

ESTUDO EXPLORATÓRIO E DESCRITIVO SOBRE TECNOLOGIA ASSISTIVA E AUTOMAÇÃO DOMÉSTICA COM ARDUINO

FLÁVIO FRANCISCO DOS REIS – fppareis@gmail.com
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA – UFJF

ERCILIA DE STEFANO – ercilia.stefano@gmail.com
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA - UFJF

TATIANA TAVARES RODRIGUEZ – tatiana.rodriguez@ufjf.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA – UFJF

ALBERTO EDUARDO BESSER FREITAG – alberto.besser@professor.ucam.edu.br
UNIVERSIDADE CÂNDIDO MENDES - UCAM

JOSÉ ALBERTO BARROSO CASTAÑON – jose.castanon@ufjf.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA – UFJF

ÁREA: *6. ENGENHARIA ORGANIZACIONAL*
SUBÁREA: *6.6 – GESTÃO DA INOVAÇÃO*

RESUMO: *A POPULAÇÃO COM DEFICIÊNCIA NO BRASIL É ESTIMADA EM 18,6 MILHÕES DE PESSOAS E A ACESSIBILIDADE EM AMBIENTES DOMÉSTICOS É ESSENCIAL PARA GARANTIR A INDEPENDÊNCIA E MELHORAR A QUALIDADE DE VIDA DESTES. ESTE ESTUDO PROPÕE UMA SOLUÇÃO ACESSÍVEL E EFICIENTE PARA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL VOLTADA PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIAS MOTORAS. FOI REALIZADA UMA PESQUISA DE CARÁTER APLICADO, DE NATUREZA EXPLORATÓRIA E DESCRITIVA, COM ABORDAGEM QUALITATIVA E MÉTODO DE ESTUDO DE CASO PARA COMPREENDER AS INTERAÇÕES ENTRE COMPONENTES TECNOLÓGICOS E SEU IMPACTO NA VIDA DOS DEFICIENTES. DESENVOLVEU-SE UMA PROPOSTA DE SISTEMA UTILIZANDO COMPONENTES SIMPLES DE ROBÓTICA, COMO ARDUINO, MÓDULOS E SERVOMOTORES. DESTACA-SE AINDA A PROPOSTA DE UMA INTERFACE INTUITIVA BASEADA EM PICTOGRAMAS DO CENTRO ARAGONÊS DE COMUNICAÇÃO AUMENTATIVA E ALTERNATIVA (ARASAAC), COMBINADA COM UM SISTEMA DE CONTROLE VIA INFRAVERMELHO PARA FACILITAR A INTERAÇÃO COM DISPOSITIVOS DOMÉSTICOS. CONCLUI-SE QUE A PROPOSTA ATENDE ÀS NECESSIDADES DE ACESSIBILIDADE E ABRE CAMINHOS PARA INOVAÇÕES FUTURAS NA TECNOLOGIA ASSISTIVA (TA), ENTENDENDO AS LIMITAÇÕES DA TECNOLOGIA E DA PROPOSTA.*

PALAVRAS-CHAVES: *TECNOLOGIA ASSISTIVA; AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL; ARDUINO; DEFICIENCIAS MOTORAS; INTERFACE DE USUÁRIO.*

EXPLORATORY AND DESCRIPTIVE STUDY ON ASSISTIVE TECHNOLOGY AND HOME AUTOMATION WITH ARDUINO

ABSTRACT: *THE POPULATION WITH DISABILITIES IN BRAZIL IS ESTIMATED AT 18.6 MILLION PEOPLE, AND ACCESSIBILITY IN DOMESTIC ENVIRONMENTS IS ESSENTIAL TO ENSURE INDEPENDENCE AND IMPROVE THEIR QUALITY OF LIFE. THIS STUDY PROPOSES AN ACCESSIBLE AND EFFICIENT SOLUTION FOR HOME AUTOMATION AIMED AT PEOPLE WITH MOTOR DISABILITIES. AN APPLIED RESEARCH OF AN EXPLORATORY AND DESCRIPTIVE NATURE WAS CARRIED OUT, WITH A QUALITATIVE APPROACH AND CASE STUDY METHOD TO UNDERSTAND THE INTERACTIONS BETWEEN TECHNOLOGICAL COMPONENTS AND THEIR IMPACT ON THE LIVES OF THE DISABLED. A SYSTEM PROPOSAL WAS DEVELOPED USING SIMPLE ROBOTICS COMPONENTS SUCH AS ARDUINO, MODULES, AND SERVOMOTORS. THE PROPOSAL ALSO FEATURES AN INTUITIVE INTERFACE BASED ON PICTOGRAMS FROM THE ARAGONESE CENTER FOR AUGMENTATIVE AND ALTERNATIVE COMMUNICATION (ARASAAC), COMBINED WITH AN INFRARED CONTROL SYSTEM TO FACILITATE INTERACTION WITH HOUSEHOLD DEVICES. IT IS CONCLUDED THAT THE PROPOSAL MEETS ACCESSIBILITY NEEDS AND OPENS PATHWAYS FOR FUTURE INNOVATIONS IN ASSISTIVE TECHNOLOGY (AT), UNDERSTANDING THE LIMITATIONS OF THE TECHNOLOGY AND THE PROPOSAL.*

KEYWORDS:*ASSISTIVE TECHNOLOGY; HOME AUTOMATION; ARDUINO; MOTOR DISABILITIES; USER INTERFACE.*

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados do Módulo Pessoas com Deficiência – Pnad Contínua (2022) a população com deficiência no Brasil foi estimada em 18,6 milhões de pessoas com 2 anos ou mais. A acessibilidade em ambientes domésticos é fundamental para garantir a independência e melhorar a qualidade de vida dessas pessoas. No entanto, muitas delas enfrentam dificuldades significativas ao interagir com eletrodomésticos e sistemas de entretenimento, o que limita sua autonomia. Nesse contexto, o desenvolvimento de tecnologias de automação residencial surge como uma solução eficaz para superar esses desafios, promovendo a inclusão e melhorando substancialmente a qualidade de vida dessas pessoas.

O desenvolvimento de tecnologias de acessibilidade, como assistentes robóticos com interfaces de usuário fáceis e intuitivas, melhora a qualidade de vida dos usuários e alivia parte do fardo dos cuidadores e familiares. Pessoas com deficiência enfrentam muitas dificuldades, e tarefas cotidianas que parecem simples para a maioria das pessoas, como interagir com um controle remoto de TV, podem ser desafiadoras (Cobra; Wataya, 2020). Essas tecnologias, embora comuns e amplamente utilizadas, exigem habilidades motoras finas e precisão, o que representa um obstáculo significativo para indivíduos com dificuldades motoras. Assim, a automação residencial surge como uma solução promissora para tornar esses dispositivos mais acessíveis, promovendo maior autonomia e inclusão para essas pessoas.

Bersch (2017), Boot et al. (2018) e Smith et al. (2018) abordaram o tema das tecnologias assistivas para pessoas com deficiência. Este artigo complementa a literatura existente ao propor uma solução que utiliza componentes simples de robótica, como servomotores, emissores de infravermelho, microprocessadores como Arduino e peças impressas em 3D, juntamente com a programação de software. A proposta consiste na criação de uma interface de operação simplificada, utilizando um tablet para proporcionar uma experiência amigável ao usuário com deficiência. Esta abordagem distingue-se pela simplicidade, baixo custo e pelo potencial significativo de melhorar a qualidade de vida dessas pessoas.

O objetivo deste artigo é propor uma solução acessível e eficiente para automação residencial, facilitando a interação de pessoas com dificuldades motoras com dispositivos eletrônicos que utilizam o protocolo de comunicação infravermelho. Para alcançar esse objetivo, serão realizadas as seguintes atividades: (a) revisão da literatura existente sobre automação residencial e acessibilidade; (b) desenvolvimento de um modelo teórico que integra componentes acessíveis de robótica e software para criar um sistema de baixo custo; e (c) identificação de oportunidades e desafios. Este estudo visa demonstrar como a automação

residencial pode melhorar significativamente a qualidade de vida e a independência de pessoas com deficiências motoras, além de inspirar futuras pesquisas e desenvolvimentos na área de acessibilidade e automação residencial.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo a Organização Mundial da Saúde (2011) a deficiência é uma parte inerente da condição humana, afetando temporária ou permanentemente quase todas as pessoas em algum momento da vida. O envelhecimento agrava as dificuldades funcionais, exigindo suporte de familiares e amigos. Historicamente, a inclusão e o apoio às pessoas com deficiência têm sido questões morais e políticas urgentes, conforme afirmado pelo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) número 11, que preza por cidades e comunidades sustentáveis (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), 2024). Além dos impactos econômicos associados a adaptações residenciais e políticas públicas, a deficiência traz desafios universais, como desemprego, isolamento social e problemas psicológicos. A pesquisa do Módulo Pessoas Com Deficiência - Pnad Contínua (2022), revela que as pessoas com deficiência têm menor acesso à educação, ao trabalho e à renda.

Segundo Guzi de Moraes et al. (2021) a tecnologia assistiva (TA) é definida como a aplicação de conhecimentos e habilidades organizadas relacionadas a produtos assistivos, incluindo sistemas e serviços, que são concebidos e aplicados para melhorar a qualidade de vida e a inclusão social. A TA tem como objetivo aumentar a independência dos indivíduos, promovendo seu bem-estar e desempenhando um papel fundamental na manutenção e aprimoramento da qualidade de vida (Smith et al., 2018).

A TA proporciona uma série de benefícios significativos, como o aumento da independência, melhora na qualidade de vida, inclusão social e redução dos custos de cuidados. Ela ajuda a superar limitações físicas e funcionais, permitindo que as pessoas realizem atividades diárias com maior autonomia. Além disso, a TA pode aliviar a carga dos cuidadores, proporcionando-lhes um descanso necessário e melhorando seu bem-estar psicológico. No entanto, a aceitação e uso contínuo da TA dependem da adequação dos dispositivos às necessidades individuais e do suporte adequado durante o processo de adaptação (Squires; Williams; Morrison, 2019).

Mesmo existindo uma demanda significativa por dispositivos de TA, intensificada pelas tendências mundiais de envelhecimento populacional, ainda existem diversos obstáculos à sua implementação. Um dos principais desafios é a falta de financiamento e de políticas públicas adequadas para suportar a disseminação e o uso desses dispositivos (BOOT *et al.*, 2018).

Segundo Bersch (2017) atualmente, no Brasil, os recursos de TA são classificados em

doze categorias, de acordo com os objetivos funcionais a que se destinam: esporte e lazer, auxílios para a vida diária, comunicação aumentativa e alternativa, recursos de acessibilidade ao computador, sistemas de controle de ambiente, projetos arquitetônicos para acessibilidade, órteses e próteses, adequação postural, auxílios de mobilidade, auxílios para qualificação da habilidade visual, auxílios para pessoas com déficit auditivo e mobilidade em veículos.

Estes dispositivos, também conhecidos como Ajudas Eletrônicas para a Vida Diária (AEVD) ou *Electronic Aids for Daily Living* (EADL), facilitam a operação de aparelhos elétricos em um determinado ambiente para pessoas com deficiências físicas. Ao aumentar a independência, melhorar a qualidade de vida e promover a inclusão social, essas tecnologias podem também contribuir para a redução dos custos com cuidados (Rojas; Ponce; Molina, 2022).

A construção de dispositivos de TA deve considerar não apenas a funcionalidade e a acessibilidade, mas também a integração de diferentes tecnologias para maximizar a independência dos usuários (Reis, 2017). A inspiração para criar a interface de comunicação entre o usuário com deficiência e o tablet vem do método de pictogramas do Centro Aragonês de Comunicação Aumentativa e Alternativa. Esta ferramenta foi desenvolvida com o objetivo de tornar a comunicação mais fácil e intuitiva para pessoas com deficiências.

Cada pictograma possui seu significado escrito acima da imagem, facilitando o entendimento do usuário. Além disso, os pictogramas são divididos em grupos de mesma categoria, o que auxilia no desenvolvimento de pensamentos abstratos a partir da generalização de conceitos, tornando a comunicação mais ágil e eficiente. Esta organização promove uma interação mais clara e direta, melhorando significativamente a capacidade de expressão dos usuários (Centro Aragonês de Comunicação Aumentativa e Alternativa, 2024).

Quanto a plataforma de eletrônica, é desejável a adoção de uma plataforma de código aberto que permite a criação de projetos interativos de hardware e software, como o Arduino. A plataforma consiste em uma placa de desenvolvimento que pode ser conectada a uma *breadboard* ou *protoboard*, que são placas de desenvolvimento sem solda, e a outros componentes, como sensores, LEDs e displays. A programação do Arduino é realizada em seu ambiente de desenvolvimento próprio, conhecido como *Arduino IDE*, onde é possível escrever códigos para controlar os componentes conectados à placa. Essa facilidade de uso torna o Arduino uma escolha popular entre entusiastas, estudantes e profissionais para prototipagem rápida e desenvolvimento de projetos eletrônicos (Arduino, 2021).

Existem diversas variantes de placas Arduino no mercado, cada uma adequada para diferentes tipos de projetos. O Arduino Uno é popular por sua simplicidade e facilidade de uso,

ideal para iniciantes. O Arduino Mega 2560 oferece mais pinos e memória, adequado para projetos complexos. O Arduino Nano é uma versão compacta do Uno, perfeita para espaços limitados. O Arduino Leonardo possui suporte nativo a USB, permitindo que a placa se comporte como um dispositivo de entrada. O Arduino Due utiliza um microcontrolador ARM Cortex-M3, oferecendo maior desempenho. O Arduino Micro combina a compacticidade do Nano com a funcionalidade do Leonardo, enquanto o Arduino Nano Every atualiza o Nano original com mais memória e velocidade (Arduino, 2022).

Essa diversidade de opções facilita a experimentação e o desenvolvimento de projetos interativos, permitindo que os usuários escolham a placa mais adequada para suas necessidades específicas. A capacidade do Arduino de funcionar de forma independente e com alta precisão destaca-se entre as vantagens que impulsionam sua ampla adoção em diversas áreas, desde a educação até a pesquisa e desenvolvimento industrial (Arduino, 2021).

Em suma, a literatura destaca a importância crucial da tecnologia assistiva (TA) na promoção da independência e melhoria da qualidade de vida das pessoas com deficiências. A integração de plataformas como o Arduino, com sua versatilidade e acessibilidade, abre novas possibilidades para o desenvolvimento de dispositivos de TA inovadores e eficazes. A adoção de métodos de comunicação intuitivos, como os pictogramas, e a consideração de fatores como financiamento e políticas públicas são essenciais para superar os desafios na implementação dessas tecnologias. Assim, o presente estudo busca contribuir para este campo ao propor um dispositivo de TA que combine essas abordagens, oferecendo soluções práticas e acessíveis para necessidades diárias. Esta revisão da literatura fornece uma base teórica necessária para a construção e justificação do projeto proposto, sublinhando a relevância e o potencial impacto positivo dessa iniciativa.

3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A metodologia abrange o estudo, a compreensão e a avaliação dos métodos disponíveis para a realização de pesquisas. No contexto aplicado, ela examina, descreve e avalia criticamente as técnicas de coleta e processamento de informações, essenciais para resolver problemas e questões de investigação de forma sistemática. A metodologia assegura a precisão, validade e confiabilidade dos dados, fornecendo uma estrutura robusta para a análise e interpretação dos resultados, promovendo assim a geração de conhecimento científico rigoroso e bem fundamentado (Prodanov; Freitas, 2013).

Segundo a classificação de Gil (2022) , esta pesquisa é de caráter aplicado, pois abrange estudos elaborados com a finalidade de resolver problemas identificados no âmbito das sociedades. Quanto aos Objetivos é de natureza exploratória e descritiva, uma vez que o

objetivo é proporcionar maior familiaridade com o problema e descrever a relação entre as variáveis da pesquisa. A abordagem é qualitativa, utilizando o método de estudo de caso para compreender detalhadamente as interações entre os componentes tecnológicos e seu impacto na vida dos usuários. O estudo de caso permite uma análise aprofundada e contextualizada, contribuindo para o desenvolvimento de soluções práticas e eficazes no campo da tecnologia assistiva.

3.1 Coleta de dados

Segundo Gil, (2022), o planejamento de uma pesquisa experimental envolve diversas etapas fundamentais para garantir a validade e a confiabilidade dos resultados. A primeira etapa é a determinação dos sujeitos, que consiste em selecionar os participantes da pesquisa de acordo com critérios específicos e relevantes para o estudo. Em seguida, a determinação do ambiente é essencial, pois envolve a definição do local e das condições sob as quais o experimento será conduzido, assegurando um controle adequado das variáveis externas. A coleta de dados é a etapa subsequente, onde são registrados os dados pertinentes ao estudo, utilizando instrumentos e métodos apropriados para obter informações precisas e confiáveis. Por fim, a análise e interpretação dos dados envolvem o tratamento estatístico e a avaliação dos resultados obtidos, permitindo a extração de conclusões relevantes e a verificação das hipóteses formuladas.

Neste estudo, a coleta de dados será realizada por meio de um questionário qualitativo. Este questionário avaliará a melhoria na interação das pessoas com deficiência com os dispositivos automatizados ao seu redor. Os dados coletados permitirão identificar a eficácia das soluções implementadas e o impacto na qualidade de vida dos participantes. Antes de sua aplicação, o questionário será submetido à aprovação de uma Comissão de Ética, garantindo o cumprimento das normas éticas e a proteção dos direitos dos participantes. Esta etapa é crucial para assegurar a integridade e a validade dos dados obtidos, contribuindo para a robustez das conclusões do estudo.

4 MODELO TEÓRICO DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

O protótipo teórico de automação residencial será estruturado com base em duas interfaces principais: a primeira é um tablet, que atuará como a interface de usuário para a comunicação direta com a pessoa com deficiência e a segunda é o mecanismo de ativação, responsável por interagir e controlar os dispositivos eletrônicos no ambiente residencial. O tablet, equipado com um aplicativo personalizado, será projetado para oferecer uma interface intuitiva e amigável, facilitando a interação do usuário com o sistema. Este aplicativo permitirá ao usuário selecionar e enviar comandos de controle para diversos dispositivos eletrônicos.

As informações e comandos enviados pelo tablet serão transmitidos via Bluetooth para um microcontrolador Arduino, que servirá como o núcleo do sistema, processando os dados recebidos e executando as ações necessárias. O Arduino será responsável por gerenciar vários componentes integrados, incluindo servomotores para realizar movimentos mecânicos, emissor infravermelho para controlar dispositivos que utilizam esse tipo de comunicação, e peças impressas em 3D para estruturar e suportar o hardware do sistema de forma eficiente.

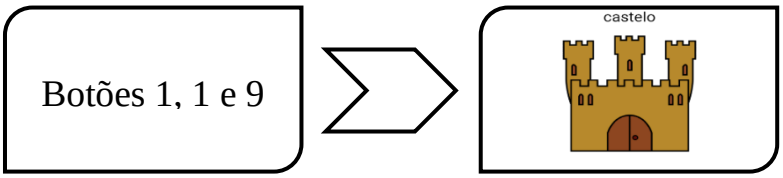
4.1 Proposta de interface do aplicativo

Para a construção da interface do aplicativo no tablet, será utilizado o método de pictogramas do Centro Aragonês de Comunicação Aumentativa e Alternativa (ARASAAC), que oferece uma base sólida para uma interface amigável e acessível. A substituição dos comandos usuais dos controles remotos por pictogramas, que serão convertidos em "atividades", visa facilitar a comunicação e a interação do usuário com deficiência. Por exemplo, para mudar de canal, onde normalmente é necessário apertar vários botões, o Canal Disney será transformado em um pictograma facilmente associável à Disney como um castelo (ver Figura 1).

A programação do aplicativo focará na criação de uma interface intuitiva, permitindo a seleção de comandos por toques simples que controlam funções como mudar de canal ou ajustar o volume, por exemplo. A comunicação entre o tablet e o microcontrolador Arduino será feita via Bluetooth, garantindo uma transmissão de dados eficiente e confiável. O desenvolvimento seguirá as melhores práticas de acessibilidade, assegurando que todas as funcionalidades sejam utilizáveis por pessoas com limitações motoras.

O ARASAAC também fornece uma *Application Programming Interface* (API) ou Interface de Programação de Aplicações (IPA) para programadores, facilitando ainda mais a construção do software. Quando qualquer ícone for selecionado, uma resposta auditiva e de vibração será emitida para ajudar na interação com a pessoa com deficiência.

FIGURA 1 – Conversão dos comandos para pictogramas.



Esquema: Elaborado pelo autor, (2024)

Fonte pictograma: ARASAAC, (2024)

Na Figura 2, apresenta-se um exemplo da tela principal do aplicativo. O aplicativo será focado no controle de diversos equipamentos que utilizam infravermelho na comunicação,

como televisores, receptores de TV a cabo e aparelhos de ar-condicionado. A interface principal do aplicativo simulará o controle desses dispositivos, proporcionando ao usuário uma maneira intuitiva e acessível de gerenciar múltiplos equipamentos eletrônicos através de pictogramas.

FIGURA 2 – Exemplo da tela inicial do aplicativo.



Montagem: Elaborado pelo autor, (2024)
Fonte pictogramas: ARASAAC, (2024)
Fonte template tablet: OPENAI, (2024)

Cada função será configurada de acordo com a rotina da pessoa com deficiência, podendo haver apenas uma página com funções ou várias, conforme necessário. Questões mais específicas precisam ser tratadas de forma individualizada, exigindo que o aplicativo possua uma interface de personalização intuitiva e simples. Isso permitirá que os cuidadores configurem e ajustem as funções do aplicativo com facilidade, atendendo às necessidades específicas de cada usuário de maneira eficiente.

4.2 Proposta de mecanismo de interação com os eletroeletrônicos via infravermelho

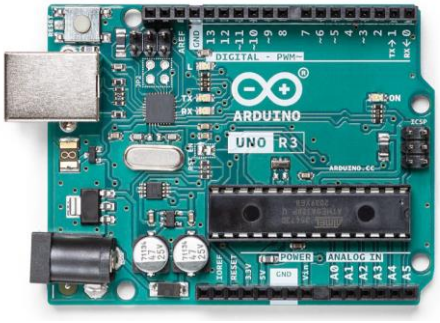
Para garantir a autonomia e a facilidade de uso para pessoas com deficiências motoras, é essencial desenvolver um mecanismo eficiente de interação com os dispositivos eletrônicos domésticos que utilizam comunicação via infravermelho. Este mecanismo permitirá que o usuário controle equipamentos como televisores, receptores de TV a cabo e ar-condicionado de maneira intuitiva e acessível. A implementação deste mecanismo será realizada utilizando a

plataforma Arduino. O Arduino é uma plataforma de código aberto que permite a criação de projetos interativos de hardware e software, composta por uma placa de desenvolvimento equipada com um microcontrolador programável.

A escolha do Arduino se deve à sua facilidade de uso, baixo custo e ampla comunidade de suporte, facilitando a prototipagem e o desenvolvimento de soluções personalizadas. No contexto deste projeto, o Arduino receberá comandos do aplicativo no tablet via Bluetooth e enviará sinais infravermelhos para os dispositivos eletrônicos, garantindo uma integração harmoniosa entre software e hardware.

A escolha do Arduino Uno (Figura 3) para este projeto se justifica por sua simplicidade e versatilidade, características que o tornam ideal para desenvolvimento rápido e eficiente de protótipos. O Arduino Uno é amplamente compatível com uma variedade de módulos e componentes, incluindo módulos Bluetooth e emissores infravermelhos, essenciais para a comunicação e controle dos dispositivos eletrônicos. Além disso, ele oferece um número suficiente de pinos digitais e pinos de *Pulse Width Modulation* (PWM) ou Modulação por Largura de Pulso (MLP) para controlar os servomotores necessários. A robusta comunidade de suporte e a abundância de recursos e bibliotecas disponíveis facilitam a solução de problemas e a implementação de funcionalidades adicionais. Seu custo acessível também torna o Arduino Uno uma opção econômica e prática para projetos de tecnologia assistiva.

FIGURA 3 – Arduino Uno



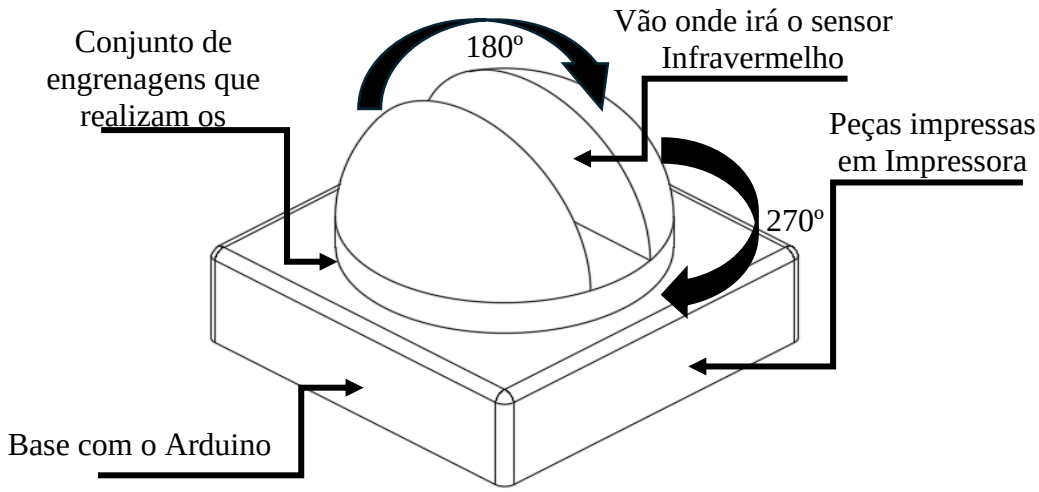
Fonte: ARDUINO, (2022)

Definida a plataforma de programação, é importante entender como o mecanismo irá funcionar. O Arduino Uno receberá o sinal Bluetooth através de um módulo específico e, após processá-lo, enviará comandos infravermelhos aos eletroeletrônicos. Para garantir que o emissor alcance dispositivos em diferentes direções, será utilizado um conjunto de servomotores para movimentá-lo de forma eficaz.

Para esse propósito, será construído um conjunto de engrenagens com rodas dentadas, movimentadas por servomotores, que permitirá uma movimentação de 270º no próprio eixo e

180º de amplitude (ver Figura 4). Isso garantirá que o emissor infravermelho alcance o maior número possível de posições, similar ao mecanismo utilizado em câmeras IP.

FIGURA 4 – Esboço do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor, (2024)

4.3 Custos e tempo previstos para o projeto

Para garantir a viabilidade e a implementação bem-sucedida do projeto, é essencial realizar uma análise detalhada dos custos e do tempo necessários. Esta análise inclui hardware (Arduino Uno, módulos Bluetooth e IR, servomotores, componentes eletrônicos e peças impressas em 3D), software (desenvolvimento do aplicativo e programação do Arduino) e outros recursos necessários para construção e testes. Estima-se o tempo necessário para cada fase do projeto, desde a pesquisa inicial até a implementação e validação. A Tabela 1 apresenta os custos previstos, proporcionando uma visão clara dos investimentos necessários, incluindo mão de obra baseada em um bolsista de iniciação científica com valor de bolsa R$2.200,00.

TABELA 1 – Custos previstos para o projeto.

	ORÇAMENTO		CUSTO	
ITEM	**ESPECIFICAÇÃO**	**QUANTIDADE**	**UNITÁRIO**	**TOTAL**
1	Componentes Eletrônicos	1 unidade	R$5.000,00/Unidade	R$5.000,00
2	Gastos com Filamento	3 Kg	R$300,00/Kg	R$900,00
3	Horas de Impressão 3D	165 Horas	R$2,50/Hora	R$412,50
4	Horas de Eletroeletrônica	130 Horas	R$13,75/Hora	R$1.787,50
7	Horas de Modelagem	320 Horas	R$13,75/Hora	R$4.400,00
6	Horas de Montagem	320 Horas	R$13,75/Hora	R$4.400,00
8	Horas de Pesquisa e Planejamento	240 Horas	R$13,75/Hora	R$3.300,00
5	Horas de Programação	480 Horas	R$13,75/Hora	R$6.600,00
9	Horas de Testes	240 Horas	R$13,75/Hora	R$3.300,00
			Total Custos Previstos:	**R$30.103,00**

Fonte: Elaborado pelo autor, (2024)

Para assegurar uma execução organizada e eficiente do projeto, foi elaborado um cronograma detalhado (Quadro 1) que abrange todas as etapas desde a pesquisa inicial até a implementação e validação final.

QUADRO 1 – Cronograma de execução previsto.

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO												
Item	**Atividade**	**Período (mês)**										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Pesquisa e Planejamento												
2	Modelagem paramétrica												
3	Programação												
4	Impressão 3D												
5	Eletroeletrônica												
6	Montagem e testes												
7	Correções e entrega final												

Fonte: Elaborado pelo autor, (2024)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo explorou o desenvolvimento de uma solução acessível e eficiente para automação residencial voltada para pessoas com deficiências motoras, utilizando componentes simples como o Arduino Uno, módulos Bluetooth e infravermelho, e servomotores. A pesquisa destacou a importância da tecnologia assistiva na promoção da independência e na melhoria da qualidade de vida desses indivíduos. A implementação de uma interface intuitiva baseada em pictogramas, combinada com um sistema de controle via infravermelho, mostrou-se eficaz em facilitar a interação dos usuários com dispositivos eletrônicos domésticos.

A revisão da literatura evidenciou a falta de investimentos em tecnologia assistiva e como a deficiência é agravada pela ausência de inclusão social. Uma fragilidade significativa do projeto reside na dependência de componentes de baixo custo, como os utilizados no Arduino Uno e seus módulos associados, bem como na impressão 3D. Embora esses componentes sejam acessíveis e amplamente disponíveis, eles podem não oferecer a durabilidade e a robustez necessárias para um uso prolongado e intensivo, especialmente em um ambiente doméstico onde a confiabilidade contínua é crucial. Essa limitação pode resultar em uma maior necessidade de manutenção e substituição de componentes, o que pode ser inconveniente para os usuários finais, particularmente para aqueles com deficiências motoras que podem enfrentar dificuldades adicionais na realização dessas tarefas de manutenção. Além disso, a integração de dispositivos que utilizam infravermelho pode ser limitada pela necessidade de uma linha de visão direta para uma comunicação eficaz, o que pode não ser

prático em todas as configurações domésticas.

Para futuros desenvolvimentos, sugerem-se melhorias tecnológicas como o uso de sensores mais avançados e componentes de maior qualidade, além da integração de novas formas de interação, como comandos de voz e controle por gestos. A pesquisa pode ser ampliada para analisar o impacto social e econômico dessas tecnologias, contribuindo para o desenvolvimento de políticas públicas que promovam a inclusão e a acessibilidade digital.

Em síntese, a proposta deste artigo não apenas oferece uma solução prática e de baixo custo para automação residencial, mas também abre caminho para inovações futuras na área de tecnologia assistiva, transformando as interações cotidianas de pessoas com deficiências motoras e inspirando novas pesquisas e desenvolvimentos.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. *About Arduino | Arduino*. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/about>. Acesso em: 13 jun. 2024.

ARDUINO. *Arduino Hardware*. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/hardware>. Acesso em: 14 jun. 2024.

BERSCH. Rita. **INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA ASSISTIVA**. Porto Alegre: [s.n.], 2017. Disponível em: <www.assistiva.com.br>.

BOOT, Fleur Heleen *et al. Access to assistive technology for people with intellectual disabilities: A systematic review to identify barriers and facilitators* .**Journal of Intellectual Disability Research**. [S.l.]: Blackwell Publishing Ltd. , 2018

CENTRO ARAGONÊS DE COMUNICAÇÃO AUMENTATIVA E ALTERNATIVA. *ARASAAC*. Disponível em: <https://arasaac.org/>. Acesso em: 13 jun. 2024.

COBRA, Roger Mendes; WATAYA, Roberto Sussumu. Protótipo de assistente virtual para ambientes domiciliares voltados a pessoas com deficiência. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento** v. 18, p. 64–76 , nov. 2020.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 7ª Edição ed. [S.l.]: Atlas, 2022. 1–208 p. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559771653/>. Acesso em: 29 jun. 2024. .6559771636.

GUZI DE MORAES, Graziela *et al.* PARTICIPAÇÃO DO USUÁRIO EM PROJETOS ABERTOS DE TECNOLOGIA ASSISTIVA. **Ergodesign & HCI** v. 9, n. 1, p. 31 , 30 jun. 2021.

MÓDULO PESSOAS COM DEFICIÊNCIA - PNAD CONTÍNUA. *Pessoas com deficiência têm menor acesso à educação, ao trabalho e à renda*. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37317-pessoas-com-deficiencia-tem-menor-acesso-a-educacao-ao-trabalho-e-a-renda>. Acesso em: 25 jun. 2024.

OPENAI. *DALL-E: A neural network-based image generation tool*. Disponível em: <https://www.openai.com/dall-e>. Acesso em: 14 jun. 2024.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **RELATÓRIO MUNDIAL SOBRE A DEFICIÊNCIA**. São Paulo: Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência, 2011. .9788564047020.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar De. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª Edição ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013. Disponível em: <www.feevale.br/editora>. .9788577171583.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, PNUD. *Objetivo 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis | United Nations Development Programme*. Disponível em: <https://www.undp.org/pt/brazil/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/Cidades%20-Comunidades-Sustent%C3%A1veis>. Acesso em: 29 jun. 2024.

REIS, Maria de Lourdes. **Uma plataforma Arduino para construir acionadores para Sistemas de Comunicação Aumentativa e Alternativa**. Graduação em Engenharia da Computação – Universidade Federal de Pernambuco, Pernanbuco, 2017. Disponível em: <www.cin.ufpe.br>. Acesso em: 13 jun. 2024.

ROJAS, Mario; PONCE, Pedro; MOLINA, Arturo. Development of a Sensing Platform Based on Hands-Free Interfaces for Controlling Electronic Devices. **Frontiers in Human Neuroscience** v. 16 , 10 jun. 2022.

SMITH, Roger O. *et al.* Assistive technology products: a position paper from the first global research, innovation, and education on assistive technology (GREAT) summit. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology** v. 13, n. 5, p. 473–485 , 4 jul. 2018.

SQUIRES, Luke A.; WILLIAMS, Nefyn; MORRISON, Val L. Matching and accepting assistive technology in multiple sclerosis: A focus group study with people with multiple sclerosis, carers and occupational therapists. **Journal of Health Psychology** v. 24, n. 4, p. 480–494 , 1 mar. 2019.