *et al.*, 1997; Naeini *et Mostowfi*, 2015; Moumane *et al.*, 2016).

A Tabela 1 indicou tendência para estudos avaliativos de aplicações em dispositivos móveis e propostas de abordagens para avaliações destes. Contudo, percebe-se uma carência de estudos sobre a satisfação de uso dos sistemas operacionais em si, base fundamental de suporte aos aplicativos.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

3.1. Tipo de pesquisa

Esta pesquisa pode ser caracterizada como aplicada descritiva, de abordagem quantitativa (Freitas *et al.*, 2000; Padilha, 2004; Cervo, 2007; Corrar, 2007). Sua natureza de pesquisa aplicada é a geração de conhecimentos aplicados focados em problemas específicos. O objetivo descritivo foca em investigar os fatores que se relacionam com satisfação de uso de sistemas operacionais de *smartphones* e analisar as opiniões dos usuários obtidas a partir do questionário aplicado, fundamentado no QUIS. A abordagem permite mensurar e analisar quantitativamente o nível de satisfação dos entrevistados, transformando uma medida subjetiva em uma outra de caráter numérico.

3.2. Método de coleta de dados

A primeira etapa consistiu na personalização do questionário, baseado no QUIS versão 7.0, para que as perguntas de interesse fossem focadas nos sistemas operacionais dos smartphones. O QUIS foi desenvolvido na *Laboratory for Automation Psychology and Decision Processes* (LAPDP), da Universidade de Maryland. É fundamentalmente utilizado para medir a satisfação subjetiva

do usuário quanto à usabilidade de uma interface. Além disto, este questionário apresenta estimativas conhecidas e quantificáveis de confiabilidade e validade (Chin *et al.*, 1988; Harper *et al.*, 1997; Naeini *et Mostowfi*, 2015; Moumane *et al.*, 2016).

O questionário que fora enviado aos candidatos foi organizado por seções. Do original, foram incluídas perguntas de cunho demográfico e sobre o sistema operacional que o candidato utilizava. Não foi escopo deste trabalho formular um questionário novo ou fazer modificações significativas no questionário de referência.

O questionário aplicado neste trabalho pode ser dividido, subjetivamente, em duas partes: satisfação geral com o sistema e fatores específicos da interface. A primeira parte refere-se ao contexto geral do entrevistado, sua experiência com o sistema, experiências com dispositivos similares e reações gerais do usuário. Esta parte se refere, respectivamente, as seções 1, 2 e 3 da Tabela 2. A segunda era focada na avaliação do sistema operacional nos quesitos: tela, terminologia, aprendizado e recursos do sistema. São as seções 4, 5, 6 e 7, respectivamente, da Tabela 2. Uma questão da seção 12 do questionário foi agregada na seção 7 do questionário aplicado, com o objetivo de avaliar a satisfação quanto à instalação de novos *softwares* dentro das plataformas estudadas.

Tabela 2. Fatores do QUIS considerados no questionário

Seção	Fatores	Aplicado na pesquisa
1	Experiência com o sistema	Sim
2	Experiências anteriores	Sim
3	Reações gerais do usuário	Sim
4	Fatores relacionados à tela	Sim
5	Terminologia e retorno do sistema	Sim
6	Fatores relacionados ao aprendizado	Sim
7	Recursos do sistema	Sim
8	Manuais técnicos	-
9	Tutoriais online	-
10	Multimídia	-
11	Teleconferência	-
12	Instalação de software	Sim

Fonte: Os próprios autores

Os entrevistados, ao responder, externavam suas opiniões especificando seu nível de satisfação com cada um dos critérios avaliados. Para isto, a ferramenta baseou-se em uma escala Likert de 9 pontos, variando de 1 a 9, em cada pergunta dessas seções. Todos os pontos foram rotulados com esta numeração. Quanto mais próximo da nota 1, mais insatisfeito demonstrava-se o entrevistado. E quanto mais próximo de 9, mais satisfeito. Além disto, assim como o QUIS, buscou-se manter neutralidade nas pergun-



tas para evitar viés aquiescente, apresentado por Presser et Schuman (1981).

A segunda etapa foi a aplicação do questionário a um grupo de pessoas e posterior análise dos resultados. A aplicação de questionários pode ser considerada como uma técnica prospectiva (Padilha, 2004), que envolve a opinião do usuário e serve para avaliar a interação entre ele e a interface (Freitas et al., 2000; Naeini et Mostowfi, 2015). Segundo Freitas et al. (2000) e Padilha (2004), o questionário possui uma grande vantagem por ser um instrumento capaz de ser aplicado para um grande número de usuários ao mesmo tempo.

Para o levantamento dos dados e para evitar viés nas respostas, focou-se em um grupo formado por candidatos graduandos ou graduados em cursos das áreas de Engenharia, Computação ou Administração. Os cursos superiores que compreendem estas formações possuem apelo à tecnologia e à gestão.

O interesse foi obter respostas apenas sobre os sistemas operacionais *Android*, *iOS* e *Windows Phone*. Para efeito de análise, aqueles que responderam à pesquisa e, em algum dos critérios, mostrou-se fora deste grupo controle tiveram suas respostas excluídas. Candidatos que possuíam versões muito antigas dos sistemas operacionais também tiveram suas notas desconsideradas. Foram consideradas: *Android* (versão 4.0 ou superior), *iOS* (7 ou superior) ou *Windows Phone* (7 ou superior).

Os dados coletados foram codificados e carregados no software estatístico *Statistical Package for the Social Sciences* (*SPSS Statistics*) versão 24.0 Trial para Windows 10. Posteriormente, os dados foram tratados e procedeu-se a análise descritiva e fatorial. A primeira parte consistiu em entender o perfil do entrevistado e se os dados obtidos estavam de acordo com a proposta. Além disso, foi possível captar e mensurar a relação entre os usuários e os sistemas e outros dados demográficos. A segunda parte consistiu na análise fatorial dos dados. Nesta etapa, a técnica de análise multivariada foi empregada para examinar as relações entre as características estudadas e os sistemas operacionais como um todo. O objetivo foi tratar os dados e buscar uma forma de redução transformada de maneira que as novas variáveis explicassem bem os dados e tornassem o modelo mais parcimonioso (Corrar, 2007; James et al., 2013).

Para este estudo, foi adotado um intervalo de confiança de 95%, implicando em um nível de significância de $\alpha = 0,05$, a fim de extrair o máximo de informação dos dados e analisar o comportamento dos dados com vistas a avaliar a influência, ou não, de fatores principais e suas interações no valor da variável de resposta observada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Confiabilidade do questionário aplicado

O questionário utilizado neste estudo foi adaptado do QUIS. Este é uma ferramenta fiável e validada por Chin et al. (1988) e a versão 7.0 por Harper et al. (1997). Devido às mudanças no questionário aplicado, considerou-se importante medir a fiabilidade também deste. Para isto, foi utilizado o coeficiente alfa de Cronbach. Este parâmetro é comumente utilizado para medir a consistência interna dos questionários, em especial, quando as perguntas do questionário ou pesquisa usam a escala Likert. A Equação 1 é utilizada para calcular este coeficiente. O resultado esperado será um valor entre 0 e 1. A pontuação igual ou superior a 0.7 é considerada aceitável (Park et Chen, 2007; Choi et Lee, 2012; Naeini et Mostowfi, 2015; França et al., 2016). A análise proporcionou um valor global de alfa de Cronbach de 0.9448 (Tabela 3), confirmando a fiabilidade dos dados obtidos nesta pesquisa.

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum Vi}{Vt} \right) \quad (1)$$

onde,

K = número de itens;

$\sum Vi$ = soma da variância dos itens;

Vt = variância total.

Tabela 3. Estatística de confiabilidade

Alfa Cronbach	N de itens
0.9448	21

Fonte: Os próprios autores

4.2. Fatores demográficos e satisfação global do sistema

O questionário foi aplicado entre outubro de 2014 e dezembro de 2015. Foram obtidas 306 respostas válidas. Foram desconsideradas aquelas cujos respondentes possuíam um sistema operacional e/ou versão diferente dos sistemas pesquisados ou os entrevistados não faziam parte do grupo estudado.

A maior parte das respostas foi proveniente do público masculino, conforme representado na Tabela 4. A idade variou de 18 a 73 anos de idade, com média e moda de 30 anos. Obteve-se 14% de respostas dos cursos da área de Administração, 45% de Computação e 41% das Engenharias.



Tabela 4. Descrição dos usuários entrevistados

SO	N	Gênero		Áreas dos cursos			%	Acumulado
		M	F	Adm.	Comp.	Eng.		
Android	213	152	61	28	104	81	70%	70%
iOS	64	43	21	12	20	32	21%	91%
WP	29	23	6	2	15	12	9%	100%

Fonte: Os próprios autores

O uso de *Android* foi majoritário no grupo de entrevistados, com 70%, contra 21% do *iOS* e 9% do *Windows Phone* (WP). Estes resultados refletem a pesquisa de Gartner (2012) e IDC (2015), cujas investigações apontaram para a predominância destes sistemas no mercado. Além disso, os autores haviam apontado que o primeiro possuía uma fatia de mercado muito superior aos demais.

Quanto à experiência com o sistema, 14% afirmaram utilizar o sistema há menos de 6 meses; 18% entre 6 meses e 1 ano; e 68% utilizam o sistema há mais de 1 ano. Em relação ao tempo médio diário de utilização, 9% utiliza o *smartphone* menos de 1 hora por dia; 36% utilizam entre 1 e 4 horas; e os demais, 55%, declararam dedicar um tempo superior a 4 horas. Este último não quer dizer, necessariamente, tempo ininterrupto de uso. Em contrapartida, pode-se enxergar uma oportunidade para estudar a frequência de uso dos dispositivos móveis, a interação com os aplicativos e, quiçá, questões de ergonomia.

Todos os participantes informaram possuir alguma familiaridade com outros dispositivos, *softwares* ou sistemas de computador. Dados estes satisfatórios para a pesquisa, uma vez que o grupo pesquisado possui vivência com este tipo de interação.

Quanto às reações gerais dos usuários, todas as questões tiveram média superior a 5 pontos. Para o item Terrível-Maravilhoso, 86% das respostas continham as notas entre 6 e 9, com moda igual a 7, representando 42% deste total e 36% de todas as respostas. Para Frustrante-Satisfatório, 80% estavam entre 6 a 9, moda de 8, representando 34% deste total e 27% do total geral. Para a questão Difícil-Fácil, 86% marcaram entre 6 e 9, moda de 8 representando 36% deste grupo e 31% do total geral. O fato de 86% considerarem o sistema fácil de utilizar pode ter relação com o uso de outras interfaces. Já a avaliação sobre o item Aborrecido-Estimulante, 72% das respostas foram entre 6 e 9, com moda 7 representando 36% destas respostas e 26% de todas as respostas.

5.3. Análise fatorial entre grupos dos sistemas

Foram empregados os testes de adequação *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO) e esfericidade de *Bartlett* para verificar se

os dados originais eram satisfatórios para análise fatorial. O resultado obtido para KMO superior a 0.5 e p-valor menor que 0.05 no teste de esfericidade de *Bartlett* são favoráveis à utilização de análise fatorial nesta pesquisa (Corrar, 2007; França *et al.*, 2016). Estes resultados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Teste de KMO e Bartlett

Kaiser-Meyer-Olkin - Adequação		,931
Esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	4566,610
	gl	210
	Sig.	,000

Fonte: Os próprios autores

A análise da medida de adequabilidade da amostra (MSA) foi realizada para verificar o poder de explicação de cada fator em cada uma das variáveis do modelo. Cada variável é inserida na matriz anti-imagem e os valores acima de 0.5 representam bons fatores (Corrar, 2007). As medidas de adequação de amostragem obtidas neste trabalho foram valores entre 0.819 e 0.962.

A seguir, calculou-se a análise de comunalidades de cada variável. Esta análise representa o quanto cada extração pode ser explicada ao longo da análise fatorial (Hair Jr. *et al.*, 2005; Corrar, 2007). Consideram-se válidos os valores com poder de explicação superiores a 0.5. Quanto mais próximo de 1.0, maior é o poder de extração de informações que a variável possui do modelo. Logo, maior o percentual de explicação da variável na análise fatorial. Neste trabalho, TER521 atingiu o maior coeficiente (0.883) e REC711 o menor (0.544). Como todos os valores foram superiores a 0.5, nenhuma variável foi excluída do modelo.

A Matriz de Componentes Principais (PCA) foi utilizada como técnica para a extração dos fatores e redução da dimensionalidade do modelo. O critério considerado foi autovalor (*Eigen value*). Este critério é utilizado para determinar a quantidade de fatores que explicam a maior variabilidade do modelo. A Figura 1 apresenta o compromisso entre o autovvalor e o número de componentes principais possíveis de serem selecionadas. Optou-se por utilizar as quatro componentes que mais explicam o modelo.



Tabela 6. Total de variância explicada

Fator	Autovalor inicial			Somadas extraídas das cargas ao quadrado			Somadas das cargas ao quadrado		
	Total	% de variância	% cumu-lativa	Total	% de variância	% cumu-lativa	Total	% de variância	% cumu-lativa
1	10,517	50,082	50,082	10,517	50,082	50,082	5,767	27,463	27,463
2	1,610	7,666	57,748	1,610	7,666	57,748	3,555	16,926	44,389
3	1,292	6,151	63,899	1,292	6,151	63,899	2,905	13,833	58,222
4	1,113	5,300	69,199	1,113	5,300	69,199	2,305	10,977	69,199

Fonte: Os próprios autores

De acordo com James *et al.* (2013), cada componente principal (PC) é representada na direção na qual os dados possuem maior variância. A primeira reta deve minimizar as distâncias perpendiculares (projeções) entre cada observação e a própria reta. A segunda componente principal deve capturar todas as informações que a primeira componente principal não capturou e assim sucessivamente. No final, têm-se o compromisso entre o número de componentes principais a serem utilizadas no modelo e total de variância explicada.

Em seguida, através da matriz de componente rotativa pelo método Varimax com Normalização de Kaiser, foi possível analisar os indicadores dentro de cada um dos fatores extraídos pela PCA. O Fator 1 foi composto pelas variáveis: APR61, APR611, APR612, APR62, APR621, APR622, APR63, APR64 e APR641. O Fator 2 por: TEL41, TEL42, TEL421, TEL422 e TEL511. O Fator 3 pelas variáveis: REC71, REC711, REC73 e REC74. Uma variável, TER51, foi excluída do modelo por possuir um coeficiente menor que 0.5. O Fator 4 reuniu as variáveis TER52 e TER521. Esta relação dos fatores e variáveis do novo modelo é apresentada na Tabela 7.

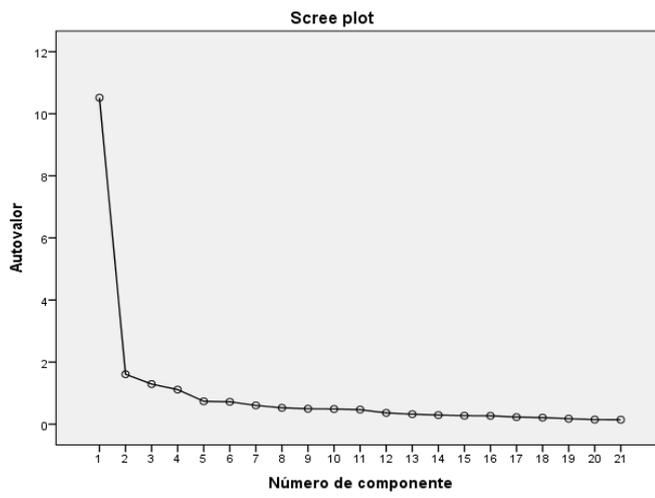


Figura 1. Matriz de Componentes Principais

Fonte: Os próprios autores

A redução de dimensionalidade deste trabalho permitiu reduzir de 21 para 4 fatores. Estes quatro fatores explicam 69.19% da variabilidade do modelo (Tabela 6). Nota-se através da tabela que apenas um único fator é responsável por explicar 50% do modelo. Este índice, conforme explicado por James *et al.* (2013), sugere uma linearidade dos dados que são representados por esta componente.

Através da análise sobre as componentes, percebe-se que o Fator 1 foi composto pelas variáveis relacionadas ao aprendizado. Estas variáveis possuem coeficiente entre 0.655 e 0.778. Esta seção foca na exploração de novos recursos e o quanto é desafiador ao usuário. O Fator 2 foi composto pelas variáveis relacionadas à tela e uma variável de terminologia, TER511. Neste caso, esta variável possuiu maior correlação com a seção tela do que terminologia. Os coeficientes possuíram valores entre 0.523 e 0.766. Este novo fator gerado objetiva mensurar a ordenação e leiautes das telas que os sistemas operacionais oferecem aos usuários. O Fator 3 foi composto pelas variáveis de recursos do sistema. Os coeficientes atingiram entre 0.617 e 0,780. Este fator está relacionado às soluções que os sistemas operacionais oferecem aos usuários durante o uso. O Fator 4 reuniu duas variáveis fortemente correlacionadas, TER52 e TER521, ambas de terminologia, com coeficientes de 0.884 e 0.889, respectivamente. Estas variáveis dizem respeito às mensagens de erro. A alta correlação entre as variáveis indica que a experiência do usuário com estas duas características é muito similar.

Com os quatro novos fatores obtidos pela redução de dimensões, buscou-se por validar novamente a consistência interna dos dados de cada fator. Para isto foi utilizado o coeficiente alfa de Cronbach apresentado na subseção 5.1. Os valores dos coeficientes alfa obtidos para cada um



Tabela 7. Matriz de componentes

Descrição das variáveis e critérios de pior-melhor nota	Componente			
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
TEL41: Os leiautes das telas são úteis (nunca- sempre)		.745		
TEL42: A sequência das telas é (confusa-clara)		.753		
TEL421: Próxima tela em uma sequência (imprevisível-previsível)		.766		
TEL422: Voltando à tela anterior (impossível-fácil)		.697		
TER51: Sistema mantém informado sobre o que está fazendo (nunca- sempre)	-	-	-	-
TER511: Execução de uma operação conduz a um resultado previsível (nunca- sempre)		.523		
TER52: Mensagens de erro são (inúteis-úteis)				.884
TER521: Mensagens de erro esclarecem o problema (nunca- sempre)				.889
APR61: Aprender a operar o sistema (difícil-fácil)	.771			
APR611: Aprendizagem de recursos avançados (difícil-fácil)	.736			
APR612: Tempo para aprender a usar o sistema (lento-rápido)	.778			
APR62: Exploração de recursos por tentativa e erro (desanimador-animador)	.655			
APR621: Explorar recursos do aparelho é uma tarefa (arriscada-segura)	.723			
APR622: Descobrir novos recursos (difícil-fácil)	.776			
APR63: Lembrando nomes e uso de comandos (difícil-fácil)	.737			
APR64: As tarefas podem ser realizadas de uma forma simples e direta (nunca- sempre)		.699		
APR641: Passos para completar uma tarefa segue uma sequência lógica (nunca- sempre)		.693		
REC71: Disponibilidade de backup dos dados (nunca- sempre)			.672	
REC711: Disponibilidade de atualização do sistema operacional (nunca- sempre)			.617	
REC73: Personalização de itens (difícil-fácil)			.780	
REC74: Informações sobre o progresso de downloads (nunca- sempre)			.658	

Fonte: Os próprios autores

dos novos fatores foram: Fator 1: 0.9411, Fator 2: 0.8840, Fator 3: 0.7851 e Fator 4: 0.9124. O resultado indica a fiabilidade dos novos fatores encontrados após o tratamento dos dados.

A análise fatorial deste trabalho permitiu entender quais critérios possuem maior influência sobre a satisfação de uso de dispositivos móveis. A redução de dimensões dos dados através da PCA apontou quatro novos fatores que explicam boa parte dos dados obtidos, tornando o modelo mais parcimonioso. Com quatro dimensões, o novo modelo torna-se menos complexo de ser analisado.

5. CONCLUSÃO

Esta pesquisa centrou-se na avaliação e identificação de fatores que afetam positiva ou negativamente a satisfação de uso de dispositivos móveis. O objeto de estudo foram os sistemas operacionais *Android*, *iOS* e *Windows Phone*. Estes sistemas foram escolhidos por serem os mais conhecidos e utilizados no mercado, segundo pesquisa da IDC (2015). O público-alvo entrevistado foram graduandos e graduados em cursos das áreas de Engenharias, Computação e Administração. Optou-se por este público por possuir candidatos com raciocínio e habilidades similares. A ferramenta utilizada foi um questionário baseado no QUIS. O questionário

aplicado mostrou-se fiável e permitiu avaliações quanto aos fatores de uso dos sistemas operacionais.

O questionário foi aplicado de forma *online* e foram obtidas um total de 306 respostas válidas. Dessas, 69% foram provenientes de utilizadores do sistema *Android*, 21% do *iOS* e 10% do *Windows Phone*. Estes dados indicam concordância à pesquisa de IDC (2015) e Gartner (2012) que apontaram a hegemonia destes sistemas no mercado, sendo o *Android* com a maior fatia de mercado, superior à soma dos dois outros.

O modelo inicial possuía 21 fatores. Estes eram agrupados entre as categorias tela, terminologia, aprendizado e recursos do sistema. O fato de analisar muitos fatores e mais de um sistema operacional indicou a necessidade de análise multivariada de dados. Neste ponto, a análise fatorial e a busca por redução de dimensionalidade do modelo foram testes empregados.

A matriz de componentes principais permitiu reduzir de 21 para 4 fatores. Estes novos fatores obtidos explicam a maior parte da variância dos dados e possuem coeficientes satisfatórios. O Fator 1 foi composto pelas variáveis relacionadas ao aprendizado com o sistema operacional. O Fator 2 reuniu as variáveis relacionadas à tela e uma variável de terminologia, por possuir maior poder de associação. O Fator



3 foi composto pelas questões relacionadas a recursos que o sistema operacional oferece ao usuário. O Fator 4 reuniu duas questões sobre mensagens de erro que mostraram forte correlação entre elas. Este ponto indica que, além da forte associação entre as variáveis, estas questões devem ser um ponto de atenção. Isto se justifica pelo fato de apenas duas variáveis corresponderem a um novo fator.

O estudo limitou-se a investigar a satisfação de uso de sistemas operacionais de dispositivos móveis para um grupo específico, enquanto o *software* está presente em quase totalidade dos aparelhos utilizados. Os principais desafios desta pesquisa foram: conseguir um número significativo de entrevistados que pudessem participar da pesquisa, restringir o questionário de tal forma que o mesmo tivesse foco em avaliação do sistema operacional, ao invés de induzir o candidato sobre o uso de aplicativos.

Os resultados deste trabalho abrem possibilidades para novas pesquisas. Espera-se que a análise desenvolvida sirva para apoiar avaliações sobre interfaces e aplicativos móveis. Além disto, serve como guia para desenvolvedores de sistemas operacionais e comunidade acadêmica interessada em IHC. É possível ampliar esta pesquisa para novos grupos de entrevistados e analisar possíveis diferenças entre eles. Novas sugestões de pesquisa tornam-se interessantes a partir deste trabalho: propostas de mensagens de erros eficazes dentro do universo de *smartphones* e avaliações de novos sistemas operacionais são algumas delas. Adicionalmente, pode-se ampliar o grupo controle e confrontar fatores que possam interferir, ou não, na satisfação dos usuários destas plataformas.

REFERÊNCIAS

- Abreu, L. M. (2005), Usabilidade de telefones celulares com base em critérios ergonômicos, Dissertação de Mestrado em Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.
- Agência Brasileira de Telecomunicações - Anatel (2016), “Estatísticas de celulares no Brasil”, disponível em <http://www.teleco.com.br/ncel.asp> (acesso em 02 abr. 2016).
- Cervo, A. L. (2007), Metodologia científica, 6 ed., Pearson Prentice Hall, São Paulo.
- Chin, J. P. et al. (1988), “Development of an instrument measuring user satisfaction of the human-computer interface”, artigo apresentado em CHI '88 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Portland, OR, 26-28 set. 1988, disponível em: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=57203> (acesso em 15 jan. 2016).
- Choi, J. H.; Hye-Jin, L. (2012), “Facets of simplicity for the smartphone interface: A structural model”, International Journal of Human-Computer Studies, Vol.70, No.2, disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581911001261> (acesso em 15 jan. 2016).
- Corrar, L. J. et al. (2007), Análise multivariada para os cursos de administração, ciências contábeis e economia, 1 ed., Atlas, São Paulo.
- EMarketer (2015), “Nearly 400 Million in Latin America Used Mobile Phones in 2014”, disponível em <http://www.emarketer.com/Article/Nearly-400-Million-Latin-America-Used-Mobile-Phones-2014/1011818> (acesso em 02 mar. 2016).
- França, V. et al. (2016), “Fatores favoráveis à aceitação de aplicativos móveis: um estudo com Alunos de uma instituição pública de ensino”, Sistemas & Gestão, Vol. 11, No. 1, disponível em: <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/1045> (acesso em 13 jul. 2016).
- Freitas, H. et al. (2000), “O método de pesquisa survey”, Revista de Administração da USP – RAUSP, Vol.35, No.3, pp. 105-12.
- Gartner (2012), “Gartner Says Worldwide Sales of Mobile Phones Declined 2.3 Percent in Second Quarter of 2012”, disponível em <http://www.gartner.com/newsroom/id/2120015> (acesso em 20 jan. 2018).
- Gresse Von Wangenheim et al. (2014), “Sure: uma proposta de questionário e escala para avaliar a usabilidade de aplicações para smartphones pós-teste de usabilidade”, artigo apresentado em ISA 14: 6ta. Conferencia Latinoamericana de Diseño de Interacción, Buenos Aires, BA, 19 a 22 nov. 2014, disponível em: bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/ponencias/sure-proposta-questionario-escala.pdf (acesso em 13 jul. 2016).
- Harper, B. et al. (1997), “Questionnaire administration via the WWW: A validation and reliability study for a user satisfaction questionnaire”, artigo apresentado em WebNet 97, Association for the Advancement of Computing in Education, Toronto, Canadá, 31 out. – 05 nov. 1997, disponível em: <http://www.lap.umd.edu/quis/> (acesso em 13 jul. 2016).
- Hussain, A.; Kutar, M. (2012), “Usability evaluation of SatNav application on mobile phone using mGQM”, International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications, Vol.4, No. 2012, disponível em: <https://doaj.org/article/37263dce87964e90b4d261e1da14cc81> (acesso em 13 jul. 2016).
- IDC (2015), “Smartphone os market share, 2015 q2”, disponível em <http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp> (acesso em 03 mar. 2016).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2016), “Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação”, disponível em <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/> (acesso em 03 mar. 2016).
- James, G. et al. (2013), An introduction to statistical learning with applications, in R, Springer, Nova Iorque, NY, disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581911001261> (acesso em 15 jan. 2016).



em: <http://www-bcf.usc.edu/~gareth/ISL/ISLR%20First%20Printing.pdf> (acesso em 03 de março de 2016).

Kronbauer, A. H.; Santos, C. A. S. (2013), "Avaliação da Influência de Aspectos Contextuais na Interação com Aplicativos para Smartphones", artigo apresentado em WebMedia '13: 19th Symposium on Multimedia and the Web, Salvador, BA, 05-08 nov. 2013, disponível em: http://www.academia.edu/11302187/Evaluation_of_the_influence_of_contextual_factors_on_the_interactions_with_applications_for_smartphones (acesso em 06 jul. 2016).

Moumane, K. et al. (2016), "Usability evaluation of mobile applications using ISO 9241 and ISO 25062 standards", SpringerPlus, Vol.5, No.1, disponível em: https://www.researchgate.net/publication/301720411_Usability_evaluation_of_mobile_applications_using_ISO_9241_and_ISO_25062_standards (acesso em 28 jul. 2016).

Naeini, H. S.; Mostowfi S. (2015), "Using QUIS as a Measurement Tool for User Satisfaction Evaluation (Case Study: Vending Machine)", International Journal of Information Science, Vol.5, No.1, disponível em: <http://article.sapub.org/10.5923.j.ijis.20150501.03.html> (acesso em 28 jan. 2016).

Nielsen, J. (1994), Usability Engineering, 1 ed., Elsevier, San Francisco, California.

Padilha, A. V. (2004), Usabilidade na web: uma proposta de questionário para avaliação do grau de satisfação de usuários do comércio eletrônico, Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, SC.

Parada, A. G. et al. (2015), "Automating mobile application development: UML-based code generation for Android and

Windows Phone", Revista de Informática Teórica e Aplicada, Vol. 22, No. 2, disponível em: <http://seer.ufrgs.br/index.php/rita/article/view/RITA-VOL22-NR2-3150> (acesso em 28 jan. 2016).

Park, Y.; Chen, J. V. (2007), "Acceptance and adoption of the innovative use of smartphone", Industrial Management & Data Systems, Vol.107, No.9, disponível em: <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/02635570710834009> (acesso em 30 jan. 2016).

Presser, S.; Schuman, H. (1981), Questions and answers in attitude surveys: Experiments on question form, wording, and context, Sage, San Diego, California.

Silva, P. M.; Dias, G. A. (2007), "Teorias sobre Aceitação de Tecnologia: por que os usuários aceitam ou rejeitam as tecnologias de informação", Brazilian Journal of Information Science, Vol.1, No.2, disponível em: www2.marilia.unesp.br/revistas/index.php/bjis/article/download/35/34 (acesso em 13 jul. 2016).

Treeratanapon, T. (2012), "Design of the Usability Measurement Framework for Mobile Applications", artigo apresentado em ICCIT'2012: International Conference on Computer and Information Technology, Bangkok, Tailândia, 16 - 17 jun. 2012, disponível em: psrcentre.org/images/extramimages/19%20612045.pdf (acesso em 13 jul. 2016).

Wasserman, A. I. (2010), "Software engineering issues for mobile application development", artigo apresentado em FoSER '10 Proceedings of the FSE/SDP workshop on Future of software engineering research, Santa Fé, Novo México, 07-11 nov. 2010, disponível em: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1882362&picked=prox> (acesso em 13 jul. 2016).

Recebido: 03 mar. 2017

Aprovado: 18 jan. 2018

DOI: 10.20985/1980-5160.2018.v13n1.1269

Como citar: Alves, M. A. (2018), "Análise de fatores relacionados a satisfação de uso dos sistemas operacionais Android, iOS e Windows Phone", Sistemas & Gestão, Vol. 13, No. 1, pp. 97-106, disponível em: <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/1269> (acesso dia mês abreviado. ano).