

ARTIGO ORIGINAL

Soluções de tecnologia assistiva baseadas em AIoT – um mapeamento sistemático de literatura

Assistive technology solutions based on AIoT – a literature systematic mapping

Adriana W. Freitas¹, Emmanuelle A. B. dos Santos¹, Leticia S. M. Pereira¹, Sabrina dos P. Tortelli¹, Maurício P. Freitas², Raimundo C. G. Teive^{ID,2}, Anita M. R. Fernandes^{ID,2}

¹Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI, ²Laboratório de Inteligência Aplicada – Mestrado em Computação Aplicada – UNIVALI

adrianawegener@gmail.com; emmanuelle_santos@edu.univali.br; leticiamangrich@edu.univali.br; binao008@hotmail.com; mauriciopasetto@gmail.com; rteive@univali.br; anita.fernandes@univali.br

Recebido: 19/10/2022. Revisado: 02/06/2023. Aceito: 11/07/2023.

Resumo

As Tecnologias Assistivas (TA) baseadas em Inteligência Artificial e IoT (AIoT) podem fornecer soluções eficientes para pessoas com algum tipo de deficiência ou doença degenerativa. Estas soluções buscam reduzir as barreiras encontradas no dia a dia por estas pessoas, além de tornar possível uma vida mais saudável, independente e produtiva. Esta temática tem sido muito explorada na literatura, tendo sido observado um aumento de 35 % das pesquisas nesta área no último ano, considerando as bases pesquisadas neste trabalho. Apesar do uso destas tecnologias se mostrar promissor para melhorar a qualidade de vida destas pessoas, observa-se ainda certa dificuldade para que essas soluções cheguem ao público-alvo com um preço acessível. Neste sentido, este trabalho teve como principal objetivo fornecer o estado da arte sobre este tópico, identificando lacunas importantes nas abordagens existentes, bem como o direcionamento de pesquisas futuras. Para alcançar este objetivo, foram coletados e analisados estudos publicados em periódicos de cinco bases de dados relevantes, sendo selecionados 83 estudos primários apresentando modelos, protótipos e soluções de integração entre TA e AIoT. Os resultados da pesquisa apontam para a crescente utilização das TA baseadas em AIoT; podendo-se destacar a maior concentração das pesquisas em deficiências, em detrimento das doenças degenerativas.

Palavras-Chave: Inteligência artificial aplicada; internet das coisas; mapeamento sistemático da literatura; tecnologias assistivas.

Abstract

Assistive Technologies (AT) based on Artificial Intelligence and IoT (AIoT) can provide efficient solutions for people with some type of disability or degenerative disease. These solutions seek to reduce the barriers encountered daily by these people, in addition to making possible a healthier, independent, and productive life. This topic has been extensively explored in the literature, with a 35 % increase in research on this topic in the last year, considering the bases surveyed in this work. Despite the use of these technologies showing promise to improve the quality of life of these people, there is still some difficulty for these solutions to reach the target audience at an affordable price. In this sense, this work aimed to provide the state of the art on this topic, identifying important gaps in existing approaches, as well as guiding future research. To achieve this objective, studies published in journals from five relevant databases were collected and analyzed, and 83 primary studies were selected presenting models, prototypes, and integration solutions between TA and AIoT. The survey results point to the increasing use of ATs based on AIoT; highlighting the greater concentration of research on disabilities, rather than degenerative diseases.

Keywords: Applied artificial intelligence; internet of things; literature systematic mapping; assistive technologies.

1 Introdução

O número de pessoas com algum tipo de deficiência ou doença degenerativa tem aumentado, a medida que a longevidade da população aumenta. A Organização Mundial da Saúde fez uma estimativa em 2021 que cerca de 15 % da população mundial apresenta algum tipo de deficiência (WHO-World, 2021a). Neste caso, considera-se doenças degenerativas como Parkinson, ELA, e Alzheimer, além de deficiências físicas, mental, visual e auditiva (WHO-World, 2011). Os números são expressivos e é importante que pesquisadores ligados às áreas de computação busquem soluções tecnológicas para a redução das barreiras encontradas pelas pessoas com deficiência no seu dia a dia, permitindo que elas vivam de forma independente, saudáveis e produtivas (WHO-World, 2018). Neste contexto, a inteligência artificial aliada à internet das coisas pode fornecer soluções eficientes de tecnologias assistivas (TA) para este público-alvo.

As TA abrangem serviços, produtos, metodologias, estratégias e práticas que tem por objetivo minimizar e/ou eliminar restrições e limitações impostas a uma pessoa devido a uma deficiência ou incapacidade, com vistas na independência, qualidade de vida e inclusão social. São exemplos de TA: aparelhos auditivos, auxiliares de memória, óculos, cadeiras de roda, organizadores de pílulas e auxiliares de comunicação (García, 2017). Os grandes avanços da TA estão na sua integração com dispositivos AIoT (Inteligência Artificial das coisas). A AIoT faz uso da grande quantidade de dados gerados pelos dispositivos IoT e aplica técnicas de Inteligência Artificial, mas especificamente de Aprendizado de Máquina para processar e analisá-los a fim de descobrir padrões que podem ser utilizados para tomadas de decisão (Sung et al., 2021). TA aliada a AIoT permite que soluções disruptivas sejam criadas, tais como: assistentes de voz para pessoas com deficiências (Mohamed, 2020), monitoramento remoto de condições de saúde (Addabbo et al., 2018), (Wang et al., 2018), entre outras aplicações. Observa-se um crescimento neste tipo de solução, conforme apresentado em García (2017). Entretanto, não existem estudos que apresentem de forma sistemática quais abordagens de AIoT tem sido aplicada às tecnologias assistivas e quais doenças degenerativas tem sido foco destas aplicações.

Ainda segundo García (2017), existem alguns desafios que precisam ser superados para que as TA sejam amplamente utilizadas, destacando-se: escassez de produtos assistivos no mercado para as AVDs (Tecnologias Assistivas para a Vida Diária), falta de acesso das pessoas com deficiência aos produtos existentes, devido aos preços elevados, poucas iniciativas para facilitar o desenvolvimento e o acesso às TA, além da falta de incentivos fiscais. Porém, os desafios não se limitam à comercialização e utilização das TA por aqueles que delas necessitam, mas abrangem também o desenvolvimento das aplicações, compatibilizando as funcionalidades com as necessidades de quem utilizará as TA.

O presente artigo visa apresentar de forma sistemática o estado da arte da pesquisa em TA utilizando AIoT, a fim de direcionar o desenvolvimento de novas aplicações, através da identificação de estudos e soluções de TA baseadas em AIoT de acordo com os seguintes problemas selecio-

nados: deficiência visual, deficiência motora (paraplegia e tetraplegia), deficiência auditiva, doenças degenerativas (ELA, Parkinson e Alzheimer) e assistência a idosos. Neste sentido, foi realizado o Mapeamento Sistemático da Literatura como base para o desenvolvimento da pesquisa com o triplo objetivo de (I) obter um entendimento abrangente sobre as interligações entre a TA e AIoT; (II) fornecer uma visão geral do estado atual da pesquisa sobre este tópico e (III) identificar lacunas importantes nas abordagens existentes, bem como o direcionamento das pesquisas promissoras. Para alcançar esses objetivos, foram coletados e analisados estudos publicados em periódicos de cinco bases de dados relevantes, sendo selecionados 83 estudos primários apresentando modelos, protótipos e soluções de integração entre TA e AIoT.

Este artigo está estruturado como segue: A Seção 2 apresenta Revisão Bibliográfica para melhor compreensão da temática abordada. A Seção 3 apresenta a Metodologia de Mapeamento Sistemático, questões de pesquisa, estratégia de pesquisa, critérios de seleção e método de extração de dados. A Seção 4 descreve o Desenvolvimento e detalha como o estudo foi conduzido para selecionar pesquisas primárias relevantes da literatura. A Seção 5 apresenta a Análise dos Resultados que fornecem uma síntese dos dados extraídos, bem como respostas às perguntas de pesquisa. Finalmente na seção 6 são descritas as conclusões do mapeamento sistemático e os desafios que podem conduzir as pesquisas futuras.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Deficiências

O conceito de deficiência adotado na Convenção da ONU e assumida com o status de máxima hierarquia legal no Brasil, mediante a Lei 6.949 de 25 de agosto de 2009, expressa em seu preâmbulo: Reconhecendo que a deficiência é um conceito em evolução e que a deficiência resulta da interação entre pessoas com incapacidades e barreiras comportamentais e ambientais que impedem a sua participação plena e efetiva na sociedade em condições de igualdade com as outras pessoas. E no artigo 1º. Pessoas com deficiência são aquelas que têm impedimentos de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, os quais, em interação com diversas barreiras, podem obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas (García, 2017).

A deficiência pode ser definida como uma situação injusta e muito mal resolvida em relação à participação das pessoas com deficiência em todos os âmbitos da sociedade, devido às barreiras sociais e não a um atributo ou característica pessoal. Em consequência, uma pessoa com deficiência resulta de uma interação desigual, causada por uma relação obstrutiva das barreiras físicas, de comunicação e informação, atitudinais ou ambientais perante os impedimentos que as pessoas têm. Assim, a falta de acessibilidade representa uma inadaptação da sociedade à diversidade humana. Isto é, a causa da deficiência não se encontra na pessoa, nem nos impedimentos (cegueira, paraplegia, Síndrome de Down, etc.) que ela tenha, mas na sociedade que coloca barreiras ou obstruções para sua plena participação. Em consequência, entende-se a deficiência como

uma responsabilidade social compartilhada. Esta visão é corroborada por [Abberley \(1998\)](#), os quais definem a deficiência como resultado do fracasso da sociedade para se adaptar às necessidades das pessoas com deficiência.

2.2 Tecnologias Assistivas e AIoT

No Brasil, o conceito oficial de tecnologia assistiva ficou consignado na Lei Brasileira de Inclusão (LBI) ou Estatuto das Pessoas com Deficiência, que reproduziu o conceito elaborado pelo Comitê de Ajudas Técnicas. A LBI, promulgada em janeiro de 2016, em seu Art. 3º, define as ajudas técnicas ou Tecnologia Assistiva como: III – Produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social ([Araujo and da Costa Filho, 2016](#)).

Ao examinar o conceito de Tecnologia Assistiva, também denominado como ajudas técnicas ou produtos de apoio, percebe-se uma diferença conceitual substancial em relação aos outros tipos de tecnologia. A Tecnologia Assistiva se difere aos demais tipos de tecnologia por se referir a “produtos de apoio” de uso individual de pessoas com deficiência, com mobilidade reduzida ou idosas, destinados à finalidade de melhora da funcionalidade, autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social, diferindo-se dos produtos da tecnologia médica, por exemplo, que, embora destinados a melhora da saúde dos pacientes, são equipamentos e utensílios utilizados pelos profissionais da saúde para realização do seu trabalho, mas, obviamente, não são utilizados pessoalmente como apoio para realização das atividades da vida cotidiana pelas pessoas com deficiência.

Dessa forma, ao se destacar que a Tecnologia Assistiva é destinada às pessoas com deficiência, pessoas idosas e pessoas com mobilidade reduzida e ao enfatizar que compreende produtos de apoio de utilização pessoal, para essas pessoas melhorarem sua autonomia, qualidade de vida e participação social, fica claro que a Tecnologia Assistiva constitui algo muito peculiar dentro dos diversos mundos tecnológicos.

A Inteligência Artificial das Coisas (AIoT – Artificial Intelligence of Things) é a combinação de tecnologias de inteligência artificial, principalmente Aprendizado de Máquina, com a infraestrutura de IoT para alcançar operações de IoT mais eficientes, além de melhorar as interações homem-máquina e aprimorar o gerenciamento e análise de dados ([Hengle et al., 2020](#)). A AIoT é transformacional e benéfica, tanto para a Inteligência Artificial quanto para a IoT, pois por meio da conectividade, sinalização e troca de dados; pode-se gerar um conhecimento novo e útil. ([Baby et al., 2018](#)).

3 Metodologia de Mapeamento Sistemático

O mapeamento sistemático é um estudo secundário com base em evidências que utiliza um procedimento sistemático e bem definido e é empregado para sintetizar os trabalhos existentes da literatura. Os mapeamentos sis-

temáticos são capazes de fornecer uma visão abrangente do estado da arte no tópico de pesquisa a ser investigada ([Kitchenham, 2012](#)) e ainda podem identificar lacunas relevantes na literatura e coletar evidências para novas pesquisas, evitando duplo esforço ([Petersen et al., 2008](#)). Desta forma, os mapeamentos sistemáticos permitem a análise em alto nível de todos os estudos disponíveis em determinado campo e responder as questões de pesquisa ([Kitchenham and Charters 2007](#)). O mapeamento sistemático compreende basicamente três etapas: planejamento, condução e análise, conforme [Fig. 1](#).

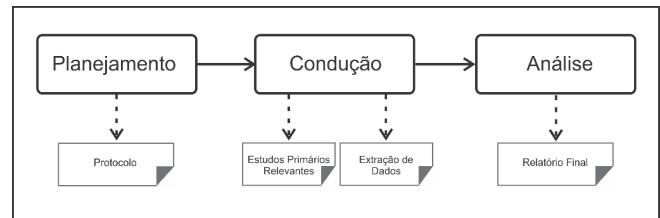


Figura 1: Processo de revisão da literatura em mapeamentos sistemáticos

Fonte: ([Kitchenham and Charters, 2007](#))

A etapa de planejamento produz o protocolo que define as questões de pesquisa a serem respondidas, a estratégia de pesquisa a ser adotada, os critérios de seleção adotados e os métodos para extrair e sintetizar os dados. Na etapa da condução, os estudos primários são identificados, selecionados e avaliados de acordo com o protocolo definido. Por fim, a etapa de análise agrega informações extraídas dos estudos primários relevantes, considerando as questões da pesquisa e projeta os resultados.

3.1 Questões de Pesquisa

A definição das questões da pesquisa e a definição das metas para cada uma, propostas na [Tabela 1](#), nos permite obter uma visão geral do estado atual da pesquisa e identificar as lacunas existentes e obter conhecimento abrangente a respeito do que vêm sendo aplicado ao mercado.

3.2 Busca Estratégica

Para recuperar os estudos primários, usamos um processo de pesquisa automatizado realizado em cinco bases de dados eletrônicos, apresentado na [Tabela 2](#), que estão entre os mais populares e capazes de garantir uma alta cobertura de estudos potencialmente relevantes ([Zhang et al., 2018](#)). Outros critérios importantes foram considerados, como: (I) cobertura da base de dados eletrônica; (II) atualização de conteúdo, (III) disponibilidade do texto completo do estudo principal; (IV) facilidade de construção da busca por meio de campos e comandos disponíveis na base de dados; (V) qualidade dos resultados e (VI) versatilidade na exportação dos resultados ([Dieste et al., 2009](#)).

Para responder as questões de pesquisa, foram criados protocolos de busca contendo as palavras-chave selecionadas, de acordo com as especificidades de cada base de

Tabela 1: Questões de pesquisa

Questões de pesquisa	Meta
RQ1. Quais são os estudos e soluções existentes que integram TA e AIoT às doenças degenerativas e deficiências?	Obter entendimento abrangente das pesquisas, soluções e avanços que vêm sendo feitos nessa área.
RQ2. Quais são as lacunas entre as doenças degenerativas e deficiências e as soluções propostas na literatura?	Conhecer as principais lacunas entre pesquisa e soluções disponíveis e onde estão as maiores necessidades.
RQ3. Quais dessas soluções propostas na literatura estão sendo aplicadas ao mercado e qual a sua abrangência?	Obter conhecimento do que já está disponível no mercado e qual a abrangência dessas soluções.

Fonte: Autores

Tabela 2: Bases de Dados

Base de dados	URL
ACM Digital	http://portal.acm.org
IEEE Digital Library	http://ieeexplore.ieee.org
ISI Web of Science	http://www.isiknowledge.com
Science@Direct	http://www.sciencedirect.com
Scopus	http://www.scopus.com

Fonte: Autores

dados conforme abaixo:

ACM Digital Library:

("assistive technology"AND ("IoT"OR "internet of things"))

IEEE Explore e Web Of Science:

("assistive technology"AND ("IoT"OR "internet of things"))

Scopus:

TITLE-ABS-KEY ("assistive technology"AND iot) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2017)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")) AND (EXCLUDE (SUBJAREA , "MATH") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "DECI") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "PHYS") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "ENER") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "MATE"))

Science Direct:

("assistive technology"AND ("IoT"OR "internet of things"))

3.3 Critérios de Seleção

Os critérios de seleção foram usados para avaliar cada estudo primário retornado executando as strings de busca, de acordo com a estratégia de busca utilizada. Este processo, tem por objetivo selecionar estudos potencialmente relevantes para responder as perguntas de pesquisa, e remover os estudos irrelevantes. Isto é feito, por meio dos critérios de inclusão e exclusão. Estes critérios são pré-condições para a aceitação ou exclusão de um artigo na RSL (Kitchenham and Charters, 2007). Os critérios de inclusão e exclusão utilizados estão apresentados na Tabela 3.

3.4 Processo de Seleção

Para sistematizar a pesquisa, utilizamos o Parsifal (www.parsifal), uma ferramenta online projetada para

Tabela 3: Critérios de Seleção

Tipo de Dados	Critério
Inclusão	Estudo publicado no período de 2016 a 2021 Estudo primário revisado por pares. Artigos publicados na língua inglesa. Solução de TA baseada em AIoT no escopo da revisão.
Exclusão	Estudos secundário ou terciários, artigos curtos, literatura cinza. Fora do contexto de TA baseada em AIoT. Não apresenta solução de TA baseada em AIoT. Estudos duplicados ou redundantes de mesma autoria.

Fonte: Autores

auxiliar os pesquisadores na condução de revisões sistemáticas de literatura, que contempla todos os passos do processo de mapeamentos e revisões sistemáticas de literatura conforme modelo de KITCHENHAM (Kitchenham and Charters, 2007), além de permitir que os pesquisadores trabalhem juntos em um espaço de trabalho compartilhado, projetando o protocolo e conduzindo a pesquisa e registrando cada etapa do processo.

Após aplicar as strings de busca em suas respectivas bases, foram retornados um total de 368 artigos. Estes artigos foram importados na ferramenta Parsifal, organizados de acordo com as respectivas bases. A fim de eliminar quaisquer viés ou má interpretação na seleção dos artigos, os quatro pesquisadores realizaram individualmente as atividades de seleção.

O processo de seleção obedeceu às seguintes etapas: (i) a primeira seleção compreendeu a remoção de estudos duplicados, sendo que este processo foi feito de forma automatizada pela ferramenta Parsifal. Após este processo, restaram um total de 297 artigos, ou seja, foram removidos 71 artigos duplicados; (ii) a segunda seleção consistiu na leitura do título, resumo e palavras-chave dos estudos. Após este processo restaram 214 artigos, ou seja, foram descartados 83 artigos; (iii) na seleção final foi efetuada a leitura da introdução e da conclusão dos estudos remanescentes, descartando-se 131 artigos. Na segunda seleção e na final, foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão apresentados na Tabela 3. Após este processo restaram 83 estudos primários, os quais foram considerados aceitos para as próximas etapas deste mapeamento sistemático, sendo lidos na íntegra. A quantificação do processo de seleção pode ser observada na Tabela 4. Os 83 artigos estão apresentados no Apêndice A (Tabela 5 e Tabela 6).

Tabela 4: Processo de Seleção de Artigos

Base de dados	1a Seleção – duplicados	2a Seleção – 1a leitura	Seleção final
ACM Digital	69	55	14
IEEE Digital Library	67	34	33
ISI Web of Science	20	11	09
Science@Direct	91	83	08
Scopus	50	31	19
Total	297	214	83

Fonte: Autores

4 Desenvolvimento

Os 83 artigos selecionados para a pesquisa são apresentados no Apêndice A. Estes artigos foram analisados e classificados de acordo com as quatro principais aplicações encontradas de TA: deficiência motora, deficiência visual, assistência de pessoas idosas com Parkinson e Alzheimer e deficiências auditivas. Nas subseções subsequentes são resumidos os artigos encontrados que envolvam a proposição de um produto inovador ou inovação tecnológica relacionando IA, IoT e TA.

4.1 Deficiência Motora

A pesquisa realizada por [Sumi et al. \(2019\)](#), mostra que a ocorrência de quedas em cidadãos idosos reflete maior perigo do que em jovens, sendo um dos fatores que pode levar a fatalidade. Diante disso foi desenvolvido o Sistema de Detecção e Prevenção de Quedas, a fim de evitá-las. O sistema utiliza módulos BLE em lugares estratégicos para evitar uma queda, os usuários serão alertados a serem mais cuidadosos nessas áreas. Caso ocorra uma queda, os cuidadores são informados automaticamente por mensagem ou e-mail.

O trabalho de [Jacob et al. \(2020\)](#) introduz o Sistema de Exoesqueleto, o qual recebe dados de vários sensores e os classifica, utilizando Inteligência Artificial. Os sinais coletados são processados usando o módulo de navegação (SLAM), ajudando os cuidadores a controlarem o movimento do exoesqueleto integrado aos pacientes. O trabalho é relevante porque os exoesqueletos existentes têm limitações de movimento, além de serem caros e volumosos.

Segundo [Al Shabibi and Kesavan \(2021\)](#) as cadeiras de rodas inteligentes tendem a substituir gradualmente as cadeiras de rodas tradicionais. Porém, o alto preço está impedindo que muitas pessoas com deficiência tenham acesso a estas cadeiras. No sistema proposto por este autor, o qual busca minimizar o custo da cadeira de rodas, esta pode funcionar de forma automática, por reconhecimento de voz, e manual, através de um controle. Além disto, a cadeira dispõe de dois sensores ultrassônicos para detecção de obstáculos, uma campanha para alertar os deficientes visuais sobre o movimento, um led vermelho para os deficientes auditivos, e a detecção de queda.

Os autores do trabalho [Bissoli et al. \(2019\)](#) desenvolveram um sistema para auxiliar os usuários a exercerem a vida diária de forma autônoma. O sistema é baseado em eye tracking para controle e monitoramento de uma casa, utilizando Internet das Coisas. Este sistema permite ao usuário controlar os equipamentos de sua residência como: lâmpadas, ventilador e televisão, permitindo que o cuida-

dor monitore remotamente o uso do sistema pelo usuário em tempo real.

Os autores [Muztoba et al. \(2018\)](#) apresentam um sistema que automatiza a navegação por meio de cadeira de rodas dentro de casa, usando comandos por meio de um dispositivo vestível. Os comandos dados pelo usuário podem ser feitos de três formas: com gestos, sendo eles movimentos de mão, cabeça e corpo, os quais são capturados através de um acelerômetro e giroscópio; com a fala, sendo usado para isto o sistema de reconhecimento de voz Pocketsphinx; e com ICM (Interface Cérebro-Máquina), para pessoas com dificuldade de produzir comandos de voz e gestos. Neste caso, o a ICM vestível é utilizada para capturar expressões faciais, permitindo que a cadeira se locomova até o destino através do algoritmo de navegação e da grade de sensores RFID.

4.2 Deficiência Visual

O trabalho de [Mulfari \(2018\)](#) apresenta um sistema de visão computacional projetado para classificar objetos no entorno do usuário e para fornecer ao mesmo uma descrição em áudio. A solução explora um sensor de visão vestível, que é montado nos óculos do usuário e controlado por um único computador de bordo, executando a estrutura do Google TensorFlow. Os dados visuais são capturados por um sensor de câmera localizado nos óculos do usuário e eles são processados localmente (ou seja, não é necessária conexão com a Internet), por uma plataforma incorporada da Internet das Coisas.

O estudo apresentado em [Martillano et al. \(2019\)](#) visa melhorar a tecnologia assistiva para leitura de notação Braille, desenvolvendo e projetando um dispositivo Braille baseado em Android cunhado como TACTICA. TACTICA é um equipamento portátil e de baixo custo, com tecnologia assistiva, que pode ser usado como uma ferramenta complementar por professores e alunos com deficiência visual e iniciantes em notação Braille. A ligação com o IoT foi alcançada através de um aplicativo móvel que pode criar e visualizar exercícios que consistem em cinco a dez palavras de três caracteres que são passados e recuperados pelo dispositivo.

Já o artigo [Kallara et al. \(2017\)](#), propõe uma assistência inteligente tecnológica chamada Indriya para auxiliar os deficientes visuais. O Indriya é um mini dispositivo portátil para cegos, que pode ser usado em conjunto com a bengala como um companheiro inteligente. O dispositivo apresenta assistência de voz completa para facilitar a navegação, através cliques de botão. Este dispositivo também pode detectar obstáculos até três metros de distância. Indriya fornece feedbacks vibratórios e de voz para alertas

de colisão.

O trabalho [Guo et al. \(2019\)](#) propõe uma solução para melhorar a usabilidade das telas touchscreen, apresentando uma solução de engenharia reversa, chamada de StateLens, que torna acessíveis as telas de toque dinâmico. O StateLens gera automaticamente agentes de conversação para orientar os usuários cegos na especificação do tarefas que a interface pode executar, permitindo ao StateLens Aplicativo iOS fornecer orientação e feedback interativos para que usuários cegos possam acessar a interface. Por fim, um conjunto de acessórios impressos em 3D permite que pessoas cegas explorem telas sensíveis ao toque sem o risco de acionar toques acidentais na interface.

Em [Soares et al. \(2021\)](#) é apresentado uma bengala acoplada a um laser eletrônico, a qual identifica obstáculos na altura da cabeça do indivíduo. Foi desenvolvido um protótipo feito de sensores a laser com aplicação em situações realísticas, calculando todos os cenários possíveis para ajudar a detectar obstáculos.

4.3 Assistência de Pessoas Idosas com Deficiência e Alzheimer

Em [Hou et al. \(2021\)](#) os autores propõem um protótipo de sistema de cadeira de rodas que utiliza sensores biofísicos, os quais fazem a captura de sinais vitais como: temperatura corporal, pressão arterial, frequência cardíaca e saturação de oxigênio a cada dez segundos. O sistema envia os dados dos sensores para uma interface na nuvem, a cada quarenta segundos, para que algoritmos sejam aplicados para fornecer um feedback em tempo real para médicos e cuidadores sobre os fatores de risco, bem como alertas de emergências do paciente.

Uma plataforma Integrada de Tecnologia Assistiva de apoio a idosos e pessoas com deficiência é apresentada no artigo de [Andò et al. \(2021\)](#), a NATIFLife. O objetivo é atender às necessidades de segurança, independência e autonomia do público-alvo, através do conceito de Smart Home. A arquitetura da plataforma consiste em: uma rede de sensores de área corporal a fim de monitorar status, hábitos e atividades do usuário; uma rede de sensores de ambiente, visando monitorar o status do ambiente e das atividades do usuário, como sensores de temperatura, umidade, intensidade de luz, ruído e qualidade do ar, além de interruptores e etiquetas passivas, instaladas em alguns pontos do ambiente; uma interface para o cuidador e uma interface para o usuário, implementada através de um smartphone ou tablet, para acessar informações sobre o usuário.

Apesar de existirem várias tecnologias de casas inteligentes no mercado, há evidências que muitos idosos não se interessam em utilizar esses sistemas, sendo uma das razões identificadas é que esses sistemas não consideram fatores humanos, sociais e organizacionais juntamente com fatores técnicos na sua construção. Neste sentido, os pesquisadores [Curumsing et al. \(2019\)](#) apresentam uma solução de plataforma de casa inteligente para idosos – o SofiHub. O diferencial desta solução é o foco na abordagem de engenharia de requisitos orientada para ajudar a identificar, modelar e avaliar metas emocionais dos usuários idosos. O sistema foi projetado para a utilização de sensores de movimento não intrusivos para aliviar as preocupações das pessoas idosas em relação à sua privacidade. O objetivo

deste sistema é fornecer lembretes (hidratação, medicação), identificar potenciais riscos de segurança (porta dos fundos foi deixada aberta?), identificar situações anômalas e automatizar o ambiente físico (aquecimento, refrigeração). A análise de avaliação dos autores mostrou que o SofiHub ajudou a aliviar o sentimento de solidão entre vários participantes.

O artigo dos autores [Ballesteros et al. \(2020\)](#) apresenta uma solução de tele reabilitação com atenção especial à diversidade de disfunções do paciente, oferecendo um dispositivo com comportamento customizável e adaptável às condições físicas de cada paciente, nas diferentes etapas da terapia de reabilitação. O sistema proposto, denominado de TANIT, consiste de uma plataforma de bengala inteligente dotada de sensores e microcontrolador. Esta bengala monitora o usuário na atividade de caminhada para realizar a análise da marcha. Ela suporta uma capacidade de auto adaptação simples e integrada para otimizar o consumo da bateria e para manter o erro relativo da análise da marcha dentro de valores adequados. As informações monitoradas são analisadas para detectar se uma mudança é necessária no sistema.

Os pesquisadores [Machado et al. \(2021\)](#) propõem em seu artigo um modelo baseado em dados fisiológicos recebidos de aplicativos externos, que possibilita identificar possíveis comportamentos perigosos de pacientes com Alzheimer. Foi desenvolvido um simulador chamado DCARE Dataset Simulator, de Activity Daily Living (ADLs), o qual faz o acompanhamento do usuário durante o cotidiano, coletando informações diárias sobre localização GPS e sinais vitais. O DCARE baseia-se no método de investigação experimental, para compreender a doença e encontrar soluções para minimizar o seu impacto no acompanhamento diário dos doentes, enviando alertas ao cuidador em caso de perigo ao paciente. O sistema compara o histórico de Contextos para identificar o comportamento do paciente relativo ao conceito de BPSD (BPSD – Behavioural and Psychological Symptoms of Dementia). A análise de acordo com o comportamento tem como base os critérios disponibilizados no trabalho de [Nesbitt et al. \(2018\)](#), o qual indica que indivíduos com Alzheimer e outras formas de demência geralmente passam por um período de sintomas comportamentais e psicológicos significativos de demência (BPSD).

4.4 Deficiência Auditiva e Outras

O artigo de [Kim et al. \(2018\)](#) apresenta uma solução para as barreiras enfrentadas por alunos com deficiência motora no ensino superior, e que os impedem de participar plenamente da vida no campus. A pesquisa explora como a IoT e a tecnologia vestível podem beneficiar estas pessoas em um campus habilitado para IoT, melhorando a qualidade de suas experiências universitárias. O artigo apresenta um protótipo que ajuda estes alunos a realizar tarefas da vida diária dentro do campus, como monitorar as condições ambientais e controlar dispositivos internos. O sistema consiste em um smartwatch emparelhado com smartphone, infraestrutura de IoT instalada no campus e um servidor que fornece APIs da Web para acessar e controlar os objetos habilitados para o IoT no campus.

A pesquisa de [Kobayashi et al. \(2019\)](#) apresenta a pro-

posta de uma rede social bilingue, na qual uma interface de usuário de voz está incorporada e permite que pessoas com dificuldades de usar smartphones ou tablets, devido suas incapacidades, possam comunicar-se com outras pessoas que sofrem da mesma doença ou com médicos especialistas nas suas línguas maternas. Os autores implementaram o protótipo integrando o RoBoHoN, fornecido pela Sharp, cujo kit de Desenvolvimento de Software é disponível como robô de comunicação. O serviço está disponível em 45 idiomas, permitindo que pessoas que falam diferentes idiomas possam se comunicar sem restrição de tempo e lugar, não sendo necessário utilizar as mãos.

A proposta de Kannan et al. (2017) apresenta um sistema de reconhecimento de gestos de baixo custo e minimamente supervisionado, o qual identifica gestos estáticos de forma eficiente e precisa. O sistema proposto utiliza sensores acelerômetros ADXL335 que rastreiam os gestos, sendo esses sensores interfaceados com um microcontrolador Arduino ATmega 2560 para processamento de dados e reconhecimento de gestos. O desempenho do sistema é avaliado usando gestos estáticos nos alfabetos ASL. O custo desses sistemas de protótipo varia entre 12,5USD e 20 USD.

Na proposta apresentada por Priiyadharshini et al. (2021), foi desenvolvida uma luva inteligente com a tecnologia Arduino, a qual tem a capacidade distinguir gestos, integrando comunicação com voz. Este projeto objetiva auxiliar as pessoas com deficiência auditiva e visual na comunicação, de modo a remover a barreira de comunicação entre várias comunidades.

O objetivo do projeto desenvolvido por Raza et al. (2020) é melhorar a vida das pessoas com deficiência na sociedade através da IA e IoT. Os usuários do sistema têm a capacidade de monitorar suas casas remotamente usando seus tablets, computadores ou telefones, ou ainda automatizar processos que podem ser difíceis de realizar. O sistema é implementado usando tecnologias como Arduino, Android e Bluetooth, disponíveis na maioria dos dispositivos. O principal objetivo da proposta é ter um sistema centralizado de controle para sua casa, através do telefone Android, tendo como vantagens custo-benefício, baixa manutenção e facilidade de uso.

O trabalho de Stavropoulos et al. (2020) busca atender pessoas com Esclerose Múltipla (EM). Inicialmente, o sistema integra um rastreador e um smartphone para coletar e armazenar dados de movimento, sono e frequência cardíaca, em uma base de conhecimento baseada em ontologia. Então, padrões de ontologia são usados para fornecer uma abordagem inicial para detectar problemas e sintomas de interesse, como falta de movimento, estresse ou dor, insônia, sono excessivo, falta de sono e inquietação. Por fim, o sistema apresenta os dados, tendências e problemas detectados em painéis e aplicativos. Isso permitirá aos pacientes se autogerenciarem e para os médicos conduzirem intervenções eficazes e oportunas, monitorando o progresso em testes futuros para avaliar a precisão e a eficácia do sistema.

O trabalho Tavares et al. (2019) propõe um modelo que implementa aprendizado de máquina para reconhecer padrões de sons, identificando eventos que possam representar riscos à saúde do usuário. A interface do aplicativo tem foco em acessibilidade comunicacional, exibindo as

informações da notificação em Libras através de avatares na tela. O modelo leva em conta a experiência do usuário, fazendo uso de elementos gráficos representativos para cada atividade ou evento. O conjunto de funcionalidades propostas, voltadas para o ambiente doméstico, evidencia os diferenciais desta solução em relação aos outros trabalhos.

5 Análise dos Resultados

O processo de seleção dos artigos nas bases digitais resultou 297 artigos, sendo que destes, 83 artigos foram considerados aceitos para este Mapeamento Sistemático de Literatura (Tabela 4) após submetidos aos critérios de exclusão. Esta seção resume as descobertas e resultados das análises sobre os artigos primários selecionados. A Seção 5.1. procura responder as perguntas de pesquisa (Tabela 1) com base nos dados extraídos e a Seção 5.2. busca fazer um resumo dos resultados.

Os resultados do estudo indicam que pesquisas vêm sendo feitas em todos os tipos de deficiências que fazem parte do escopo desta pesquisa, como mostra a Fig. 2, porém percebe-se um interesse maior pelas TA que buscam melhorar a qualidade de vida das pessoas com deficiência visual e assistência à idosos com deficiência e Alzheimer.

ARTIGOS SELECIONADOS POR DEFICIÊNCIA

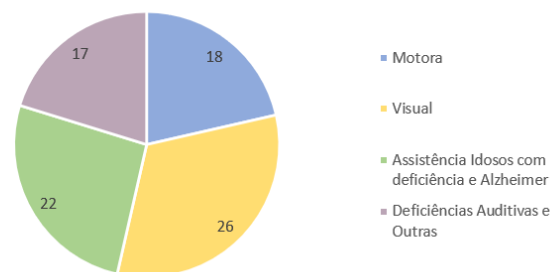


Figura 2: Artigos Selecionados por Deficiência

Fonte: Autores

No que se refere a origem dos artigos, observamos que cresce a colaboração entre instituições de diversos países, sendo que dos artigos selecionados 13 deles foram realizados de modo colaborativo e outros 13 são originários da Índia, o que indica os esforços da academia em resolver os problemas de um país superpopuloso. Na sequência aparecem os Estados Unidos, Brasil e Itália, países que mais apresentaram soluções de TA para as deficiências selecionadas no escopo da pesquisa. Porém podemos aferir a partir da Fig. 3, o interesse de vários países no tema em questão.

No que se refere ao ano de publicação dos artigos, pode-se observar uma tendência de crescimento da produção científica relacionada à temática, apresentando apenas uma leve redução no ano de 2020, que pode ter sido ocasionada pela pandemia, conforme mostra o Fig. 4.

Os 83 artigos selecionados neste mapeamento sistemá-

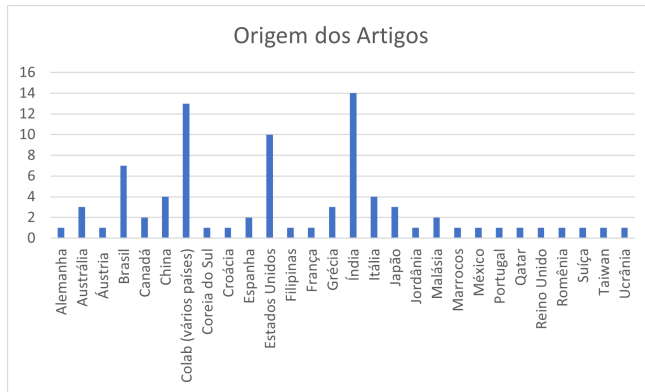


Figura 3: Países de Origem dos Artigos Seleccionados
Fonte: Autores

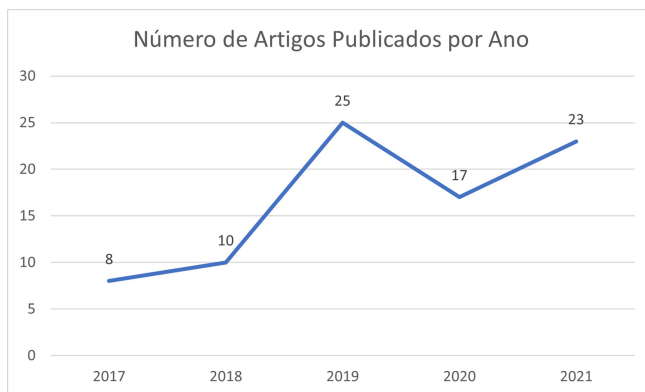


Figura 4: Evolução das Publicações Últimos Cinco Anos
Fonte: Autores

tico de literatura utilizam AIoT combinadas com outras tecnologias, sendo que os sensores de diversos tipos e os dispositivos interativos, vestíveis e protótipos são os mais recorrentes, como pode ser observado no Fig. 5. Destaca-se ainda que para cada artigo foi selecionado apenas a tecnologia principal para fins de construção do gráfico.

5.1 Análise das Questões de Pesquisa

Com relação às perguntas de pesquisa elaboradas, esta pesquisa permitiu identificar os principais estudos envolvendo TA, IA e IoT, tendo como base os 83 artigos selecionados.

RQ1. Quais são os estudos e soluções existentes que integram TA e AIoT às doenças degenerativas e deficiências?

Os 83 estudos selecionados atendem esse critério, uma vez que as tecnologias envolvidas em cada pesquisa utilizam AIoT conjuntamente com outras tecnologias e objetivam atender as especificidades das “ajudas técnicas” (TA), para melhorar a qualidade de vida das pessoas com deficiência. A proporção dos estudos seguiu o que foi apresentado na Fig. 2, com 31,32 % dos estudos envolvendo deficiência visual, 26,51 % relacionados à assistência a idosos e alzheimer, 21,69 % aplicados a deficiência motora e 20,48 % dos artigos tendo como foco deficiências auditivas

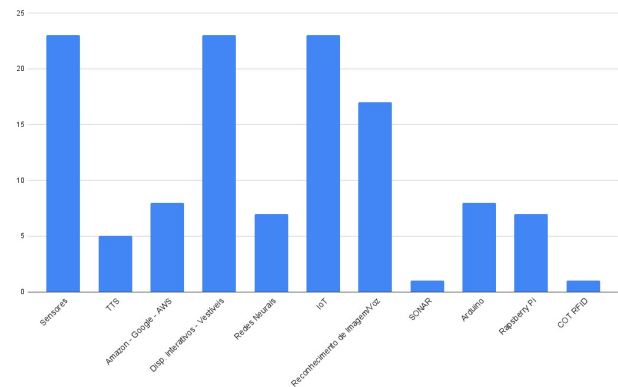


Figura 5: Principais Tecnologias Utilizadas
Fonte: Autores

e outras.

As soluções propostas são relevantes e poderão trazer grandes benefícios para seu público-alvo, porém, constatamos que grande parte das pesquisas ainda se encontra num estágio inicial, com protótipos que ainda não foram submetidos à avaliação dos usuários. Entretanto, estes estudos representam um avanço e uma base para outros pesquisadores, os quais podem se beneficiar do que já foi desenvolvido e avançar nas soluções que possam efetivamente proporcionar aumento na qualidade de vida deste público.

RQ2. Quais são as lacunas entre as doenças degenerativas e deficiências e as soluções propostas na literatura?

Percebemos na literatura a maior concentração das pesquisas em deficiências quando comparada às doenças degenerativas. Somente quatro artigos entre os selecionados apresentaram soluções para doenças degenerativas. As soluções apresentadas incluem sistema de diagnóstico das doenças, sistemas de monitoramento e predição de eventos com base em contextos históricos, sistema de localização de pessoas para pacientes com Alzheimer e sistema de assistência à saúde para portadores de esclerose múltipla. Foram encontrados também dois artigos que apresentaram propostas para pessoas com paralisia cerebral e um sistema de avaliação diagnóstica para crianças com TDAH.

RQ3. Quais dessas soluções propostas na literatura estão sendo aplicadas ao mercado e qual a sua abrangência?

A análise da literatura apontou que a grande maioria dos trabalhos levantados no mapeamento se trata de protótipos que vêm sendo testados e melhorados. Porém, observamos que algumas soluções estão disponíveis no mercado e serão abordadas na sequência, de acordo com a deficiência analisada.

Deficiência Motora:

Apesar do avanço das pesquisas e prototipagem de soluções automatizadas e inteligentes, percebe-se que o custo dos equipamentos é um grande entrave para a introdução no mercado e o artigo de Jacob et al. (2020) corrobora com essa afirmação. Encontramos no mercado produto com funcionalidades semelhantes ao proposto por estes pesquisadores, o Syrebo (<https://www.syrebo.com/>).

Quanto a mobilidade, as cadeiras de rodas inteligentes vêm substituindo as tradicionais, sendo que

o preço continua como o principal impedimento de acesso e a proposta de Al Shabibi and Kesavan (2021), apesar de buscar resolver esse problema, não está ainda disponível no mercado. Entretanto, encontramos opções disponíveis no mercado, como a Sunrise-Medical (<https://www.sunrisemedical.com/>) e a Invacare (<https://www.invacare.pt/pt>).

A solução proposta por Bissoli et al. (2019) de um sistema que auxilia os usuários a interagirem com a sua casa através do eye tracking não está disponível comercialmente, porém encontramos um similar, o PCEyePlusEyeR (<https://www.tobiibrasil.com/produto/tobiipeyepluseyer/>).

Deficiência Visual:

Neste campo, as soluções propostas nos artigos foram em sua maioria prototipadas, e pudemos encontrar maior número de soluções disponíveis no mercado em comparação com as deficiências Auditivas e Outras. Produtos similares ao proposto no trabalho de Mulfari (2018) estão disponíveis no mercado, como por exemplo o IrisVision (irisvision.com), que é uma combinação de headset VR da Samsung e um smartphone; Acesight (acesight.com), baseado na tecnologia de realidade aumentada; NuEyes Pro (nueyes.com), em que uma câmera na frente dos óculos captura a imagem e a exibe ampliada dentro das lentes e a solução eSight (esighteyewear.com), direcionada para pessoas de baixa visão.

O Indriya é a solução apresentada por Kallara et al. (2017) e em fase de prototipação, do qual encontramos soluções similares no mercado, tais como o WeWalk Smart Cane (<https://wewalk.io/en/>), em que detecta obstáculos acima do solo com ultra-som. Embora análogo ao Indriya, o Smart Cane: Laser Guide, proposto por Soares et al. (2021), se destaca pelo uso de laser eletrônico. O protótipo proposto por Guo et al. (2019) possui similares no mercado, um desses produtos é o BlitTab (<http://blitab.com/>), que é um tablet Braille que utiliza uma tecnologia de atuação disruptiva para criar texto e gráficos táteis em tempo real.

Assistência de Pessoas Idosas com deficiência e Alzheimer:

Constatamos várias iniciativas em desenvolvimento e prototipagem, o que indica o aumento do interesse dos pesquisadores nesse campo. Como aponta o estudo de Hou et al. (2021), as cadeiras de rodas inteligentes estão substituindo gradualmente as cadeiras de rodas tradicionais. O protótipo desenvolvido no estudo não está disponível comercialmente e não foi encontrado similar com as mesmas especificidades no mercado. A solução proposta pelos pesquisadores Curumsing et al. (2019), o SofiHub (www.sofihub.com), está disponível no mercado e envolveu a colaboração de parceiros globais, envolvendo testes que ocorreram nos quatro continentes.

Os pesquisadores Machado et al. (2021) trazem uma importante contribuição para pesquisas futuras com o desenvolvimento da ferramenta DCARE, a qual é única em suas especificidades no mercado.

Deficiências Auditivas e Outras:

A maioria dos artigos analisados apresenta protótipos em desenvolvimento. A solução eHealth, apresentada em Stavropoulos et al. (2020) se destaca pela abrangência e por ser uma das prioridades da Organização Mundial da Saúde (OMS) desde 2005, sendo que a OMS vêm trabalhando com parceiros no mundo todo para ajudar no uso dessas

ferramentas. Atualmente, 58% dos países membros da OMS têm estratégias de eHealth e 75% têm instituições que têm trabalhado com tecnologias com foco em saúde WHO-World (2021b).

6 Conclusões

Este estudo permitiu levantar o estado da arte das soluções existentes de tecnologia assistiva (TA), envolvendo internet das coisas e aplicação de técnicas de inteligência artificial (IA). O interesse em TA tem crescido na última década, o que pode ser observado pelo aumento no número de publicações, bem como pela maior ênfase que têm sido dada às políticas públicas para melhoria da qualidade de vida das pessoas com algum tipo de deficiência. Neste aspecto, inferimos que existe uma lacuna maior no que se refere à aplicação de TA para deficiências motoras e auditivas. Com relação à inserção destas soluções no mercado, observamos que o alto custo de produção ainda é um impeditivo para um maior acesso das pessoas deficientes. Porém, observa-se que a maior parte das soluções de mercado é focada na deficiência visual.

Observamos que os grandes avanços recentes da TA são devidos a sua integração com dispositivos AIoT (Inteligência Artificial das Coisas). A IoT, consistindo principalmente de sensores e dispositivos que se comunicam, permite a coleta em tempo real de grande quantidade de dados, os quais podem ser combinados com o conhecimento embutido em algoritmos de IA, em especial técnicas de Aprendizado de Máquina, para a gerar novos conhecimentos e padrões, os quais poderão subsidiar tomadas de decisão.

A TA é um termo abrangente que engloba soluções que buscam desenvolver produtos e serviços assistivos, tendo como maior objetivo minimizar e/ou eliminar restrições e limitações impostas a uma pessoa, devido a uma deficiência ou incapacidade. Dentro deste contexto, as TA contribuem diretamente para a redução das barreiras encontradas pelas pessoas com deficiência no seu dia a dia, permitindo que elas vivam de forma mais independente.

É fato porém, que há um longo caminho a ser percorrido para que a TA esteja ao alcance das pessoas com alguma deficiência ou doença degenerativa, uma vez que existe uma lacuna entre as reais necessidades dos usuários e o que está sendo prototipado. Observa-se que a maior parte das aplicações desenvolvidas não passam de estudos iniciais, simulações e protótipos básicos submetidos a poucos testes, mas que demonstram ser promissores. É necessário portanto avançar para uma próxima etapa, na qual essas aplicações são testadas por usuários e ajustadas para que seu objetivo de melhoria da qualidade de vida de pessoas deficientes ou com alguma doença degenerativa, seja efetivamente alcançado.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESC pelo apoio financeiro ao Projeto de Pesquisa "Um Framework Baseado em Inteligência Artificial das Coisas (AIoT) para o Desenvolvimento de Soluções de Tecnologia Assistiva", aprovado no edital FAPESC 15/2021.

Referências

- Abberley, P. (1998). *The spectre at the feast: Disabled people and social theory*, London, UK.
- Addabbo, T., Fort, A., Mugnaini, M., Parri, L., Parrino, S., Pozzebon, A. and Vignoli, V. (2018). An iot framework for the pervasive monitoring of chemical emissions in industrial plants, *Proceedings of Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT*, IEEE, pp. 269–273. <https://doi.org/10.1109/METROI4.2018.8428325>.
- Al Shabibi, M. A. K. and Kesavan, S. M. (2021). Iot based smart wheelchair for disabled people, *Proceedings of International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN)*, IEEE, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICSCAN53069.2021.9526427>.
- Andò, B., Baglio, S., Cantelli, L., Castorina, S., Crispino, R., Debono, C. J., Guastella, D. C., Marletta, V., Muscato, G., Sutera, G. et al. (2021). An integrated platform of smart objects supporting the quality of life of frail people, *Proceedings of IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 & IoT (MetroInd4.0&IoT)*, IEEE, pp. 134–139. <https://doi.org/10.1109/MetroInd4.0IoT51437.2021.9488496>.
- Araujo, L. A. D. and da Costa Filho, W. M. (2016). A lei 13.146/2015 (o estatuto da pessoa com deficiência ou a lei brasileira de inclusão da pessoa com deficiência) e sua efetividade, *Direito e Desenvolvimento* 7(13): 12–30. <https://doi.org/10.26843/direitoedesenvolvimento.v7i13.298>.
- Baby, C. J., Mazumdar, A., Sood, H., Gupta, Y., Panda, A. and Poonkuzhali, R. (2018). Parkinson's disease assist device using machine learning and internet of things, *Proceedings of international conference on communication and signal processing (ICCSP)*, IEEE, pp. 0922–0927. <https://doi.org/10.1109/ICCSP.2018.8523831>.
- Ballesteros, J., Ayala, I., Caro-Romero, J. R., Amor, M. and Fuentes, L. (2020). Evolving dynamic self-adaptation policies of mhealth systems for long-term monitoring, *Journal of Biomedical Informatics* 108: 103494. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2020.103494>.
- Bissoli, A., Lavino-Junior, D., Sime, M., Encarnação, L. and Bastos-Filho, T. (2019). A human-machine interface based on eye tracking for controlling and monitoring a smart home using the internet of things, *Sensors* 19(4): 859. <https://doi.org/10.3390/s19040859>.
- Curumsing, M. K., Fernando, N., Abdelrazek, M., Vasa, R., Mouzakis, K. and Grundy, J. (2019). Emotion-oriented requirements engineering: A case study in developing a smart home system for the elderly, *Journal of systems and software* 147: 215–229. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.06.077>.
- Dieste, O., Grimán, A. and Juristo, N. (2009). Developing search strategies for detecting relevant experiments, *Empirical Software Engineering* 14(5): 513–539. <https://doi.org/10.1109/ESEM.2007.19>.
- García, J. C. D. (ed.) (2017). *Livro Branco da Tecnologia Assistiva no Brasil*, Instituto de Tecnologia Social–ITS BRASIL, São Paulo, Brasil.
- Guo, A., Kong, J., Rivera, M., Xu, F. F. and Bigham, J. P. (2019). Statelens: A reverse engineering solution for making existing dynamic touchscreens accessible, *Proceedings of the 32nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 371–385. <https://doi.org/10.1145/3332165.3347873>.
- Hengle, A., Kulkarni, A., Bavadekar, N., Kulkarni, N. and Udyawar, R. (2020). Smart cap: A deep learning and iot based assistant for the visually impaired, *Proceedings of Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*, IEEE, pp. 1109–1116. <https://doi.org/10.1109/ICSSIT48917.2020.9214140>.
- Hou, L., Latif, J., Mehryar, P., Zulfiquir, A., Withers, S. and Plastropoulos, A. (2021). Iot based smart wheelchair for elderly healthcare monitoring, *Proceedings of IEEE 6th International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS)*, IEEE, pp. 917–921. <https://doi.org/10.1109/ICCCS52626.2021.9449273>.
- Jacob, S., Alagirisamy, M., Menon, V. G., Kumar, B. M., Jhanjhi, N., Ponnusamy, V., Shynu, P. and Balasubramanian, V. (2020). An adaptive and flexible brain energized full body exoskeleton with iot edge for assisting the paralyzed patients, *IEEE Access* 8: 100721–100731. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2997727>.
- Kallara, S. B., Raj, M., Raju, R., Mathew, N. J., Padmaprabha, V. and Divya, D. (2017). Indriya—a smart guidance system for the visually impaired, *Proceedings of International Conference on Inventive Computing and Informatics (ICICI)*, IEEE, pp. 26–29. <https://doi.org/10.1109/ICICI.2017.8365359>.
- Kannan, A., Ramesh, A., Srinivasan, L. and Vijayaraghavan, V. (2017). Low-cost static gesture recognition system using mems accelerometers, *Proceedings of Global Internet of Things Summit (GIoTS)*, IEEE, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/GIoTS.2017.8016217>.
- Kim, G. Y., Shin, S.-S., Kim, J. Y. and Kim, H.-G. (2018). Sound event detection and haptic vibration based home monitoring assistant system for the deaf and hard-of-hearing, *Proceedings of Workshop on Multimedia for Accessible Human Computer Interface*, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1145/3264856.3264857>.
- Kitchenham, B. A. (2012). Systematic review in software engineering: where we are and where we should be going, *Proceedings of the 2nd international workshop on Evidential assessment of software technologies*, ACM, pp. 1–2. <https://doi.org/10.1145/2372233.2372235>.
- Kitchenham, B. and Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering, *Technical report*, Keele University, Keele, UK.
- Kobayashi, T., Yonaga, N., Imai, T. and Arai, K. (2019). Bilingual sns agency robot for person with disability, *Proceedings of IEEE 8th Global Conference on Consumer*

- Electronics (GCCE), IEEE, pp. 74–75. <https://doi.org/10.1109/GCCE46687.2019.9015297>.
- Machado, S. D., Barbosa, J. L. V., da Rosa Tavares, J. and Martins, M. G. (2021). Dcare: A computational model for monitoring people with alzheimer's disease based on context histories analysis, *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, SBC. <https://doi.org/10.1145/3466933.3466944>.
- Martillano, D. A., Alvarez, I. O. A., Cataquian, M. I. O., Santiago, G. J. S. and Sevilla, K. M. M. (2019). Tactica: An android-based low-cost assistive tactile device on basic braille notation reading for visually impaired students in sped centers with iot technology., *J. Commun.* 14(7): 593–600. Disponível em <http://www.jocm.us/uploadfile/2019/0610/20190610052834609.pdf>.
- Mohamed, E. (2020). The relation of artificial intelligence with internet of things: A survey, *Journal of Cybersecurity and Information Management - JCIM* 1(1): 30–24. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3686810>.
- Mulfari, D. (2018). A tensorflow-based assistive technology system for users with visual impairments, *Proceedings of the 15th International Web for All Conference*, pp. 1–2. <https://doi.org/10.1145/3192714.3196314>.
- Muztoba, M., Voleti, R., Karabacak, F., Park, J. and Ogras, U. Y. (2018). Instinctive assistive indoor navigation using distributed intelligence, *ACM Transactions on Design Automation of Electronic Systems (TODAES)* 23(6): 1–21. <https://doi.org/10.1145/3212720>.
- Nesbitt, C., Gupta, A., Jain, S., Maly, K. and Okhravi, H. R. (2018). Reliability of wearable sensors to detect agitation in patients with dementia: A pilot study, *Proceedings of 10th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Technology*, pp. 73–77. <https://doi.org/10.1145/3232059.3232067>.
- Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S. and Mattsson, M. (2008). Systematic mapping studies in software engineering, in G. Visaggio and M. T. Baldassarre (eds), *Proceedings of 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, BCS, Swindon, UK, pp. 1–10.
- Priiyadharshini, M., Balaji, V., Thrisha, R. and Suruthi, R. (2021). Sign speaks—an iot based smart gloves for dumb, *proceedings of 6th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)*, IEEE, pp. 470–475. <https://doi.org/10.1109/ICCES51350.2021.9489184>.
- Raza, A., Qadeer, M. A., Tariq, Z., Ahmed, Z., Yousaf, S. and Shah, A. (2020). Smart assistance for disables using bluetooth and arduino, *Proceedings of IEEE 7th International Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences (ICETAS)*, IEEE, pp. 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICETAS51660.2020.9484245>.
- Soares, J. M. S., Guerra, C. S. D., da Silva, M. M., Chaves, L. S., Sampaio, A. L. and Al-Alam, W. G. (2021). Smart cane: Laser guide as an inclusion tool for the visually impaired, *Proceedings of the XX Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1145/3472301.3484330>.
- Stavropoulos, T. G., Meditskos, G., Papagiannopoulos, S. and Kompatsiaris, I. (2020). ehealth4ms: Problem detection from wearable activity trackers to support the care of multiple sclerosis, *Proceedings of International Symposium on Ambient Intelligence*, Springer, pp. 3–12. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58356-9_1.
- Sumi, L., Longchar, I. and Dey, S. (2019). Iot-based fall prevention and detection for senior citizens, physically and intellectually disabled, *Proceedings of International Conference on Information Technology (ICIT)*, IEEE, India, pp. 190–195. <https://doi.org/10.1109/ICIT48102.2019.00040>.
- Sung, T.-W., Tsai, P.-W., Gaber, T. and Lee, C.-Y. (2021). Artificial intelligence of things (aiot) technologies and applications, *Wireless Communications and Mobile Computing* 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9781271>.
- Tavares, J. E. d. R., Guterres, T. D. d. R. and Barbosa, J. L. (2019). Apollo apa: towards a model to care of people with hearing impairment in smart environments, *Proceedings of the 25th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web*, SBC, pp. 281–288. <https://doi.org/10.1145/3323503.3360295>.
- Wang, K.-J., Tung, H.-W., Huang, Z., Thakur, P., Mao, Z.-H. and You, M.-X. (2018). Exgbuds: universal wearable assistive device for disabled people to interact with the environment seamlessly, *Proceedings of ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, ACM-IEEE, pp. 369–370. <https://doi.org/10.1145/3173386.3177836>.
- WHO-World, H. O. (2011). World report on disability, <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44575>. Accessed: 2021-12-05.
- WHO-World, H. O. (2018). Assistive technology, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/assistive-technology>. Accessed: 2021-12-05.
- WHO-World, H. O. (2021a). Disability, https://www.who.int/health-topics/disability#tab=tab_1. Accessed: 2022-01-11.
- WHO-World, H. O. (2021b). Global observatory for ehealth, <https://www.who.int/observatories/global-observatory-for-ehealth>. Accessed: 2022-09-09.
- Zhang, H., Rao, H. and Feng, J. (2018). Product innovation based on online review data mining: a case study of huawei phones, *Electronic Commerce Research* 18(1): 3–22. <https://doi.org/10.1007/s10660-017-9279-2>.

Tabela 5: Apêndice A

ID	Título	DOI
01	Assistive Technology through Internet of Things and Edge Computing	10.1109/ICCE-Berlin47944.2019.8966148
02	Smart Assistance for Disables using Bluetooth and Arduino	10.1109/ICETAS51660.2020.9484245
03	An Adaptive and Flexible Brain Energized Full Body Exoskeleton with IoT Edge for Assisting the Paralyzed Patients	10.1109/ACCESS.2020.2997727
04	IoT-based Fall Prevention and Detection for Senior Citizens, Physically and Intellectually Disabled	10.1109/ICIT48102.2019.00040
05	Low Cost Smart Navigation System for the Blind	10.1109/ICACCS51430.2021.9442056
06	Towards a Smartwatch Application to Assist Students with Disabilities in an IoT-enabled Campus	10.1109/LifeTech.2019.8883995
07	Assistive technology for harvesting footstep energy in IoT enabled Smart shoe for the visually impaired	10.1109/ICSECS52883.2021.00028
08	Design and Development of Cognitive IoT Assistance System for Visually Impaired	10.1109/ICIPTM52218.2021
09	IoT Based Smart Wheelchair for Elderly Healthcare Monitoring	10.1109/ICCCS52626.2021.9449273
10	Hand Gesture Recognition system for physically challenged people using IoT	10.1109/ICACCS48705.2020.9074226
11	Bilingual SNS Agency Robot for Person with Disability	10.1109/GCCE46687.2019.9015297
12	Sign Language Recognition Based on Computer Vision	10.1109/ICAICA52286.2021.9498024
13	AI and IoT-Enabled Smart Exoskeleton System for Rehabilitation of Paralyzed People in Connected Communities	10.1109/ACCESS.2021.3083093
14	An Integrated Platform of Smart Objects Supporting the Quality of Life of Frail People	10.1109/MetroInd4.0IoT51437.2021.9488496
15	A New Authentication Approach for People with Upper Extremity Impairment	10.1109/PerComWorkshops48775.2020.9156171
16	A Voice-controlled Electronics Drawing Canvas Assistive System for People with Cerebral Palsy	10.1109/GCCE46687.2019.9015404
17	IOT enabled Book Publishing Platform	10.1109/ICCCIS51004.2021.9397084
18	A Finger-Worn Device for Exploring Chinese Printed Text With Using CNN Algorithm on a Micro IoT Processor	10.1109/ACCESS.2019.2936143
19	ReType: Your Breath Tells Your Mind!	10.1109/JIOT.2021.3057474
20	An innovative EPW design using add-on features to meet Malaysian requirements	10.1109/ICCSCE.2017.8284401
21	Intelligent pillbox: Automatic and programmable Assistive Technology device	10.2316/P.2017.852-051
22	Low-cost static gesture recognition system using MEMS accelerometers	10.1109/GIITS.2017.8016217
23	Eye Controlled Automation for Movement Disorder Patients Using IOT	10.1109/ICSCAN53069.2021.9526397
24	Dynamic Hand Gesture Pattern Recognition Using Probabilistic Neural Network	10.1109/IEMTRONICS52119.2021.9422496
25	Low-Cost Wearable Gesture Recognition System with Minimal User Calibration for ASL	10.1109/iThings/GreenCom/CPSCoM/SmartData.2019.00185
26	Assistive Sign Language Converter for Deaf and Dumb	10.1109/iThings/GreenCom/CPSCoM/SmartData.2019.00071
27	Application Informed Motion Signal Processing for Finger Motion Tracking Using Wearable Sensors	10.1109/ICASSP40776.2020.9053466
28	Sign Speaks-An IoT Based Smart Gloves for Dumb	10.1109/ICCES51350.2021.9489184
29	IoT Based Smart Wheelchair for Disabled People	10.1109/ICSCAN53069.2021.9526427
30	A Vision based Voice Controlled Indoor Assistant Robot for Visually Impaired People	10.1109/IEMTRONICS51293.2020.9216359
31	A Scene-to-Speech Mobile based Application: Multiple Trained Models Approach	10.1109/ICIoT48696.2020.9089557
32	An Augmented Reality Virtual Assistant to Help Mild Cognitive Impaired Users in Cooking a System Able to Recognize the User Status and Personalize the Support	10.1109/METRO14.2018.8428314
33	CAPture: A Vision Assistive Cap for People with Visual Impairment	10.1109/SPIN52536.2021.9565940
34	Proposal IoT Architecture for Macro and Microscale Applied in AssistiveTechnology	10.1007/978-3-319-64352-6_4
35	Towards Human Smart Cities: Internet of Things for sensory impaired individuals	10.1007/s00607-016-0529-2
36	Conceptual model for informing user with innovative smart wearabledevice in industry 4.0	10.1007/s11276-019-02057-9
37	A TensorFlow-based Assistive Technology System for Users with Visual Impairments	10.1145/3192714.3196314
38	A Human-Machine Interface Based on Eye Tracking for Controlling and Monitoring a Smart Home Using the Internet of Things	10.3390/s19040859
39	A Hassle-Free Shopping Experience for the Visually Impaired: An Assistive Technology Application	10.1007/978-3-030-04061-1_21
40	Wearable sensor data based human activity recognition using deeplearning: A new approach	10.1142/9789811223334_0070
41	Navigation Assistive Application for the Visually Impaired People	10.1109/DESSERT50317.2020.9125013
42	A New Integrated System for Assistance in Communicating with and Telemonitoring Severely Disabled Patients	10.3390/s19092026
43	VIZIYON: Assistive handheld device for visually challenged	10.1016/j.jss.2018.06.077

Tabela 6: Apêndice A – continuação

ID	Título	DOI
44	Emotion-oriented requirements engineering: A case study in developing a smart home system for the elderly	10.1016/j.jss.2018.06.077
45	Evolving dynamic self-adaptation policies of mHealth systems for long-term monitoring	10.1016/j.jbi.2020.103494
46	An embedded framework enabling access of elderly and disabled persons to IP-based emergency communications	10.1016/j.micpro.2019.05.006
47	IoT-powered deep learning brain network for assisting quadriplegic people	10.1016/j.compeleceng.2021.107113
48	Three-button gateway smart home interface (TrueSmartface) for elderly: Design, development and deployment	10.1016/j.measurement.2019.106923
49	Uasisi: a modular and adaptable wearable system to assist the visually impaired	10.1016/j.procs.2019.04.058
50	Yes, ICAN(b)E – Active Aging in Place supported by a Caregiver-centered Modular Low-Cost Platform	10.1016/j.procs.2020.10.059
51	Assistive Technologies in Function of Visual Impaired Person Mobility Increases in Smart Shopping Environment	10.1007/978-3-030-67241-6_14
52	A robotic assisted system using deep learning for navigation and reading IoT based home automation for visually impaired	10.3233/APC210058
53	Clinically-validated technologies for assisted living: The vINCI project	10.1007/s12652-021-03419-y
54	Enhancing Assistive Technology with Biomimicry and Social Robots	10.1007/978-3-030-73050-5_73
55	eHealth4MS: Problem detection from wearable activity trackers to support the care of multiple sclerosis	10.1007/978-3-030-58356-9_1
56	IoT Supported Assistive Network for Elderly People	10.1109/ICACCM50413.2020.9213045
57	Dots – An Inclusive Natural User Interfaces (NUI) for Spatial Computing	10.1145/3406324.3410715
58	A Monocular Vision-based Obstacle Avoidance Android/Linux Middleware for the Visually Impaired	10.1145/3366627.3368113
59	Integrating mixed reality and internet of things as an assistive technology for elderly people living in a smart home	10.1145/3359997.3365742
60	IoT-based knee rehabilitation system for inclusive smart city	10.1145/3368756.3369068
61	Tactica: An android-based low-cost assistive tactile device on basic braille notation reading for visually impaired students in SPED centers with IoT technology	10.12720/jcm.14.7.593-600
62	Assistive technology using IoT for physically disabled people	ISSN: 2278-3075
63	Exploiting Offloading in IoT-Based Microfog: Experiments with Face Recognition and Fall Detection	10.1155/2019/2786837
64	Instinctive Assistive Indoor Navigation using Distributed Intelligence	10.1145/3212720
65	Indriya – A smart guidance system for the visually impaired	10.1109/ICICI.2017.8365359
66	Supporting Alzheimer's residential care a novel indoor localization system	10.5220/0006859502720278
67	Web standards to enable an accessible and inclusive internet of things (IoT)	10.1145/3058555.3058568
68	An innovative speech-based interface to control AAL and IoT solutions to help people with speech and motor disability	10.1007/978-3-319-54283-6_20
69	An ambient assisted living technology platform for informal carers of the elderly	10.1007/978-3-319-49655-9_53
70	PINDOTS: An Assistive Six-Dot Braille Cell Keying Device on Basic Notation Writing for Visually Impaired Students with IoT Technology	10.1145/3291078.3291106
71	Designing a Context-Aware Assistive Infrastructure for Elderly Care	10.1145/3123024.3124403
72	DCARE: A Computational Model for Monitoring People with Alzheimer's Disease Based on Context Histories Analysis	10.1145/3466933
73	Improving Urban Mobility for the Visually Impaired Using the Awareness Quality	10.1145/3364641.3364649
74	Sound Event Detection and Haptic Vibration Based Home Monitoring Assistant System for the Deaf and Hard-of-Hearing	10.1145/3264856.3264857
75	Apollo APA: Towards a Model to Care of People with Hearing Impairment in Smart Environments	10.1145/3323503.3360295
76	Real-Time Assistive Reader Pen for Arabic Language	10.1145/3423133
77	DALÍ: A Digital Assistant for the Elderly and Visually Impaired Using Alexa Speech Interaction and TV Display	10.1145/3389189.3397972
78	Mobile Assisted Living: Smartwatch-Based Fall Risk Assessment for Elderly People	10.1145/3266157.3266210
79	Smart Cane: Laser Guide as an Inclusion Tool for the Visually Impaired	10.1145/3472301
80	WeDA: Designing and Evaluating A Scale-Driven Wearable Diagnostic Assessment System for Children with ADHD	10.1145/3313831.3376374
81	Trading Off Power Consumption and Prediction Performance in Wearable Motion Sensors: An Optimal and Real-Time Approach	10.1145/3198457
82	HomeSound: An Iterative Field Deployment of an In-Home Sound Awareness System for Deaf or Hard of Hearing Users	10.1145/3313831.3376758
83	StateLens: A Reverse Engineering Solution for Making Existing Dynamic Touchscreens Accessible	10.1145/3332165.3347873