

Onde está a descrição? Investigando problemas de acessibilidade na versão em português de aplicativos Smart Home: uma avaliação do RSmart e do Google Home

Daniel Mesquita*
Universidade Federal do Ceará
Fortaleza, Ceará, Brasil
dmesquita861@gmail.com

Ribamar de Souza
Universidade Federal do Ceará
Fortaleza, Ceará, Brasil
ribamarop@gmail.com

Maria da Conceição Carneiro Araújo
Universidade Federal do Ceará
Fortaleza, Ceará, Brasil
marianna.c85@gmail.com

Windson Viana
Universidade Federal do Ceará
Fortaleza, Ceará, Brasil
windson@virtual.ufc.br

ABSTRACT

Smart Home devices (e.g. Alexa Echo dot, Smart TVs) are unique technologies to improve everyday lives, especially for people with disabilities. However, despite the advances provided by these technologies, people who are blind reported accessibility issues in the use of mobile applications that mediate interaction with smart devices. Our study aims to understand these applications' current state of accessibility by analysing their Portuguese versions. First, we surveyed 20 Brazilians who are blind to map the uses and main accessibility challenges of Smart Home devices. Next, we evaluated the accessibility of five mobile applications used in this context: LG ThinQ, Amazon Alexa, openHAB, Google Home, and RSmart. We found a total of 1148 accessibility issues in their Portuguese versions. The most frequent issues were missing or incorrect labels and incorrect context (e.g., content descriptions in English). The tasks that presented the most accessibility problems were the devices' search and configuration. These issues could limit the initial use of intelligent devices by users with disabilities and compel them to rely on someone else to perform essential tasks in these apps, even those created by tech giants.

CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing** → **Accessibility design and evaluation methods; Empirical studies in HCI.**

KEYWORDS

accessibility, smart home, mobile apps

ACM Reference Format:

Daniel Mesquita, Ribamar de Souza, Maria da Conceição Carneiro Araújo, and Windson Viana. 2022. Onde está a descrição? Investigando problemas de acessibilidade na versão em português de aplicativos Smart Home: uma

*The first two authors contributed equally to this research.

ACM acknowledges that this contribution was authored or co-authored by an employee, contractor or affiliate of a national government. As such, the Government retains a nonexclusive, royalty-free right to publish or reproduce this article, or to allow others to do so, for Government purposes only.

IHC '22, October 17–21, 2022, Diamantina, Brazil

© 2022 Association for Computing Machinery.

ACM ISBN 978-1-4503-9506-9/22/10...\$15.00

<https://doi.org/10.1145/3554364.3559133>

avaliação do RSmart e do Google Home. In *XXI Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC '22)*, October 17–21, 2022, Diamantina, Brazil. ACM, New York, NY, USA, 11 pages. <https://doi.org/10.1145/3554364.3559133>

PREÂMBULO

Nesta pesquisa, Ribamar de Souza participou ativamente do desenvolvimento do Estudo 2 e Estudo 3, testando os aplicativos Google Home e RSmart. Este artigo foi aceito no evento IHC 2022.

1 INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (do inglês, Internet of Things - IoT) já está presente no nosso cotidiano com a proliferação de dispositivos computacionais conectados tanto nos lares como nas cidades brasileiras (e.g., câmeras de segurança, eletrodomésticos conectados). Novak and Hoffman [18] nomeiam esses dispositivos de *Objetos Inteligentes* (do inglês, Smart Object - **SO**). Eles definem um SO como um dispositivo físico (ou um conjunto de dispositivos) conectado à Internet e que possui capacidade de interação tanto com os usuários quanto com outros objetos inteligentes. Um SO pode também incluir serviços não físicos que visam ajudar usuários a realizar suas tarefas, tais como os assistentes de voz (do inglês, Voice Assistant - **VA**) da Google e da Amazon que são embarcados em dispositivos físicos como o Nest e o Echo Dot. O conceito de *Smart Home* [14] se refere à integração de tais dispositivos domésticos a uma plataforma capaz de monitorar e controlar tais objetos.

A World Health Organization (WHO)¹ apoia o uso de IoT para pessoas com deficiência, visto os benefícios que essa tecnologia pode proporcionar a essas mais de um bilhão de pessoas no mundo. IoT já se mostra uma poderosa ferramenta para aumentar a independência e inclusão dessas pessoas [7, 8]. Pesquisas constataram que a combinação de IoT com os assistentes de voz podem ajudar pessoas com deficiência em seus lares [8, 15, 20, 22]. Essas tecnologias dão suporte à socialização e a melhoria da qualidade de vida. Por exemplo, soluções buscam atender demandas de interação nesses ambientes para pessoas idosas [9, 19, 25, 26], surdas [11] e pessoas cegas ou com baixa visão [1, 20, 22, 24]. Entretanto, a ampla adoção de SOs e VAs ainda encontra desafios que não se limitam apenas

¹<https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241564182>

aos custos de aquisição desses equipamentos. Pesquisadores já relataram a existência de problemas de acessibilidade nos aplicativos móveis usados para intermediar a interação com os dispositivos da casa ou para configurar os VAs (e.g., Alexa) [6, 7, 20, 22].

Dentro desse contexto, o objetivo desta pesquisa é investigar as dificuldades de acessibilidade de brasileiros com deficiência visual ao usar aplicações móveis do ecossistema de automação residencial. O foco é avaliar a acessibilidade em português dos aplicativos de configuração e controle. Para executar a pesquisa, primeiro, aplicou-se um questionário do tipo *survey* com 20 Pessoas com Deficiência Visual (PDVs). Ele inquiria sobre os tipos de uso e as dificuldades encontradas por elas ao usar aplicações de acesso a SOs. Os participantes reportaram problemas de configuração e uso, devido à integração insuficiente com os leitores de tela e à ausência de descrição de muitos rótulos. Em seguida, investigou-se a acessibilidade dos aplicativos LG ThinQ, Amazon Alexa, openHAB, Google Home e RSmart. Usou-se tanto uma ferramenta de checagem automática de acessibilidade (i.e Accessibility Scanner) como uma inspeção manual guiada por uma lista de requisitos de acessibilidade propostas pelo SiDi². Um total de 1148 problemas de acessibilidade foram encontrados, a maior parte, relacionados aos rótulos das descrições e ao contexto textual dos mesmos.

O restante do artigo está organizado em mais sete seções. A Seção 2 detalha pesquisas com foco em acessibilidade de aplicações móveis e estudos sobre PDVs no contexto de *Smart Home*. Já na Seção 3, descreve-se qual foi a metodologia aplicada nesta pesquisa. Posteriormente, na Seção 4, é descrito como o estudo do tipo *Survey* foi realizado. Logo em seguida, as Seções 5 e 6 descrevem como se deu a inspeção e análise de acessibilidade dos *apps* investigados, bem como apresenta os procedimentos de pesquisa usados e seus resultados. Por fim, as Seções 7 e 8 trazem uma discussão das questões de pesquisa envolvidas na investigação e as considerações finais sobre as implicações desses achados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Smart Home e PDVs

Muitas pesquisas já indicaram os benefícios das tecnologias de casa inteligente para auxiliar pessoas com deficiência [8, 10, 20, 22]. Entretanto, até recentemente, muitas soluções permaneciam na academia já que eram muito caras para sua adoção em larga escala [20][15][13]. Com a popularização de dispositivos como o Alexa Echo Dot e do Google Nest Mini, VAs passaram a ser mais frequentes (atingindo mais de 500 milhões em 2021³) e, por consequente, também suas integrações com SOs das casas das PDVs[10, 15]. A Figura 1 ilustra um exemplo de cenário de casa inteligente, no qual uma PDV usa um *app* para controlar SOs e VAs.

Especificamente no uso dessas tecnologias, Pradhan et al. [20] entrevistaram 16 PDVs que usavam Amazon Echo ou Google Home em suas casas. Todos os participantes achavam os dispositivos úteis e os usavam, principalmente, para tocar música, verificar o clima, definir alarmes, ouvir notícias e jogar. Todos os respondentes gostariam de controlar SOs com esses VAs, em especial, as luzes, termostatos e TVs. Entretanto, à época, apenas quatro deles possuíam dispositivos inteligentes (e.g., luzes, TV). Mais recentemente, Storer et al.[22]

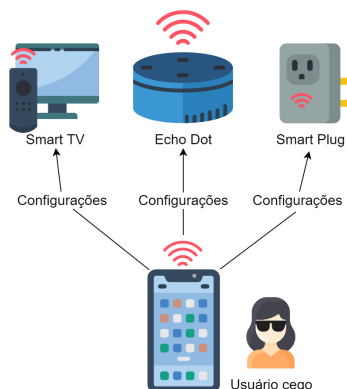


Figura 1: Aplicação móvel no contexto de *Smart Home*.

estudaram a adoção de VAs em seis famílias com casais no qual um dos membros era uma PDV. Os resultados mostraram que a usabilidade universal dos dispositivos era percebida positivamente. As PDVs gostariam de integrá-los a mais SOs (e.g., termostato), embora alguns receios de privacidade tenham sido mencionados pelos participantes. Nesses dois estudos sobre *Smart Home* e PDVs, i.e. [20][22], os usuários indicaram barreiras de acessibilidade que surgiam devido a outros elementos do ecossistema dos VAs. Por exemplo, em [20], oito PDVs mencionaram problemas com o aplicativo para *smartphone* e dez participantes também relataram que a configuração inicial dos VAs era difícil.

2.2 Acessibilidade de Aplicações Móveis

O Decreto Federal do governo brasileiro n° 5.296/2004, em seu artigo 8°, I, estabelece que: “A acessibilidade é condição para utilização, com segurança e autonomia, total ou assistida, dos espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos serviços de transporte e dos dispositivos, sistemas e meios de comunicação e informação, por pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida”. Desse modo, a acessibilidade de aplicações móveis pode ser entendida como o oferecimento efetivo de toda a informação para todos os usuários, independente da plataforma e das capacidades sensoriais, motoras ou funcionais do usuário [3, 23].

A acessibilidade para PDVs nos *smartphones* é feita, principalmente, pelos assistentes incorporados aos sistemas operacionais. No Android, por exemplo, o TalkBack, quando ativado, modifica a forma de interação com as interfaces e emite sons descritivos quando um elemento é selecionado pelo usuário. Com o tempo, esses assistentes incorporaram mecanismos além dos leitores de telas, como filtros de cores, ampliação das fontes e da tela. Entretanto, para que os assistentes de acessibilidade funcionem, as aplicações precisam seguir padrões adequados e conter, por exemplo, informações alternativas (i.e., marcações de conteúdo), cujas descrições precisam estar em conformidade com o contexto e o acesso [5].

Para ajudar os designers e desenvolvedores de aplicações móveis, guias de acessibilidade foram criados tanto na indústria (e.g., BBC⁴) como na academia [3]. Em grande parte, são inspirados nas

²<https://www.sidi.org.br/guiadeacessibilidade/en/index.html#requisitos>

³<https://www.strategyanalytics.com/>

⁴<https://www.bbc.co.uk/accessibility/forproducts/guides/mobile/>

Diretrizes para a Acessibilidade do Conteúdo da Web (WCAG)⁵. Pesquisadores brasileiros do SiDi, por exemplo, propuseram um Guia para o Desenvolvimento de Aplicações Móveis Acessíveis [21]. Esse guia possui 48 requisitos, obrigatórios e opcionais, de acessibilidade para *apps* móveis. Ele sugere design minimalista, a coerência externa da interface, o contraste adequado, além do cuidado com a descrição e os rótulos dos elementos da interface.

Apesar desses esforços, infelizmente, a realidade da acessibilidade das aplicações móveis ainda é bastante insatisfatória [2, 5, 23]. Vendome et al. [23], por exemplo, investigaram um conjunto de 13 mil aplicativos Android com código no Github. Eles mostraram que 46,25% dos *apps* tinham pelo menos 50% dos elementos visuais sem descrição. Deles, 5.107 tinham todas as descrições de conteúdo vazias. Já em [2, 5], além dos problemas de descrição de itens e rótulos, os autores indicaram alta incidência de problemas com relação ao contraste de imagens e textos na avaliação de mais de 3 mil *apps* da loja do Android.

2.3 Trabalhos Relacionados

No contexto de estudos de acessibilidade em *Smart Home*, pesquisadores brasileiros [6, 7] já mostraram a existência de problemas nos *apps* usados para intermediar a interação com os dispositivos de casas inteligentes. Em [7], os autores avaliaram acessibilidade de 6 aplicativos móveis, de código aberto, para automação residencial: IoT - Domotiz, Freedomotic, Home Assistant, HomeGenie, Mister House e openHAB. O resultado mostrou que todas os *apps* tiveram problemas de acessibilidade, como controles inacessíveis e falta de descrição textual. Os autores mostraram que em 2016 era inviável para uma PDV usar tais aplicações para a maioria das tarefas. Já na pesquisa [6], propuseram uma solução para resolver em parte esses problemas de acessibilidade detectadas anteriormente.

Já na Itália, pesquisadores investigaram por meio de um survey com 42 PDVs italianas as dificuldades e os potenciais usos de automação residencial para essas pessoas [12]. A acessibilidade e a flexibilidade das aplicações de controle remoto foram apontadas como os aspectos principais a serem considerados no design dessas soluções. Em seguida, os autores focaram na criação de um hardware (i.e., um detector de luz) que indica o estado das lâmpadas de uma casa para pessoas cegas [13].

Esses estudos serviram como base para esta pesquisa, em especial, para despertar o interesse sobre se o problema de acessibilidade ainda persiste no contexto de *Smart Home*. Em relação aos trabalhos anteriores, destaca-se que a originalidade da pesquisa está em avaliar a acessibilidade usando tanto uma ferramenta automatizada como uma avaliação manual. Além disso, investigou-se como o fator da mudança de idioma influencia no resultado da avaliação de acessibilidade, aspecto que não encontrado em outras pesquisas.

3 METODOLOGIA

O objetivo central desta pesquisa foi investigar as vantagens e usos de tecnologias de *Smart Home* no Brasil por PDVs e identificar quais são os principais desafios de acessibilidade para a sua adoção e uso. Para tal, focou-se também em estabelecer o nível de acessibilidade das aplicações usadas para configurar e acessar SOs (vide Figura 1). Foram estabelecidas três questões de pesquisa:

QP1- Quais os principais usos almejados, usos frequentes e desafios que PDVs encontram ao usar SOs?

QP2- Qual é a extensão dos problemas de acessibilidade dos aplicativos usados para configurar e acessar SOs?

QP3- Executando o aplicativo em português tem-se problemas de acessibilidade distintos da execução em inglês?

Para responder a essas questões, a metodologia deste trabalho usou métodos mistos e foi dividida em três estudos descritos nas próximas seções. O **Estudo 1** consistiu em um *survey* online respondido por 20 PDVs visando responder à QP1 e, assim, identificar as vantagens percebidas e as dificuldades de uso de soluções de *Smart Home* por essas pessoas. Já o **Estudo 2**, iniciou-se com a seleção de aplicativos e dispositivos de automação residencial para terem sua acessibilidade avaliada com intuito de responder à QP2. Após a seleção de cinco *apps*, foi implementada uma inspeção de acessibilidade com intuito de descobrir se esses aplicativos apresentam problemas semelhantes aos já apontados em estudos empíricos de acessibilidade em aplicações móveis, como os relatados na Seção 2.2. Por fim, no **Estudo 3**, foi investigado se havia diferenças de acessibilidade entre execuções em português e em inglês de três dentre os *apps* anteriores. Para tal, usou-se uma avaliação comparativa dos aplicativos alterando o idioma do sistema operacional.

4 ESTUDO 1: PESQUISA COM PDVS

4.1 Design e Objetivos da Pesquisa

A motivação inicial desta etapa foi compreender os usos e dificuldades que PDVs encontram ao usar aplicativos que acessam e configuram objetos inteligentes.

4.1.1 Métodos. A pesquisa teve caráter exploratório por meio da aplicação de um questionário contendo um total de 13 questões, sendo 10 questões de múltipla escolha, 2 questões em escala Likert e uma questão aberta. As perguntas focavam em entender os perfis de uso e as preferências mais comuns delas ao entrar em contato com SOs. Focou-se também em identificar as dificuldades que PDVs enfrentam ao acessar/configurar esses objetos (e.g., TV, lâmpadas). Além disso, foi inquirido sobre quais dispositivos os usuários estariam mais interessados em poder acessar e controlar usando seus *smartphones*.

A primeira parte do questionário traçava o **perfil dos respondentes** considerando gênero, idade e o uso do *smartphone*, além do tipo e nível de deficiência visual. Os respondentes eram questionados sobre o uso de *smartphones* para controlar SOs. Em caso afirmativo, uma seção sobre **usos já realizados** era apresentada, contendo questões sobre as ações que as PDVs faziam com os seus SOs. Por meio de uma pergunta aberta, os entrevistados descreviam as dificuldades encontradas ao tentar acessar e configurar esses objetos. Na terceira parte, foi perguntado sobre **usos desejados**, isto é, quais dispositivos eles gostariam de controlar, com quais ações e em quais situações específicas e o que consideravam como o maior impedimento para a adoção dos mesmos.

4.1.2 Procedimento. A pesquisa foi elaborada em formato online usando o Google Forms e o link do formulário foi disponibilizado em listas de e-mail, grupos do Facebook e grupos de WhatsApp voltados para o tema de acessibilidade digital para PDVs.

⁵<https://www.w3c.br/traducoes/wcag/wcag21-pt-BR/>

Categorias (N=16)	Frequência	Trechos das respostas dos participantes
Problemas de Acessibilidade	7 respostas	“... o mais difícil é a configuração inicial, devido à falta de acessibilidade nos aplicativos feitos para esse propósito. Por exemplo, encontrar e adicionar novos dispositivos...”
Difícil Configuração	4 respostas	“As vezes a configuração, a interface de certos aplicativos que são complicadas, ou até mesmo não saber que o aparelho conta com acessibilidade”.
Muitos passos até o uso	3 respostas	“em geral existem muitas etapas a serem seguidas, opções e sub opções ponto quanto menos cliques e menos etapas a serem ultrapassados melhor a usabilidade ...”
Custo econômico	2 respostas	“Primeiro ter o aplicativo para isso, em segundo lugar o aplicativo ter o mínimo de acessibilidade para tal. Alguns <i>smartphones</i> com a função necessária tem um valor mais caro...”
Problemas de Interoperabilidade	2 respostas	“...Integração desses dispositivos com aplicativos desenvolvidos por terceiros que possam unificar o acesso de dispositivos distintos.”

Tabela 1: Trecho das respostas das PDVs sobre as principais dificuldades no uso de SOs

4.2 Resultados

4.2.1 Perfis dos respondentes. Um total de vinte pessoas, sendo 18 do sexo masculino e 2 do sexo feminino, com idades entre 20 e 65 anos e com graus variados de deficiência visual (sendo 14 totalmente cegos) responderam ao questionário. Todos os participantes concordaram com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e afirmaram usar diariamente *smartphones*.

4.2.2 Usos já realizados. Entre os respondentes, 16 já haviam usado SOs. 8 PDVs reportaram o uso de Smart TVs, 7 a Amazon Alexa, 4 o Google Home e 2 usaram tomadas ou lâmpadas inteligentes. Os principais usos dos aplicativos móveis nesse contexto foram ligar/desligar SOs (10 respostas), criação de regras como alarmes e ações com os objetos (8), adicionar *Skills* à Alexa (7) e consultar o estado atual dos objetos (6). Dois respondentes usam os *apps* para enviar vídeos para exibição em suas Smart TVs.

Esses 16 respondentes também indicaram os principais desafios de acessibilidade encontrados. A Tabela 1 indica exemplos de trechos das respostas. Foram realizados procedimentos de análise de conteúdo para categorizar as respostas dadas à essa pergunta [4]. Foram identificadas cinco categorias de dificuldades: Problemas de Acessibilidade (43,75%), Difícil Configuração (25%), Muitos passos até o uso (18,75%), Custo Econômico (12,50%) e Problemas de Interoperabilidade (12,50%). Apenas duas PDVs afirmaram não ter dificuldades. Ressalta-se que quatro respostas tiveram seus trechos classificados em mais de uma categoria.

4.2.3 Usos desejados. A Figura 2 mostra alguns dos principais resultados do *survey* sobre os usos desejados. Sobre os SOs que gostariam de controlar, os participantes mencionaram, principalmente, a Máquina de Lavar(90%), Ar-condicionado (85%), TV(80%) e Luzes(80%). Os respondentes também indicaram que gostariam de controlar dispositivos como trancas de porta (65%), tomadas inteligentes (60%) e câmeras IP com microfone (55%). Todas as PDVs reportaram que gostariam de usar os *apps* para ligar e desligar os SOs, 18 delas para saber o estado de um objeto e 17 para criar regras com o dispositivo (e.g., ligar às 6h).

Sobre as situações em que gostariam de usar esses dispositivos, 100% dos participantes indicaram que gostariam de acessar/controlar distante do objeto, mas ainda em casa. 65% gostaria de executar essa tarefa fora de casa e 50% explicitaram que gostariam de usar um *app* mesmo quando estivessem próximo do objeto. Quando perguntados sobre o impeditivo para adoção de SOs, 18 indicaram o custo de

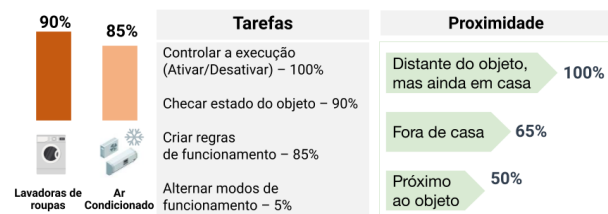


Figura 2: Usos desejados reportados pelas 20 PDVs.

aquisição e manutenção, 11 a dificuldade de configuração/uso e 8 a pouca disponibilidade de acesso.

5 ESTUDO 2: AVALIAÇÃO DE ACESSIBILIDADE DOS APPS DE CASA INTELIGENTE

A motivação desta etapa foi identificar os problemas de acessibilidade dos aplicativos usados para configurar e acessar SOs de forma a responder à QP2. Os respondentes do Estudo 1 já apontaram problemas de acessibilidade desses aplicativos. Assim, o intuito desta etapa foi entender a extensão desses problemas usando uma abordagem mais sistematizada de avaliação da acessibilidade.

5.1 Objetos de Estudo

Para a escolha dos aplicativos, usou-se o critério de popularidade dos SOs e dos assistentes de voz. Após uma pesquisa na seção de automação residencial do site da Amazon⁶, foram selecionados quatro sistemas: Amazon Alexa⁷, LG ThinQ⁸, Google Home⁹, e RSmart¹⁰. Adicionou-se aos aplicativos, um sistema de automação residencial de código aberto também avaliado em [7]: o openHAB¹¹.

Todos esses sistemas foram instalados a partir da sua versão mais atual, no segundo semestre de 2021, buscando tornar a análise justa e atualizada. As versões dos *apps* avaliados estão na Tabela 2.

⁶ <https://www.amazon.com/>

⁷ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.amazon.dee.app>

⁸ <https://www.lg.com/br/lg-thinq/app>

⁹ <https://home.google.com/welcome/>

¹⁰ https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rcell.smart&hl=pt_BR&gl=US

¹¹ <https://www.openHAB.org>

Aplicativo	Descrição	Versão
Amazon Alexa	Usado para configurar SOs que tenham a Alexa integrada (e.g., Echo Dot).	2.2.453377.0
LG ThinQ	Aplicativo da LG voltado para controle de equipamentos residenciais da marca como Smart TV e integração com SOs de terceiros.	3.6.13
openHAB	É uma plataforma de código aberto que permite ao usuário detectar SOs compatíveis na rede local e alterar o seu comportamento.	2.19
Google Home	Permite a configuração e gerenciamento de SOs como o Google Nest Mini e SOs compatíveis com padrões de conexão via Wifi, como luzes, TVs e câmeras.	2.46
RSmart	Foi desenvolvido para gerenciar os produtos da linha RSMART. É possível configurar e controlar SOs como tomadas inteligentes da marca.	1.0.0

Tabela 2: Descrição dos cinco aplicativos de *Smart Home* analisados.

5.2 Materiais e Métodos

Para essa avaliação, foi adotada uma metodologia similar a outras pesquisas sobre acessibilidade de aplicações móveis [16], nas quais foram usadas o Accessibility Scanner¹² e inspeções manuais feitas por especialistas com o auxílio do TalkBack. O Accessibility Scanner escaneia a tela de aplicativos móveis e sugere melhorias de acessibilidade às aplicações. Baixo contraste, ausência de rótulos e elementos na área clicável reduzida são exemplos de requisitos avaliados pelo Scanner em sua versão 2.2.1.35.

5.2.1 Requisitos de acessibilidade. Para a **inspeção manual**, adotou-se uma estratégia de contagem de violações dos requisitos de acessibilidade do SiDi. A escolha desse guia decorre de experiências positivas anteriores com o uso do guia e do fato que a ABNT NBR 17060 ainda está em consulta pública. Optou-se pela escolha apenas dos requisitos obrigatórios pela lista já extensa (31 requisitos) a serem checados. A lista completa está no site do SiDi¹³. Para facilitar a análise posterior, os requisitos foram agrupados em 8 categorias que podem ser visualizadas na Tabela 3, juntamente com suas descrições e os requisitos englobados.

5.2.2 Dispositivos. Durante o processo de análise das aplicações, três dispositivos Android foram usados, sendo eles um Moto G5 Plus, um Galaxy A50 e um Galaxy A32. Já os dispositivos residenciais usados nos testes foram o Echo Dot 4a Geração, a Smart TV LG 42”, a Smart TV LG UHD 4K LED 50” e uma tomada RSmart. A Tabela 4 relaciona esses equipamentos às aplicações avaliadas.

5.3 Procedimento

Três pessoas avaliaram as aplicações móveis. Uma delas tem 40 anos e mais de 10 anos de experiência na avaliação de acessibilidade. Os outros dois avaliadores são estudantes de graduação (22 e 24 anos) com formação inicial em Interação Humano-Computador. Antes de começar os testes, houve reuniões de alinhamento entre as partes, na qual o entendimento dos requisitos do guia do SiDi foi discutido. Um instrumento de checagem dos requisitos foi criado, dividido por tarefa e por dispositivos, além de separar os requisitos testados pelo TalkBack e pelo Scanner. Esse instrumento possui uma opção de marcar se um requisito foi violado ou não, além de permitir a adição de descrições. Para a escolha das tarefas, foram usados dados

coletados no *survey* descrito na Seção 4. Assim, foram definidas 5 tarefas, nas quais o avaliador deveria:

- T1 - Navegar pela tela inicial de forma a compreender todos os componentes presentes;
- T2 - Buscar e configurar os SOs na aplicação, navegando pela interface;
- T3 - Checar o status de um SO já salvo na aplicação;
- T4 - Controlar a execução do SO usando o *app*; e
- T5 - Criar regras de funcionamento do SO.

No momento das avaliações, primeiramente, as tarefas foram realizadas com o Accessibility Scanner em execução, para que a ferramenta contemplasse cada tela das tarefas e fornecesse dicas de melhorias na interface que estava sendo analisada.

Após a utilização do Scanner, todas as tarefas foram feitas novamente, porém, dessa vez, com o TalkBack ativado. Nesta etapa, a análise se deu pela navegação manual e exploratória do aplicativo. A partir do feedback de voz fornecido pelo TalkBack, o avaliador preenchia o instrumento de checagem do atendimento dos requisitos do guia do SiDi. Por exemplo, como a navegação em foco, o avaliador checava se a descrição dos componentes visuais estava adequada e em português, assim como ações de feedback da interface (e.g., popups, mudança de tela). Um vídeo¹⁴ ilustra um exemplo de inspeção feita no RSmart.

5.4 Resultados

5.4.1 Análise geral dos dados. A Tabela 5 apresenta a quantidade de violações dos requisitos por categorias nos *apps* testados. Ela apresenta o somatório de violações de cada categoria, aplicação e a média de violações encontrados por tela navegada. Foi encontrado um total de 1148 problemas de acessibilidade. A maioria são referentes aos Rótulos (388) e ao Contexto Textual (383), seguidos por problemas da Área de Toque (158) e Contraste (125). A Figura 5 apresenta as quantidades de violações por categoria de cada aplicação. Conforme pode ser observado, as aplicações possuem uma grande variação de qual categoria apresentou mais problemas.

A maior ocorrência de violações dos requisitos de acessibilidade foi com o uso do RSmart (546) e a menor no uso do LG ThinQ (55). De modo geral, o RSmart é também o que possui mais violações em Rótulos (255) e Contexto Textual (195). Vale ressaltar que apesar do RSmart apresentar a maior quantidade de violações (546), o openHAB apresentou a maior taxa de violações por quantidade

¹²https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.accessibility.auditor&hl=pt_BR&gl=US

¹³<https://www.sidi.org.br/guiaideacessibilidade/en/index.html#requisitos>

¹⁴<https://youtu.be/p6dAF2RDErc>

Categoria	Descrição	Requisitos
Área de Toque	Contempla todos os requisitos relacionados à área de toque e margem dos ícones	R13, R17
Rótulo	Esta categoria contém todos os requisitos relacionados aos rótulos da aplicação(e.g., Rótulo de Itens, Descrições de Imagens, Rótulo de Item Editável)	R07, R08, R11, R12
Interação	Contempla todos os requisitos relacionados a atalhos de usabilidade da aplicação que usam de recursos do dispositivo	R28, R29, R44, R46
Interface	Contempla todos os requisitos relacionados à disposição dos elementos visuais da aplicação	R24, R25, R47
Assistência	Contempla todos os requisitos relacionados ao fornecimento de ajuda e feedback ao usuário (e.g., Leitor de tela, mensagens extras)	R05, R31, R32, R33, R34, R40, R41, R45
Contraste	Contempla todos os requisitos relacionados a contraste e uso de cores na aplicação (e.g., Contraste de Imagem e Contraste de Texto).	R02, R03
Navegação	Contempla todos os requisitos relacionados ao fácil acesso a componentes e telas da aplicação	R21, R35, R38, R39
Contexto	Esta categoria contém requisitos que abordam o uso adequado do contexto do usuário (por exemplo, idioma nativo) nas mensagens e descrições da interface, também como o contexto de elementos textuais e não textuais (por exemplo, tipos numéricos).	R06, R09, R10

Tabela 3: Descrição das categorias e os requisitos do SiDi que elas agrupam.

Smartphone	Android	Aplicações	Dispositivos
Moto G5 Plus	8.1	Google Home e RSmart	RSTOM01BCO10A
Galaxy A50	11	LG ThinQ e openHAB	Smart TV LG 42”
Galaxy A32	11	Alexa	Echo Dot 4a Geração e Smart TV LG UHD 4K LED 50”

Tabela 4: Materiais usados no Estudo 2.

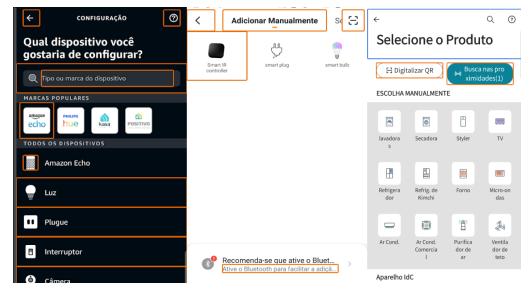


Figura 3: Telas da Alexa, RSmart e LG ThinQ analisadas pelo Accessibility Scanner.

de telas avaliadas (31,5 violações por tela), como pode ser visto na Tabela 5. Já o Google Home teve a menor taxa (3,7 violações por tela), juntamente com o LG ThinQ (7,8 violações por tela).

Durante a avaliação do openHAB e o RSmart, na realização de diversas tarefas, elementos da interface, como ícones e botões, não tinham uma descrição adequada, sendo apenas o nome do arquivo da imagem utilizada no desenvolvimento. Navegando pela Alexa e pelo openHAB, foi verificado que diversos rótulos dos componentes com itens sequenciais e/ou paginados (e.g., uma lista de opções) não informavam a numeração da sequência dos itens e nem o número total de itens. Em vários casos do openHAB, RSmart e Alexa, as descrições lidas pelo TalkBack não se encontravam na língua nativa do usuário (i.e., português). Por exemplo, rótulos como “icon”, “image” e “tab” foram encontrados na avaliação do *app* da Alexa. Essas descrições fora de contexto prejudicam a experiência e o uso das aplicações por PDVs.

Houve apenas um problema de Interação no openHAB e nenhum na categoria de Interface em todos os aplicativos. Essas duas categorias são referentes a boas práticas de interação no geral, isto é, que afetam a experiência de usuários mesmo sem qualquer deficiência. Dessa forma, supõe-se que esses aspectos já ganhem uma maior atenção no momento do desenvolvimento das aplicações.

É importante destacar que uma parte considerável das violações foi detectada com o auxílio do Accessibility Scanner. As Figura 3 e 4 mostram exemplos de análises de telas dos aplicativos feitas pelo

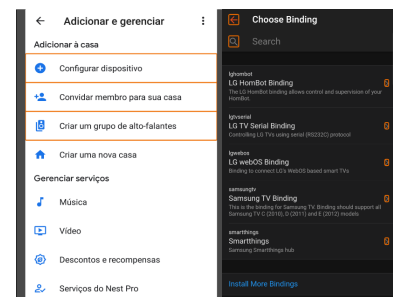


Figura 4: Telas do Google Home e openHAB analisadas.

Accessibility Scanner. Na Figura 3, a ferramenta destacou os componentes com problemas de Contraste e Rótulos nos *apps* da Alexa e do RSmart. Ela mostra também os problemas de Área de toque no LG ThinQ. Já a Figura 4 destaca problemas de Área de toque e de Contraste encontrados no Google Home e openHAB. O relatório do Accessibility Scanner apontou, por exemplo, 74 problemas para o *app* da Alexa, 35 para o LG ThinQ e 71 para o Google Home. Já o RSmart e o openHAB apresentaram os maiores quantidades de problemas nessa análise: 264 e 123, respectivamente.

Categorias	Alexa	LG ThinQ	openHAB	RSmart	G Home	Totais
Área de Toque	37	17	17	49	38	158
Rótulo	46	13	63	255	11	388
Interação	0	0	1	0	0	1
Interface	0	0	0	0	0	0
Assistência	37	10	12	8	14	81
Contraste	0	5	55	39	26	125
Navegação	0	3	6	0	3	12
Contexto	81	7	98	195	2	383
Totais	201	55	252	546	94	1118
<i>Taxa de violações por tela</i>	201/12 = 16,7	55/7 = 7,8	252/8 = 31,5	546/23 = 23,7	94/25 = 3,7	1118/75 = 14,9

Tabela 5: Problemas de acessibilidade encontrados na checagem automática e na inspeção manual.

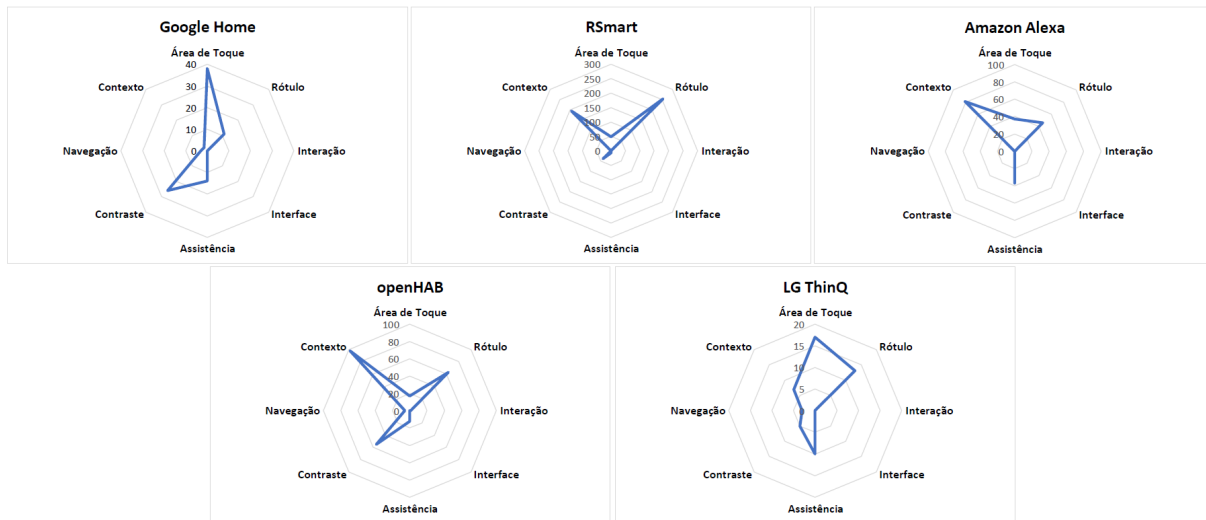


Figura 5: Gráficos de radar dos problemas de acessibilidade em cada aplicação.

5.4.2 *Análise por tarefa.* A Tabela 6 apresenta a quantidade de violações por tarefas nos aplicativos testados. Nem todas as tarefas puderam ser executadas em todos os *apps*. Por exemplo, a T4 não foi executada no *app* da Alexa, uma vez que ela é baseada em comandos de voz no Echo Dot. A tarefa T5 não foi executada nos *apps* LG ThinQ e openHAB. No caso do primeiro, é uma limitação da aplicação que não possui tal atividade de criação de regras. Enquanto no openHAB, com o TalkBack ativado, não foi possível realizar a T5, pois, em nenhum momento, foi possível escolher o aparelho para associar uma regra. Todos os *apps* apresentaram os maiores números de violações em T2, com um total de 619. A tarefa T5, mesmo sendo testada somente em 3 *apps*, foi a segunda em número (238). Ambas tarefas eram associadas a configurações dos dispositivos. Enquanto, as menores quantidades de problemas foram vistas em T1 (88) e T4 (89). O RSmart apresentou as maiores quantidades de violações em cada tarefa, como, por exemplo, 290 violações em T2 e 133 em T5. Já o LG ThinQ apresentou a menor quantidade de problemas entre os aplicativos em T2(23), seguido pelo Google Home (33). Esse *app*, também, apresentou as menores quantidades de violações em T1 (3), T3 (7) e T4 (6).

6 ESTUDO 3: ACESSIBILIDADE DOS APLICATIVOS - INGLÊS VS PORTUGUÊS

No Estudo 3, foram realizados passos semelhantes aos do Estudo 2 para a avaliação da acessibilidade, mas, desta vez, buscou-se responder à QP3. Para tal, os aplicativos tiveram sua acessibilidade avaliada duas vezes, por meio da mudança do idioma do sistema operacional para português (PT-BR) e inglês. Para reduzir o esforço do procedimento, optou-se por uma redução do número de *apps* para essa avaliação pareada de acessibilidade entre as execuções de idiomas diferentes. Foram escolhidos os três aplicativos das grandes empresas de tecnologia (i.e., Alexa, LG ThinQ e Google Home).

6.1 Materiais e Métodos

Para a contagem de violações, foram usados os mesmos métodos do Estudo 2, isto é, checagem automática com o Accessibility Scanner e inspeção manual de acessibilidade com o TalkBack ativado. Uma nova planilha foi criada para a checagem dos requisitos do SiDi, dividido por tarefa, idioma e por objeto inteligente.

Quanto aos dispositivos, foram usados os mesmos *smartphones* e objetos do Estudo 2. Ressalta-se que o Estudo 3 aconteceu no

Tarefas	Alexa	LG ThinQ	openHAB	RSmart	G Home	Totais	Violações por tela
T1	14	10	26	35	3	88	88/5 = 17,6
T2	99	23	174	290	33	619	619/39 = 15,8
T3	28	10	25	44	7	114	114/7 = 16,2
T4	—	12	27	44	6	89	89/5 = 17,8
T5	60	—	—	133	45	238	238/21 = 11,3

Tabela 6: Problemas de acessibilidade dos aplicativos por tarefas.

Smartphone	Android	Aplicações	Versão	Objeto Inteligente
Moto G5 Plus	8.1	Google Home	2.50	RSTOM01BCO10A
Galaxy A50	11	LG ThinQ	4.1.10131	Smart TV LG 42"
Galaxy A32	11	Alexa	2.2.456504.0	Echo Dot 4a Geração e Smart TV LG UHD 4K LED 50"

Tabela 7: Materiais usados no Estudo 3.

primeiro semestre de 2022. Os aplicativos já haviam sido atualizados em relação às suas versões do Estudo 2. A Tabela 7 mostra mais informações sobre os equipamentos e *apps* citados, como a versão e quais os aplicativos foram testados em cada aparelho.

6.2 Procedimentos

O procedimento de avaliação do Estudo 3 foi semelhante ao do Estudo 2, adicionando-se uma dupla checagem entre as execuções com idiomas diferentes quando um problema de acessibilidade era encontrado. Em outros termos, a análise da acessibilidade do Estudo 2 foi refeita seis vezes para essas novas versões (uma para cada idioma e aplicativo). Os mesmos especialistas do Estudo 2 foram os avaliadores deste estudo. Cada especialista ficou responsável por avaliar um *app* e realizar as cinco tarefas, alterando várias vezes o idioma do sistema operacional.

No momento das avaliações, primeiramente, o avaliador escolhia um idioma e alterava essa propriedade nas configurações do Android. Automaticamente, o *app* em execução mudava sua interface visual. Neste ponto, vale ressaltar que o modelo de programação do Android favorece a criação de um único *app* com suporte a múltiplas línguas. A alteração do idioma do sistema gera um fluxo de adaptação que carrega arquivos do *app*, se existirem, para o novo idioma¹⁵. Ou seja, para os testes do Estudo 3 não houve necessidade de instalar versões em inglês e em português, apenas modificar a configuração do idioma do sistema operacional.

As tarefas eram realizadas com o Accessibility Scanner em execução, que também mudava de idioma automaticamente. Em seguida, todas as tarefas eram feitas novamente, porém, desta vez, com o TalkBack ativado para a inspeção manual. Findada a avaliação de um idioma (e.g., PT-BR), o avaliador modificava o idioma do sistema operacional e refazia a avaliação. Se problemas diferentes dos capturados anteriormente eram identificados, uma nova checagem com o idioma anterior era realizada para evitar que a aprendizagem sobre o processo de avaliação influenciasse no resultado.

6.3 Resultados

A Tabela 8 exibe os resultados da avaliação de acessibilidade. A tabela apresenta os comparativos pelas categorias dos requisitos e

pelos tarefas executadas. A aplicação que mais apresentou diferenças ao mudar o idioma foi a Alexa, onde a execução em inglês (213) apresentou 103 problemas a menos que em português (316). Esse crescimento de problemas em português representa um aumento de 48.3%. Violações de Contexto aumentaram significativamente (337.2%) na versão em português, com 145 problemas, enquanto em inglês houve 43. A diferença entre as execuções deve-se ao fato do idioma nativo da aplicação ser o inglês e, na tradução em português, muitos elementos permaneceram com as descrições em inglês.

Outras categorias mantiveram a mesma quantidade de problemas, somente Assistência apresentou uma redução (18.18%) e Rótulo um pequeno aumento (2.5%) entre as duas execuções. Analisando por tarefa o *app* da Alexa, apenas a T1 teve menos violações na execução em português. T2 teve um aumento de 47.76% na quantidade, T3 e T5 tiveram aumentos de 41.17% e 56.6%, respectivamente.

O Google Home foi o *app* que demonstrou uma consistência maior entre as execuções, apresentando apenas uma diferença de 9% entre os idiomas. Foram encontrados 111 problemas de acessibilidade no idioma inglês, enquanto durante a execução em português, 121 problemas foram identificados. Um cenário contrário aconteceu com o LG ThinQ, que apresentou menos problemas de acessibilidade quando foi avaliado usando o idioma português (95), comparado com a execução em inglês (129). Isso representa uma diminuição de problemas de acessibilidade em português de 26.3%, com 34 violações a menos.

A mais perceptível foi a redução de violações em Rótulo, da versão em inglês (51), para a versão em português (10), representando uma diminuição de 80.39%. Problemas de Área de Toque, também, tiveram uma redução de 14%. O aplicativo apresentou um aumento em violações de Contexto na versão em português (10), comparado com a versão em inglês (0), bem como violações de Contraste que sofreram um aumento de 140%. Devido a essas diminuições de problemas na execução do LG ThinQ, T1 e T2 tiveram reduções em seus valores na execução em português. A T1, em inglês, apresentou 38 problemas e, em português, apresentou 18 problemas. T2 teve uma redução de 40.9% na quantidade de problemas, enquanto T4, diferente das outras tarefas, apresentou um aumento de 11.4%.

¹⁵<https://developer.android.com/guide/topics/resources/localization?hl=pt-br>

PDVs, essa prática é pouco acessível e poderia implicar na desistência do processo, ou seria necessário pedir ajuda para outra pessoa. Também, durante a T2 no Google Home, mostrou-se necessário usar o navegador para completar a conexão com o SO, já que era exigido validar um *captcha*. Esse elemento se mal implementado apresenta mais uma barreira para o acesso de PDVs.

7.1.3 QP3 - Executando o aplicativo em português tem-se problemas de acessibilidade distintos da execução em inglês? Após a identificação de elementos em inglês nas descrições dos *apps* do Estudo 2, a expectativa desta pesquisa era a de que houvesse uma menor taxa de problemas de acessibilidade nas execuções em inglês de todos os *apps* quando comparadas com a execução em português. De fato, Alexa e Google Home apresentaram mais problemas em suas execuções em português (48% e 9%, respectivamente), embora as interfaces visuais fossem as mesmas nas duas execuções.

Entretanto, o LG ThinQ apresentou menos problemas em português. A explicação decorre tanto de mudanças na interface visual como de melhorias na descrição dos rótulos em português. Por exemplo, a tela Home é apresentada de duas formas distintas ao mudar o idioma. Em português, essa tela apresenta menos funcionalidades, conseqüentemente, menos ícones e botões. Também durante a realização da T2, na execução em português, uma das telas apresentou menos ícones e botões, por isso houve uma diferença na quantidade de problemas para a execução em inglês. Além disso, a equipe de desenvolvimento teve uma maior preocupação na acessibilidade em português, visto que houve uma redução de problemas de Rótulo. Por exemplo, em uma tela, na execução em inglês repetia a informação de elementos de “*cards*” que continham texto e imagens (e.g., um ícone de uma lavadora gerava duas vocalizações do TalkBack com “*wash machine*”). Já na execução em português, apenas a leitura do texto era realizada indicando que um agrupamento de descrições alternativas foi adicionado pelos programadores no arquivo de configuração do *layout* em português.

As três análises, apesar de resultados distintos, demonstram que o fator idioma também precisa ser considerado nas pesquisas de acessibilidade e durante o próprio processo de teste das aplicações. Problemas diferentes de acessibilidade foram constatados nas duplas execuções dos três *apps*. Outro ponto salutar do Estudo 3 foi identificar mais problemas do que as versões do Estudo 2. Por exemplo, o LG ThinQ apresentou 55 problemas no Estudo 2, enquanto no Estudo 3, esse número aumentou para 95 na execução em português. Esse crescimento aconteceu pelo aumento de problemas relacionados à Área de Toque na aplicação, visto que houve uma alteração em quase toda a interface entre as versões dos dois estudos. Alshayban et al. [2] tinham documentado que 53% dos aplicativos Android analisados não melhoram sua acessibilidade ao longo do tempo, o que parece ser o caso dos três *apps* aqui analisados.

7.2 Limitações da Pesquisa

Limitações importantes ocorreram na execução da pesquisa e são destacadas nesta seção. No caso do Estudo 1, por exemplo, o número de 20 pessoas pode parecer a priori reduzido, mas em pesquisas com PDVs já é um número considerável. Entretanto, os participantes podem não ser representativos do conjunto das PDVs do Brasil, uma vez que a distribuição do questionário ocorreu em grupos online cuja tendência é atingir pessoas com maior poder econômico.

Portanto, os dados das respostas devem ser encarados apenas como indícios sobre a adoção de SOs no Brasil por PDVs.

Sobre a análise do Estudo 2, pode haver uma tendência do leitor a comparar o nível de acessibilidade dos aplicativos. Entretanto, uma limitação da pesquisa se deu pela não execução das cinco tarefas em todos os *apps*. As avaliações foram feitas por pessoas diferentes com dispositivos distintos. Assim, podem ter sido capturados mais ou menos problemas dependendo da interpretação dos requisitos do SiDi. Como forma de mitigar essa ameaça, buscou-se realizar reuniões iniciais para o alinhamento sobre os requisitos. Além disso, os dados indicados pelo Accessibility Scanner têm menor interferência dessa interpretação. Contudo, o mais importante do Estudo 2 foi indicar a extensão e os tipos de problemas mais frequentes.

Durante o Estudo 3, os avaliadores relataram se sentir mais confortáveis durante os testes, alegando que o conhecimento prévio os ajudou na navegação e localização das funções necessárias para a conclusão das tarefas. Isso pode ter impactado no fato de mais problemas terem sido achados quando comparados com o Estudo 2. No caso da análise em inglês e em português, um temor era a de que a ordem da avaliação influenciasse o resultado. Para mitigar tal problema, a escolha do primeiro idioma era feita por sorteio e os problemas eram rechecados à exaustão alternando as execuções.

Outra limitação da pesquisa se deu pela ausência de avaliação das aplicações por PDVs. Um usuário com deficiência poderia encontrar problemas distintos [17]. Ressalta-se que, em alguns casos, um único elemento inacessível prejudica todo o propósito de um *app* [2]. Muitos dos requisitos avaliados têm relevâncias diferentes de acordo com a deficiência e expertise do usuário. A avaliação com PDVs poderia indicar esses casos mais críticos.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo, apresentou-se uma pesquisa sobre usos realizados e desejados de tecnologias de *Smart Home* no Brasil por PDVs. O *survey* com 20 PDVs deu indícios dos principais desafios de acessibilidade para a adoção e uso dessas tecnologias. O nível de acessibilidade de cinco aplicações usadas para configurar e acessar os dispositivos de automação residencial também foi avaliado.

Encontrou-se um total de 1148 problemas, em sua maioria, referentes a rótulos e descrições fora do contexto que afetam o funcionamento dos leitores de tela. Vários problemas de Contraste e Área de Toque foram indicados, esses, dificultam a navegação por PDVs com baixa visão. As tarefas de configuração de SOs apresentaram muitos problemas em todos os *apps*, confirmando o relato do *survey* com PDVs. Outrossim, a pesquisa evidenciou diferenças na acessibilidade quando o idioma do Android era modificado.

Um passo futuro para esta pesquisa é realizar avaliações de acessibilidade desses *apps* de *Smart Homes* com PDVs, com a finalidade de ampliar a compreensão sobre as barreiras detectadas. Outra perspectiva é realizar um estudo empírico de larga escala em repositórios de aplicações Android com o intuito de investigar os níveis de acessibilidade de aplicações móveis após mudanças de idioma.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi parcialmente financiada pelo CNPQ (314425/2021-7) e pelo projeto PIBIC/UFC do Edital N° 1/2021.

REFERÊNCIAS

- [1] Ali Abdolrahmani, Ravi Kuber, and Stacy M Branham. 2018. "Siri Talks at You" An Empirical Investigation of Voice-Activated Personal Assistant (VAPA) Usage by Individuals Who Are Blind. In *Proceedings of the 20th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. 249–258.
- [2] Abdulaziz Alshayban, Iftekhar Ahmed, and Sam Malek. 2020. Accessibility Issues in Android Apps: State of Affairs, Sentiments, and Ways Forward. In *2020 IEEE/ACM 42nd International Conference on Software Engineering (ICSE)*. 1323–1334.
- [3] Mars Ballantyne, Archit Jha, Anna Jacobsen, J Scott Hawker, and Yasmine N El-Glaly. 2018. Study of accessibility guidelines of mobile applications. In *Proceedings of the 17th international conference on mobile and ubiquitous multimedia*. 305–315.
- [4] Laurence Bardin. 2011. Content analysis. *São Paulo: Edições 70*, 279 (2011), 978–8562938047.
- [5] Sen Chen, Chunyang Chen, Lingling Fan, Mingming Fan, Xian Zhan, and Yang Liu. 2021. Accessible or Not An Empirical Investigation of Android App Accessibility. *IEEE Transactions on Software Engineering* (2021), 1–1. <https://doi.org/10.1109/TSE.2021.3108162>
- [6] Gabriela AA de Oliveira, Otávio de Faria Oliveira, Stenio de Abreu, Raphael W de Bettio, and André P Freire. 2022. Opportunities and accessibility challenges for open-source general-purpose home automation mobile applications for visually disabled users. *Multimedia Tools and Applications* (2022), 1–28.
- [7] Gabriela Amaral Araújo de Oliveira, Raphael Winckler de Bettio, and André Pimenta Freire. 2016. Accessibility of the smart home for users with visual disabilities: an evaluation of open source mobile applications for home automation. In *Proceedings of the 15th Brazilian symposium on human factors in computing systems*. 1–10.
- [8] Mari Carmen Domingo. 2012. An overview of the Internet of Things for people with disabilities. *Journal of Network and Computer Applications* 35, 2 (2012), 584–596.
- [9] Paulo AS Duarte, Felipe M Barreto, Paulo AC Aguilar, Jérôme Boudy, Rossana MC Andrade, and Windson Viana. 2018. AAL platforms challenges in IOT era: a tertiary study. In *2018 13th Annual Conference on System of Systems Engineering (SoSE)*. IEEE, 106–113.
- [10] Otávio de Faria Oliveira, Mateus Carvalho Gonçalves, Raphael Winckler de Bettio, and André Pimenta Freire. 2022. A qualitative study on the needs of visually impaired users in Brazil for smart home interactive technologies. *Behaviour & Information Technology* (2022), 1–29.
- [11] Abraham T Glasser, Kesavan R Kushalnagar, and Raja S Kushalnagar. 2017. Feasibility of using automatic speech recognition with voices of deaf and hard-of-hearing individuals. In *Proceedings of the 19th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. 373–374.
- [12] Barbara Leporini and Marina Buzzi. 2018. Home Automation for an Independent Living: Investigating the Needs of Visually Impaired People. In *Proceedings of the 15th International Web for All Conference (Lyon, France) (W4A '18)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 15, 9 pages. <https://doi.org/10.1145/3192714.3192823>
- [13] Barbara Leporini, Michele Rosellini, and Nicola Forgiione. 2019. Is the light on or off? a simple auditory-based tool to help visually-impaired people check the light device status. In *Proceedings of the 12th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*. 152–155.
- [14] Davit Marikyan, Savvas Papagiannidis, and Eleftherios Alamanos. 2019. A systematic review of the smart home literature: A user perspective. *Technological Forecasting and Social Change* 138 (2019), 139–154.
- [15] Fabio Masina, Valeria Orso, Patrik Pluchino, Giulia Dainese, Stefania Volpato, Cristian Nellini, Daniela Mapelli, Anna Spagnolli, and Luciano Gamberini. 2020. Investigating the Accessibility of Voice Assistants With Impaired Users: Mixed Methods Study. *J Med Internet Res* 22, 9 (25 Sep 2020), e18431. <https://doi.org/10.2196/18431>
- [16] Delvani Antônio Mateus, Carlos Alberto Silva, Arthur FBA de Oliveira, Heitor Costa, and André Pimenta Freire. 2021. A Systematic Mapping of Accessibility Problems Encountered on Websites and Mobile Apps: A Comparison Between Automated Tests, Manual Inspections and User Evaluations. *Journal on Interactive Systems* 12, 1 (2021), 145–171.
- [17] Delvani Antônio Mateus, Carlos Alberto Silva, Marcelo Medeiros Eler, and André Pimenta Freire. 2020. Accessibility of mobile applications: evaluation by users with visual impairment and by automated tools. In *Proceedings of the 19th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*. 1–10.
- [18] Thomas P Novak and Donna L Hoffman. 2019. Relationship journeys in the internet of things: a new framework for understanding interactions between consumers and smart objects. *Journal of the Academy of Marketing Science* 47, 2 (2019), 216–237.
- [19] François Portet, Michel Vacher, Caroline Golanski, Camille Roux, and Brigitte Meillon. 2013. Design and evaluation of a smart home voice interface for the elderly: acceptability and objection aspects. *Personal and Ubiquitous Computing* 17, 1 (2013), 127–144.
- [20] Alisha Pradhan, Kanika Mehta, and Leah Findlater. 2018. "Accessibility Came by Accident" Use of Voice-Controlled Intelligent Personal Assistants by People with Disabilities. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on human factors in computing systems*. 1–13.
- [21] Claurton A Siebra, Tatiana B Gouveia, Anderson Filho, Walter Correia, Marcelo Penha, Marcelo Anjos, Fabiana Florentin, Fabio QB Silva, and Andre LM Santos. 2015. Usability for accessibility: A consolidation of requirements for mobile applications. In *Proceedings of the 17th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility*. 321–322.
- [22] Kevin M Storer, Tejinder K Judge, and Stacy M Branham. 2020. "All in the Same Boat": Tradeoffs of Voice Assistant Ownership for Mixed-Visual-Ability Families. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 1–14.
- [23] Christopher Vendome, Diana Solano, Santiago Liñán, and Mario Linares-Vásquez. 2019. Can everyone use my app? an empirical study on accessibility in android apps. In *2019 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME)*. IEEE, 41–52.
- [24] Alexandra Vtyurina, Adam Fourney, Meredith Ringel Morris, Leah Findlater, and Ryen W White. 2019. Bridging screen readers and voice assistants for enhanced eyes-free web search. In *The world wide web conference*. 3590–3594.
- [25] Linda Wulf, Markus Garschall, Julia Himmelsbach, and Manfred Tscheligi. 2014. Hands free-care free: elderly people taking advantage of speech-only interaction. In *Proceedings of the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Fun, Fast, Foundational*. 203–206.
- [26] Randall Ziman and Greg Walsh. 2018. Factors affecting seniors' perceptions of voice-enabled user interfaces. In *Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 1–6.