UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design

Programa de Pós-Graduação em Design

PAULA CONCEIÇÃO ROCHA DE OLIVEIRA

IMPACTOS DO DESIGN DA TELA DE *SMARTPHONES* NA DUPLA TAREFA DE ANDAR:

Avaliação de gestos e componentes

Bauru

2026

PAULA CONCEIÇÃO ROCHA DE OLIVEIRA

IMPACTOS DO DESIGN DA TELA DE *SMARTPHONE*S NA DUPLA TAREFA DE ANDAR:

Avaliação de gestos e componentes

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como requisito para a obtenção do título de Doutora em Design.

Área de Concentração: Desenho de Produto

Orientador: Prof. Dr. Fausto Orsi Medola

Coorientador: Prof. Dr. Fabio Augusto Barbieri

Bauru

2026

R672i

Rocha de Oliveira, Paula Conceição

IMPACTOS DO DESIGN DA TELA DE SMARTPHONES NA DUPLA TAREFA DE ANDAR : AVALIAÇÃO DE GESTOS E COMPONENTES / Paula Conceição Rocha de Oliveira. -- Bauru, 2026

106 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design, Bauru

Orientador: Fausto Orsi Medola

Coorientador: Fabio Augusto Barbieri

1. dupla tarefa. 2. dispositivos móveis. 3. design de interface digital. 4. andar. 5. envelhecimento. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Bauru

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE PAULA CONCEIÇÃO ROCHA DE OLIVEIRA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN, DA FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES, COMUNICAÇÃO E DESIGN - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 23 de abril de 2026, às 8h, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de PAULA CONCEIÇÃO ROCHA DE OLIVEIRA, intitulada "IMPACTO DO DESIGN DA TELA DE SMARTPHONES NA DUPLA TAREFA DE ANDAR: AVALIAÇÃO DE GESTOS E COMPONENTES". A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Professor Doutor FAUSTO ORSI MEDOLA (Orientador(a) - Participação Presencial) do(a) Departamento de Design / UNESP / Câmpus de Bauru - FAAC, Professor Doutor JOSE ANGELO BARELA (Participação Virtual) do(a) Departamento de Educação Física / UNESP / Câmpus de Rio Claro - IB, Professor Titular LUIS CARLOS PASQUARELLA (Participação Presencial) do(a) Departamento de Design / UNESP / Câmpus de Bauru - FAAC, Professor Associado ANDERSON SARANZ ZAGO (Participação Presencial) do(a) Departamento de Educação Física / UNESP / Câmpus de Bauru - FC, Professor Doutor Associado IV JOSÉ GUILHERME DA SILVA SANTA ROSA (Participação Virtual) do(a) Departamento de Design / Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Após a exposição pela doutoranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: APROVADO . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

gov.br Documento assinado digitalmente
FAUSTO ORSI MEDOLA
Data: 23/04/2026 14:08:50-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Professor Doutor FAUSTO ORSI MEDOLA

AGRADECIMENTOS

Agradeço, inicialmente, ao Prof. Fausto, por ter sido a porta de entrada para minha trajetória na UNESP e por compartilhar, ao longo desses anos, não apenas seu conhecimento, mas também sua sensibilidade e humanidade na pesquisa. Ao meu coorientador, Prof. Fabio Barbieri, e à equipe do laboratório MOVI-LAB, registro minha gratidão pelas contribuições fundamentais e pelo suporte durante as coletas.

À minha família, expresso minha mais profunda gratidão: aos meus pais, Paulo e Rozeli, pelo apoio incondicional; aos meus irmãos, Arthur e Débora, pelo carinho e pelos momentos de leveza; e à minha namorada, Lethicia, por estar ao meu lado em todos os momentos, sendo fonte constante de força e incentivo. Dedico este trabalho à memória de minha avó Maria, do meu tio Giovan e da minha cachorra Aurora, cuja presença permanece como inspiração diária.

Agradeço também aos colegas e amigos da Brudden Equipamentos e Movement Fitness, especialmente ao meu gestor Victor Xavier, pelo apoio durante minha trajetória acadêmica. Estendo meu reconhecimento aos colegas, professores e pesquisadores que fizeram parte dessa jornada na UNESP, pelas trocas, aprendizados e experiências compartilhadas ao longo do mestrado e doutorado.

Por fim, agradeço aos participantes voluntários desta pesquisa, essenciais para sua realização, e aos membros da banca examinadora, pelas valiosas contribuições para o aprimoramento deste trabalho.

Resumo

O uso de smartphones durante o andar é uma prática crescente que impõe uma condição de dupla tarefa, dividindo recursos atencionais e motores entre a interação com o dispositivo e o controle da marcha. Embora estudos anteriores demonstrem que essa combinação compromete variáveis cinemáticas do andar, nenhum responde como o design da interface — especificamente o tipo de gesto de toque exigido e as características visuais dos componentes — contribui para essa interferência. Compreender essa relação pode orientar decisões de projeto que tornem interfaces mais seguras durante o deslocamento. Para responder a essa lacuna, 31 adultos jovens (25 ± 5 anos) e 9 pessoas idosas (64 ± 3 anos, análise exploratória) interagiram com protótipos de telas em um smartphone ao andar em laboratório, enquanto dados cinemáticos foram coletados por sensores inerciais (APDM Opal) e analisados por meio de ANOVA de medidas repetidas. Os gestos testados foram: clicar, duplo clique, arrastar e segurar e as modificações de design do componente foram: remoção de texto, redução de contraste, mudança de forma e aumento de tamanho. Os gestos de segurar e arrastar produziram marcha mais cautelosa — com aumento do duplo suporte e redução da fase de balanço —, sendo que segurar reduziu adicionalmente a rotação lombar no plano transversal. O gesto de clicar foi o que menos interferiu no padrão basal. Entre os componentes visuais, todas as variações afetaram o duplo suporte e a fase de balanço; o baixo contraste produziu maior magnitude de efeito, enquanto ícone e botão ampliado apresentaram menor interferência. A velocidade da marcha não foi afetada em nenhuma condição, sugerindo que os participantes priorizaram a manutenção do ritmo locomotor em detrimento de outros parâmetros. As pessoas idosas apresentaram tendência de maior sensibilidade, mas o tamanho amostral limita generalizações. Esses resultados confirmam que decisões de design de interface impactam a segurança do andar em dupla tarefa. Como recomendações finais, os designers devem priorizar gestos rápidos e momentâneos, botões de maior área de toque, alto contraste e ícones de reconhecimento imediato.

Palavras-chave: dupla tarefa; dispositivos móveis; design de interface digital; andar; envelhecimento.

Abstract

The use of smartphones while walking is a growing practice that imposes a dual-task condition, dividing attentional and motor resources between interacting with the device and controlling gait. Although previous studies have shown that this combination compromises kinematic variables of gait, none have systematically investigated how interface design—specifically the type of touch gesture required and the visual characteristics of the components—contributes to this interference. Understanding this relationship can guide design decisions that make interfaces safer during movement. To address this gap, 31 young adults (25 ± 5 years) and 9 older adults (64 ± 3 years, exploratory analysis) interacted with prototype smartphone screens while walking in a laboratory setting, while kinematic data were collected by inertial sensors (APDM Opal) and analyzed using repeated measures ANOVA. The gestures tested were: clicking, double-clicking, dragging, and holding, and the component design modifications were: text removal, contrast reduction, shape change, and size increase. The gestures of holding and dragging produced a more cautious gait—with increased double support and reduced swing phase—with holding additionally reducing lumbar rotation in the transverse plane. The clicking gesture was the least disruptive to the baseline pattern. Among the visual components, all variations affected double support and swing phase; low contrast produced a greater magnitude of effect, while enlarged icons and buttons showed less interference. Gait speed was not affected in any condition, suggesting that participants prioritized maintaining locomotor rhythm over other parameters. Older adults showed a tendency towards greater sensitivity, but the sample size limits generalizations. These results confirm that interface design decisions impact walking safety in dual-task situations. As final recommendations, designers should prioritize quick and momentary gestures, buttons with larger touch areas, high contrast, and immediately recognizable icons.

Keywords: dual-task; mobile devices; digital interface design; walking; aging.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 11

1.1. Questão de pesquisa 16

1.2. Hipóteses 16

1.3. Objetivos de pesquisa 16

1.4. Contribuições para o Design 17

1.5. Estrutura da tese 17

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 18

2.1. *Smartphone,* o dispositivo móvel mais utilizado 18

2.2. Componentes de design em interfaces digitais 19

2.3. Dupla tarefa com *Smartphones* 23

2.4. Controle postural 25

2.5. O andar 27

2.6. O processo de envelhecimento e a mobilidade 29

2.7. Uso de *Smartphones* por pessoas idosas 30

3. MATERIAIS E MÉTODOS 33

3.1. Uso de ferramentas de inteligência artificial 33

3.2. Aspectos éticos 34

3.3. Definição dos componentes e gestos de toque para o estudo 34

3.4. Variáveis 34

3.4.1. Independentes 35

3.4.2. Dependentes 35

3.5. Amostragem 35

3.6. Instituições 37

3.7. Questionários para caracterização da amostra 37

3.8. Protótipos de tela: coleta com jovens 37

3.9. Protótipos de tela: coleta com pessoas idosas 40

3.10. Dispositivos de coleta: APDM Opal e Mobility Lab 41

3.11. Procedimento de coleta 44

3.12. Tratamento e análise dos dados 47

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 51

4.1. Coleta com adultos jovens 51

4.1.1. Descrição da amostra 51

4.1.2. Experiência e proficiência com *smartphone* 52

4.1.3. Impacto do gesto de toque da tela no andar 54

4.1.4. Impacto do gesto de toque da tela na oscilação lombar 58

4.1.5. Impacto do componente da tela no andar 59
4.1.6. Impacto do componente da tela na oscilação lombar 63
4.2. Coleta exploratória: pessoas idosas 63
4.2.1. Descrição da amostra 63
4.2.2. Experiência e proficiência com *smartphone* 64
4.2.3. Impacto do gesto de toque da tela no andar 66
4.2.4. Impacto do gesto de toque da tela na oscilação lombar 68
4.2.5. Impacto do componente da tela no andar 70
4.2.6. Impacto do componente da tela na oscilação lombar 71
4.3. Direcionamentos para designers de interfaces digitais 72
5. CONCLUSÕES 76
5.1. Síntese dos achados 76
5.2. Limitações da pesquisa 77
5.3. Estudos futuros 78
Referências Bibliográficas 79
Apêndices 88
Apêndice A – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética 89
Apêndice B – TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido) 93
Apêndice C – Questionário pra caracterização da amostra 94
Apêndice D - Roteiro de coleta piloto 95
Anexo A - Questionário MDPQ 99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relatório de saúde digital *smartphone* Android Samsung 12
Figura 2: Exemplo de componente e gesto de toque 14
Figura 3: Componentes de ação de acordo Material Design da Google 20
Figura 4: Componentes de seleção de acordo Material Design 20
Figura 5: Principais gestos de toque 21
Figura 6: Gesto de clique de acordo com Material Design 22
Figura 7: Regiões da tela de *smartphone* e facilidade de acesso 23
Figura 8: Impactos da dupla tarefa no uso de *smartphones* durante o andar 25
Figura 9: Fases do andar e etapas detalhadas de um ciclo 28
Figura 10: Fluxograma da pesquisa 33
Figura 11: Cálculo amostral no software g-power 36
Figura 12: Protótipos em Figma com base nos principais gestos de toque 38
Figura 13: Protótipos em Figma com variações de características do componente 39
Figura 14: Etapas de interação no protótipo visualizadas pelo participante 40
Figura 15: Posições do APDM 41
Figura 16: *Mobility Lab*: Dados brutos 42
Figura 17: *Mobility Lab*: Dados tratados 43
Figura 18: Ativação da funcionalidade annotations no Mobility Lab 44
Figura 19: Resultado do uso da função annotation no Mobility Lab 44
Figura 20: Esquema do procedimento de coleta 45
Figura 21: Ambiente de coleta 46
Figura 22: Ambiente de coleta na visão do participante 46
Figura 23: Posicionamento padrão do APDM Opal no participante 47
Figura 24: Fluxograma de tratamento e análise dos dados 48
Figura 25: Dispositivos móveis mais utilizados pelos adultos jovens 52
Figura 26: Resultados do MDPQ no uso de *Smartphone* para adultos jovens 52
Figura 27: Formas mais comuns de utilizar o *Smartphone* pelos jovens 53
Figura 28: Média do comprimento da passada em cada gesto de toque (m) 56
Figura 29: Média do duplo suporte em cada gesto de toque (%) 57
Figura 30: Média da fase de balanço em cada gesto de toque (%) 57
Figura 31: Média do duplo suporte em cada componente (%) 60
Figura 32: Média da fase de balanço em cada componente (%) 61
Figura 33: Dispositivos móveis mais utilizados pelas pessoas idosas da pesquisa 64
Figura 34: Resultados do MDPQ no uso de *Smartphone* para pessoas idosas 65
Figura 35: Formas mais comuns de utilizar o *Smartphone* pelas pessoas idosas 65
Figura 36: Média da oscilação lombar no plano coronal em cada gesto de toque (º) 69
Figura 37: Material de divulgação: recomendações para o design de telas utilizadas ao andar 73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Recomendações de Liu *et al.* (2021) 31
Tabela 2: Ordem de coleta de acordo com sorteio 39
Tabela 3: Descrição da amostra 51
Tabela 4: Experiência com *smartphone* 53
Tabela 5: Descritivo das variáveis do andar em cada gestos de toque 54
Tabela 6: Descritivo das variáveis de oscilação lombar em cada gesto de toque 58
Tabela 7: Descritivo das variáveis do andar em cada componente 59
Tabela 8: Descritivo das variáveis de oscilação lombar em cada componente 63
Tabela 9: Descrição da amostra de pessoas idosas 64
Tabela 10: Experiência com *smartphone* das pessoas idosas 66
Tabela 11: Descritivo das variáveis do andar em cada gestos de toque 67
Tabela 12: Descritivo das variáveis de oscilação lombar em cada gestos de toque 68
Tabela 13: Descritivo das variáveis do andar em cada componente 70
Tabela 14: Descritivo das variáveis do andar em cada componente 71

1. INTRODUÇÃO

Dispositivos móveis como o *smartphone* e o s*martwatch* são a categoria de produtos eletrônicos mais utilizada na atualidade, principalmente por sua portabilidade, praticidade e funcionalidade no cotidiano. O *smartphone* é o principal dispositivo móvel utilizado atualmente, com taxa de penetração mundial próxima de 70% (STATISTA, 2024). Outros dispositivos móveis também vêm ganhando espaço, como os *smartwatches*, cuja penetração global é em cerca de 5% a 6% da população, com tendência de crescimento nos próximos anos (STATISTA *apud* ELECTRO IQ, 2024).

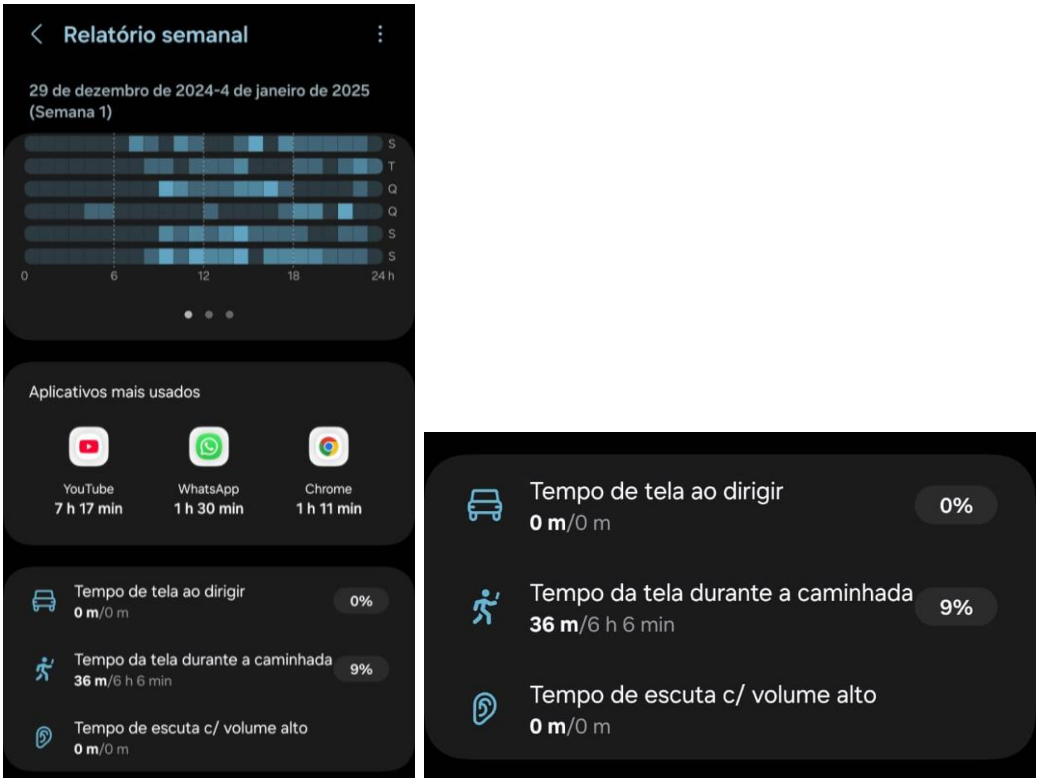
Em razão de serem móveis, estas tecnologias possibilitam a utilização com o usuário em movimento, seja andando ou correndo. Essas condições podem gerar desafios na interação. Tarefas realizadas simultaneamente, como andar ou correr enquanto interage com um dispositivo, se enquadram no conceito de dupla tarefa. A dupla tarefa exige a capacidade do indivíduo de desempenhar a função executiva de coordenação da atenção para ambas as tarefas enquanto são realizadas (MACPHERSON, 2018).

A condição de dupla tarefa envolvendo dispositivos eletrônicos é um campo com diversos estudos, neles são abordados os efeitos e riscos associados. Especificamente aquela envolvendo uso de *smartphone* já foi analisada em contextos variados, como direção de carros (ORTEGA *et al.*, 2021), motos (TRUONG; NGUYEN; GRUYTE, 2019) e bicicletas (JIANG *et al.*, 2021). Atualmente, o uso de *smartphone* por pedestres tem potencial de riscos de acidentes (SOBRINHOS-JUNIOR *et al.*, 2022).

Além dos *smartphones*, outras tecnologias podem ser utilizadas com o usuário em movimento, como *Smartwatch* e óculos de realidade virtual ou aumentada. Porém, independentemente do dispositivo, parecem existir riscos associados ao seu uso durante o andar (KRASOVSKY *et al.*, 2023; SEDIGHI *et al.* 2020). Variando o nível do efeito entre os dispositivos e as atividades realizadas. Ainda assim, os *smartphones* são os principais dispositivos móveis avaliados, em razão de serem os mais utilizados atualmente (CROWLEY; MADELEINE; VUILLERME, 2019).

Em 2025 foi implementada uma função em *smartphones* com sistema operacional Android que permite monitorar o tempo de uso de *smartphone* durante a caminhada. A informação fica visível na página de relatório semanal de saúde digital (Figura 1), próxima do tempo de uso dirigindo e de escuta com volume alto.

Figura 1: Relatório de saúde digital *smartphone* Android Samsung



Fonte: Autora

Estudos que abordam o uso de *smartphones* durante o andar geralmente focam nas principais atividades que os usuários realizam, sendo elas: enviar mensagens de texto, jogar e fazer leitura (OLIVEIRA; MEDOLA; BARBIERI, 2024). O risco associado ao uso de *smartphones* durante o andar é resultado das alterações nos parâmetros do andar do usuário durante essa interação. Existe redução na velocidade (STÖCKEL & MAU-MÖLLER, 2019; TAKEUCHI *et al.*, 2016; BELUR *et al.*, 2020; LIM *et al.*, 2017), aumento da variabilidade do passo (BELUR *et al.*, 2020; LIM *et al.*, 2017), comprometimento da estabilidade postural (BELUR *et al.*, 2020; LIM *et al.*, 2020), maior pressão no ante pé que pode levar a tropeços (KONDO *et al.*, 2023).

Esses riscos ganham mais relevância diante do crescimento acelerado do uso de *smartphones.* Embora o número de pessoas que possuem um *smartphone* tenha aumentado de 2019 para 2021 em todas as faixas etárias, o maior crescimento foi entre as pessoas com mais de 60 anos, apresentando uma evolução de 66,6% para 71,2% (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2022). Busch *et al.* (2021) aponta que elas parecem utilizar *smartphones* principalmente para acessar redes sociais e ler notícias.

Embora pessoas idosas tenham baixa prevalência de um uso problemático de *smartphones* (BUSCH *et al.*, 2021), em virtude de as tecnologias digitais estarem se tornando cada vez mais importantes na sociedade, possivelmente a próxima geração de pessoas idosas experimente uma utilização mais intensa de dispositivos móveis (BUSCH *et al.*, 2021). Atualmente os estudos apontam diferenças entre a interação de adultos jovens e com mais de 60 anos com

smartphones, em que os as pessoas idosas apresentam desempenho pior na execução de gestos de toque — como arrastar, pinçar e duplo toque —, com maior tempo de conclusão, menor precisão e menores valores de usabilidade em comparação a adultos jovens (TSAI; TSENG; CHANG, 2017).

Esse desafio de interação tende a se intensificar diante do envelhecimento populacional acelerado. Trata-se de uma tendência mundial, impulsionada pelo aumento da expectativa de vida e a queda nas taxas de natalidade (WHO, 2022). Com isso, estima-se que entre 2015 e 2050 a porcentagem mundial de pessoas com mais de 60 anos quase duplique, saindo de 12% para 22% (WHO, 2022). No Brasil, em 2021 já houve um aumento dos grupos acima de 30 anos, contemplando 56,1% da população (IBGE, 2022). Os dados mostram que é um fenômeno mundial e é possível que ele traga consigo desafios para a saúde e o bem-estar dos indivíduos.

Considerando que os jovens atuais serão as futuras pessoas idosas, é provável que o ato de andar enquanto mexe-se no *smartphone* permaneça nas futuras gerações. Porém, os impactos dessa dupla tarefa podem ser agravados pela idade, já que o andar de pessoas idosas tende a apresentar menor controle postural dinâmico do que adultos (BEURSKENS; BOCK, 2012; AL-YAHYA *et al.*, 2011) e uma maior variabilidade de movimento e velocidade (HUIJBEN; VAN SCHOOTEN; VAN DIEËN; PIJNAPPELS, 2018). Por isso, a queda em após os 60 anos é particularmente mais perigosa.

No Brasil, entre 2000 a 2019, 135.209 óbitos decorrentes das quedas ocorreram em pessoas idosas (GONÇALVES *et al.*, 2022). Esses dados evidenciam a gravidade das consequências de quedas nessa população e reforçam a importância de identificar e mitigar fatores que possam comprometer o equilíbrio dinâmico durante o andar, como a realização de dupla tarefa.

Compreendendo esse cenário, o design das interfaces deve considerar o contexto de uso de dupla tarefa para propor interfaces seguras. Embora existam diversos estudos sobre as atividades perigosas para o andar, nenhum deles responde às dúvidas na perspectiva do design. O designer de produto que atua no desenvolvimento de interfaces digitais deve estar atento a esses aspectos da tarefa e do usuário para tomar decisões de projetos mais assertivas.

Em uma interface digital as atividades do usuário nas interfaces são mediadas pelos componentes e gestos de toque inseridos na tela de interação. Esses componentes podem ser, por exemplo, botões, imagens e textos; as interações, por sua vez, podem incluir gestos como clicar, arrastar ou pinçar a tela com um ou mais dedos. Portanto, existe uma lacuna e oportunidade de conhecimento prático para auxiliar designers a desenvolverem interfaces seguras no contexto da dupla tarefa de andar, além de oferecer recomendações a outros profissionais e usuários sobre a utilização segura de dispositivos móveis durante o andar.

Para compreender esse recorte da pesquisa, é importante diferenciar as características do que se chama de “componentes”, como tamanho, forma, cor

e posição de botões, e o caráter da “interação”, como o gesto de arrastar ou clicar. Essas duas áreas são diferentes, mas intrinsecamente relacionadas, porque o design do componente deve induzir ao gesto de toque, como é exemplificado na Figura 2, em que, para atender o telefone de João, deve-se arrastar (gesto) o botão cinza, circular e com ícone de telefone (componente). Pode-se utilizar o mesmo exemplo para esclarecer como o design do botão induz ao gesto, suas características e efeito degrade no fundo deixam claro para o usuário que o gesto necessário para realizar a interação é o de arrastar.

Figura 2: Exemplo de componente e gesto de toque



Fonte: Autora

No que diz respeito especificamente ao desempenho de pessoas idosas com esses componentes, estudos mostram que eles desenvolveram rapidamente fadiga no polegar e clicaram mais lentamente em botões menores (diâmetro 3,0 mm em comparação com 9,0 mm) em movimento do polegar na orientação flexão-extensão em comparação com adução-abdução (XIONG & MURAKI, 2016). O estudo de Po-Chan (2019) não identificou diferenças entre pessoas idosas e jovens adultos no que diz respeito à interpretação de botões com imagem e texto; entretanto, o tamanho e a posição do botão afetaram o tempo de operação e interpretação, os participantes com mais de 60 anos só tiveram um bom desempenho de interpretação quando os botões estavam na parte superior da tela.

Em paralelo, têm-se estudos que avaliam os gestos de toque. Para gestos de toque, o desempenho das pessoas idosas foi melhor com alvos maiores que

14 mm quadrados, enquanto para gestos de toque de arrastar, o desempenho foi melhor para alvos maiores que 17,5 mm quadrados (LEITÃO, 2012). Um estudo avaliou diferentes formatos de teclados em *Smartwatch*, e seus resultados mostram que os participantes digitaram mais rápido com interação por traço do que com toque, independentemente de estarem em pé ou andando, ou de terem experiência anterior com entrada de traço (TURNER; CHAPARRO; HE, 2018).

Atualmente os designers podem utilizar bibliotecas de componentes prontos e já conhecidos por usuários, como os disponibilizados na documentação do Material Design (GOOGLE, 2022), Carbon Design System (IBM, 2025) e Fluent 2 (MICROSOFT, 2025) ou eles podem desenvolver componentes específicos para o sistema. Quanto a definição dos gestos de toque de interações por toque, o guia de VILLAMOR; WILLIS; WROBLEWSKI (2011) é um documento exemplo que define os gestos de toque mais e menos utilizados nas interfaces, sendo um guia para designers. Em paralelo, emergem estudos que abordam os gestos de toque utilizados nas interações em realidade virtual ou aumentada (LI *et al.*, 2019), área de pesquisa que expande a interação homem-máquina para além do toque. Porém, a interação sem ser a interação por toque ainda é recente e pouco familiar para usuários.

Embora esses materiais sejam guias atualizados e detalhados para uso prático, eles não indicam a melhor aplicação dos componentes e gestos de toque dependendo do contexto externo, como é o caso da dupla tarefa de andar. Alguns estudos se aprofundaram nesse cenário no contexto de painéis de carro. Feng; Liu; Chen (2017) encontraram em seu estudo que o número de botões no painel parece ter um efeito crescente no tempo de conclusão da tarefa e botões quadrados geram melhor desempenho e usabilidade do que um teclado de botões retangulares.

É provável que o desempenho do usuário ao interagir com botões de toque em painéis de carro esteja relacionado à proporção entre o tamanho da ponta do dedo e a área de clique (JUNG *et al.*, 2021). Esse estudo alinha-se com a Lei de Fitts, que descreve a relação entre o tamanho de um alvo, a distância até ele e o tempo necessário para alcançá-lo, sendo amplamente utilizada no design de interfaces digitais para orientar decisões (MACKENZIE, 1992). Estudos recentes também destacam sua aplicação em contextos modernos, incluindo touchscreens e dispositivos portáteis, confirmando que tanto a proximidade quanto a dimensão dos elementos interativos influenciam diretamente a eficiência e a precisão da interação do usuário (XIAO *et al.,* 2024).

Além disso, a presença de uma borda parece melhorar o desempenho e a usabilidade (JUNG *et al.*, 2021). Por último, Sun *et al.,* (2023) apresentaram em seu estudo que o tamanho e a posição do ícone do botão afetaram o tempo de leitura do motorista. Embora o contexto de interação com painéis de carros difira da interação com *smartphones*. Ainda assim, os achados de estudos veiculares oferecem evidências de que características de componentes de interface impactam o desempenho cognitivo-motor em condições de dupla tarefa.

Diante do exposto, existem dois campos de investigação que, embora complementares, raramente se intersectam na literatura. De um lado, estudos sobre dupla tarefa com *smartphone*s apontam os efeitos do uso nas variáveis do andar, focando em atividades como enviar mensagens, jogar e fazer leitura (OLIVEIRA; MEDOLA; BARBIERI, 2024). De outro, pesquisas sobre design de interfaces investigam a influência de componentes e gestos de toque no desempenho da tarefa, ainda que predominantemente em contextos estáticos ou veiculares (JUNG et al., 2021; FENG; LIU; CHEN, 2017).

A lacuna reside na ausência de estudos específicos que indicam como o design da interface — a variação de contraste, forma, tamanho e quantidade de informação em componentes, bem como o tipo de gesto de toque empregado — impacta a cinemática do andar. Nenhum estudo identificado na literatura isolou as variáveis de design para produzir diretrizes aplicáveis ao desenvolvimento de interfaces mais seguras para uso em contexto de dupla tarefa locomotora.

1.1. Questão de pesquisa

A presente tese preenche à lacuna de conhecimento apresentada buscando responder a seguinte questão de pesquisa: “Qual o impacto da característica do componente e do tipo de gesto de toque da tela do *smartphone* nas variáveis cinemáticas do andar?”.

1.2. Hipóteses

Com base na questão exposta, as seguintes hipóteses foram levantadas:

- H1 - Design do Componente: As variações nas características visuais dos componentes de interface (tipo da informação, forma, tamanho e contraste) influenciam nas variáveis do andar.
- H2 - Influência dos Gestos: A execução de diferentes gestos de toque (clicar, duplo clique, segurar e arrastar) na tela do *smartphone* exerce níveis distintos de interferência na cinemática do andar.
- H3 - Fator Etário: O impacto da interação com a interface na estabilidade e no padrão do andar é diferenciado entre adultos jovens e pessoas idosas.

1.3. Objetivos de pesquisa

O objetivo geral foi avaliar o efeito das características dos componentes da interface e gestos de toque de interações nas variáveis do andar de participantes adultos jovens e pessoas com mais de 60 anos durante o uso de dispositivos móveis.

Também foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos para a tese:

- Avaliar os efeitos sobre os aspectos cinemáticos da marcha da interação com *smartphone*, com foco nas principais condições de características de componentes e gestos de toque que representam o espectro de complexidade da interação (do mais simples ao mais prolongado/contínuo), em indivíduos jovens e pessoas idosas;
- Examinar a relação de efeito entre o design dos componentes e gestos de toque das telas e o contexto de dupla tarefa;

- Sugerir direcionamentos para serem considerados nos projetos de design digital para tornar as interfaces mais seguras durante uso durante o andar.

1.4. Contribuições para o Design

A principal contribuição da presente tese é a identificação de componentes e gestos de toque de interações de interface que apresentam riscos para a segurança dos usuários de diferentes faixas etárias. Além desse achado, os resultados também contribuem na discussão de diretrizes que busquem minimizar os riscos do uso de dispositivos móveis em dupla tarefa. Essas diretrizes poderão ser incorporadas em padrões de design e melhores práticas. Com a crescente utilização de dispositivos móveis em diversos contextos, inclusive em atividades que exigem atenção e coordenação motora, outro aspecto relevante é o avanço no entendimento do impacto do design da interface na mobilidade dos usuários.

Em resumo, esta pesquisa traz uma contribuição teórica e prática ao design de interfaces, destacando a necessidade de promover experiências de usuário que não só atendam às necessidades funcionais e estéticas, mas também assegurem a segurança e o bem-estar dos usuários em situações cotidianas.

1.5. Estrutura da tese

Esta tese está organizada em 5 capítulos principais. O Capítulo 1, Introdução, apresenta a contextualização do tema, a problemática investigada, a questão de pesquisa, as hipóteses, os objetivos e as contribuições esperadas para o campo do Design. O Capítulo 2, Revisão da Literatura, reúne e discute os fundamentos teóricos que sustentam o estudo, abordando o uso de *smartphones,* os componentes e gestos de toque em interfaces digitais, a dupla tarefa, o controle postural, o andar, bem como as especificidades do envelhecimento e do uso de tecnologias por pessoas idosas. O Capítulo 3, Metodologia, descreve detalhadamente o delineamento da pesquisa, incluindo teste piloto, caracterização da amostra, variáveis, instrumentos, procedimentos de coleta e estratégias de análise dos dados.

O Capítulo 4, Resultados e Discussão, apresenta os achados obtidos com adultos jovens e das pessoas com mais de 60 anos, analisando-os à luz da literatura e das hipóteses propostas, além de propor direcionamentos para o design de interfaces digitais mais seguras. Por fim, o Capítulo 5, Considerações Finais, sintetiza as principais conclusões da pesquisa, explicita suas limitações e indica possibilidades para estudos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para dar suporte teórico para a presente tese, foram levantados alguns tópicos relevantes para a compreensão do tema da pesquisa. Eles se concentram em aspectos sobre o design dos dispositivos e seus usuários.

2.1. *Smartphone,* o dispositivo móvel mais utilizado

Dispositivos móveis são comuns em diversas atividades na sociedade, em média 70% das pessoas possuem um *smartphone* e 6% um *Smartwatch* (STATISTA, 2024). Por serem móveis, eles favorecem a utilização em movimento, seja do usuário andando ou correndo, condições que podem impor desafios na interação com esses dispositivos, especialmente no contexto de dupla tarefa.

Além dos *smartphone*s, outros dispositivos móveis têm sido investigados no contexto de dupla tarefa durante o andar, como *smartwatches* e óculos de realidade aumentada. Estudos indicam que o uso de óculos de realidade aumentada ao andar resulta em menor velocidade, maior variabilidade de movimento e menor desempenho na tarefa cognitiva (KRASOVSKY *et al.,* 2023), e que esses dispositivos também afetam a estabilidade lateral do usuário (SEDIGHI *et al.,* 2020). *Smartwatches,* por sua vez, apresentam tendência de crescimento na adoção, mas ainda representam parcela minoritária dos estudos de dupla tarefa (VISURI et al., 2021). Independentemente do dispositivo, evidências convergem para a existência de riscos associados ao uso de tecnologias móveis durante a locomoção (CROWLEY; MADELEINE; VUILLERME, 2019).

O *smartphone*, contudo, permanece como objeto central da literatura em razão de sua prevalência — com taxa de penetração global próxima de 73% — e da diversidade de atividades que abrange, sendo o dispositivo abordado pela grande maioria dos estudos revisados (OLIVEIRA; MEDOLA; BARBIERI, 2024). Isso ocorre em relação a quantidade de usuários e atividades envolvendo esse dispositivo. O uso de *smartphones* é extremamente difundido e ocasiona implicações práticas para a segurança de pedestres (STÖCKEL & MAU-MÖLLER, 2019; ALAPATT *et al.*, 2020; LIM *et al.*, 2020).

Essa prevalência se confirma nos dados globais: em 2022, 73% da população com mais de 10 anos possuía um *smartphone* (INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, 2022). De acordo com dados do Ministério das Comunicações, esse dispositivo continua sendo o mais amplamente utilizado para acesso à internet no Brasil. Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua de 2021, o *smartphone* é utilizado em 99,5% dos domicílios com acesso à Internet (MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES, 2022).

Em ambientes abertos, o uso de *smartphone* ao andar geralmente diminui significativamente a velocidade do movimento, aumenta a variabilidade do passo e reduz a estabilidade postural (NIEDERER *et al.*, 2018; HYONG, 2015). As características de interação com *smartphones* variam entre atividades que exigem diferentes níveis de atenção visual e auditiva. Diversas pesquisas analisam os riscos associados à dupla tarefa de utilizar *smartphone* durante o andar.

Takeuchi *et al.* (2016) e Agostini *et al.* (2015) avaliaram a atividade de enviar mensagens de texto, ação visual e cognitiva, e descobriram que impacta a estabilidade do andar e exige a divisão da atenção do usuário. Enviar mensagens de texto é comumente apontada como a atividade mais perigosa, com maior risco de quedas e acidentes (STÖCKEL & MAU-MÖLLER, 2019; LIM *et al.*, 2020; KRASOVSKY *et al.*, 2023). Outras atividades, como jogar ou usar redes sociais, também foram investigadas e mostraram efeitos negativos na estabilidade e na capacidade de responder a estímulos externos (JEONG; LIU, 2017; CARAMIA *et al.*, 2017). Outros estudos, como os de Chen & Pai (2018) e Lin & Huang (2017), abordaram atividades auditivas, como ouvir música, e suas consequências na desatenção e na percepção ambiental.

Dessa forma, os dispositivos móveis e suas interações são diversas e com diferentes aspectos avaliados nos estudos. Os enfoques podem ser sobre a percepção do usuário ou até sobre características práticas da interação.

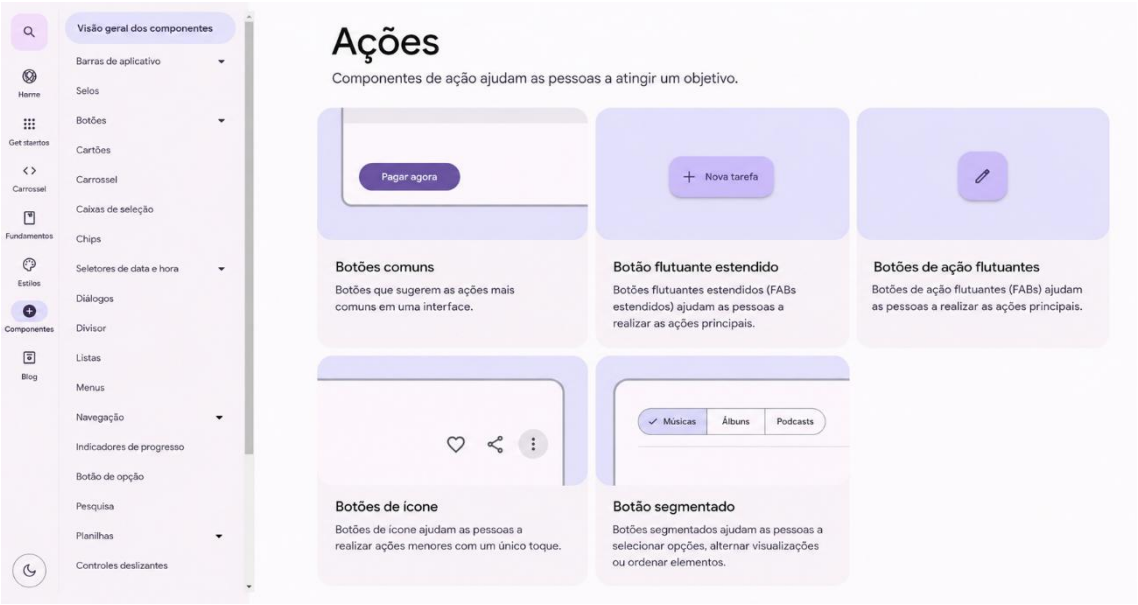
2.2. Componentes de design em interfaces digitais

O projeto de uma interface de aplicativo para *smartphones* envolve um trabalho sistemático de concepção e organização das telas que compõem o sistema. Cada tela é pensada como uma unidade funcional, estruturada a partir da combinação de componentes visuais e dos gestos de toque que viabilizam a interação do usuário. Os componentes — como botões, ícones, campos de seleção e textos — definem o que pode ser percebido e acionado na interface, enquanto os gestos de toque determinam como essas ações são executadas.

Segundo o Material Design do Google (2024), os componentes podem ser divididos em grupos. Os componentes de ação podem ser botões comuns, estendidos, flutuantes, de ícone ou segmentado. Os componentes de comunicação podem ser de diversos tipos: “distintivos”, “indicadores de progresso”, “*snackbar”* e “*tooltips*”. Também se tem componentes de contenção, navegação, seleção e entrada de texto, entre outros.

Estes são os principais grupos de componentes, entre esses grupos, tem-se inúmeras variações possíveis de tamanho, forma, texto, cor e posição. Compreende-se que os mais aderentes ao objetivo da pesquisa são aqueles que estimulam a interação por gestos de toque dos usuários — os botões de ação e seleção, conforme apresentado nas Figuras 3 e 4.

Figura 3: Componentes de ação de acordo Material Design da Google



Fonte: Traduzido de Google (2024)

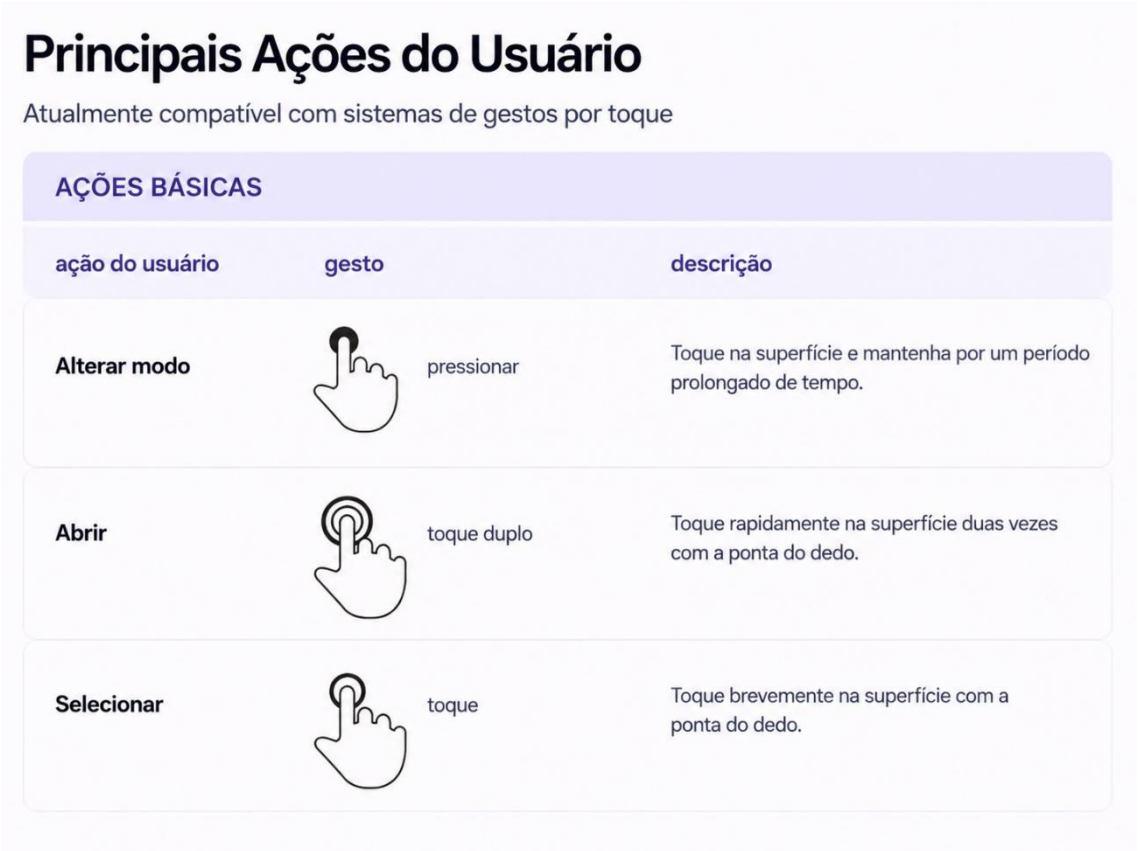
Figura 4: Componentes de seleção de acordo Material Design



Fonte: Traduzido de Google (2024)

Profissionais de design aplicam esses componentes em diferentes interfaces/aplicativos e de diferentes formas, no entanto, independente do aplicativo, esses componentes de ação e seleção guiam a interação dos usuários por gestos de toque. Segundo Villamor, Willis e Wroblewski (2011), as principais interações em dispositivos móveis *smartphone*s são pressionar, duplo clique e clique (Figura 5).

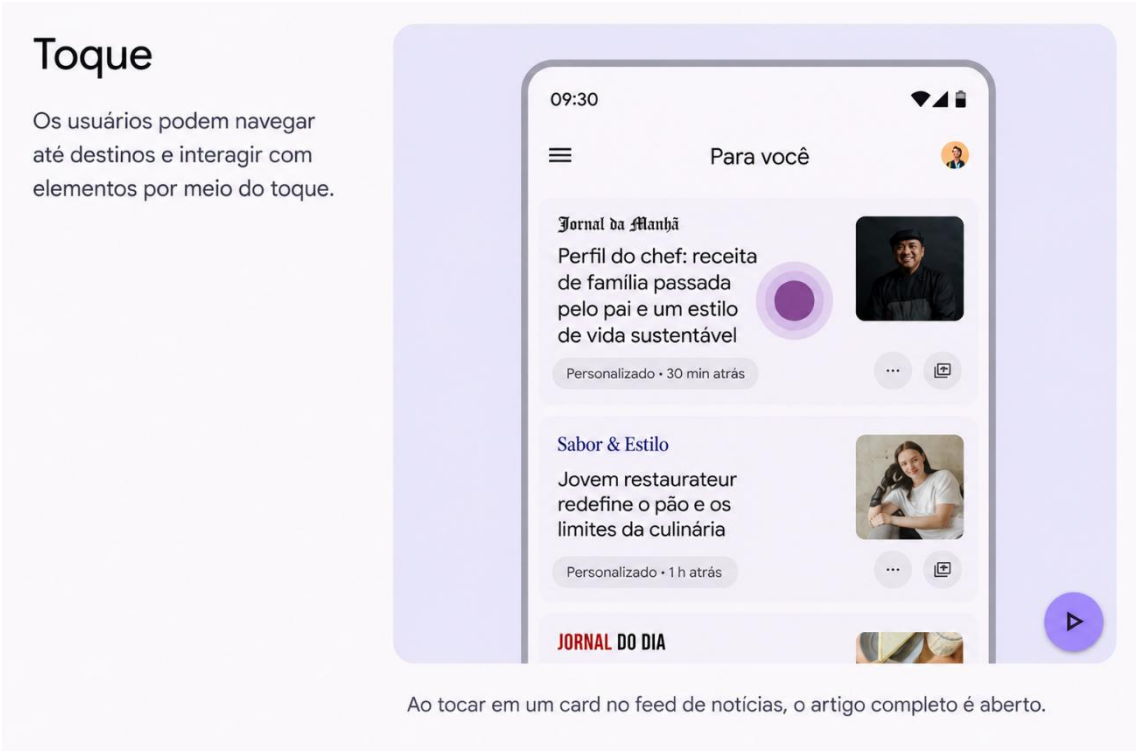
Figura 5: Principais gestos de toque



Fonte: Traduzido de Villamor; Willis; Wroblewski (2011)

Gestos de toque semelhantes aos apontados no material de Villamor; Willis; Wroblewski (2011) também são relatados no Material Design (GOOGLE, 2024), como é exposto na Figura 6.

Figura 6: Gesto de clique de acordo com Material Design



Fonte: Google (2024)

Outros estudos já avaliaram as diferenças entre as interações, como no estudo de Martin-Gutierrez & Del Rio Guerra (2021) que abordou indivíduos com SD (Síndrome de Down). Nesse estudo, revelou-se que há diferença significativa quando uma comparação é realizada, ou seja, indivíduos com SD (Síndrome de Down) não conseguem realizar todos os gestos de toque com a mesma facilidade que indivíduos sem SD, considerando diferença nas taxas de sucesso e tempos de conclusão (MARTIN-GUTIERREZ & DEL RIO GUERRA, 2021).

Outro aspecto relevante no design de componentes é a quantidade e tipo de informação apresentada (apenas um ícone ou combiná-lo com texto). Segundo Punchooijit e Hongwarittorrn (2017), a atenção visual é fator crítico em contextos de uso real, e ícones mais simples e reconhecíveis estão associados a menores tempos de busca e menor esforço cognitivo (GOETZ; NEIDER, 2024), desde que o usuário já domine sua semântica. Desse modo, uma boa decisão sobre os ícones e textos nos componentes é importante para minimizar a carga cognitiva do usuário.

Ao projetar uma tela, a melhor área para posição dos botões depende da aplicação da interface. Entretanto, é possível mapear regiões mais fáceis e difíceis de acesso, considerando o padrão de uso da maioria dos usuários. Muitas vezes refere-se a designs “amigáveis aos dedos”, mas o polegar faz a maior parte do trabalho (CLARK, 2015). Por esta razão, Clark (2015) ilustra na Figura 7 regiões de acesso facilitado para o polegar. Sendo assim, para eliminar o viés da posição do botão, no presente estudo deve-se considerar a posição de melhor acesso ao usuário.

Figura 7: Regiões da tela de *smartphone* e facilidade de acesso



Fonte: Traduzido de Clark (2015)

No contexto do projeto de interfaces digitais, a norma ISO 9241-11 (1998) estabelece pilares fundamentais para avaliar a usabilidade de produtos são a eficácia, eficiência e satisfação. Em situações de dupla tarefa, como o uso do *smartphone* durante o andar, tanto a precisão quanto os recursos gastos tendem a ser impactados, uma vez que há divisão de atenção.

Essas diretrizes normativas oferecem parâmetros importantes para avaliação da usabilidade, mas o desempenho do usuário não depende apenas das características da tarefa ou da interface em si. O contexto de uso — incluindo fatores ambientais, demandas motoras simultâneas e características individuais do usuário — pode exercer influência sobre a interação, especialmente em cenários dinâmicos como a locomoção.

2.3. Dupla tarefa com *Smartphones*

A dupla tarefa pode ser definida como a execução simultânea de duas atividades que competem pelos mesmos recursos atencionais, exigindo do indivíduo a coordenação da atenção e das funções executivas para manter o desempenho adequado em ambas as tarefas (MACPHERSON, 2018). No contexto do uso de *smartphones* durante o andar, essa condição envolve a realização concomitante de uma tarefa motora — o controle postural dinâmico necessário para a locomoção — e de uma tarefa cognitiva e/ou visual associada à interação com o dispositivo móvel.

Estudos apontam que essa combinação resulta em alterações nos parâmetros da marcha, como redução da velocidade, aumento da variabilidade do passo e comprometimento da estabilidade postural (STÖCKEL & MAU-MÖLLER, 2019; TAKEUCHI *et al.*, 2016; BELUR *et al.*, 2020; LIM *et al.*, 2017;

Lim *et al.*, 2020), podendo aumentar o risco de quedas e acidentes, especialmente em ambientes urbanos (CHEN & PAI, 2018; LEE & SHIN, 2024). Foi levantado que as atividades comumente avaliadas no *smartphone* durante dupla tarefa são: enviar mensagens de texto, jogar e fazer leitura (OLIVEIRA; MEDOLA; BARBIERI, 2024).

Interfaces que exigem maior atenção visual, como a tela de um *smartphone*, tendem a apresentar maiores efeitos no andar se comparadas a interfaces auditivas ou menos visuais (STÖCKEL e MAU-MÖLLER, 2019; TAKEUCHI *et al.*, 2016). Ouvir música parece ter menor impacto no andar, mas ainda afeta a percepção ambiental e a atenção auditiva do indivíduo, podendo aumentar a desatenção e o risco de acidentes (CHEN e PAI, 2018; LIN e HUANG, 2017).

A quantificação desses efeitos no andar é feita predominantemente por meio de medições objetivas, como acelerômetros, câmeras e plataformas de força, sendo as principais variáveis avaliadas: velocidade e variabilidade do andar, comprimento da passada, cadência e tempo da passada (OLIVEIRA; MEDOLA; BARBIERI, 2024).

Aparentemente, o uso de dispositivos móveis durante o andar afeta tanto as características do movimento quanto o desempenho nas tarefas no dispositivo móvel. Por exemplo, um efeito no movimento ao enviar mensagens de texto é a redução da velocidade do andar e aumento da variabilidade do passo, tornando o andar menos estável e com maior risco de quedas (BELUR *et al.*, 2020; LIM *et al.*, 2017). Nos pés, existe uma pressão plantar no antepé durante o uso de *smartphones*, o que pode levar a tropeços (KONDO *et al.*, 2023).

Por outro lado, a atividade realizada nos dispositivos móveis também é afetada durante a dupla tarefa, atividades que requerem alta atenção visual e cognitiva, como mandar uma mensagem ou jogar, parecem ter menor eficiência e precisão (OLIVEIRA; MEDOLA; BARBIERI, 2024). Niederer *et al.* (2018) e Caramia *et al.* (2017) reforçam que a dupla tarefa durante o andar compromete tanto o movimento quanto o desempenho cognitivo.

Entretanto OLIVEIRA; MEDOLA e BARBIERI (2024) encontraram que a minoria dos estudos coletou a performance cognitiva e os impactos na tarefa, a maioria dos estudos buscaram entender como o uso do *smartphone* oferece risco a eficiência do andar, considerando o aumento de acidentes relacionados ao uso de dispositivos móveis em ambientes urbanos (CHEN e PAI, 2018; LEE e SHIN, 2024).

Chen e Pai (2018) realizaram a coleta de seu estudo em uma área não controlada e pública de travessia de pedestres, como resultado, a maioria dos pedestres que interagiram com o *smartphone* apresentaram desatenção auditiva e visual. Entende-se que o maior risco associado ao uso de *smartphones* durante o andar ocorre em ambientes públicos e abertos, como calçadas movimentadas e travessias de pedestres (KRASOVSKY et al., 2023; CHEN; PAI, 2018), bem como em terrenos irregulares, onde a imprevisibilidade do ambiente amplifica os

desafios da dupla tarefa (JACOBSEN et al., 2022). A complexidade do ambiente externo exige recursos atencionais adicionais para monitoramento dos obstáculos e ajustes posturais reativos, recursos esses que, em situação de dupla tarefa, são parcialmente redirecionados para a tarefa no dispositivo. Desse modo, embora a maioria dos estudos tenha sido conduzida em laboratório — e mesmo nessas condições controladas tenha sido possível detectar os efeitos da dupla tarefa (OLIVEIRA; MEDOLA; BARBIERI, 2024) —, é provável que os efeitos observados sejam amplificados em ambientes com maiores demandas ambientais.

Na Figura 8 é possível visualizar a relação entre alguns dos efeitos da dupla tarefa no movimento de andar e na atividade realizada (tarefa de interação no *smartphone*).

Figura 8: Impactos da dupla tarefa no uso de *smartphones* durante o andar



Fonte: Baseado em OLIVEIRA; MEDOLA; BARBIERI (2024)

Um reflexo da importância da compreensão desse cenário é que iniciativas para mitigar esses riscos e conscientizar têm ganhado destaque. O aplicativo "*Digital Wellbeing",* lançado pelo Google, em 2021 fez testes Beta para incluir o recurso *Heads Up,* que envia notificações para lembrar os usuários de permanecerem atentos ao caminhar enquanto utilizam seus *smartphones* (GOOGLE, 2025; BBC, 2021). Esse tipo de tecnologia foi projetado para reduzir os comportamentos de risco associados à distração digital. A funcionalidade alerta o usuário por meio de vibrações ou mensagens na tela, incentivando-o a levantar a cabeça e observar o caminho.

2.4. Controle postural

Antes do andar, tem-se o controle postural estático, sendo ele, a capacidade de manter o equilíbrio do corpo em uma posição estática, como em pé, sem movimento significativo. Essa habilidade é essencial para a execução de atividades diárias e depende da integração de informações sensoriais (visão, sistema vestibular e propriocepção) e respostas motoras (MAKI; HOLLIDAY; FERNIE, 1990). Nas avaliações de controle postural estático, o indivíduo é

solicitado a manter uma postura ereta com os pés paralelos ou em posições específicas, como em tandem (VOSS *et al.*, 2021).

A manutenção do equilíbrio estático envolve a regulação do centro de massa (CoM) do corpo sobre a base de suporte, que é a área delimitada pelos pés. Quando o CoM se desloca além dos limites da base de suporte, o equilíbrio é comprometido, podendo resultar quedas (MAGALHÃES *et al.*, 2022). Portanto, o controle postural estático é fundamental para prevenir quedas.

Testes Clínicos como o Equilíbrio de Berg e o Teste de Interação Sensorial e Equilíbrio Modificado (mCTSIB) avaliam o equilíbrio estático de forma subjetiva ou semi-quantitativa (MAGALHÃES *et al.*, 2022). Uma avaliação do controle postural estático mais precisa é realizada com medidas quantitativas de oscilações do corpo durante a postura estática.

Essas medidas são geralmente coletadas utilizando plataformas de força ou sensores inerciais, que registram o deslocamento do centro de pressão (CoP), que é o ponto de aplicação da força resultante exercida pelo corpo sobre a superfície de suporte (MAKI; HOLLIDAY; FERNIE, 1990). A variação das medidas descreve a magnitude das oscilações do CoP, algumas das principais medidas avaliadas no controle postural estático são:

- **Área de oscilação:** Representa a área total percorrida pelo CoP durante o controle postural. Um valor maior geralmente indica maior instabilidade postural.
- **Jerk:** Mede a taxa de variação do deslocamento do CoP ao longo do tempo, está relacionada à suavidade do movimento. Valores mais altos indicam movimentos mais bruscos.
- **Velocidade:** Refere-se à velocidade média do deslocamento do CoP, indicando o nível de atividade postural. Valores maiores podem estar associados a maior instabilidade.
- **Frequência:** Representa a frequência predominante das oscilações do centro de pressão, indicando a rapidez com que os ajustes posturais são feitos.

A avaliação dos resultados do controle postural estático envolve a interpretação das variáveis coletadas, comparando-as com valores de referência ou com dados prévios do mesmo indivíduo, em estado controle. Para coletas, as plataformas de força são consideradas o padrão-ouro para a avaliação do controle postural estático e coleta de variáveis de oscilação, esses dispositivos medem as forças verticais e horizontais aplicadas pelos pés, permitindo o cálculo do CoP. Já os sensores Inerciais são dispositivos vestíveis que medem acelerações e velocidades angulares do tronco ou outras partes do corpo, eles são portáteis e permitem a avaliação do controle postural em ambientes variados (VOSS *et al.,* 2021).

Embora o controle postural estático tenha sido avaliado no estudo piloto da presente pesquisa, o protocolo final concentrou-se exclusivamente no controle postural dinâmico durante o andar. Essa decisão foi tomada com base nos

resultados do piloto, que indicaram que as variáveis do andar eram mais sensíveis às manipulações de interface e mais diretamente alinhadas à questão de pesquisa.

2.5. O andar

O ato de andar é uma habilidade motora complexa que envolve, entre outros componentes, o controle postural dinâmico — referente à capacidade de manter o equilíbrio do corpo durante movimentos voluntários ou em resposta a perturbações externas. Diferentemente do controle postural estático, ele envolve a regulação do CoM em situações de movimento, como andar, correr, ou realizar mudanças rápidas de direção (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2016). Essa habilidade resulta no andar, sendo essencial para a execução de atividades funcionais e depende da integração eficiente de informações sensoriais (visão, sistema vestibular e propriocepção) e respostas motoras adequadas (HORAK, 2006).

O movimento de andar pode ser caracterizado em fases. O ciclo do andar humano é composto por duas fases principais: a fase de apoio e a fase de balanço. A fase de apoio é a maior fase e ocorre quando o pé está em contato com o solo, sustentando o peso corporal. Esta fase é subdividida em cinco subfases. Segundo KIM *et al.* (2024) as subfases são:

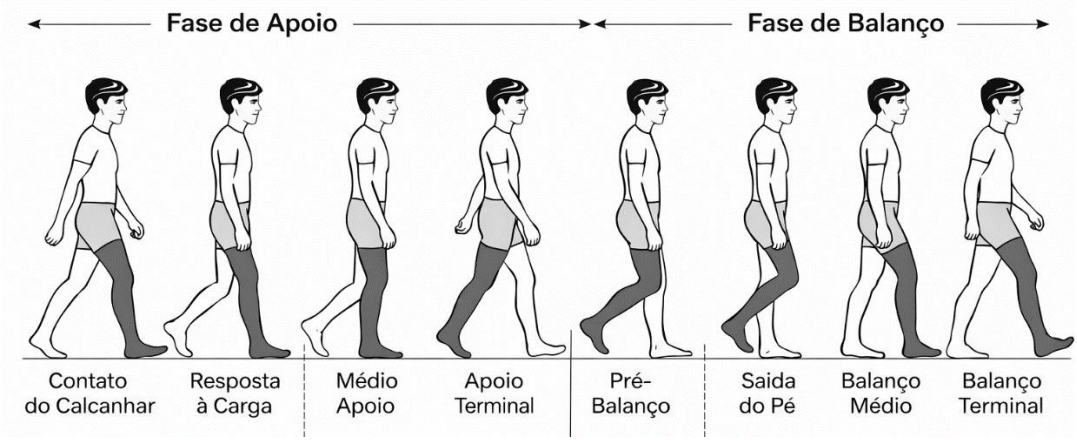
1. **Contato inicial:** o calcanhar toca o solo, iniciando o contato do pé com o chão.
2. **Resposta à carga:** a planta do pé entra em contato completo com o solo, absorvendo o peso do corpo.
3. **Apoio médio:** o peso corporal é deslocado centralmente sobre o pé.
4. **Apoio terminal:** o calcanhar se eleva do solo enquanto o corpo continua avançando.
5. **Pré-balanço:** os dedos do pé deixam o solo, preparando o membro para a fase de balanço.

A fase de balanço é a menor e ocorre quando o pé está no ar, permitindo o avanço do membro inferior. De acordo com KIM *et al.* (2024) esta fase é dividida em três subfases:

1. **Balanço inicial:** o pé se eleva do solo e começa a mover-se para frente.
2. **Balanço médio:** o membro em movimento passa ao lado do membro de apoio.
3. **Balanço terminal:** o membro desacelera em preparação para o próximo contato do calcanhar com o solo.

Durante o andar normal, há períodos de apoio simples, quando apenas um pé está em contato com o solo, e períodos de duplo apoio, quando ambos os pés estão em contato simultaneamente (KIM *et al.*, 2024). Na Figura 9 visualiza-se um esquema da divisão das fases nos dois momentos do andar.

Figura 9: Fases do andar e etapas detalhadas de um ciclo



Fonte: Adaptado de KIM *et al.* (2024)

Com as fases do andar estabelecidas, torna-se possível compreender como sua avaliação é conduzida. A mensuração do controle postural dinâmico necessita da medição de variáveis que capturam as respostas do corpo a movimentos ou perturbações. Essas variáveis são geralmente coletadas utilizando plataformas de força, sensores inerciais, ou sistemas de captura de movimento, que permitem a análise quantitativa do equilíbrio dinâmico (WINTER, 2009).

A análise do andar pode ser realizada em diferentes condições, como caminhada normal, caminhada rápida, caminhada com obstáculos ou perturbações externas (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2016). E segundo Perry e Burnfield (2010) e Winter (2009) algumas das principais variáveis avaliadas no andar são:

- **Duração(s):** O tempo total necessário para completar uma atividade específica, como caminhar um certo trecho. É usado para medir a duração do ciclo de marcha (tempo de contato de um pé até o mesmo pé retornar ao chão) ou a duração de uma tarefa de locomoção.
- **Velocidade (m/s):** Velocidade média com que um indivíduo se desloca em linha reta. É uma métrica global da eficiência do deslocamento e da capacidade funcional.
- **Comprimento da passada (m):** Comprimento do passo completo, medido do ponto de contato inicial de um pé ao próximo ponto de contato do mesmo pé. Reflete a amplitude do movimento a redução desse valor merece atenção.
- **Cadência (passos/min):** Número de passos dados por minuto. É uma medida de frequência do movimento. Altamente correlacionada com a velocidade da marcha. Alterações na cadência podem indicar tentativas de compensação biomecânica.
- **Duplo suporte (%):** Percentual do ciclo de marcha em que ambos os pés estão em contato com o chão simultaneamente. Um período de duplo apoio prolongado pode ser sinal de instabilidade ou desequilíbrios funcionais.

- **Variabilidade lateral do passo (cm):** Variabilidade na largura entre os passos (lateralmente) ao longo de várias passadas. Uma maior variabilidade lateral pode indicar problemas de equilíbrio.
- **Duração do passo (s):** Duração de um único passo, medido desde o contato inicial de um pé até o contato inicial do outro pé. Alterações na duração do passo podem refletir mudanças na estratégia de controle motor ou patologias.

A compreensão das variáveis do andar é fundamental para responder à questão de pesquisa desta tese, uma vez que são elas que permitem quantificar, de forma objetiva, os efeitos da interação com interfaces digitais sobre a cinemática da marcha. Ao analisar essas métricas em diferentes condições de interação com o *smartphone*, torna-se possível identificar quais características das telas impõem maior interferência ao andar.

2.6. O processo de envelhecimento e a mobilidade

Diante da relevância dessas variáveis para a análise do controle postural dinâmico, torna-se necessário compreender como o processo de envelhecimento modifica o padrão do andar. Após os 60 anos, os adultos tendem a apresentar padrões de andar, controle postural estático e dinâmico diferente de adultos jovens. O envelhecimento natural humano resulta em uma diminuição gradual das capacidades físicas e também mentais, associados com outras transições individuais da vida, como falecimento de amigos e parceiros, aposentadoria e mudanças de residência (WHO - *World Health Organization,* 2022).

O envelhecimento pode vir associado a diferentes condições de saúde, entretanto, alguns estados de saúde complexos são comumente chamados de síndromes geriátricas e são consequência de múltiplos fatores subjacentes, como a fragilidade, incontinência urinária, quedas, delírio e úlceras de pressão (WHO, 2022). Entre esses fatores, destaca-se a fragilidade, síndrome que resulta em redução das reservas fisiológicas e aumento da vulnerabilidade a estressores. Essa condição está associada a maior risco de eventos adversos, como quedas e declínio funcional, e não deve ser compreendida apenas como uma redução da aptidão física, mas como um estado sistêmico que envolve múltiplos domínios do organismo (NAVARRETE-VILLANUEVA *et al.*, 2020).

Nesse contexto, a velocidade habitual de andar é uma variável de aptidão física fortemente associada ao estado de fragilidade (NAVARRETE-VILLANUEVA *et al.*, 2020). As pessoas idosas apresentam declínio no controle postural e no andar (BEURSKENS & BOCK, 2012; AL-YAHYA *et al.*, 2011), apresentando um andar mais lento e com maior variabilidade no movimento e na velocidade (HUIJBEN *et al.*, 2018), consequentemente causando mais risco de quedas (OSOBA *et al.*, 2019).

O declínio dos sistemas sensoriais e da capacidade de se adaptar às mudanças no ambiente para manter um controle postural fazem com que a pessoa idosa seja mais dependente da visão para manter a estabilidade (OSOBA *et al.* 2019). Então se o andar for combinado simultaneamente com

tarefas adicionais (dupla tarefa), como controle visual ou motor, o desempenho de uma dessas tarefas diminui (BEURSKENS e BOCK, 2012). Estudos no contexto de dupla tarefa tem sido utilizados para avaliar a interferência motora cognitiva durante o andar, o efeito geral de diferentes tarefas cognitivas parece proeminente na velocidade do andar e tem relações com a idade do indivíduo (AL-YAHYA *et al.*, 2011).

Durante a tarefa dupla em todas as idades a velocidade do andar tende a diminuir e a variabilidade dos passos aumentar, entretanto, essas alterações são mais pronunciadas em pessoas idosas (HOLLMAN *et al.*, 2007). Tarefas cognitivas concomitantes podem desestabilizar a marcha e aumentar o risco de quedas nessa faixa etária (HOLLMAN *et al.*, 2007). Além disso, o envelhecimento está associado a um declínio no controle motor fino, redução na precisão, aumento da variabilidade e lentificação dos movimentos das mãos (SEIDLER et al., 2010). Sendo assim, a interação com dispositivos de toque torna-se particularmente desafiadora para idosos.

Se jovens adultos já apresentam adaptações locomotoras ao interagir com *smartphones*, tais adaptações tendem a ser mais pronunciadas após os 60 anos, cujo sistema de controle postural dinâmico pode apresentar alterações decorrentes do processo natural de envelhecimento (BEURSKENS; BOCK, 2012; AL-YAHYA et al., 2011). Além disso, a maior dependência da visão para manutenção do equilíbrio (OSOBA et al., 2019) pode tornar a atenção visual exigida pela interface mais conflitante para o controle postural dinâmico desse grupo. Essas características do andar de pessoas idosas fundamentam a H3 da presente tese, que defende que o impacto da interação com a interface na estabilidade e no padrão do andar é diferenciado entre adultos jovens e pessoas idosas.

2.7. Uso de *Smartphones* por pessoas idosas

Para compreender melhor esse grupo, é necessário mapear como pessoas idosas utilizam smartphones atualmente. Em 2022, o percentual de uso da rede de internet por pessoas com 60 anos ou mais aumentou de 44,8% para 57,5% (IBGE, 2022). De acordo com a pesquisa da empresa OFFERWISE (CNDL; SPC BRASIL; OFFERWISE, 2021), os aplicativos de maior acesso por esse grupo são de redes sociais (72%), sendo as principais: WhatsApp (92%), Facebook (85%) e YouTube (77%). Além das redes sociais, outras categorias de aplicativos utilizados são as de transporte urbano (47%), bancos (45%), compras (34%) e delivery (28%) (CNDL; SPC BRASIL; OFFERWISE, 2021).

No público mais velho, o uso de tecnologia parece diminuir significativamente conforme o aumento de limitações na capacidade física, como deficiência visual e limitações de memória (GELL *et al.*, 2015). Além disso, o uso atual de *smartphones* e tablets pode ser prejudicado pela literacia digital das pessoas idosas atuais (não nativos digitais) e pela falta de adequação dessas tecnologias às deficiências motoras e sensoriais dos usuários (WILSON *et al.*, 2022).

Existem algumas diretrizes para o desenvolvimento de interfaces mais ergonômicas que pretendem reduzir a lacuna entre o desempenho entre adultos com mais e menos de 60 anos nos gestos de toque (MOTTI; VIGOUROUX; GORCE, 2013). Entretanto, as mudanças relacionadas à idade, à experiência anterior com tecnologias, as características dos dispositivos e seus contextos de uso devem sempre ser estudados na etapa de projeto.

É de extrema relevância considerar os aspectos do envelhecimento do usuário nos projetos de aplicativos. Nesse sentido, cita-se o exemplo de Liu *et al.* (2021) que levantou diretrizes para desenvolver um aplicativo de saúde adequado para pessoas idosas, essas diretrizes são apresentadas na Tabela 1. Entretanto, suas sugestões são facilmente aplicáveis a outros contextos, constituindo diretrizes práticas para projetos de design.

Tabela 1: Recomendações de Liu *et al.* (2021)

Capacidade do usuário	Aspecto de design	Recomendação
Deficiência visual	Design de fonte	• Tamanho de fonte grande • Use o estilo de fonte da família Sans Serif • Use fonte em negrito para pontos-chave • Evite estilos de fonte especiais • Permitir que os usuários personalizem as propriedades da fonte e do texto
	Escolha de cor	• Garanta alto contraste • Limitar o número de cores • Use cores básicas e distintas • Use cores de fundo consistentes • Use cores culturalmente apropriadas • Codificação de cores dos botões • Fornecimento de alternativas de áudio • Fornecimento de opções de áudio • Garanta um volume de áudio alto • Adicione vibrações durante cada tom auditivo
Problemas de coordenação motora	Gestos de toque	• Use gestos de toque simples na tela sensível ao toque (por exemplo, deslizar, tocar, arrastar, soltar) • Evite gestos de toque complexos na tela sensível ao toque (por exemplo, rolagem, zoom) • Use botões grandes e estruturados • Minimize a entrada de texto • Suporte para controle de voz • Interface somente com botões (por exemplo, use botões e controles deslizantes para responder perguntas)
Deterioração cognitiva e de memória	Layout simples e consistente	• Forneça um layout simples e consistente • Garanta espaço em branco adequado entre linhas e botões • Layout adaptável com base no tamanho da tela • Evite grandes blocos de texto • Evite textos sobre imagens • Use um layout culturalmente apropriado (por exemplo, use leitura da direita para a esquerda para usuários árabes)
	Navegação simples e clara	• Estrutura de navegação plana • Coloque as principais funções na tela inicial • Reduzir opções de menu • Forneça um botão de retorno claro e um menu estático em cada página • Apresentação multimídia • Apresentar informações na forma de textos, imagens e vídeos
	Conteúdo fácil de entender	• Use botões rotulados • Organize tópicos relacionados em grupos • Use linguagens comuns e apropriadas à idade

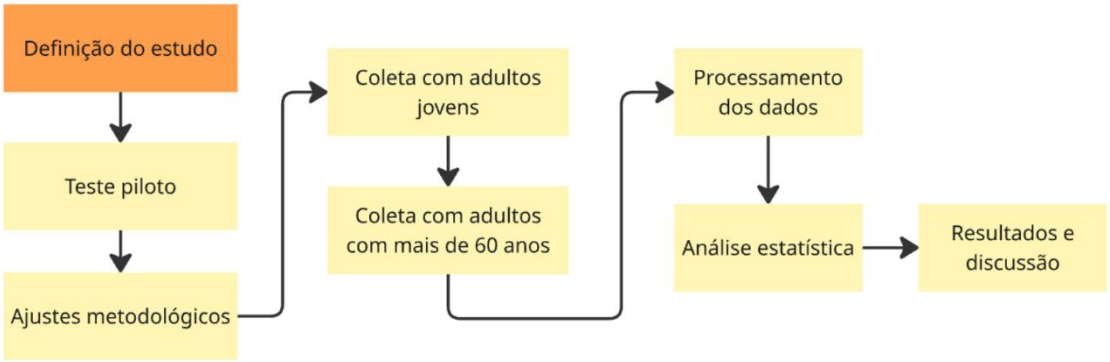
Pessoas idosas reconhecem os benefícios da tecnologia, como a otimização da independência e a conexão com familiares e amigos, entretanto, ainda há uma fragmentação entre o real e o virtual, muitas vezes exacerbada pela segregação geracional no contexto tecnológico (GALLO *et al.*, 2024). Por outro lado, a busca por competências digitais tem transformado as pessoas idosas em protagonistas de sua própria aprendizagem, promovendo um envelhecimento mais saudável e ativo (GALLO *et al.*, 2024).

Investigações recentes conduzidas por Medola *et al.* (2026) demonstram que a realização de tarefas em dispositivos móveis durante o andar impõe custos adicionais significativos ao desempenho em condição de dupla tarefa. Ao analisar o envio de mensagens em *smartphones* e *smartwatches* durante o andar, autores observaram aumento no tempo de execução da tarefa, especialmente quando simuladas restrições decorrentes do envelhecimento (MEDOLA *et al.*, 2026). Diante do crescimento contínuo do uso de tecnologias digitais ao longo da vida, o design de interfaces não deve considerar apenas as pessoas idosas atuais, mas também as futuras gerações desse grupo, que chegarão à velhice com maior familiaridade tecnológica e padrões de interação consolidados, demandando soluções que conciliem usabilidade, segurança e adaptação às mudanças funcionais associadas ao envelhecimento.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia foi estruturada em etapas sequenciais para investigar o efeito do design de interfaces digitais sobre as variáveis do andar em condição de dupla tarefa como é descrito na Figura 10.

Figura 10: Fluxograma da pesquisa



Fonte: Autora

Inicialmente, realizou-se um teste piloto para ajustar o protocolo experimental e os procedimentos de coleta. Em seguida, foi conduzida a coleta principal com adultos jovens (n=31), utilizada para responder à questão de pesquisa. Por fim, o protocolo foi aplicado a um grupo de pessoas idosas (n=9) de forma exploratória, com o objetivo de identificar tendências associadas ao envelhecimento. As etapas metodológicas, os instrumentos utilizados e as estratégias de análise dos dados são descritas nas seções seguintes.

Essa pesquisa é classificada como uma pesquisa de natureza aplicada e exploratória. Aplicada porque visa resolver um problema prático e tem o objetivo de gerar conhecimento para melhorar a segurança e desempenho de tarefas em dispositivos móveis durante o andar, especialmente para pessoas idosas. É exploratória porque busca compreender melhor a experiência de uso de *smartphones* e mais especificamente a influência dos elementos de design da tela na dupla tarefa de andar.

Para operacionalizar esse delineamento aplicado e exploratório, o protocolo foi previamente testado por meio de uma etapa piloto, cujos resultados subsidiaram ajustes no protocolo experimental, incluindo a definição das variáveis, dos gestos de toque e dos procedimentos de coleta.

3.1. Uso de ferramentas de inteligência artificial

A elaboração deste trabalho contou com o suporte das ferramentas de Inteligência Artificial Generativa GPT-5.2. (OPENAI, 2026), Claude Sonnet 4.6 (ANTHROPIC, 2026) Gemini 3 (GOOGLE, 2026). Todos os modelos foram utilizados de forma complementar em duas frentes: (1) no desenvolvimento, depuração e otimização dos scripts em Python para a análise de dados; e (2) no refinamento linguístico, revisão gramatical e ajuste de estilo do texto. O uso combinado das ferramentas visou a validação técnica do código e a melhoria da clareza expositiva do texto.

3.2. Aspectos éticos

Os métodos de pesquisa foram submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FAAC (Faculdade de Artes e Comunicação) da UNESP (Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”) com CAAE de número 85689524.1.0000.5663, o parecer consta no Apêndice A.

Os participantes foram informados sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa e após aceitarem participar voluntariamente, leram o TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido) presente no Apêndice B indicando sua aceitação por meio de assinatura física do documento que se encontra armazenado pela pesquisadora. Os dados coletados por meio de questionário e dispositivos de análise cinemática foram anonimizados e também armazenados.

3.3. Definição dos componentes e gestos de toque para o estudo

O grupo de componentes e gestos de toque foi inicialmente mais amplo, porém, após a realização de um teste piloto, algumas condições foram excluídas devido a limitações do software de prototipagem e ao tempo excessivo de coleta. Assim, foram mantidas apenas as interações consideradas mais representativas e viáveis para o delineamento experimental.

A definição dos gestos de toque avaliados no presente estudo baseou-se em dois critérios. O primeiro foi a prevalência de uso. De acordo com Villamor, Willis e Wroblewski (2011), os gestos de pressionar (clicar), duplo clique, segurar e arrastar representam as interações mais frequentes em interfaces de *smartphone*s.

O segundo critério foi a variabilidade de demanda ao usuário, enquanto o clicar constitui a interação mais simples e momentânea, o segurar e o arrastar exigem contato contínuo e prolongado com a tela (JEONG; LIU, 2017). O gesto de pinçar, embora avaliado durante o estudo piloto, foi excluído do protocolo final em razão de limitação técnica do software de prototipagem utilizado, conforme detalhado na seção 3.3.2.

Essa amplitude de gestos — do mais simples ao mais complexo — permite mapear um espectro representativo de interações reais e testar se a complexidade gestual se associa proporcionalmente à interferência na cinemática do andar

3.4. Variáveis

Para responder a questão de pesquisa, o presente estudo avaliou 8 condições experimentais do design da tela do smartphone e 7 variáveis cinemáticas do andar.

Inicialmente, o delineamento do estudo contemplava a coleta de variáveis adicionais, como medidas de controle postural estático e desempenho na tarefa realizada no dispositivo móvel. No entanto, a partir de um teste piloto, observou-se que essas variáveis apresentavam menor sensibilidade às manipulações de interface e ampliavam significativamente o tempo de coleta. Dessa forma, optou-se por concentrar a análise nas variáveis do andar, por estarem mais diretamente

alinhadas à questão de pesquisa e apresentarem maior responsividade às condições experimentais.

3.4.1. Independentes

Fator da condição (design da tela): configurações experimentais de design, divididas em componentes, sendo eles a variações da quantidade de informação, a forma, o tamanho e o contraste e na segunda categoria os gestos de toque: condições de clicar, duplo clique, segurar e arrastar. Totalizando 8 condições experimentais mais uma condição controle (sem interação com *smartphone*).

3.4.2. Dependentes

As variáveis dependentes foram os principais parâmetros do andar coletados pelo dispositivo APDM Opal que poderiam auxiliar na compreensão dos impactos das condições na cinemática, sendo elas:

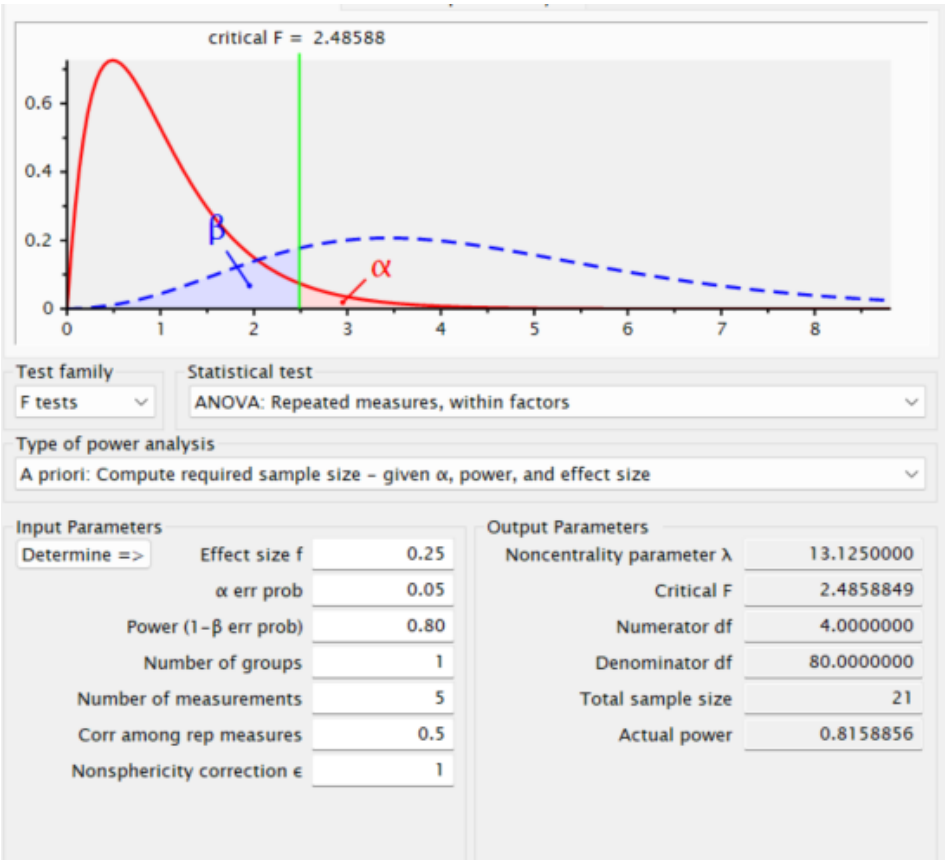
- Velocidade da marcha (m/s): medida pela distância percorrida dividida pelo tempo de deslocamento.
- Comprimento da passada (m): distância entre dois contatos sucessivos do mesmo calcanhar com o solo.
- Cadência (passos/min): número de passos executados por unidade de tempo.
- Porcentagem do tempo de duplo suporte (% do ciclo): período do ciclo da marcha em que ambos os pés estão em contato simultâneo com o solo.
- Duração do ciclo (s): tempo total decorrido entre dois contatos sucessivos do mesmo calcanhar com o solo (passada completa).
- Fase de balanço (% do ciclo): intervalo do ciclo da marcha em que o pé não está em contato com o solo, representando o período de oscilação do membro inferior.
- Amplitude de oscilação lombar (º): deslocamento angular do tronco nos eixos transversal (rotação), coronal (inclinação lateral) e sagital (anteroposterior), capturado por sensor inercial posicionado na região de L5.

3.5. Amostragem

Adultos jovens e pessoas com mais de 60 anos sem comprometimento cognitivo ou funcional de acordo com protocolo MOCA (*Montreal Cognitive Assessment*) (CECATO *et al.*, 2014), eficiente para detectar comprometimento cognitivo em pessoas com mais de 60 anos (CIESIELSKA *et al.*, 2016) e que foi aplicado como primeira etapa da coleta.

Para a definição desse tamanho amostral foi utilizado como base um estudo anterior que também avaliou dupla tarefa de andar enquanto utiliza *smartphone* em grupo de jovens e pessoas idosas (BELUR, P. *et al.*, 2020). Com esse estudo, na plataforma G*Power foram inseridos os seguintes parâmetros: teste ANOVA *repeated measures, within-between interaction*, com *Effect size* f(V) de 0,25, α err prob = 0,05, *Power (1-β err prob)* de 0,95, 1 grupo e 5 medidas de velocidade (variável desfecho) ao andar. Como resultado, a estimativa do tamanho de amostra total necessário para coleta foi de 21 para cada um dos grupos como é apresentado na Figura 11.

Figura 11: Cálculo amostral no software g-power



Fonte: Autora

Para a composição da amostra, foram recrutados jovens adultos, estudantes de graduação e pós-graduação da UNESP, e pessoas idosas atuantes como servidores da instituição nos setores de administração e zeladoria. O recrutamento dos participantes foi realizado por meio do método *snowball,* estratégia amplamente utilizada em pesquisas nas ciências sociais. Nesse método, os primeiros participantes recrutados indicam novos indivíduos com características compatíveis com os critérios do estudo, permitindo a expansão progressiva da amostra a partir de redes sociais e contatos interpessoais (PARKER; SCOTT; GEDDES, 2019; GIERCZYK; GROMKOWSKA-MELOSIK, 2024).

Adotou-se como critérios de inclusão os seguintes requisitos: ser adulto jovem com idade entre 18 e 35 anos ou pessoa idosas com idade igual ou superior a 60 anos. Ambos os grupos foram compostos por usuários familiarizados com sistema operacional Android e Material Design 3 lançado em 2021, para evitar o viés de aprendizado para aqueles usuários de sistema iOS. Essa restrição foi adotada porque o Material Design 3 constitui o sistema de design nativo do Android e foi a referência utilizada para o desenvolvimento dos protótipos avaliados no estudo. O sistema iOS, por sua vez, adota outro sistema que apresenta padrões distintos de componentes e interações. A inclusão de usuários de ambos os sistemas criaria uma variável de confusão associada à familiaridade com a lógica de interação da plataforma.

Para exclusão, avaliou-se: comprometimento cognitivo conforme avaliação pelo protocolo MOCA (CECATO *et al.*, 2014) aplicado seguindo pontuação de corte por nível educacional (CÉSAR *et al.*, 2019) para garantir que os resultados não sofram interferência de fatores de compreensão e cognição dos participantes. Andar com a utilização de dispositivos assistivos para mobilidade, como andador ou cadeira de rodas. Também foram excluídos aqueles com condições médicas preexistentes que impedissem a participação plena, incluindo deficiências neurológicas ou físicas que alterassem o movimento, dor ao caminhar, uso de dispositivos auxiliares ou deficiências visuais ou auditivas não corrigidas.

3.6. Instituições

As coletas foram executadas no MOVI-LAB (Laboratório de Pesquisa em Movimento Humano) e LEI (Laboratório de Ergonomia e Interfaces), na UNESP, campus Bauru. A coleta com adultos jovens ocorreu nos meses de abril e fevereiro de 2026, enquanto a coleta com pessoas idosas foi conduzida no mês de fevereiro de 2026.

3.7. Questionários para caracterização da amostra

Utilizou-se o protocolo MOCA (CECATO *et al.*, 2014) com o objetivo de rastrear possíveis comprometimentos cognitivos que pudessem interferir na compreensão das tarefas ou na execução do protocolo e excluir essas unidades amostrais. Também foi elaborado um questionário para levantamento de alguns dados básicos do participante, como: nome, gênero, nascimento, peso, altura, escolaridade e mão dominante. Nesse formulário também se coletou sobre a experiência do participante com dispositivos móveis, mais especificamente com *smartphones*. O questionário completo encontra-se no apêndice C.

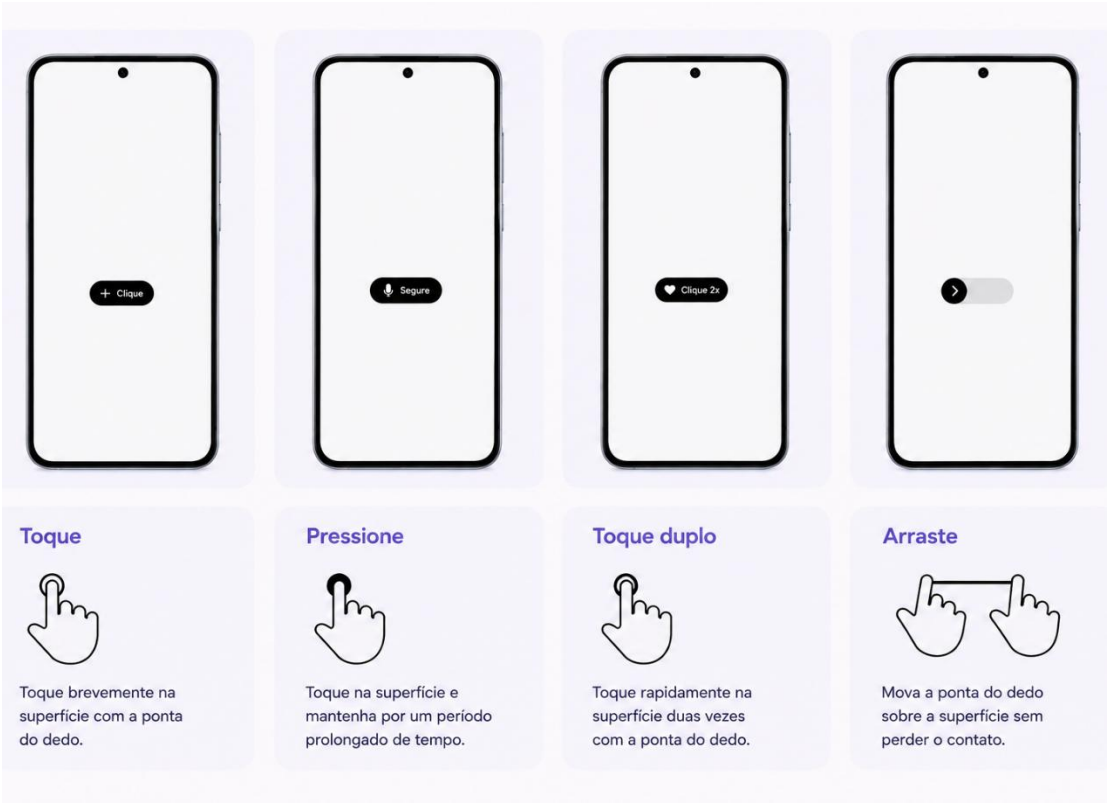
Por fim, foi aplicado o formulário chamado MDPQ (*Mobile Device Proficiency Questionnaire*) para ser preenchido pelo próprio participante. O MDPQ tem como objetivo mapear a proficiência dos participantes no uso de dispositivos móveis em diferentes áreas de interação com a tecnologia.

3.8. Protótipos de tela: coleta com jovens

Para desenvolvimento dos protótipos de telas, foi utilizada a plataforma Figma (2024), amplamente utilizada por designers de interfaces digitais e de dispositivos móveis. Todas condições experimentais — tanto os gestos de toque quanto as variações de componentes — foram posicionadas na zona de acesso facilitado ao polegar, conforme mapeamento de Clark (2015), que identifica as regiões da tela de *smartphone* com maior conforto e naturalidade de alcance para a maioria dos usuários. Essa padronização de posicionamento teve como objetivo eliminar o viés de localização do elemento interativo, garantindo que eventuais diferenças nos parâmetros do andar entre as condições pudessem ser atribuídas exclusivamente às características do gesto ou do componente avaliado, e não à dificuldade de acesso ao alvo na tela.

Ao total foram avaliados 8 dos principais componentes de interação com usuário, sendo 4 gestos de toque e 4 variações de componentes. Na Figura 12 e 16 são apresentados os gestos de toque e os componentes avaliados.

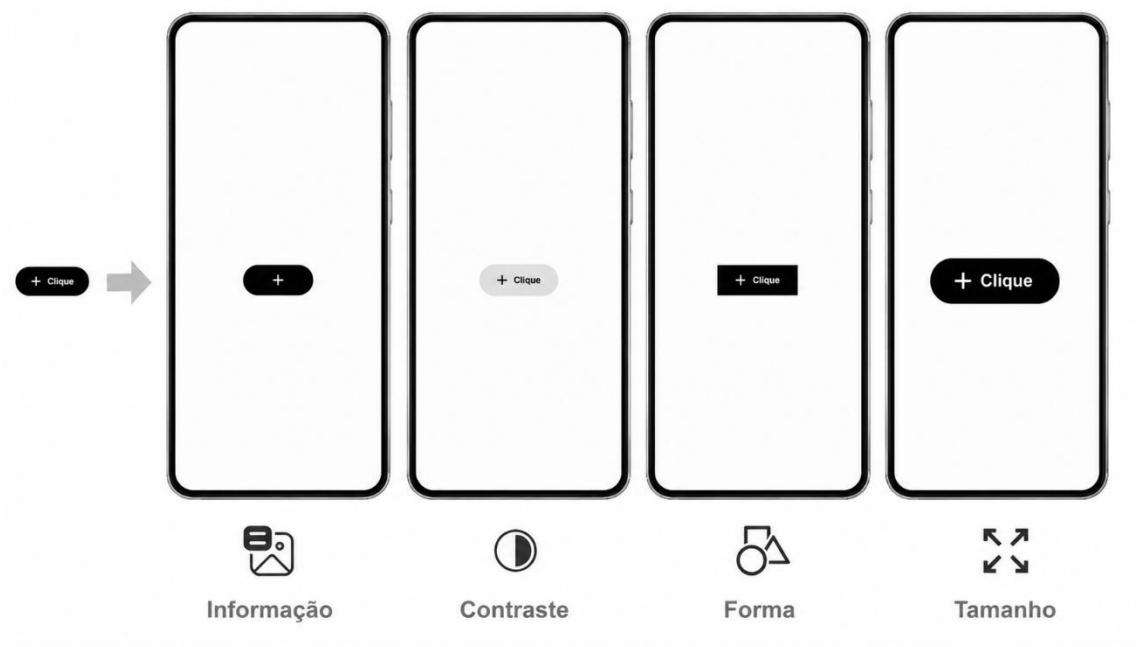
Figura 12: Protótipos em Figma com base nos principais gestos de toque



Fonte: Autora

Para a condição de controle dos componentes, foi utilizado um botão de formato circular, cor preta com texto "Clicar" em branco centralizado, dimensões padrão conforme as diretrizes do Material Design 3 (Google, 2022) como apresentado na Figura 13. Essa configuração foi adotada como referência por reunir as características mais representativas de um botão de ação padrão em interfaces Android, permitindo que cada condição experimental (Info, Contraste, Forma e Tamanho) isolasse a manipulação de uma única variável visual em relação a esse baseline, mantendo todas as demais características constantes.

Figura 13: Protótipos em Figma com variações de características do componente



Fonte: Autora

Para avaliar os protótipos, em todas as coletas foi utilizado um único *smartphone* padronizado da marca Samsung, A35, com tamanho de 81x151mm, com tela de 6,6 polegadas e resolução de 2340x1080 pixels. Sem película de ela ou capa protetora. A utilização de um único *smartphone* foi definida com objetivo de padronizar a tela de interação, mantendo assim para todas as coletas o mesmo tamanho, resolução, brilho e qualidade de imagem.

Também foi solicitado ao participante que utilize as duas mãos para interagir com o dispositivo quando estivesse realizando a tarefa no *smartphone,* com objetivo de diminuir o viés de diferença entre canhotos e destros. Com objetivo de aleatorizar as condições de coleta, foi sorteada a ordem de interação com as condições (3 blocos possíveis = A, B ou C descritos na Tabela 10) antes do participante iniciar as interações.

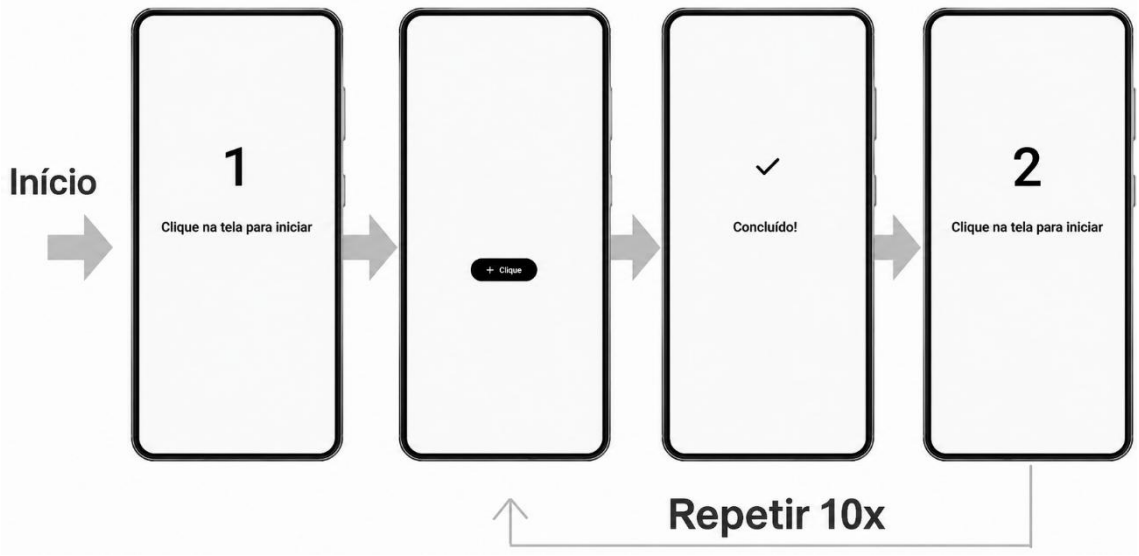
Tabela 2: Ordem de coleta de acordo com sorteio

Ordem	1ª coleta	2ª coleta
A	Gestos de toque (arrastar, clique duplo, segurar e clicar)	Componentes (tamanho, forma, contraste e informação)
B	Gestos de toque (clicar, segurar, clique duplo e arrastar)	Componentes (informação, contraste, forma e tamanho)
C	Componentes (informação, contraste, forma e tamanho)	Gestos de toque (clicar, segurar, clique duplo e arrastar)

Para cada condição de interação com o *smartphone,* antes da coleta foi apresentado todos os protótipos da coleta em ordem diferente daquela que será feita a coleta. Para garantir que os participantes executassem a interação corretamente durante a coleta, adotou-se um protocolo de familiarização anterior

à coleta, no qual o pesquisador demonstrava a ação esperada e o participante realizava ao menos uma execução supervisionada. Durante a coleta, o pesquisador observava continuamente a interação e interrompia a tentativa quando identificava execução incorreta do gesto, reiniciando a condição após orientação ao participante. Tentativas com execução incorreta foram descartadas. Esse procedimento minimizou o risco de contaminação entre condições e assegurou que as variáveis cinemáticas registradas correspondessem efetivamente ao gesto de toque designado para cada condição experimental. As etapas que o participante deveria interagir no *smartphone* são detalhadas na Figura 14.

Figura 14: Etapas de interação no protótipo visualizadas pelo participante



Fonte: Autora

Antes de iniciar a coleta, o participante foi instruído para só iniciar a tarefa após andar ao menos dois passos em posição neutra (celular ao lado do corpo) simulando o andar na rua em velocidade confortável. Após esses dois passos o participante poderia pegar o celular e realizar a ação até ver o “concluído” na tela, ao ver essa mensagem o participante foi instruído a retornar à posição neutra e só realizar a tarefa 2 no retorno do trajeto, do mesmo modo que realizou o trajeto de ida.

3.9. Protótipos de tela: coleta com pessoas idosas

Para o grupo com mais de 60 anos de idade, foi replicado o mesmo protocolo de coleta utilizado com os jovens, porém com uma redução no número de condições de protótipos testadas. Essa adaptação foi necessária devido à dificuldade de recrutamento de participantes que aceitassem o tempo total de coleta, estimado em uma hora, somada à restrição de tempo para a finalização da pesquisa, o que impediu a execução do protocolo integral neste estrato. O protocolo foi restrito à 4 condições experimentais: clicar, arrastar, segurar e variação de tamanho do botão (escala 3x).

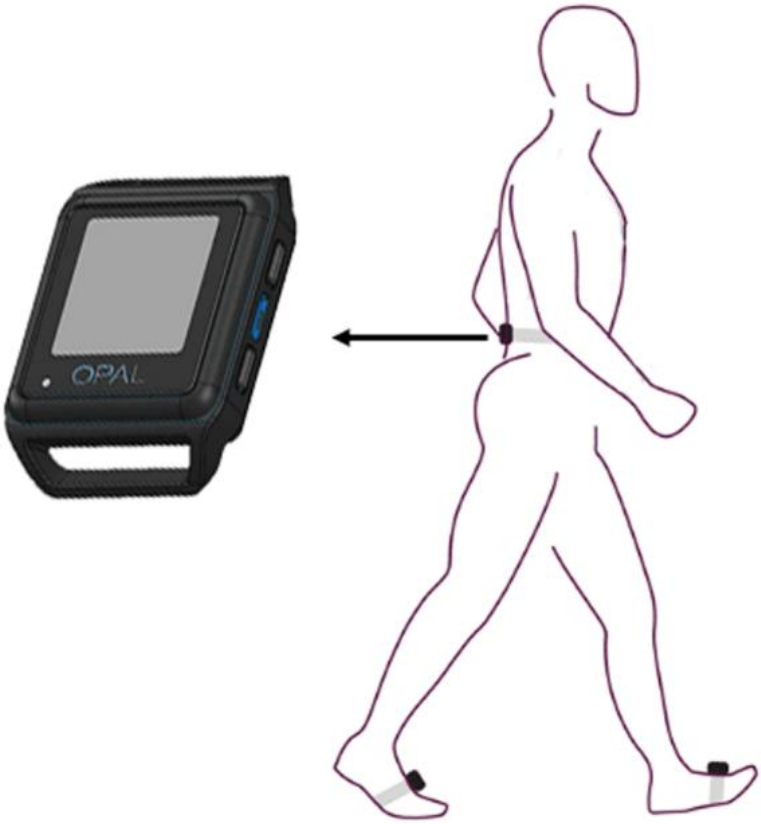
As condições escolhidas representam o espectro de complexidade da interação — do gesto mais simples e momentâneo (Clicar) ao mais prolongado

e contínuo (Segurar e Arrastar) — permitindo avaliar a variação de demanda cognitivo-motora mesmo com protocolo reduzido. A condição Tamanho foi mantida por ser a variação de componente com maior respaldo na literatura para o design de interfaces voltadas as pessoas idosas, dado que botões maiores reduzem a exigência de precisão motora fina, fator especialmente relevante nessa população (MOTTI; VIGOUROUX; GORCE, 2013; LIU et al., 2021).

3.10. Dispositivos de coleta: APDM Opal e Mobility Lab

Para avaliar a influência das interações no andar, foi utilizado um dispositivo e protocolo de avaliação destinado a análise das variáveis do andar. Os dados foram coletados utilizando o sensor inercial APDM Opal (Opal; APDM, Inc., Portland, OR, USA). Os 3 sensores foram posicionados na região da L5 e no meio de cada um dos pés do participante, como é ilustrado na Figura 15.

Figura 15: Posições do APDM



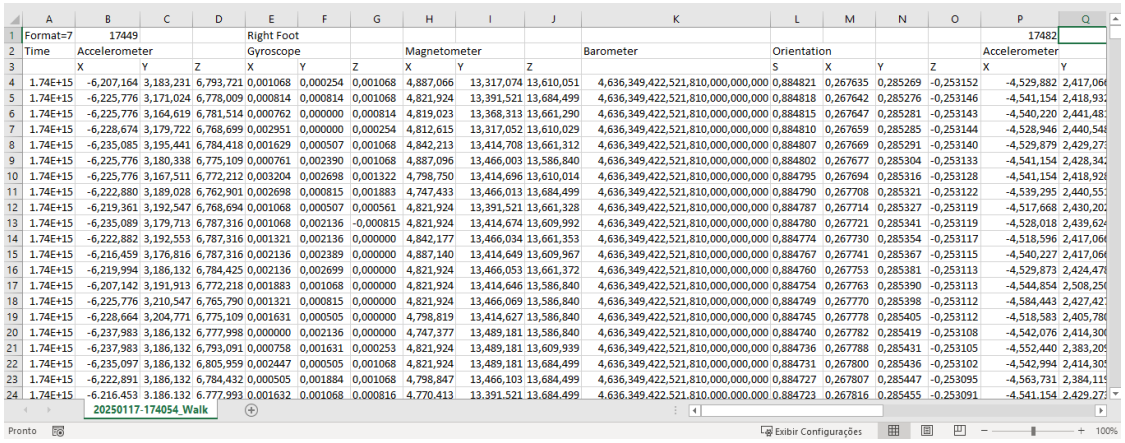
Fonte: Adaptado de CLARIO (2025)

Foi utilizado o protocolo *Walk Open Ended* disponível no software do próprio APDM, o *Mobility Lab*. Esse protocolo de coleta oferece parâmetros cinemáticos do andar, como: duração (s), velocidade média (m/s), comprimento da passada (m), cadência (passos/min.), duplo suporte (%), variabilidade lateral do passo (cm), duração do passo (s)... Esses dados ajudaram a compreender o comportamento do andar e como essas alterações podem prever a probabilidade de quedas futuras, principalmente em pessoas com mais de 60 anos de idade (MARQUES *et al.,* 2018).

A análise da estabilidade dinâmica do tronco durante a marcha em dupla tarefa foi realizada por meio da quantificação da amplitude de movimento (*Range of Motion - RoM*) da região lombar, utilizando os mesmo sensores inerciais APDM Opal. Essa métrica é extraída a partir dos próprios algoritmos do sistema, que processam os dados do acelerômetro e giroscópio posicionados na quinta vértebra lombar (L5) para determinar a oscilação angular do centro de massa em três planos anatômicos distintos: coronal (inclinação lateral), sagital (flexo-extensão) e transversal (rotação). Essa coleta é feita automaticamente no protocolo *Walk Open Ended.*

O *Mobility Lab* é um software que possibilidade a execução dos protocolos pelo pesquisador e a exportação de dados brutos dos sensores inerciais, mas também oferece os dados tratados. Ao finalizar uma coleta, é possível visualizar os dados brutos como exposto na Figura 16 e os dados tratados como na Figura 17.

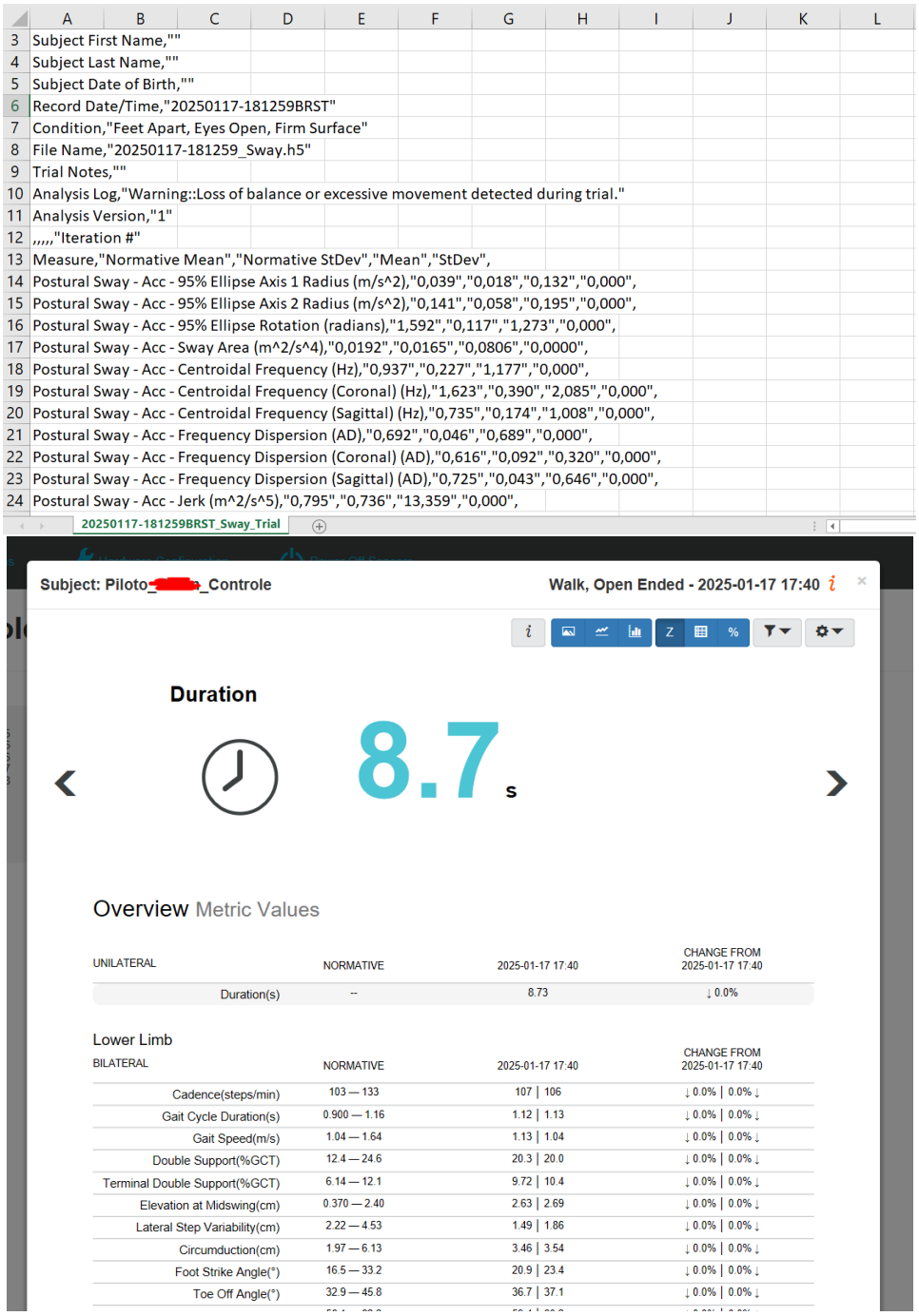
Figura 16: *Mobility Lab*: Dados brutos



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Format=7	17449			Right Foot											17482	
2	Time	Accelerometer			Gyroscope			Magnetometer			Barometer	Orientation				Accelerometer	
3		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z		S	X	Y	Z	X	Y
4	1.74E+15	-6,207,164	3,183,231	6,793,721	0,001068	0,000254	0,001068	4,887,066	13,317,074	13,610,051	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884821	0,267635	0,285269	-0,253152	-4,529,882	2,417,066
5	1.74E+15	-6,225,776	3,171,024	6,778,009	0,000814	0,000814	0,001068	4,821,924	13,391,521	13,684,499	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884818	0,267642	0,285276	-0,253146	-4,541,154	2,418,93
6	1.74E+15	-6,225,776	3,164,619	6,781,514	0,000762	0,000000	0,000814	4,819,023	13,368,313	13,661,290	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884815	0,267647	0,285281	-0,253143	-4,540,220	2,441,48
7	1.74E+15	-6,228,674	3,179,722	6,768,699	0,002951	0,000000	0,000254	4,812,615	13,317,052	13,610,029	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884810	0,267659	0,285285	-0,253144	-4,528,946	2,440,54
8	1.74E+15	-6,235,085	3,195,441	6,784,418	0,001629	0,000507	0,001068	4,842,213	13,414,708	13,661,312	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884807	0,267669	0,285291	-0,253140	-4,529,879	2,429,27
9	1.74E+15	-6,225,776	3,180,338	6,775,109	0,000761	0,002390	0,001068	4,887,096	13,466,003	13,586,840	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884802	0,267677	0,285304	-0,253133	-4,541,154	2,428,34
10	1.74E+15	-6,225,776	3,167,511	6,772,212	0,003204	0,002698	0,001322	4,798,750	13,414,696	13,610,014	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884795	0,267694	0,285316	-0,253128	-4,541,154	2,418,92
11	1.74E+15	-6,222,880	3,189,028	6,762,901	0,002698	0,000815	0,001883	4,747,433	13,466,013	13,684,499	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884790	0,267708	0,285321	-0,253122	-4,539,295	2,440,55
12	1.74E+15	-6,219,361	3,192,547	6,768,694	0,001068	0,000507	0,000561	4,821,924	13,391,521	13,661,328	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884787	0,267714	0,285327	-0,253119	-4,517,668	2,430,20
13	1.74E+15	-6,235,089	3,179,713	6,787,316	0,001068	0,002136	-0,000815	4,821,924	13,414,674	13,609,992	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884780	0,267721	0,285341	-0,253119	-4,528,018	2,439,62
14	1.74E+15	-6,222,882	3,192,553	6,787,316	0,001321	0,002136	0,000000	4,842,177	13,466,034	13,661,353	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884774	0,267730	0,285354	-0,253117	-4,518,596	2,417,06
15	1.74E+15	-6,216,459	3,176,816	6,787,316	0,002136	0,002389	0,000000	4,887,140	13,414,649	13,609,967	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884767	0,267741	0,285367	-0,253115	-4,540,227	2,417,06
16	1.74E+15	-6,219,994	3,186,132	6,784,425	0,002136	0,002699	0,000000	4,821,924	13,466,053	13,661,372	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884760	0,267753	0,285381	-0,253113	-4,529,873	2,424,47
17	1.74E+15	-6,207,142	3,191,913	6,772,218	0,001883	0,001068	0,000000	4,821,924	13,414,646	13,586,840	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884754	0,267763	0,285390	-0,253113	-4,544,854	2,508,25
18	1.74E+15	-6,225,776	3,210,547	6,765,790	0,001321	0,000815	0,000000	4,821,924	13,466,069	13,586,840	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884749	0,267770	0,285398	-0,253112	-4,584,443	2,427,42
19	1.74E+15	-6,228,664	3,204,771	6,775,109	0,001631	0,000505	0,000000	4,798,819	13,414,627	13,586,840	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884745	0,267778	0,285405	-0,253112	-4,518,583	2,405,78
20	1.74E+15	-6,237,983	3,186,132	6,777,998	0,000000	0,002136	0,000000	4,747,377	13,489,181	13,586,840	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884740	0,267782	0,285419	-0,253108	-4,542,076	2,414,30
21	1.74E+15	-6,237,983	3,186,132	6,793,091	0,000758	0,001631	0,000253	4,821,924	13,489,181	13,609,939	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884736	0,267788	0,285431	-0,253105	-4,552,440	2,383,20
22	1.74E+15	-6,235,097	3,186,132	6,805,959	0,002447	0,000505	0,001068	4,821,924	13,489,181	13,684,499	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884731	0,267800	0,285436	-0,253102	-4,542,994	2,414,30
23	1.74E+15	-6,222,891	3,186,132	6,784,432	0,000505	0,001884	0,001068	4,798,847	13,466,103	13,684,499	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884727	0,267807	0,285447	-0,253095	-4,563,731	2,384,11
24	1.74E+15	-6,216,453	3,186,132	6,777,993	0,001632	0,001068	0,000816	4,770,413	13,391,521	13,684,499	4,636,349,422,521,810,000,000	0,884723	0,267816	0,285455	-0,253091	-4,541,154	2,429,27

Fonte: Autora

Figura 17: *Mobility Lab*: Dados tratados



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
3	Subject First Name,""											
4	Subject Last Name,""											
5	Subject Date of Birth,""											
6	Record Date/Time,"20250117-181259BRST"											
7	Condition,"Feet Apart, Eyes Open, Firm Surface"											
8	File Name,"20250117-181259_Sway.h5"											
9	Trial Notes,""											
10	Analysis Log,"Warning::Loss of balance or excessive movement detected during trial."											
11	Analysis Version,"1"											
12	,,,,,"Iteration #"											
13	Measure,"Normative Mean","Normative StDev","Mean","StDev",											
14	Postural Sway - Acc - 95% Ellipse Axis 1 Radius (m/s^2),"0,039","0,018","0,132","0,000",											
15	Postural Sway - Acc - 95% Ellipse Axis 2 Radius (m/s^2),"0,141","0,058","0,195","0,000",											
16	Postural Sway - Acc - 95% Ellipse Rotation (radians),"1,592","0,117","1,273","0,000",											
17	Postural Sway - Acc - Sway Area (m^2/s^4),"0,0192","0,0165","0,0806","0,0000",											
18	Postural Sway - Acc - Centroidal Frequency (Hz),"0,937","0,227","1,177","0,000",											
19	Postural Sway - Acc - Centroidal Frequency (Coronal) (Hz),"1,623","0,390","2,085","0,000",											
20	Postural Sway - Acc - Centroidal Frequency (Sagittal) (Hz),"0,735","0,174","1,008","0,000",											
21	Postural Sway - Acc - Frequency Dispersion (AD),"0,692","0,046","0,689","0,000",											
22	Postural Sway - Acc - Frequency Dispersion (Coronal) (AD),"0,616","0,092","0,320","0,000",											
23	Postural Sway - Acc - Frequency Dispersion (Sagittal) (AD),"0,725","0,043","0,646","0,000",											
24	Postural Sway - Acc - Jerk (m^2/s^5),"0,795","0,736","13,359","0,000",											

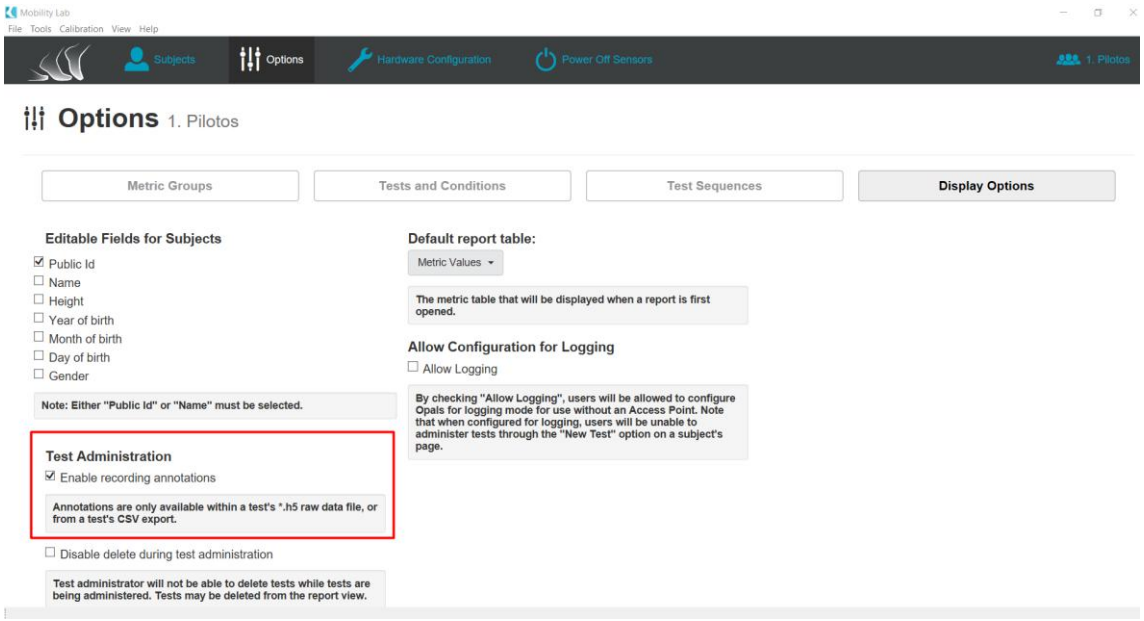
20250117-181259BRST_Sway_Trial

Fonte: Autora

Para saber os momentos exatos da interação com o *smartphone* para recorte dos dados, durante a coleta foi utilizada a funcionalidade do *Mobility Lab* chamada de *annotation (*Figura 18*)*, que consiste em um botão de *start* e *stop* que deve ser acionado pelo pesquisador durante a coleta. Como forma de diminuir a possibilidade de delay ou erro humano, foi padronizado que o pesquisador acionasse o *start* apenas no momento que o participante movimentasse qualquer um dos braços para iniciar a interação com o *smartphone*. Também se padronizou que o *stop* só deveria ser feito quando o participante voltasse os braços na posição inicial. Desse modo, foi possível

mapear do início até o final do movimento de interação. Como resultado, é gerado um *timestamp* no relatório dos dados.

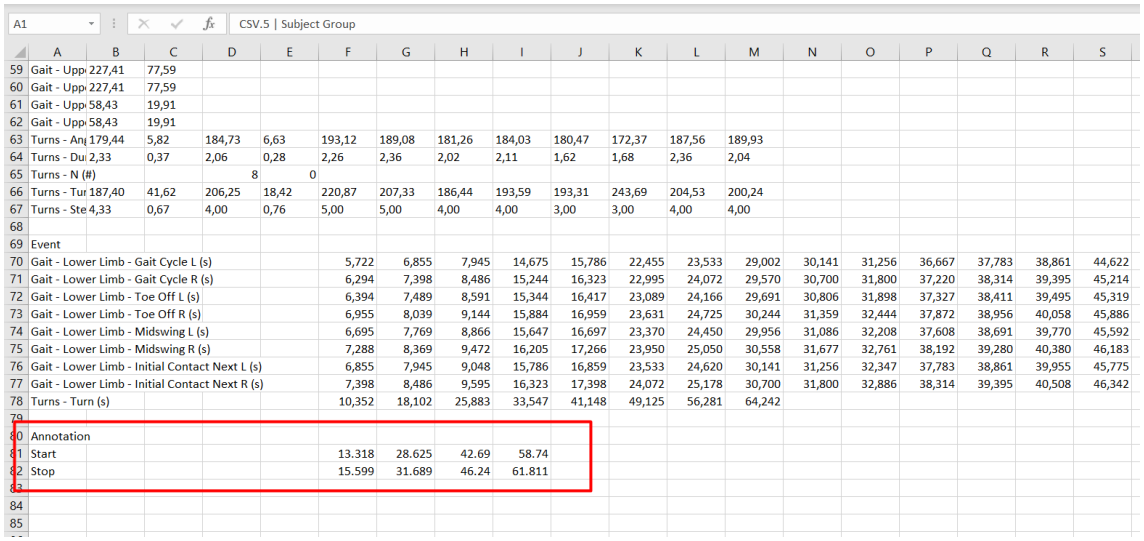
Figura 18: Ativação da funcionalidade annotations no *Mobility Lab*



Fonte: Autora.

O resultado em segundos das marcações feitas durante o teste é apresentado nos documentos exportados do *Mobility Lab*, como é destacado na Figura 19.

Figura 19: Resultado do uso da função *annotation* no *Mobility Lab*



A1 | CSV.5 | Subject Group

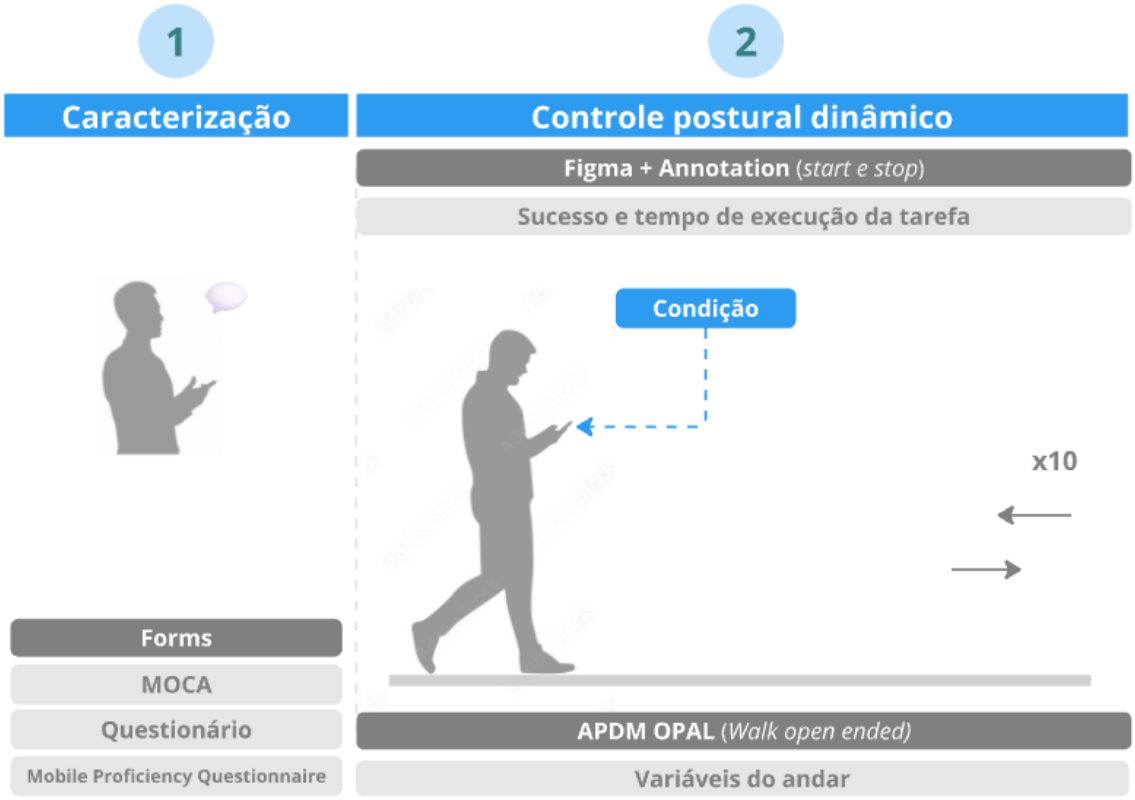
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
59	Gait - Upp	227,41	77,59																
60	Gait - Upp	227,41	77,59																
61	Gait - Upp	58,43	19,91																
62	Gait - Upp	58,43	19,91																
63	Turns - An	179,44	5,82	184,73	6,63	193,12	189,08	181,26	184,03	180,47	172,37	187,56	189,93						
64	Turns - Du	2,33	0,37	2,06	0,28	2,26	2,36	2,02	2,11	1,62	1,68	2,36	2,04						
65	Turns - N (#)			8	0														
66	Turns - Tur	187,40	41,62	206,25	18,42	220,87	207,33	186,44	193,59	193,31	243,69	204,53	200,24						
67	Turns - Ste	4,33	0,67	4,00	0,76	5,00	5,00	4,00	4,00	3,00	3,00	4,00	4,00						
68																			
69	Event																		
70	Gait - Lower Limb - Gait Cycle L (s)					5,722	6,855	7,945	14,675	15,786	22,455	23,533	29,002	30,141	31,256	36,667	37,783	38,861	44,622
71	Gait - Lower Limb - Gait Cycle R (s)					6,294	7,398	8,486	15,244	16,323	22,995	24,072	29,570	30,700	31,800	37,220	38,314	39,395	45,214
72	Gait - Lower Limb - Toe Off L (s)					6,394	7,489	8,591	15,344	16,417	23,089	24,166	29,691	30,806	31,898	37,327	38,411	39,495	45,319
73	Gait - Lower Limb - Toe Off R (s)					6,955	8,039	9,144	15,884	16,959	23,631	24,725	30,244	31,359	32,444	37,872	38,956	40,058	45,886
74	Gait - Lower Limb - Midswing L (s)					6,695	7,769	8,866	15,647	16,697	23,370	24,450	29,956	31,086	32,208	37,608	38,691	39,770	45,592
75	Gait - Lower Limb - Midswing R (s)					7,288	8,369	9,472	16,205	17,266	23,950	25,050	30,558	31,677	32,761	38,192	39,280	40,380	46,183
76	Gait - Lower Limb - Initial Contact Next L (s)					6,855	7,945	9,048	15,786	16,859	23,533	24,620	30,141	31,256	32,347	37,783	38,861	39,955	45,775
77	Gait - Lower Limb - Initial Contact Next R (s)					7,398	8,486	9,595	16,323	17,398	24,072	25,178	30,700	31,800	32,886	38,314	39,395	40,508	46,342
78	Turns - Turn (s)					10,352	18,102	25,883	33,547	41,148	49,125	56,281	64,242						
79																			
80	Annotation																		
81	Start					13.318	28.625	42.69	58.74										
82	Stop					15.599	31.689	46.24	61.811										
83																			
84																			
85																			

Fonte: Autora.

3.11. Procedimento de coleta

O procedimento de coleta totalizou 60 minutos e suas etapas são ilustradas na Figura 20. Todas as etapas foram executadas somente após a assinatura e concordância com o TCLE (Apêndice B) e serão descritas em detalhes abaixo da Figura 20.

Figura 20: Esquema do procedimento de coleta



Fonte: Autora

O procedimento de coleta foi ajustado a partir de um teste piloto, no qual foram identificadas limitações relacionadas ao tempo total de execução e à fadiga do participante. Com base nesses achados, o protocolo foi simplificado, reduzindo o número de condições e etapas experimentais, a fim de garantir maior viabilidade operacional e consistência na coleta dos dados.

Etapa 1: Caracterização

Primeiramente, o participante respondeu ao questionário MOCA que é aplicado pelo pesquisador em ambiente confortável e silencioso. Nos casos em que o resultado atingiu a pontuação necessária, o participante foi selecionado para participar da coleta. Nessa etapa também foi aplicado o questionário sobre características dos participantes, experiência de uso de dispositivos móveis e o questionário MDPQ. Na mesma sala, para coleta de peso e altura, foram utilizadas uma balança com medidor de altura. Após essa etapa, o participante foi direcionado para o local da coleta do andar, em outro ambiente, que é apresentado na foto da Figura 21.

Figura 21: Ambiente de coleta

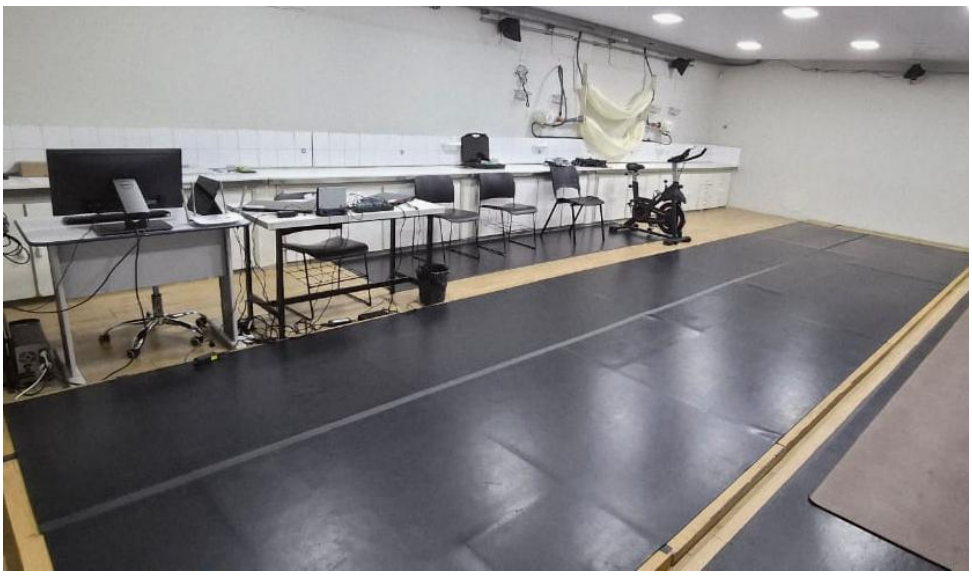


Fonte: Autora

Etapa 2: Coleta do andar

Primeiramente os sensores inerciais foram posicionados no participante e ele foi direcionado para região de coleta, a visão do participante é ilustrada pela foto da Figura 22.

Figura 22: Ambiente de coleta na visão do participante



Fonte: Autora

Para o posicionamento dos sensores, existe um padrão de posicionamento que deve ser seguido, nele os botões dos sensores devem ficar direcionados para baixo como ilustra a Figura 23. O pé esquerdo e direito tem sensores específicos que são indicados como *“left”* e *“right”* no visor de cada sensor. Após o posicionamento, o participante deveria ficar de pé no ponto de início do andar, foi utilizado um gabarito de acrílico no chão para padronizar o distanciamento entre um pé e outro.

Figura 23: Posicionamento padrão do APDM Opal no participante



Fonte: Autora

Após a retirada do gabarito de acrílico e com os sensores já posicionados, o participante foi solicitado que ao ouvir um som de *beep* andasse 9 metros em velocidade confortável e voltasse até que ouvisse novamente o som de *beep* para parar de andar. Com o participante parado, o pesquisador se direcionava para *Mobility Lab* aberto na pasta do participante, com o protocolo *Walk Open Ended* aberto e clicava para iniciar a coleta, na contagem de 3s o som de *beep* é disparado.

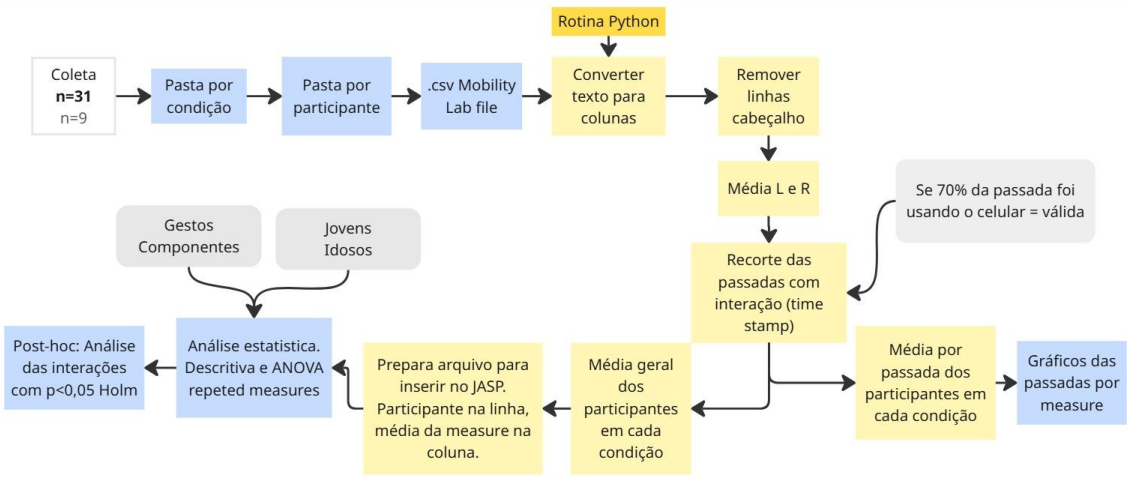
Na coleta controle ele deve executar sem interagir com *smartphone* e nas coletas das condições ele deve interagir com o *smartphone* assim que desse pelo menos 2 passos depois de começar a andar. Essa restrição foi imposta porque nos 2 primeiros passos do ciclo da passada os dados do APDM não são computados. Nas coletas com *smartphone*, ele teve que se familiarizar com as tarefas no *smartphone* para depois iniciar a coleta. Durante a coleta das condições o pesquisador marcava o start e stop da interação no *Mobility Lab.*

Ao final do procedimento, os sensores foram retirados do participante e os agradecimentos foram realizados. O pesquisador armazenou os dados de cada participante de forma anônima.

3.12. Tratamento e análise dos dados

Após as coletas terem sido finalizadas o tratamento dos dados descritivos foram analisados no Excel e os dados cinemáticos por automação em Python, executado no Google Colab (GOOGLE, 2026) e JASP versão 0.95.4. (JASP, 2026). A arquitetura do código foi projetada para garantir a reprodutibilidade e a integridade dos dados, desde a extração dos arquivos do sistema *Mobility Lab* do APDM Opal até a consolidação final para análise estatística no software JASP versão 0.95.4. (JASP, 2026). A Figura 24 resume esse fluxo de tratamento.

Figura 24: Fluxograma de tratamento e análise dos dados



Fonte: Autora

O Google Colab (GOOGLE, 2026) permite a integração direta com o Google Drive (GOOGLE, 2026) para o armazenamento e leitura dos dados. Para a manipulação das tabelas: biblioteca pandas, *pathlib* (para navegação em sistemas de arquivos), re (expressões regulares) e csv. O código foi desenvolvido para executar uma varredura na estrutura de pastas organizada por sujeitos e condições experimentais, acessando e processando arquivos brutos no formato .csv originados do *Mobility Lab*. O código foi estruturado em módulos.

Módulo 1 - Padronização e Limpeza: Prepara os arquivos brutos para o processamento. Conversão de arquivos .csv para .xlsx, com manipulação de múltiplas abas. Utiliza a função smart_split para identificar automaticamente o separador do arquivo (ponto e vírgula ou vírgula) e localiza a linha "Measure" para definir o início real dos dados, descartando linhas de cabeçalho.

Módulo 2 - Simetria e Média Lateral: Unifica os dados dos membros esquerdo (L) e direito (R). O script converte os valores de texto para numéricos (ajustando vírgulas para pontos) e utiliza expressões regulares para encontrar medidas equivalentes em ambos os lados. É calculada a média aritmética entre L e R, resultando na aba LR_media.

Módulo 3 - Recorte e Validação de Passadas: Núcleo lógico do processamento, filtragem de qualidade das passadas. O processo ocorre nas seguintes etapas:

1º. Identificação de Âncoras: localiza as linhas "Start" (início da tarefa), "Stop" (fim da tarefa) e a duração de cada ciclo de marcha individual. Iterations#

2º. Mapeamento de Interação: Identifica os intervalos temporais precisos para cada tentativa do participante.

3º. Critério de Inclusão de 70%: Para cada passada, calcula quanto tempo dela ocorreu dentro do intervalo entre o Start e o Stop. A fórmula aplicada é: (Duração da interação na passada / Duração total da passada) * 100.

4º. Validação: Apenas as passadas que possuem uma sobreposição superior a 70% com o tempo de tarefa são mantidas. As demais são descartadas por serem consideradas instáveis ou fora do período de interesse. O resultado limpo é salvo na aba Recorte.

O limiar de 70% de sobreposição foi definido com base em dois critérios complementares. Do ponto de vista biomecânico, uma passada com menos de 70% do seu tempo dentro do intervalo de interação teria sua cinemática predominantemente determinada pelo comportamento locomotor fora da condição experimental, comprometendo a atribuição do efeito observado à dupla tarefa.

Do ponto de vista operacional, a marcação dos eventos de início e fim da interação foi realizada manualmente pelo pesquisador por meio do recurso de *timestamp* do *Mobility Lab*, método que introduz uma latência de reação inerente ao operador humano e que pode resultar em pequenas imprecisões na delimitação exata dos intervalos. A margem de 30% foi estabelecida para absorver essas imprecisões nas bordas temporais da interação, garantindo que passadas de transição — nas quais o participante iniciava ou encerrava o contato com o dispositivo — não fossem indevidamente incluídas na análise.

Módulo 4 - Estatística Individual: Resume a performance de cada sujeito. O script processa as colunas validadas na etapa anterior para gerar a média e o desvio padrão de todas as métricas oferecidas pelo *Mobility Lab*. Para métricas globais que não possuem múltiplos ciclos (como a duração total), o código extrai o valor diretamente da coluna de origem. Os dados são consolidados em uma aba única.

Módulo 5 - Consolidação por Condição: Este módulo agrupa os dados de todos os participantes para criar a "Média Geral" de cada condição experimental. Ele percorre as pastas do projeto, lê os arquivos individuais e calcula o a média das médias e o desvio padrão do grupo, gerando o arquivo .xlsx.

Módulo 6 - Exportação Final: Prepara a base de dados para análise estatística no JASP versão 0.95.4. (JASP, 2026). Ele converte os nomes extensos das medidas em siglas técnicas e organiza os 31 participantes em linhas, com as combinações de "Métrica_Condição" em colunas. O produto final é o arquivo .xlsx.

Esse arquivo foi convertido em .csv para ser lido pelo software JASP versão 0.95.4. (JASP, 2026), em que foi aplicada a ANOVA de Medidas Repetidas em cada categoria de condição (gestos de toque e componentes) para cada medida cinemática separadamente para verificar o efeito das condições. Utilizou-se a correção de Greenhouse-Geisser para violações de esfericidade e o teste post-hoc com ajuste de Holm para comparações múltiplas, adotando-se um nível de significância de 0.05.

O teste ANOVA avalia uma hipótese global de igualdade entre médias e não exige correção para múltiplas comparações. Contudo, as análises *post hoc* entre pares de condições envolvem múltiplos testes estatísticos, aumentando o risco

de erro tipo I familiar. Por esse motivo, foi adotado o ajuste de Holm, um procedimento sequencial que controla o erro tipo I familiar e é reconhecido por ser mais liberal do que a correção tradicional de Bonferroni (HOLM, 1979). Essa abordagem é indicada em contextos com múltiplas comparações, pois preserva melhor o poder estatístico sem comprometer o controle do erro global (GIACALONE *et al.,* 2018).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação e a discussão dos resultados serão realizadas de forma segmentada por grupo etário, a fim de respeitar as particularidades cinemáticas e as disparidades no tamanho amostral entre jovens (n=31) e pessoas idosas (n=9). Para cada grupo, inicialmente, serão apresentados os resultados descritivos, com um panorama geral do comportamento da amostra; em seguida às análises estatísticas inferenciais. Essa estrutura permite que a discussão ocorra de forma integrada aos dados, facilitando a interpretação.

4.1. Coleta com adultos jovens

O grupo de adultos jovens (n=31) constituiu a maior base amostral deste estudo, o protocolo experimental foi aplicado de forma integral (todas as condições previstas), permitindo uma análise estatística robusta e completa sobre o impacto de cada gesto de toque e variação de componente.

4.1.1. Descrição da amostra

As características demográficas, antropométricas e socioculturais dos participantes adultos jovens estão detalhadas na Tabela 11. A amostra foi composta por 31 indivíduos, com predominância do gênero feminino (71%) e idade média de 25 ± 5 anos. No que se refere ao perfil antropométrico, o grupo apresentou altura média de 1,67 ± 0,08 m e peso médio de 75,75 ± 17,89 kg. Quanto aos aspectos de escolaridade e lateralidade, a maioria dos participantes possui ensino superior completo (61,3%) e é destra (80,6%).

Tabela 3: Descrição da amostra

Variável	Jovens (n=31)
Gênero n (%)	Feminino 22 (71%); masculino 9 (29%)
Idade (anos)	25 ± 5
Altura (m)	1.67 ± 0.08
Peso (kg)	75.75 ± 17.89
Escolaridade	Médio Completo 12 (39%); Superior Completo 19 (61%)
Mão dominante	Direita 25 (81%); Esquerda 6 (19%)

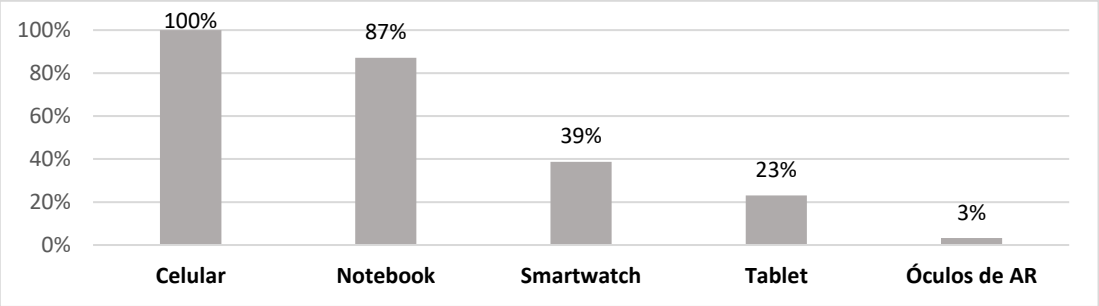
A configuração desta amostra apresenta-se como homogênea em termos de idade e nível educacional, o que é fundamental para minimizar variáveis intervenientes na compreensão das tarefas cognitivas propostas. O alto grau de instrução sugere que os resultados obtidos refletem o comportamento de usuários com provável familiaridade prévia com interfaces digitais.

Além do perfil educacional, o aspecto biomecânico da amostra também requer atenção. Do ponto de vista biomecânico, a variabilidade observada no peso corporal reforça a importância de uma análise da marcha centrada no próprio sujeito (medidas repetidas), garantindo que as alterações cinemáticas registradas sejam atribuídas às manipulações da interface e não a disparidades físicas entre os grupos.

4.1.2. Experiência e proficiência com *smartphone*

Quanto aos dispositivos móveis mais utilizados pelos participantes, a Figura 25 apresenta o *smartphone* como o principal, seguido pelo notebook (87%), outros dispositivos, como o *smartwatch* (39%) e o tablet (19%), apresentam menor penetração, e tecnologias como óculos de realidade aumentada (3%) ainda são residuais. Esse dado corrobora com dados de mercado encontrados na revisão bibliográfica (STATISTA, 2024; STATISTA *apud* ELECTRO IQ, 2024).

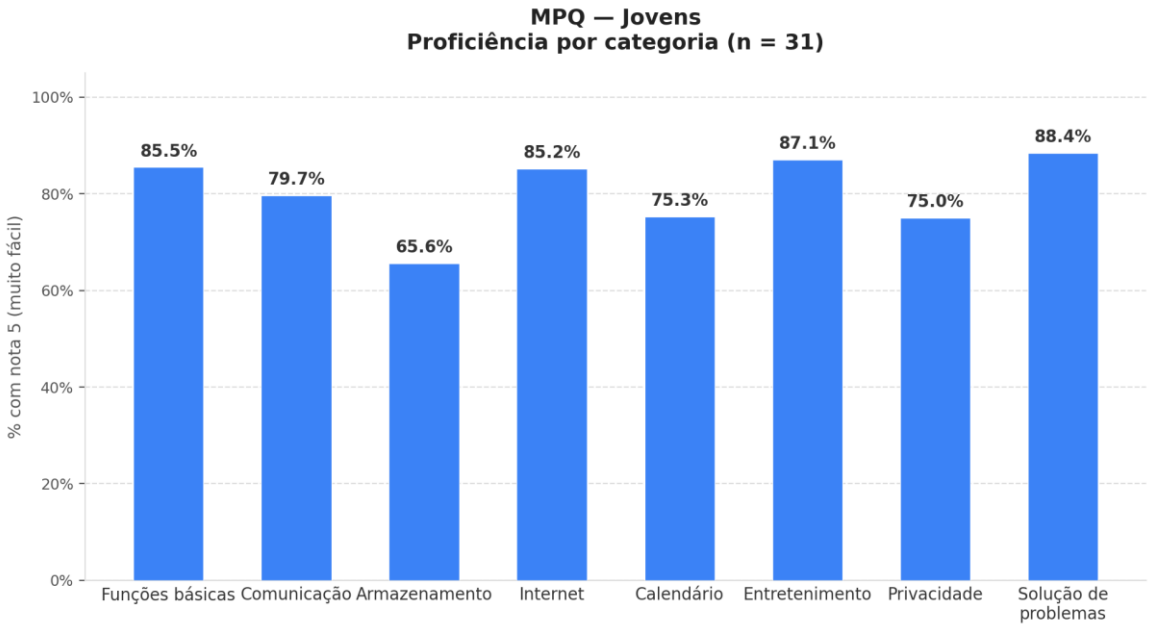
Figura 25: Dispositivos móveis mais utilizados pelos adultos jovens



Fonte: Autora

No que diz respeito à proficiência no uso do *smartphone,* os resultados do questionário MDPQ indicam que os jovens possuem alta competência, especialmente em funções de comunicação e busca. A Figura 26 demonstra que o grupo domina tarefas básicas, como efetuar ligações e enviar e-mails, com as respostas concentradas no nível máximo de proficiência (5). Com uma maior dispersão de dados em habilidades técnicas mais específicas, como "Privacidade" e "Gerenciamento de Arquivos".

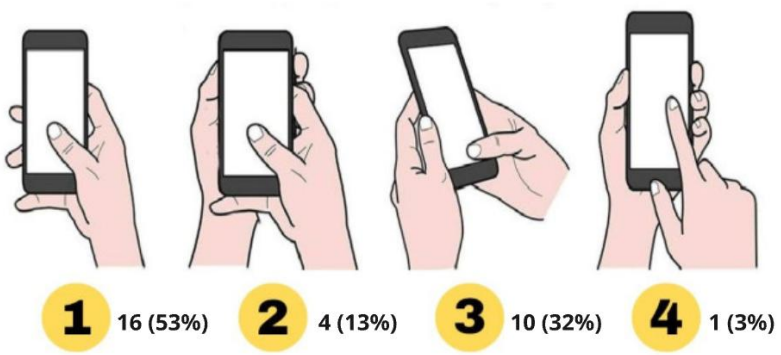
Figura 26: Resultados do MDPQ no uso de *Smartphone* para adultos jovens



Fonte: Autora

Sobre a forma de segurar o *smartphone* durante o uso, a estratégia mais comum adotada pelos participantes é a interação com apenas uma das mãos. A análise da Figura 27 revela que 51,6% da amostra prefere segurar e interagir com o aparelho utilizando uma única mão (estilo 1), enquanto 32,3% utilizam a pegada de suporte com uma mão e interação com o polegar da mesma (estilo 3). Apenas 12,9% utilizam as duas mãos para segurar e interagir simultaneamente. Essas diferentes ergonomias de pegada são cruciais, pois alteram o centro de gravidade do braço e podem gerar compensações posturais distintas durante a marcha.

Figura 27: Formas mais comuns de utilizar o *Smartphone* pelos jovens



Fonte: Autora

Em relação à experiência e aos hábitos, a maioria dos jovens utiliza *smartphone*s há mais de uma década e admite interagir com o aparelho enquanto caminha. A Tabela 12 mostra que 96,8% dos participantes possuem mais de 10 anos de experiência com a tecnologia, com uso diário intensivo. 54,8% dos jovens confirmam o uso do dispositivo durante caminhada, e 25,8% já sofreram algum tipo de acidente ou queda devido a essa distração. Além disso, 64,5% afirmam não interromper o passo para realizar a interação digital, evidenciando confiança motora.

Tabela 4: Experiência com *smartphone*

Variável	Jovens (n=31)
Tempo de experiência n (%)	Menos de 10 anos 1 (3%) Mais de 10 anos 30 (97%)
Tempo diário de uso n (%)	2 e 4 horas 11 (35%) 4 e 6 horas 9 (30%) 6 e 8 horas 10 (32%) Mais de 8 horas 1 (3%)
Costuma utilizar *smartphone* enquanto caminha? n (%)	Sim 17 (55%) Não 14 (45%)
Já teve acidentes ou quedas? n (%)	Sim 8 (26%) Não 23 (74%)
Para de andar para interagir? n (%)	Sim 11 (35%) Não 20 (65%)

Entre os participantes que afirmaram utilizar o *smartphone* enquanto caminham, os principais motivos relatados estiveram relacionados à otimização do tempo e à praticidade. Foram mencionadas justificativas como “para ganhar tempo”, “otimizar meu tempo para responder mensagens”, “comodidade” e “por conta da praticidade, porque com o *smartphone* é mais rápido para resolver um problema”.

A comunicação imediata também apareceu como fator relevante, com relatos como “quando chega mensagem, ligação”, “preciso responder mensagens e ver notificações” e uso em situações de “urgência (ligação/mensagem) importante”. Além disso, o uso para navegação foi mencionado, como em “para usar o Google Maps” e “para me indicar o caminho”, assim como para entretenimento, incluindo “ouvir músicas” e “ajudar a passar o tempo”. Alguns participantes também indicaram caráter habitual do comportamento, afirmando que “acho natural andar e utilizar o *smartphone*” ou referindo “hábito de sempre querer estar informado”.

Por outro lado, entre os participantes que relataram não utilizar ou evitar o uso do *smartphone* durante a caminhada, os principais motivos estiveram associados à percepção de risco e dificuldade de atenção. Foram mencionados receios como “tenho medo de me distrair e acontecer alguma coisa”, “risco de acidente, atropelamento e de tropeçar” e “medo de tropeçar”.

A insegurança relacionada à violência urbana também apareceu, como em “tenho medo de ser assaltada” e “por questão de segurança (assalto e atenção à rua)”. Alguns participantes relataram dificuldade em realizar as duas tarefas simultaneamente, afirmando que “não consigo me concentrar bem nas duas tarefas”, “perco a concentração” e que o uso “me deixa desatenta”. Outros indicaram ausência de necessidade, como em “não vejo necessidade”, ou relataram evitar deliberadamente o comportamento: “evito, para não me distrair”.

De modo geral, observa-se que, enquanto o uso do *smartphone* durante a caminhada é motivado predominantemente por fatores funcionais e sociais, a não utilização está principalmente relacionada à percepção de risco, insegurança e dificuldade de atenção dividida.

4.1.3. Impacto do gesto de toque da tela no andar

Inicialmente, apresentam-se os resultados das variáveis espaciais e temporais do andar para o grupo de jovens sob as diferentes condições de gestos de toque. Na Tabela 13 são apresentadas as médias e desvios padrão para indicadores como velocidade da marcha, cadência e tempo de duplo suporte, permitindo observar as modificações no padrão durante a interação com o dispositivo móvel. O teste de Shapiro-Wilk foi integrado à tabela para atestar a normalidade da distribuição dos dados.

Tabela 5: Descritivo das variáveis do andar em cada gestos de toque

	Controle	Clicar	Duplo Clique	Arrastar	Segurar

	Controle	Clicar	Duplo Clique	Arrastar	Segurar
Velocidade (m/s)					
Média	1.03	1.04	1.01	1.03	1.01
Erro padrão de média	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03
Desv. Padrão	0.14	0.16	0.16	0.14	0.15
Teste de Shapiro-Wilk	0.92	0.99	0.99	0.96	0.99
P-value do Shapiro-Wilk	.03	.98	.94	.39	.98
Cadência (passos/min)					
Média	102.20	102.86	101.89	102.53	102.22
Erro padrão de média	1.35	1.50	1.48	1.36	1.43
Desv. Padrão	7.54	8.34	8.22	7.58	7.86
Teste de Shapiro-Wilk	0.96	0.93	0.95	0.96	0.91
P-value do Shapiro-Wilk	.23	.03	.21	.38	.01
Comprimento da passada (m)					
Média	1.21	1.21	1.19**	1.20	1.18**
Erro padrão de média	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Desv. Padrão	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10
Teste de Shapiro-Wilk	0.92	0.99	0.99	0.96	0.99
P-value do Shapiro-Wilk	.03	.98	.94	.39	.98
Duração (s)					
Média	94.80	91.64	93.42	92.93	94.48**
Erro padrão de média	2.24	1.97	2.07	1.94	1.73
Desv. Padrão	12.46	10.96	11.55	10.78	9.49
Teste de Shapiro-Wilk	0.97	0.95	0.96	0.96	0.95
P-value do Shapiro-Wilk	.59	.20	.28	.39	.17
Duplo suporte (%)					
Média	20.74	21.77*	22.07*	21.85*	22.12*
Erro padrão de média	0.63	0.65	0.65	0.64	0.68
Desv. Padrão	3.53	3.64	3.61	3.58	3.70
Teste de Shapiro-Wilk	0.98	0.97	0.98	0.98	0.97
P-value do Shapiro-Wilk	.70	.58	.87	.71	.65
Fase de balanço (%GCT)					
Média	39.64	39.09*	38.93*	39.01*	38.91*
Erro padrão de média	0.32	0.33	0.33	0.33	0.34
Desv. Padrão	1.77	1.85	1.82	1.81	1.85
Teste de Shapiro-Wilk	0.97	0.97	0.99	0.98	0.98
P-value do Shapiro-Wilk	.65	.45	.97	.77	.75

*variáveis com p<0.05 em relação a controle. **variáveis com p<0.05 em relação a clicar.

A ANOVA de medidas repetidas revelou que não houve efeito significativo da condição sobre a velocidade da marcha, $F(1.99, 57.64) = 1.73$, $p = .19$, $\eta^2p = .06$, indicando que os diferentes gestos de toque na tela não alteraram significativamente a velocidade dos participantes. Apesar de a comparação entre

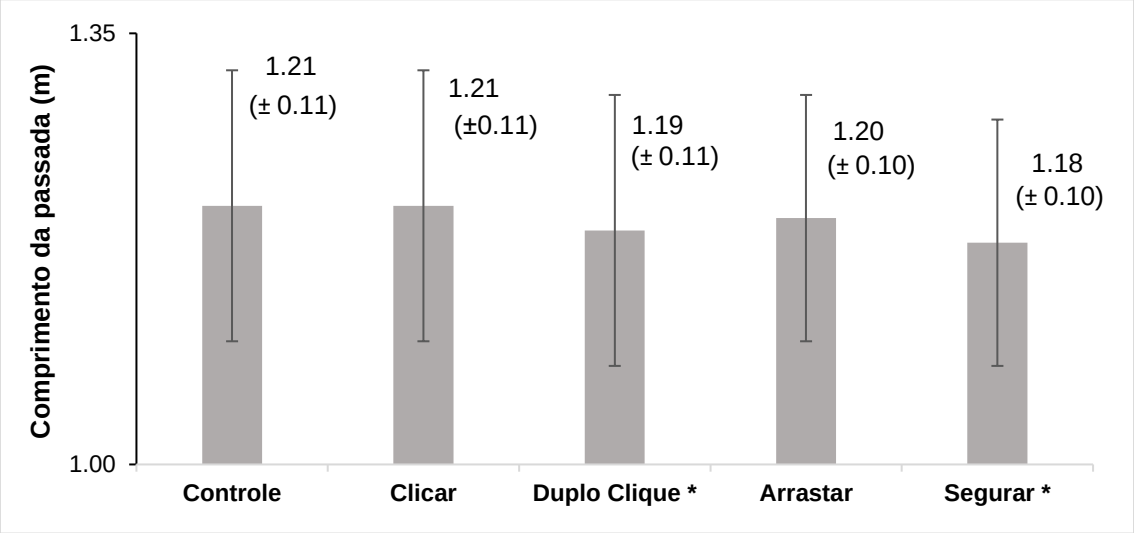
os gestos de ‘clicar' e 'duplo clique' ter apresentado um valor de p = .03 em análises exploratórias, a estabilidade da velocidade sugere que os participantes priorizaram a manutenção do ritmo independentemente da complexidade do gesto manual.

A preservação da velocidade durante a dupla tarefa é um achado consistente com estudos realizados em condições controladas de laboratório. Niederer *et al.* (2018) observaram que participantes em ambiente de laboratório tendem a priorizar a manutenção da velocidade em detrimento da precisão na tarefa cognitiva. Em contextos controlados, a ausência de obstáculos, a distância fixa e a previsibilidade do percurso reduzem a demanda de atenção ambiental, favorecendo a manutenção do ritmo locomotor. Esse padrão difere do observado em estudos em ambiente aberto, nos quais a velocidade tende a reduzir mais consistentemente (STÖCKEL; MAU-MÖLLER, 2019; TAKEUCHI et al., 2016). A ausência de efeito na velocidade no presente estudo, portanto, não indica ausência de impacto da dupla tarefa.

Para o comprimento da passada, observou-se efeito significativo da condição, $F (2.00, 58.10) = 3.30$, $p = .04$, $\eta^2p = .10$. A Figura 28 apresenta um gráfico das médias e desvios padrão dos comprimentos da passada em cada condição. As análises *post hoc* indicaram que a condição clicar apresentou maior comprimento de passo em comparação com duplo clique ($p = .02$) e segurar (S) ($p < .01$), indicando que gestos contínuos podem produzir maior encurtamento da passada do que gestos de precisão sequencial.

Esses resultados indicam que gestos com maior demanda motora ou temporal — incluindo gestos contínuos (segurar e arrastar) e gestos de precisão sequencial (duplo clique) — tenderam a reduzir o comprimento de passada em comparação ao clicar, sugerindo uma estratégia de marcha mais cautelosa diante de interações de maior exigência.

Figura 28: Média do comprimento da passada em cada gesto de toque (m)

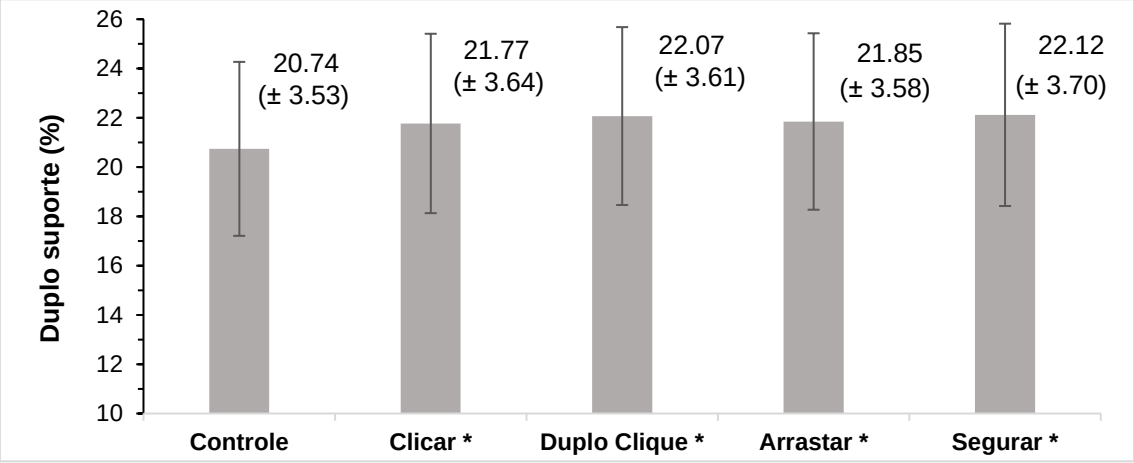


Fonte: Autora

Em relação à duração da tarefa, o efeito da condição não permaneceu significativo após correção de esfericidade, F (1.99, 57.64) = 2.44, p = .10, η²p = .08. Contudo, na análise *post hoc,* observou-se que a condição segurar apresentou maior duração em comparação com clicar (p < .01).

Para o duplo suporte, verificou-se efeito significativo e de grande magnitude, F (2.02, 58.66) = 19.93, p < .001, η²p = .41. Todas as condições com gesto apresentaram maior percentual de duplo suporte em comparação ao Controle (todos p < .01). Adicionalmente, a condição segurar apresentou valores superiores aos de clicar (p = .03) e arrastar (p = .03). A Figura 29 apresenta um gráfico das médias e desvios padrão.

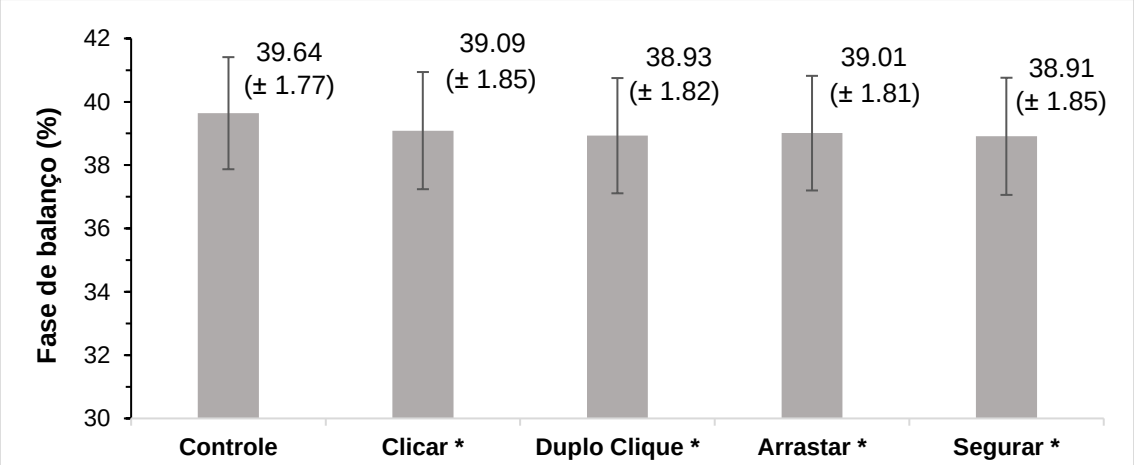
Figura 29: Média do duplo suporte em cada gesto de toque (%)



Fonte: Autora

De forma complementar, observou-se efeito significativo para a fase de balanço, F (2.05, 59.59) = 21.69, p < .001, η²p = .43. A condição controle apresentou maior percentual de fase balanço em comparação a todas as condições com gesto (todas p < .01) como é apresentado na Figura 30. Além disso, segurar apresentou menor fase de balanço em relação a clicar (p = .04) e arrastar (p = .04).

Figura 30: Média da fase de balanço em cada gesto de toque (%)



Fonte: Autora

Sendo assim, os resultados indicam que, embora a velocidade da marcha tenha sido mantida, os gestos realizados durante a caminhada promoveram aumento do duplo suporte e redução da fase de balanço, caracterizando uma estratégia locomotora mais estável e conservadora, especialmente na condição segurar.

Esses achados são coerentes com estudos de Jeong e Liu (2017) que demonstraram que gestos mais complexos, como arrastar e segurar, tendem a apresentar tempos de conclusão maiores, maior taxa de erro e maior esforço físico e cognitivo em comparação a gestos simples como o toque único (clique). Os achados de Asakawa *et al.* (2017) indicam que gestos como deslizar, pinçar e esticar exigem maiores forças resultantes e tempos de conclusão mais longos do que toques simples, implicando em diferentes níveis de esforço físico durante a interação com a interface.

4.1.4. Impacto do gesto de toque da tela na oscilação lombar

Após a análise das variáveis espaciais e temporais do andar, procedeu-se à investigação dos resultados da oscilação lombar nos três planos anatômicos (coronal, sagital e transversal). Conforme apresentado na Tabela 14.

Tabela 6: Descritivo das variáveis de oscilação lombar em cada gesto de toque

	Controle	Clicar	Duplo Clique	Arrastar	Segurar
RoM Coronal (º)					
Média	7.24	7.23	7.14	7.01	7.13
Erro padrão de média	0.36	0.35	0.39	0.39	0.32
Desv. Padrão	2.02	1.96	2.20	2.17	1.76
Teste de Shapiro-Wilk	0.89	0.98	0.96	0.91	0.95
P-value do Shapiro-Wilk	< .01	.67	.25	.01	.13
RoM Sagital (º)					
Média	5.86	5.85	5.54	5.59	5.41
Erro padrão de média	0.42	0.41	0.39	0.38	0.34
Desv. Padrão	2.36	2.26	2.18	2.10	1.89
Teste de Shapiro-Wilk	0.87	0.91	0.86	0.88	0.90
P-value do Shapiro-Wilk	< .01	.01	< .01	< .01	< .01
RoM Transversal (º)					
Média	9.34	8.90	9.00	8.83	8.33*
Erro padrão de média	0.51	0.43	0.51	0.52	0.43
Desv. Padrão	2.83	2.41	2.82	2.90	2.34
Teste de Shapiro-Wilk	0.94	0.97	0.95	0.94	0.95
P-value do Shapiro-Wilk	.10	.40	.13	.10	.22

*variáveis com p<0.05 em relação a controle.

A ANOVA de medidas repetidas revelou que não houve efeito significativo da condição na RoM Coronal $F(4,116) = 1.03$, $p = .40$, $\eta^2p = .03$ e na RoM Sagital, $F(2.40, 69.54) = 1.31$, $p = .28$, $\eta^2p = .04$. Entretanto, no plano transversal foi identificado efeito significativo da condição, $F(2.36, 68.51) = 4.82$, $p < .01$, η^2p

= .14. As comparações *post hoc* indicaram que a condição segurar apresentou menor rotação lombar quando comparada ao controle (p = .01). Esse achado sugere que o gesto de segurar promoveu redução da mobilidade rotacional do tronco, possivelmente refletindo uma estratégia de maior rigidez ou estabilização axial durante a dupla tarefa.

4.1.5. Impacto do componente da tela no andar

Sequencialmente, foram analisadas as variáveis espaciais e temporais do andar em função dos diferentes componentes da tela. A Tabela 15 apresenta as médias e desvios padrão dessas métricas, acompanhadas dos resultados do teste de Shapiro-Wilk.

Tabela 7: Descritivo das variáveis do andar em cada componente

	Controle	Clique	Info	Contraste	Forma	Tamanho
Velocidade (m/s)						
Média	1.03	1.04	1.05	1.04	1.05	1.05
Erro padrão de média	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Desv. Padrão	0.14	0.16	0.15	0.14	0.15	0.15
Teste de Shapiro-Wilk	0.98	0.92	0.95	0.93	0.96	0.93
P-value do Shapiro-Wilk	.83	.03	.15	.03	.26	.04
Cadência (passos/min)						
Média	102.20	102.86	103.03	102.71	103.18	103.19
Erro padrão de média	1.35	1.50	1.37	1.38	1.39	1.45
Desv. Padrão	7.54	8.34	7.65	7.68	7.73	8.06
Teste de Shapiro-Wilk	0.96	0.93	0.95	0.92	0.95	0.92
P-value do Shapiro-Wilk	.23	.03	.18	.03	.20	.03
Duração (s)						
Média	94.80	91.64	90.55	92.14	91.81	91.76
Erro padrão de média	2.24	1.97	2.12	1.97	2.11	2.01
Desv. Padrão	12.46	10.96	11.78	10.95	11.77	11.20
Teste de Shapiro-Wilk	0.97	0.95	0.96	0.96	0.97	0.96
P-value do Shapiro-Wilk	.59	.20	.27	.35	.41	.30
Largura da passada (m)						
Média	1.21	1.21	1.22	1.22	1.22	1.22
Erro padrão de média	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Desv. Padrão	0.11	0.11	0.11	0.10	0.11	0.11
Teste de Shapiro-Wilk	0.92	0.99	0.98	0.98	0.99	0.99
P-value do Shapiro-Wilk	.03	.98	.74	.68	.99	.98
Duplo suporte (%)						
Média	20.74	21.77*	21.55*	21.78*	21.72*	21.63*
Erro padrão de média	0.63	0.65	0.67	0.63	0.65	0.65
Desv. Padrão	3.53	3.64	3.72	3.52	3.65	3.60
Teste de Shapiro-Wilk	0.98	0.97	0.98	0.99	0.98	0.98
P-value do Shapiro-Wilk	.70	.58	.89	.93	.92	.69
Fase de balanço (%GCT)						

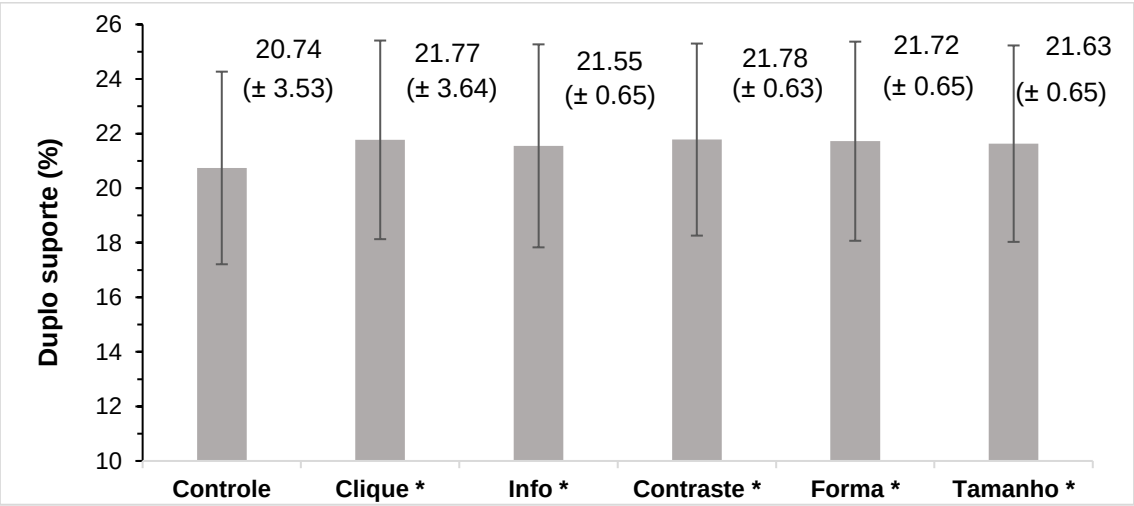
	Controle	Clique	Info	Contraste	Forma	Tamanho
Média	39.64	39.09*	39.19*	39.04*	39.12*	39.15*
Erro padrão de média	0.32	0.33	0.34	0.32	0.33	0.33
Desv. Padrão	1.77	1.85	1.88	1.78	1.83	1.83
Teste de Shapiro-Wilk	0.97	0.97	0.99	0.99	0.98	0.98
P-value do Shapiro-Wilk	.65	.45	.96	.99	.92	.73

*variáveis com p<0.05 em relação a controle.

Para as condições relacionadas aos componentes visuais da interface (controle, clique, informação, contraste, forma e tamanho), não foi observado efeito significativo da condição sobre a velocidade da marcha, F (1.88, 56.27) = 0.78, p = .46, η^2p = .03. Também não foram identificadas diferenças significativas para o comprimento de passo, F (1.84, 55.24) = 0.89, p = .41, η^2p = .03. Para a duração do andar, observou-se efeito significativo da condição, F (2.07, 62.14) = 3.25, p = .04, η^2p = .10. Contudo, as comparações *post hoc* não identificaram diferenças significativas entre pares específicos, sugerindo um efeito global discreto, sem contrastes robustos entre condições individuais.

Para o duplo suporte, houve efeito significativo, F (2.63, 78.96) = 8.67, p < .001, η^2p = .22. Todas as condições com componentes visuais apresentaram maior duplo suporte em comparação ao controle (clique: p < .01; I: p = .05; contraste: p < .01; forma: p = .02; tamanho: p = .01). A Figura 31 apresenta um gráfico das médias e desvios padrão. A condição com baixo contraste apresentou o maior valor absoluto de t e o maior tamanho de efeito (d = .29) em comparação as outras condições, indicando que foi a que mais se diferenciou do controle em termos de duplo suporte. O *p-valor* também foi dos menores <.01.

Figura 31: Média do duplo suporte em cada componente (%)



Fonte: Autora

Ao comparar os botões info (só ícone) e tamanho (3x maior) com a condição clique (texto e tamanho menor), observa-se que as duas condições apresentaram menor magnitude de diferença. A condição clique diferiu do controle (diferença média = -1.03), t(30) = -3.81, p < .01, d = -0.28, já a condição info apresentou diferença média de -0.81, t(30) = -3.05, p = .05, d = -0,23, enquanto a condição tamanho apresentou diferença média de -0.89, t(30) = -

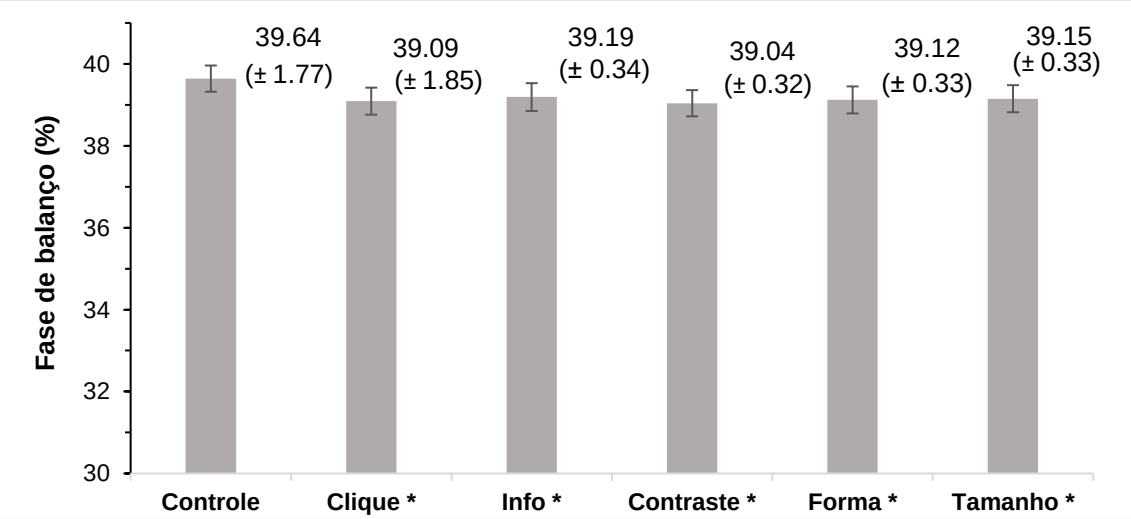
3,71, p = .01, d = -0.25. Esse cenário sugere que botões apenas com ícones e tamanho maior desempenharam melhor em não interferir no padrão de andar dos participantes.

Embora a comparação direta entre info (botão apenas com ícone) e clique (botão apenas com texto) não tenha atingido significância estatística (p = 1.00), a condição info produziu numericamente menor interferência (d = .23 vs. d = .28), sugerindo uma tendência de menor impacto. Isso sugere que botões apenas com ícones e sem texto são melhores que botões com texto.

Botões maiores parecerem mais adequados para uso durante a locomoção é coerente com a Lei de Fitts (MACKENZIE, 1992), segundo a qual o aumento da área do alvo reduz a dificuldade do movimento, diminuindo a exigência de precisão motora fina durante a interação. Em contextos de dupla tarefa, essa redução da demanda motora libera recursos atencionais que podem ser redistribuídos para o controle postural dinâmico, favorecendo a manutenção do padrão de marcha. Evidências recentes reforçam que variações no tamanho do alvo impactam diretamente o desempenho do usuário especialmente em dupla tarefa (XIAO et al., 2024).

De maneira semelhante, houve efeito significativo para a fase de balanço, F (2.60, 77.88) = 10.33, p < .001, η²p = .26. O controle apresentou maior percentual da fase de balanço em comparação às demais condições (clique: p < .01; info: p = .03; contraste: p < .01; forma: p = .01; tamanho: p < .01) como pode ser observado na Figura 32.

Figura 32: Média da fase de balanço em cada componente (%)



Fonte: Autora

A análise das comparações *post hoc* revelou que todas as condições experimentais apresentaram redução significativa da fase de balanço quando comparadas à condição controle. A condição clique diferiu do controle (diferença média = 0,55), t(30) = 4,10, p < .01, d = 0,30. Resultados semelhantes foram observados para info (diferença média = 0,45), t(30) = 3,32, p = .03, d = 0,25; contraste (diferença média = 0,60), t(30) = 4,75, p < .01, d = 0,33; forma

(diferença média = 0,52), t(30) = 3,69, p = .01, d = 0,29; e tamanho (diferença média = 0,49), t(30) = 3,86, p < .01, d = 0,27.

Observa-se que a condição contraste apresentou a maior magnitude de diferença e o maior tamanho de efeito (d = 0,33), indicando maior impacto sobre a fase de balanço. A condição contraste apresentou maior magnitude de efeito, indicando maior interferência na marcha. Estudos demonstram que níveis inadequados de contraste em telas de *smartphone*s dificultam a discriminação visual, aumentam o tempo de busca e elevam a carga perceptiva, especialmente em contextos de uso em movimento, nos quais a atenção visual é compartilhada com o ambiente (HALL; HANNA, 2004; ISO, 2018).

Por outro lado, as condições info e tamanho apresentaram menores tamanhos de efeito (d = 0,25 e d = 0,27, respectivamente) quando comparadas ao clique (d = 0,30), sugerindo menor interferência na dinâmica da marcha.

A revisão sistemática de PUNCHOOJIT & HONGWARITTORRN (2017) destaca que a atenção visual é um fator crítico em contextos de uso real, características dos ícones, como simplicidade e familiaridade, influenciam significativamente o desempenho de busca visual dos usuários, ícones mais simples associados a tempos de busca mais rápidos e menor esforço cognitivo (GOETZ; NEIDER, 2024) desde que sejam claros para os usuários.

O melhor desempenho observado na condição Tamanho, com botões maiores, pode ser explicado pela Lei de Fitts, amplamente utilizada como ferramenta teórica e de projeto em interação humano-computador. Segundo esse modelo, o aumento do tamanho do alvo reduz a dificuldade do movimento, diminuindo a demanda por precisão motora e o custo da interação (MACKENZIE, 1992). Evidências mais recentes reforçam que variações no tamanho do alvo impactam diretamente o desempenho do usuário, especialmente em contextos de maior carga motora e cognitiva, como situações de atenção dividida (XIAO *et al.*, 2024).

A condição forma não se diferenciou significativamente do clique nas comparações *post hoc,* indicando que a mudança de forma arredondada para quadrada, não foi suficiente para produzir uma interferência significativa no andar. Isso indica que a mudança de forma arredondada para quadrada não produziu interferência diferenciada em relação ao clique, embora seu tamanho de efeito individual sobre a fase de balanço (d = .29) seja comparável ao das demais condições.

Os resultados indicam que as condições experimentais alteraram os parâmetros temporais da marcha em relação ao controle, com aumento do duplo suporte e redução da fase de balanço, caracterizando estratégia de maior estabilidade durante a tarefa dupla. Entre as variações avaliadas, info e tamanho foram as que apresentaram menor interferência absoluta sobre o andar. Esses achados sugerem que interfaces mais simples e com maior área de toque demandam menor ajuste postural durante a caminhada associada ao uso do *smartphone*.

4.1.6. Impacto do componente da tela na oscilação lombar

Quanto à estabilidade do tronco, a Tabela 16 detalha o comportamento da oscilação lombar nos três planos durante a interação com os componentes em suas diferentes características. Os valores descritivos permitem observar as variações na amplitude de movimento (RoM), revelando possíveis ajustes posturais ou estratégias de rigidez motora desencadeadas pelas demandas específicas de cada elemento de design.

Tabela 8: Descritivo das variáveis de oscilação lombar em cada componente

	Controle	Clique	Info	Contraste	Forma	Tamanho
RoM Coronal (º)						
Média	7.24	7.23	7.08	7.07	7.30	7.06
Erro padrão de média	0.36	0.35	0.37	0.39	0.36	0.37
Desv. Padrão	2.02	1.96	2.07	2.18	2.03	2.05
Teste de Shapiro-Wilk	0.89	0.98	0.93	0.91	0.89	0.89
P-value do Shapiro-Wilk	< .01	.67	.03	.02	< .01	< .01
RoM Sagital (º)						
Média	5.86	5.85	5.93	5.63	5.70	5.82
Erro padrão de média	0.42	0.41	0.41	0.38	0.34	0.34
Desv. Padrão	2.36	2.26	2.30	2.09	1.88	1.90
Teste de Shapiro-Wilk	0.87	0.91	0.91	0.89	0.93	0.92
P-value do Shapiro-Wilk	< .01	.01	.01	< .01	.05	.03
RoM Transversal (º)						
Média	9.34	8.90	9.01	8.85	8.99	8.88
Erro padrão de média	0.51	0.43	0.49	0.51	0.50	0.50
Desv. Padrão	2.83	2.41	2.73	2.86	2.76	2.81
Teste de Shapiro-Wilk	0.94	0.97	0.94	0.94	0.96	0.96
P-value do Shapiro-Wilk	.10	.40	.11	.10	.33	.36

A ANOVA de medidas repetidas não revelou efeitos significativos da condição para a amplitude de movimento lombar nos planos coronal ($F(5,150) = 0.82$, $p = .54$, $\eta^2p = .03$), sagital ($F(2.81, 84.31) = 0.65$, $p = .58$, $\eta^2p = .02$) ou transversal ($F(2.65, 79.63) = 0.86$, $p = .45$, $\eta^2p = .03$). Esses resultados indicam que as manipulações de componentes visuais da interface não foram suficientes para alterar a mobilidade lombar durante a marcha.

4.2. Coleta exploratória: pessoas idosas

Também foi realizada uma coleta exploratória com pessoas idosas para observar diferenças no comportamento do andar. Devido ao pequeno tamanho amostral, essa etapa teve caráter preliminar e exploratório.

4.2.1. Descrição da amostra

As características demográficas e antropométricas dos participantes com mais de 60 anos estão detalhadas na Tabela 17. A amostra foi composta por 9 servidores da UNESP, provenientes dos setores de administração e zeladoria, com predominância do gênero masculino (67%) e idade média de 64 ± 3 anos.

O grupo apresentou estatura média de 1.69 ± 0,09 m e peso médio de 81,59 ± 15.85 kg, sendo em sua maioria destros (89%) e com alto nível de escolaridade (78% com ensino superior completo).

Tabela 9: Descrição da amostra de pessoas idosas

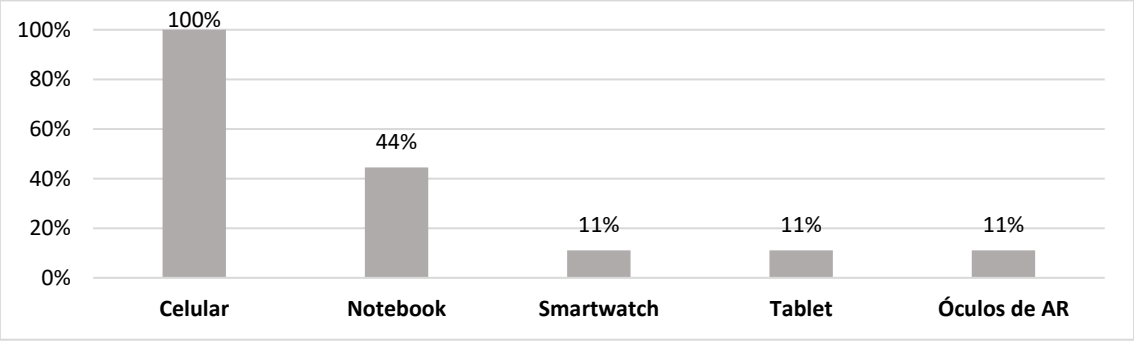
Variável	Pessoas idosas (n=9)
Gênero n (%)	Feminino 3 (33%); masculino 6 (67%)
Idade (anos)	64 ± 3
Altura (m)	1.69 ± 0.09
Peso (kg)	81.59 ± 15.85
Escolaridade	Fundamental Completo 1 (11%) Médio Completo 1 (11%); Superior Completo 7 (78%)
Mão dominante	Direita 8 (89%); Esquerda 1 (11%)

A predominância masculina (67%) e o peso médio elevado (81.59 kg) podem influenciar as variáveis de base, como velocidade e controle inercial do tronco, enquanto o número reduzido da amostra (n=9) limita o poder estatístico, exigindo que os resultados observados sejam analisados como tendências comportamentais e não como padrões universais.

4.2.2. Experiência e proficiência com *smartphone*

Sobre o uso de dispositivos móveis, embora o smartphone seja unânime em ambos os grupos, pessoas com mais velhas apresentam uma convergência tecnológica menor para outros aparelhos como detalhado na Figura 33 Enquanto 87% dos jovens utilizam notebooks, apenas 44% das pessoas idosas fazem uso deste dispositivo. O uso de tecnologias vestíveis como o *smartwatch* cai de 39% nos jovens para apenas 11% no grupo com mais de 60 anos. Essa diferença sugere que, para a população mais velha, o *smartphone* não é apenas o dispositivo principal, mas muitas vezes o único ponto de contato frequente com a computação móvel.

Figura 33: Dispositivos móveis mais utilizados pelas pessoas idosas da pesquisa

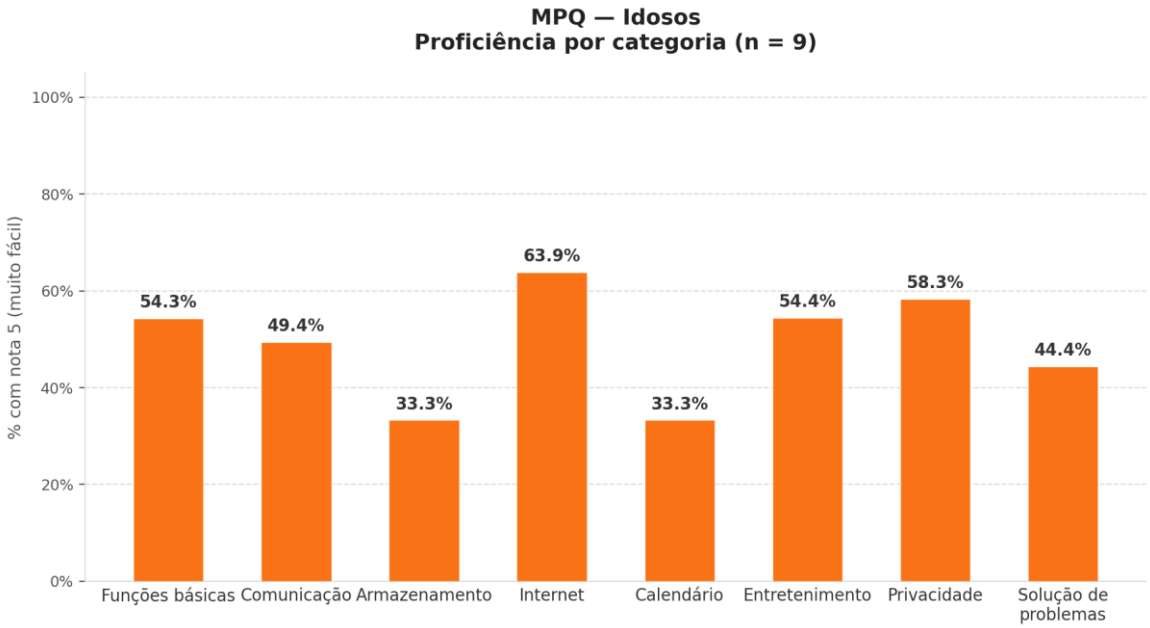


Fonte: Autora

Na análise do MDPQ exposta na Figura 34, enquanto os jovens concentram respostas no nível máximo (verde), as pessoas idosas apresentam uma dispersão maior para os níveis 3 e 4 (laranja e verde escuro), especialmente

em tarefas de gerenciamento de arquivos e privacidade. Funções básicas como "Ligar" ainda apresentam alto domínio, mas a confiança cai em atividades que exigem navegação profunda em menus.

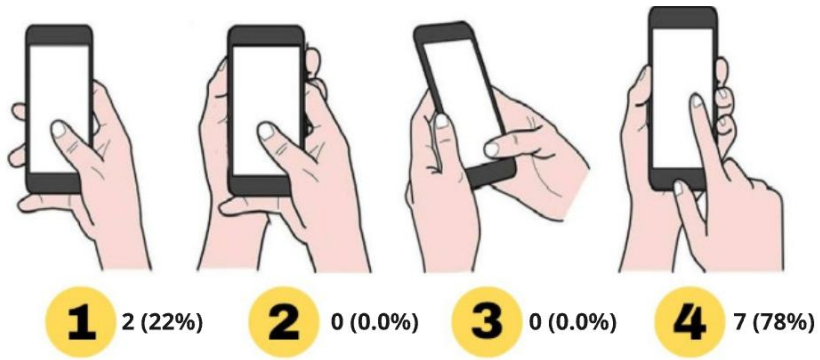
Figura 34: Resultados do MDPQ no uso de *Smartphone* para pessoas idosas



Fonte: Autora

Quanto à forma de segurar o *smartphone,* participantes com mais de 60 anos adotaram uma estratégia de estabilidade que contrasta com a interação ágil dos jovens como é exposto na Figura 35. Enquanto a maioria dos jovens (52%) relatou utilizar apenas uma das mãos para segurar e interagir, a grande maioria das pessoas idosas (78%) utiliza a estratégia de suporte com uma mão e interação com o dedo indicador da mão oposta (estilo 4). Esta pegada pode indicar uma busca por maior precisão visual e tátil.

Figura 35: Formas mais comuns de utilizar o *Smartphone* pelas pessoas idosas



Fonte: Autora

Em relação à experiência e à segurança ao caminhar, a Tabela 18 expõe que os idosos participantes apresentaram um comportamento muito mais cauteloso e menos multitarefa que os jovens. Enquanto mais da metade dos jovens (55%) admitiu usar o celular enquanto caminha, apenas 22% dos idosos

relataram essa prática. A maioria absoluta dos idosos (100%) afirmou nunca ter sofrido quedas por esse motivo, e 56% declararam que interrompem o andar para interagir com o aparelho — um contraste direto com os 65% de jovens que não param de andar. Isso pode refletir uma percepção de risco maior e uma menor confiança na gestão do equilíbrio dinâmico durante o uso da interface.

Tabela 10: Experiência com *smartphone* das pessoas idosas

Variável	Pessoas idosas (n=9)
Tempo de experiência n (%)	Menos de 10 anos 1 (10%) Mais de 10 anos 8 (90%)
Tempo diário de uso n (%)	1 hora 1 (10%) 2 e 4 horas 5 (57%) 4 e 6 horas 3 (33%)
Costuma utilizar *smartphone* enquanto caminha? n (%)	Sim 2 (22%) Não 7 (78%)
Já teve acidentes ou quedas? n (%)	Sim 0 (0%) Não 9 (100%)
Para de andar para interagir? n (%)	Sim 5 (56%) Não 4 (44%)

A análise das respostas abertas com as pessoas idosas revelou que a maioria tende a não utilizar o *smartphone* durante a caminhada (n = 7; 78%), principalmente devido a preocupações relacionadas à segurança e à atenção ao ambiente.

Entre os motivos citados, destacam-se o medo de acidentes, expresso em relatos como “tenho medo de tropeçar e cair”, e a necessidade de manter foco na atividade de andar, evidenciada em declarações como “quando faço caminhada não gosto de interferência do *smartphone*”, “prefiro ter o foco no que estou fazendo no momento” e “melhor parar para ter mais atenção”. Outros participantes reforçaram que não possuem o hábito de utilizar o *smartphone* durante a marcha, mencionando “não tenho costume” e “não tenho essa prática”, ou que priorizam atenção à caminhada, como em “por dar atenção em andar”.

Por outro lado, uma pequena parcela dos participantes com mais de 60 anos (n = 2; 22%) relatou utilizar o *smartphone* durante a caminhada, principalmente por otimização do tempo ou hábito, como indicado em comentários como “meu tempo é escasso e aproveito todos os momentos para ver as mensagens que chegam” e “costume”. Mais da metade da amostral total (n = 5; 56%) indicou que precisa parar para interagir com o *smartphone*, demonstrando que a multitarefa é limitada nesse grupo.

4.2.3. Impacto do gesto de toque da tela no andar

A Tabela 19 apresenta as variáveis do andar sob as diferentes condições de gestos de toque para o grupo de pessoas idosas (n=9). Ressalta-se que na coleta dos idosos são apresentados apenas os resultados dos seguintes gestos

de toque: clicar, arrastar e segurar, devido à redução feita no protocolo descrita no capítulo 3.9.3.

Tabela 11: Descritivo das variáveis do andar em cada gestos de toque

	Controle	Clicar	Arrastar	Segurar
Velocidade (m/s)				
Média	0.98	0.96	0.92	0.95
Erro padrão de média	0.05	0.05	0.05	0.05
Desv. Padrão	0.15	0.15	0.15	0.14
Teste de Shapiro-Wilk	0.89	0.92	0.93	0.94
P-value do Shapiro-Wilk	.18	.39	.44	.58
Cadência (passos/min)				
Média	99.91	99.22	97.70	99.50
Erro padrão de média	3.05	3.54	3.68	3.25
Desv. Padrão	9.16	10.62	11.05	9.75
Teste de Shapiro-Wilk	0.95	0.96	0.99	0.96
P-value do Shapiro-Wilk	.72	.80	.99	.78
Comprimento da passada (m)				
Média	1.17	1.16*	1.13*	1.14*
Erro padrão de média	0.04	0.04	0.03	0.04
Desv. Padrão	0.11	0.11	0.10	0.11
Teste de Shapiro-Wilk	0.92	0.88	0.89	0.83
P-value do Shapiro-Wilk	.40	.17	.20	.04
Duração (s)				
Média	96.96	96.94	106.08	107.92
Erro padrão de média	5.64	5.56	5.39	8.86
Desv. Padrão	16.92	16.67	16.17	26.59
Teste de Shapiro-Wilk	0.89	0.90	0.92	0.85
P-value do Shapiro-Wilk	.21	.24	.42	.08
Duplo suporte (%)				
Média	21.15	21.85	22.32	21.81
Erro padrão de média	0.83	0.97	0.90	0.91
Desv. Padrão	2.49	2.91	2.70	2.73
Teste de Shapiro-Wilk	0.94	0.94	0.92	0.93
P-value do Shapiro-Wilk	.57	.62	.43	.53
Fase de balanço (%GCT)				
Média	39.42	39.03	38.81	39.08
Erro padrão de média	0.42	0.48	0.45	0.47
Desv. Padrão	1.25	1.45	1.35	1.40
Teste de Shapiro-Wilk	0.94	0.94	0.93	0.93
P-value do Shapiro-Wilk	.56	.55	.53	.51

*variáveis com $p<0.05$ em relação a controle.

A ANOVA de medidas repetidas indicou um efeito significativo da condição para o comprimento da passada $F (2.44, 19.55) = 3.47$, $p = .04$, $\eta^2p = .30$. Isso indica que a execução de gestos de toque pode fazer com que pessoas idosas

encurtem o passo para manter a estabilidade. Não foram encontrados efeitos significativos para a velocidade F (2.25, 17.98) = 2.06, p = .15, η^2p = .20, cadência F (1.85, 14.78) = 1.12, p = .35, η^2p = .12, duração F (1.54, 12.29) = 1.37, p = .28, η^2p = .15 ou tempo de duplo suporte F (1.76, 14.09) = 2.47, p = .12, η^2p = .24 nesta amostra. A fase de balanço também não apresentou efeito significativo após correção de esfericidade, F (1.83, 14.60) = 2.77, p = .10, η^2p = .26.

O grupo de jovens também não havia apresentado efeito significativo da condição sobre a velocidade, F (1.99, 57.64) = 1.73, p = .19, η^2p = .06, mas o tamanho de efeito nas pessoas com mais de 60 anos foi numericamente superior (η^2p = .20 vs. η^2p = .06), sugerindo maior sensibilidade locomotora à dupla tarefa nessa população.

4.2.4. Impacto do gesto de toque da tela na oscilação lombar

Além das variáveis espaciotemporais, analisou-se também a oscilação lombar durante o andar. A Tabela 20 detalha o comportamento das pessoas idosas para os gestos de clicar, arrastar e segurar, apresentando os dados descritivos e de normalidade.

Tabela 12: Descritivo das variáveis de oscilação lombar em cada gestos de toque

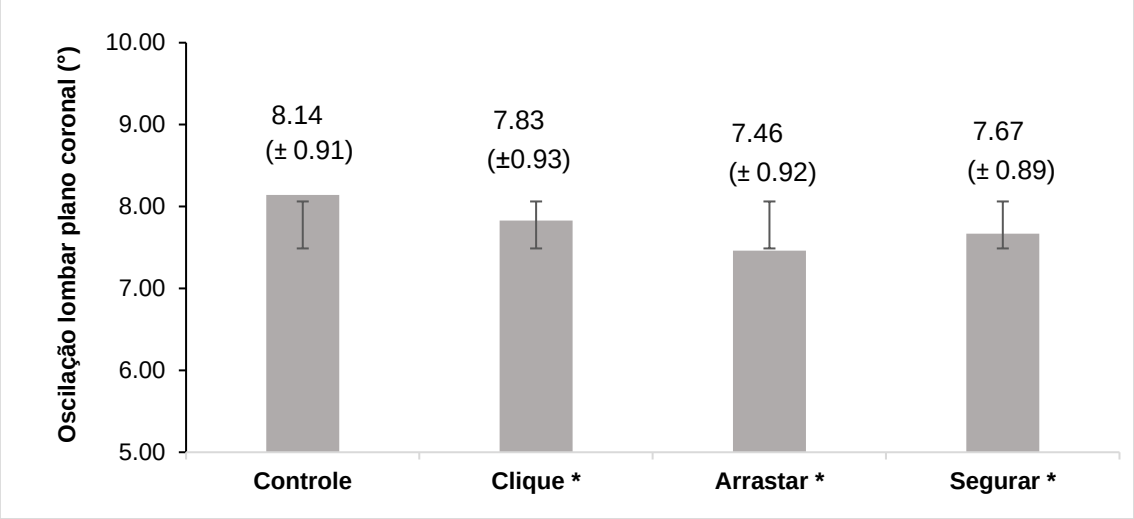
	Controle	Clicar	Arrastar	Segurar
RoM Coronal (º)				
Média	8.14	7.83*	7.46*	7.67*
Erro padrão de média	0.92	1.04	0.96	0.97
Desv. Padrão	2.76	3.12	2.88	2.90
Teste de Shapiro-Wilk	0.91	0.93	0.92	0.89
P-value do Shapiro-Wilk	.33	.49	.42	.21
RoM Sagital (º)				
Média	5.33	5.17	4.62	4.69
Erro padrão de média	0.51	0.66	0.43	0.37
Desv. Padrão	1.52	1.98	1.30	1.12
Teste de Shapiro-Wilk	0.98	0.87	0.79	0.89
P-value do Shapiro-Wilk	.94	.14	.02	.19
RoM Transversal (º)				
Média	7.68	7.61	7.61	6.80
Erro padrão de média	1.01	0.56	0.57	0.48
Desv. Padrão	3.02	1.67	1.72	1.44
Teste de Shapiro-Wilk	0.90	0.95	0.89	0.95
P-value do Shapiro-Wilk	.26	.73	.22	.73

*variáveis com p<0.05 em relação a controle.

Para a amplitude de movimento lombar no plano coronal, foi identificado efeito significativo da condição, F (1.77, 14.19) = 4.77, p = .03, η^2p = .37 (correção de Greenhouse-Geisser), indicando efeito de magnitude moderada a grande. Observou-se redução da oscilação coronal do controle (M = 8,14°) para arrastar (M = 7,46°) e segurar (M = 7,67°). As comparações *post hoc* não permaneceram

significativas após correção de Holm, porém a magnitude do efeito sugere relevância da modulação lateral da lombar durante a interação. A Figura 36 ilustra as médias e desvios padrões da oscilação no plano coronal.

Figura 36: Média da oscilação lombar no plano coronal em cada gesto de toque (º)



Fonte: Autora

Após correção de esfericidade não foi observado efeito significativo da condição para o plano sagital, $F (2, 16) = 2.04$, $p = .16$, $\eta^2p = .20$ e nem no plano transversal $F (1.20, 9.57) = 1.17$, $p = .32$, $\eta^2p = .13$.

Assim, nas pessoas idosas, a principal alteração associada aos gestos ocorreu na oscilação lombar no plano coronal. Esse achado contrasta com o grupo jovem, no qual não foi identificado efeito significativo ($F (4, 116) = 0.82$, $p = .54$, $\eta^2p = .03$). Além da diferença em significância estatística, observa-se discrepância relevante na magnitude do efeito (0.37 nas pessoas idosas vs. 0.03 nos jovens), sugerindo que adultos com mais de 60 anos podem adotar estratégias distintas de controle postural diante da demanda de duplo-tarefa.

Em comparação com o grupo de jovens, a amostra de pessoas idosas apresentou padrão de tamanhos de efeito consistentemente superiores para as variáveis do andar avaliadas. Para o comprimento da passada, o efeito da condição de gesto foi de $\eta^2p = .30$ versus $\eta^2p = .10$ nos jovens; para o duplo suporte, a tendência nas pessoas idosas, embora não significativa dado o n reduzido ($\eta^2p = .24$), foi numericamente inferior à dos jovens ($\eta^2p = .41$), diferença que provavelmente reflete o menor poder estatístico da amostra exploratória e não necessariamente menor sensibilidade biomecânica à dupla tarefa nessa população.

Embora a comparação direta entre grupos não seja estatisticamente possível em razão da disparidade amostral ($n = 9$ versus $n = 31$), o padrão consistente de tamanhos de efeito maiores no grupo com mais de 60 anos sugere maior sensibilidade biomecânica à dupla tarefa nessa população — achado que, embora preliminar, é coerente com a H3 do estudo e com a literatura

sobre custo aumentado de dupla tarefa no envelhecimento (BEURSKENS; BOCK, 2012; HOLLMAN et al., 2007).

Estudos prévios demonstram que pessoas idosas apresentam maior variabilidade e oscilação da marcha, especialmente no plano coronal, o que está diretamente associado a um aumento do risco de quedas e a uma menor estabilidade dinâmica durante a locomoção (HAUSDORFF, RIOS e EDELBERG, 2001). Essa instabilidade lateral é particularmente crítica, pois pequenas perturbações nesse plano exigem ajustes posturais rápidos e eficientes, os quais tendem a ser menos eficazes com o envelhecimento.

Paralelamente, evidências indicam que pessoas mais velhas apresentam maior dificuldade na interação com dispositivos *touchscreen,* incluindo maior tempo de execução, maior taxa de erros e maior demanda cognitiva durante tarefas em *smartphone*s (LI e LUXIMON, 2019). Em um contexto de dupla tarefa, como caminhar enquanto utiliza o celular, essas limitações sensório-motoras e cognitivas podem amplificar a instabilidade.

4.2.5. Impacto do componente da tela no andar

Em relação às características de componentes da tela, a Tabela 21 apresenta os resultados do andar para o grupo de pessoas idosas, comparando a condição controle, com o botão de tamanho padrão ao botão com dimensão ampliada (3x), mantendo a descrição de normalidade e o caráter exploratório da análise.

Tabela 13: Descritivo das variáveis do andar em cada componente

	Controle	Clique	Tamanho
Velocidade (m/s)			
Média	0.98	0.96	0.96
Erro padrão de média	0.05	0.05	0.05
Desv. Padrão	0.15	0.15	0.16
Teste de Shapiro-Wilk	0.89	0.92	0.88
P-value do Shapiro-Wilk	.18	.39	.15
Cadência (passos/min)			
Média	99.91	99.22	99.42
Erro padrão de média	3.05	3.54	3.78
Desv. Padrão	9.16	10.62	11.34
Teste de Shapiro-Wilk	0.95	0.96	0.96
P-value do Shapiro-Wilk	.72	.80	.82
Duração (s)			
Média	96.96	96.94	99.42
Erro padrão de média	5.64	5.56	3.78
Desv. Padrão	16.92	16.67	11.34
Teste de Shapiro-Wilk	0.89	0.90	0.96
P-value do Shapiro-Wilk	.21	.24	.82
Duplo suporte (%)			
Média	21.15	21.85	22.03

	Controle	Clique	Tamanho
Erro padrão de média	0.83	0.97	0.88
Desv. Padrão	2.49	2.91	2.63
Teste de Shapiro-Wilk	0.94	0.94	0.89
P-value do Shapiro-Wilk	.57	.62	.18
Comprimento da passada (m)			
Média	1.17	1.16	1.15
Erro padrão de média	0.04	0.04	0.04
Desv. Padrão	0.11	0.11	0.11
Teste de Shapiro-Wilk	0.92	0.88	0.93
P-value do Shapiro-Wilk	.40	.17	.46
Fase de balanço (%GCT)			
Média	39.42	39.03	38.99
Erro padrão de média	0.42	0.48	0.43
Desv. Padrão	1.25	1.45	1.29
Teste de Shapiro-Wilk	0.94	0.94	0.90
P-value do Shapiro-Wilk	.56	.55	.28

Nas condições relacionadas aos componentes visuais, os participantes com mais de 60 anos não apresentaram efeito significativo sobre a velocidade $F (1.42, 11.33) = 0.60$, $p = .51$, $\eta^2p = .07$, cadência $F(1.39, 11.14) = 0.15$, $p = .78$, $\eta^2p = .02$, duração $F(1.53, 12.21) = 0.87$, $p = .42$, $\eta^2p = .10$, duplo suporte $F(1.26, 10.07) = 2.06$, $p = .18$, $\eta^2p = .21$ ou na fase de balanço $F(1.20, 9.62) = 2.46$, $p = .15$, $\eta^2p = .24$. Ainda assim, eles apresentaram tamanho de efeito numericamente maior para a velocidade ($\eta^2p = .07$ vs. $\eta^2p = .03$), sugerindo tendência de maior sensibilidade locomotora nessa população.

Esse padrão é semelhante ao observado nos jovens em relação à velocidade, $F (1.88, 56.27) = 0.78$, $p = .46$, $\eta^2p = .03$, indicando que, em ambos os grupos, as variações de componentes não produziram alterações significativas na velocidade de deslocamento. Contudo, nos jovens, os componentes afetaram significativamente o duplo suporte e a fase de balanço, o que não foi observado nas pessoas idosas participantes, possivelmente em razão do reduzido poder estatístico da amostra (n = 9).

4.2.6. Impacto do componente da tela na oscilação lombar

Em relação à oscilação lombar, a Tabela 22 sintetiza o comportamento do tronco do grupo com mais de 60 anos durante a interação com os botões de escala normal e aumentada.

Tabela 14: Descritivo das variáveis do andar em cada componente

	Controle	Clique	Tamanho
RoM Coronal (º)			
Média	8.14	7.83	7.70
Erro padrão de média	0.92	1.04	0.98
Desv. Padrão	2.76	3.12	2.94
Teste de Shapiro-Wilk	0.91	0.93	0.96

	Controle	Clique	Tamanho
P-value do Shapiro-Wilk	.33	.49	.81
RoM Sagital (º)			
Média	5.33	5.17	4.98
Erro padrão de média	0.51	0.66	0.53
Desv. Padrão	1.52	1.98	1.58
Teste de Shapiro-Wilk	0.98	0.87	0.87
P-value do Shapiro-Wilk	.94	.14	.11
RoM Transversal (º)			
Média	7.68	7.61	7.39
Erro padrão de média	1.01	0.56	0.59
Desv. Padrão	3.02	1.67	1.76
Teste de Shapiro-Wilk	0.90	0.95	0.97
P-value do Shapiro-Wilk	.26	.73	.85

Para a oscilação lombar nas condições de componentes, não foram observados efeitos significativos da condição em nenhum dos três planos avaliados: coronal, $F (2, 16) = 2.04$, $p = .16$, $\eta^2p = .20$; sagital, $F (2, 16) = 0.62$, $p = .55$, $\eta^2p = .07$; e transversal, $F (1.18, 9.41) = 0.12$, $p = .78$, $\eta^2p = .01$ (correção de Greenhouse-Geisser).

Esse padrão é semelhante ao observado nos jovens, que também não apresentaram efeito significativo em nenhum plano para as variações de componente. Embora a magnitude do efeito no plano coronal seja numericamente superior nas pessoas idosas ($\eta^2p = .20$ vs. $\eta^2p = .03$), a ausência de significância estatística em ambos os grupos indica que os componentes visuais, isoladamente, não foram suficientes para alterar de maneira consistente o padrão de oscilação lombar durante o andar.

4.3. Direcionamentos para designers de interfaces digitais

As alterações no padrão de marcha observadas neste estudo podem refletir uma estratégia adaptativa de segurança, e não necessariamente um prejuízo funcional, sobretudo em indivíduos com mais de 60 anos. Os comportamentos identificados refletem ajustes no controle postural frente ao aumento da demanda da tarefa. Outros estudos em condições controladas confirmam que existe uma reorganização do padrão locomotor diante de demandas adicionais para priorizar a segurança e o controle postural (NIEDERER *et al.,* 2018; STÖCKEL & MAU-MÖLLER, 2019; TAKEUCHI *et al.,* 2016).

Considerando os resultados obtidos, evidências da presente tese demonstram que a configuração da interface de *smartphones* possivelmente afeta o comportamento motor do usuário durante o andar. Visando a mitigação de riscos diante deste cenário de interferência por dupla tarefa e a promoção do andar mais próximo do cenário de controle (sem interação), a Figura 37 e as descrições abaixo apresentam recomendações para o design de interfaces digitais no contexto de dupla tarefa.

Figura 37: Material de divulgação: recomendações para o design de telas utilizadas ao andar



Fonte: Autora

1. Evite gestos prolongados: Gestos que exigem contato contínuo com a tela, como pressionar e segurar, aumentam o tempo de interação e a demanda atencional, intensificando a interferência motora-cognitiva durante o andar. Em contexto de dupla tarefa, quanto maior o tempo de foco visual e manual na tela, maior a tendência de adoção de estratégias compensatórias na marcha, como aumento do duplo suporte. Portanto, recomenda-se priorizar interações breves e discretas, reduzindo a necessidade de contato prolongado com o dispositivo.

2. Reduza gestos sequenciais: Os resultados do presente estudo demonstraram que gestos que exigem contato prolongado e contínuo com a tela — como Segurar e Arrastar — produziram os maiores impactos nos parâmetros temporais da marcha, com aumento do duplo suporte e redução da fase de balanço. O gesto de clicar, caracterizado pelo contato breve e momentâneo, foi

o que menos interferiu na cinemática do andar. Embora o Duplo Clique não tenha produzido diferença estatisticamente significativa em relação ao Clicar nos dados do presente estudo, evidências externas indicam que gestos que exigem repetição sequencial rápida e coordenação fina aumentam a carga cognitiva e a demanda de precisão motora em contextos de atenção dividida (JEONG; LIU, 2017). Recomenda-se, portanto, estruturar as interações de forma a privilegiar ações únicas e de curta duração, minimizando o tempo de foco visual e manual na tela durante a locomoção.

3. Use alto contraste entre botão e fundo: Embora o contraste seja tradicionalmente considerado um fator positivo de acessibilidade, os resultados indicaram que a condição com baixo contraste apresentou maior magnitude de efeito sobre os parâmetros temporais da marcha, especialmente na fase de balanço. Isso sugere que variações inadequadas de contraste podem aumentar o esforço visual e a demanda cognitiva durante a locomoção. Assim, é fundamental assegurar contraste claro, estável e consistente entre elementos e plano de fundo, reduzindo esforço perceptivo durante a interação.

4. Utilize botões maiores que o usual: A condição Tamanho (botões 3x maiores) apresentou menor interferência na dinâmica da marcha quando comparada à condição Clique. Botões maiores reduzem a exigência de precisão motora fina e o tempo necessário para completar a tarefa, diminuindo a sobrecarga cognitiva e o ajuste postural compensatório. Portanto, recomenda-se ampliar a área de toque dos elementos interativos, especialmente em contextos de uso em movimento.

5. Priorize ícones de fácil reconhecimento ao invés de texto: A condição Info (apenas ícone) apresentou menor magnitude de efeito em comparação ao botão com texto (Clique), sugerindo menor impacto na marcha. Ícones bem projetados e de reconhecimento imediato podem reduzir o tempo de leitura e processamento cognitivo, favorecendo interações mais rápidas e menos exigentes em termos atencionais. Recomenda-se utilizar ícones semanticamente claros e padronizados, evitando excesso de texto em situações de uso durante a locomoção.

6. Considere diferentes faixas etárias nos testes de usabilidade: A literatura demonstra que adultos com mais de 60 anos apresentam maior custo de dupla tarefa, devido à redução de recursos atencionais e maior vulnerabilidade a interferências motoras e cognitivas. Assim, interfaces destinadas ao uso em mobilidade devem ser testadas com diferentes faixas etárias, especialmente pessoas idosas, a fim de identificar possíveis dificuldades específicas e adaptar elementos como tamanho, contraste, complexidade gestual e tempo de interação. Projetar considerando a variabilidade etária contribui para maior segurança e inclusão no uso de dispositivos móveis durante o andar.

Para usuários, com base nos seus achados, gestos mais prolongados e cognitivamente exigentes (arrastar, segurar) alteram mais a marcha — então em situações de risco (calçadas irregulares, travessias) preferir interações rápidas ou pausar antes de usar. A própria alteração da marcha é um sinal de sobrecarga

cognitiva, e idosos podem não perceber essa compensação. Para profissionais de saúde, fisioterapeutas e educadores físicos, que trabalham com reabilitação de marcha ou prevenção de quedas em idosos, podem usar esses achados para incluir o uso do celular durante a caminhada nos protocolos de avaliação — já que a marcha com celular é diferente da marcha livre.

5. CONCLUSÕES

A conclusão sintetiza os principais achados e direcionamentos. Na sequência, são discutidas as limitações da pesquisa, abordando aspectos metodológicos e amostrais que circunscrevem os resultados. Por fim, apresentam-se sugestões para estudos futuros, indicando lacunas e novas possibilidades de investigação no campo do design de interfaces digitais.

5.1. Síntese dos achados

A investigação dos parâmetros cinemáticos feitos com os adultos jovens permitiu responder à questão da tese e confrontar as hipóteses. Em resposta à questão de pesquisa, conclui-se que escolhas de design de interface podem impactar a segurança do andar em jovens no contexto da dupla tarefa. Para mitigar alterações cinemáticas, o design deve priorizar interações rápidas e momentâneas, reduzindo o tempo de contato contínuo com a tela durante o deslocamento e também optar por botões maiores, com alto contraste em relação ao fundo, e por ícones de reconhecimento imediato em vez de texto.

Em relação as hipóteses, a H1, relacionada às características dos componentes, foi confirmada, pois todas as variações de interface afetaram o duplo suporte e a fase de balanço. O baixo contraste foi a condição que mais influenciou o andar, com maior magnitude de efeito. Em contrapartida, as condições info (apenas ícone) e tamanho (botão ampliado) apresentaram menores tamanhos de efeito em comparação à condição clique, indicando que interfaces com ícones simples e maior área de toque são mais adequadas para uso durante a locomoção do que botões com texto e menor dimensão.

Também foi confirmada a H2, que tratava da influência dos gestos de toque no andar. Os resultados demonstraram que diferentes gestos exercem níveis distintos de interferência. O gesto de segurar induziu uma estratégia de estabilização caracterizada pela redução da amplitude de rotação lombar no plano transversal, indicando maior rigidez axial do tronco para sustentar a precisão do contato prolongado com a tela. Ele também foi o que mais impactou o comprimento da passada, diferindo significativamente do clicar.

O gesto de arrastar também apresentou passadas menores em comparação a duplo clique e segurar. A marcha mais cautelosa nos gestos de segurar e arrastar foi evidenciada principalmente pelo aumento do duplo suporte e pela redução da fase de balanço.

A velocidade da marcha, por sua vez, não apresentou efeito significativo, indicando que os participantes priorizaram a manutenção do ritmo de deslocamento, com os ajustes compensatórios se manifestando em outros parâmetros. O gesto de clicar mostrou-se o mais seguro e próximo do padrão.

Quanto à H3, os resultados da coleta exploratória com adulto com mais de 60 anos (n = 9) ofereceram evidências preliminares, pois a comparação estatística direta com o grupo de jovens não foi possível em razão da disparidade amostral. As pessoas idosas apresentaram efeito significativo da condição de gesto sobre o comprimento da passada e sobre a oscilação lombar no plano

coronal ambos com magnitudes de efeito grandes, e superiores aos jovens para as mesmas variáveis.

Esse padrão consistente de tamanhos de efeito maiores em grupos com mais de 60 anos sugere maior vulnerabilidade do andar à dupla tarefa, apoiando parcialmente a H3. Entretanto, os achados são considerados preliminares e demandam validação em estudos futuros com amostras mais amplas e equilibradas.

5.2. Limitações da pesquisa

Embora a ocorrência de quedas seja um desfecho relevante no contexto da dupla tarefa com locomoção, esse evento não foi diretamente avaliado. As análises foram baseadas em variáveis cinemáticas da marcha, utilizadas na literatura como indicadores indiretos de estabilidade e risco. Dessa forma, os resultados permitem inferir alterações no padrão locomotor associadas à interação com interfaces digitais, mas não possibilitam estabelecer relações causais diretas com a ocorrência de quedas.

Além disso, coletas foram realizadas em laboratório controlado, sem obstáculos ou interferências externas. Esse contexto estimula a priorização da manutenção da velocidade durante a dupla tarefa, diferindo de situações reais. Sendo assim, a ausência de alterações na velocidade deve ser interpretada com cautela, considerando a menor validade ecológica do cenário experimental.

O registro dos *timestamps* (início e fim da interação) para marcação dos eventos foi realizado de forma manual pelo pesquisador, o que pode introduzir variações na precisão temporal das análises.

Outra limitação foi a ausência de medidas de desempenho na tarefa no *smartphone* — como tempo de execução do gesto, taxa de erro ou precisão do toque. O protocolo final do estudo focou exclusivamente nos impactos cinemáticos no andar. Essa escolha, justificada pela limitação técnica do software de prototipagem para registro de algumas dessas variáveis (conforme relatado na seção 3.1.2), impediu a análise bidirecional da dupla tarefa e impossibilita verificar se interfaces que mais impactam o andar são também aquelas com pior desempenho na tarefa cognitiva.

Este estudo não contemplou a coleta de medidas subjetivas de percepção do usuário, como esforço percebido, dificuldade ou satisfação durante a interação. Assim, embora os efeitos sobre a marcha tenham sido avaliados de forma objetiva, a ausência de dados de autorrelato limita a compreensão da experiência do usuário. Estudos futuros podem integrar medidas subjetivas e objetivas para uma análise mais completa.

Para coleta com participantes mais velhos, o número amostral reduzido (n=9) limita a interpretação integral dos achados, conferindo caráter exploratório a esses dados.

5.3. Estudos futuros

As recomendações de design propostas baseiam-se na análise dos efeitos isolados dos componentes e gestos de toque, em conjunto com a literatura. No entanto, essas recomendações não foram testadas em uma interface integrada, o que limita sua validação direta em contextos reais. Estudos futuros podem avaliar essas diretrizes em protótipos completos para verificar seus efeitos combinados. Também se sugere que esse modelo de investigação seja expandido para outras interfaces de dispositivos móveis e tecnologias vestíveis, como *smartwatches* e óculos de realidade virtual.

Referências Bibliográficas

AGOSTINI, V. *et al.* Gait analysis in demented subjects: advances and challenges. **Current Alzheimer Research,** v. 12, n. 8, p. 764-773, 2015.

ALAPATT, L. J. *et al.* The effect of age on gait speed when texting. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 2, e599, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ijerph17020599.

AL-YAHYA, E.; DAWES, H.; SMITH, L.; DENNIS, A.; HOWELLS, K.; COCKBURN, J. Cognitive motor interference while walking: a systematic review and meta-analysis. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 35, n. 3, p. 715–728, 2011. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2010.08.008.

ANTHROPIC. **Claude: large language model.** San Francisco, 2024. Disponível em: https://www.anthropic.com. Acesso em: 28 fev. 2026.

ASAKAWA, D. S.; CROCKER, G. H.; SCHMALTZ, A.; JINDRICH, D. L. Fingertip forces and completion time for index finger and thumb touchscreen gestures. **Applied Ergonomics,** v. 60, p. 173–181, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.11.004.

BBC NEWS. Phone app alerts users to look up while walking. 14 abr. 2021. Disponível em: https://www.bbc.com/news/technology-56720229. Acesso em: 26 jan. 2025.

BELUR, P. *et al.* Dual-task costs of texting while walking forward and backward are greater for older adults than younger adults. **Human Movement Science**, v. 71, p. 102619, jun. 2020.

BENTES, T. K.; KUWAHARA, N. Development of digital interface for waterway service support application in Amazonas. **Estudos em Design**, v. 29, n. 1, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.35522/eed.v29i1.1151.

BEURSKENS, R.; BOCK, O. Age-related deficits of dual-task walking: a review. **Neural Plasticity,** v. 2012, e131608, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1155/2012/131608.

BUSCH, P. A.; HAUSVIK, G. I.; ROPSTAD, O. K.; PETTERSEN, D. *Smartphone* usage among older adults. **Computers in Human Behavior,** v. 121, e106783, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106783.

CARAMIA, C. *et al.* IMU-Based classification of Parkinson's disease from gait: a sensitivity analysis on sensor location and feature selection. **IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics,** v. 22, n. 6, p. 1765-1774, 2017.

CECATO, J. F. et al. Poder preditivo do MoCA na avaliação neuropsicológica de pacientes com diagnóstico de demência. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia,** v. 17, n. 4, p. 707–719, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1809-9823.2014.13123.

CHEN, P.-L.; PAI, C.-W. Pedestrian *smartphone* overuse and inattentional blindness: an observational study in Taipei, Taiwan. **BMC Public Health**, v. 18, n. 1, dez. 2018.

CIESIELSKA, N.; SOKOŁOWSKI, R.; MAZUR, E.; PODHORECKA, M.; POLAK-SZABELA, A.; KĘDZIORA-KORNATOWSKA, K. Is the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) test better suited than the Mini-Mental State Examination (MMSE) in mild cognitive impairment (MCI) detection among people aged over 60? Meta-analysis. **Psychiatria Polska**, v. 50, n. 5, p. 1039–1052. 2016. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27992895/.

CLARIO. Precision Motion for Research. Disponível em: https://clario.com/solutions/precision-motion-for-research/. Acesso em: 19 jan. 2025.

CLARK, J. **Designing for Touch. A Book Apart**. 2015. Disponível em < http://cepegra-labs.be/webdesign/fed/marie/theorie/ouvrages/designing-for-touch.pdf >. Acesso em 14 abril 2024.

CNDL; SPC BRASIL; OFFERWISE. O uso da tecnologia e impactos da pandemia na terceira idade. Brasília: CNDL, 2021.

CROWLEY, P.; MADELEINE, P.; VUILLERME, N. The effects of mobile phone use on walking: a dual task study. **BMC Research Notes**, v. 12, n. 1, 21 jun. 2019.

DARMAWAN, I.; ANWAR, M. S.; RAHMATULLOH, A.; & SULASTRI, H. Design Thinking Approach for User Interface Design and User Experience on Campus Academic Information Systems. **International Journal on Informatics Visualization,** v.6 n.2, p.327-334. 2022. Disponível em: https://dx.doi.org/10.30630/joiv.6.2.997.

DUTRA, M. C. *et al.* Accuracy and reliability of the Pfeffer Questionnaire for the Brazilian elderly population. **Dementia & Neuropsychologia**, v. 9, n. 2, p. 176–183, jun. 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1980-57642015DN92000012

ELECTRO IQ. *Smartwatch* statistics: number of *smartwatch* users worldwide from 2020 to 2029. Disponível em: https://electroiq.com/stats/*smartwatch*-statistics/. Acesso em: 31 jul. 2024.

FENG, F.; LIU, Y.; CHEN, Y. Effects of Quantity and Size of Buttons of In-Vehicle Touch Screen on Drivers' Eye Glance Behavior. **International Journal of Human–Computer Interaction**, v.34, n. 12, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1080/10447318.2017.1415688

GALLO, A. M. *et al.* Uso de *smartphone* por pessoas idosas no processo de envelhecimento saudável: uma teoria fundamentada nos dados. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 32, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1518-8345.7252.4384.

GELL, N. M. *et al.* Patterns of technology use among older adults with and without disabilities. **Gerontologist,** v. 55, n. 3, p. 412-421. 2015.

GIACALONE, M.; AGOSTINELLI, C.; LOCATELLI, I. Bonferroni-Holm and permutation tests to compare health data: methodological and applicative issues. **BMC Medical Research Methodology,** London, v. 18, n. 1, p. 1–13, 2018. DOI: 10.1186/s12874-018-0569-5.

GIERCZYK, M.; GROMKOWSKA-MELOSIK, A. A. The Snowball Sampling Strategy in the Field of Social Sciences: Contexts and Considerations. **Przegląd Badań Edukacyjnych,** [s. l.], v. 2, n. 43, p. 87-104, jan. 2024. DOI: 10.12775/PBE.2023.029. Disponível em: https://apcz.umk.pl/PBE/article/view/43038 . Acesso em: 25 fev. 2026.

GOETZ, Jessica N.; NEIDER, Mark B. Keep it real, keep it simple: the effects of icon characteristics on visual search. **Behaviour & Information Technology,** 43(15), p. 3676–3695, 2024. DOI: 10.1080/0144929X.2023.2286527.

GONÇALVES, I. C. M.; FREITAS, R. F.; AQUINO, E. C.; CARNEIRO, J. A.; LESSA, A. C. Tendência de mortalidade por quedas em idosos, no Brasil no período de 2000–2019. **Revista Brasileira de Epidemiologia**. 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1980-549720220031.2

GOOGLE. **Material Design 3**. Disponível em: < https://m3.material.io/ > Acesso em 07 abril 2024.

GOOGLE. **Stay alert with Heads Up (beta).** Google Pixel Support. Disponível em: https://support.google.com/pixelphone/thread/105940706/stay-alert-with-heads-up-beta?hl=en. Acesso em: 26 jan. 2025.

GOOGLE. **Google Services: Google Drive and Google Colaboratory**. https://about.google/products/ . 2026.

HABIB, H.; LI, M.; YOUNG, E.; & CRANOR, L. “Okay, whatever”: An Evaluation of Cookie Consent Interfaces. **In CHI '22: Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems.** p. 1-27. 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1145/3491102.3501985

HALL, R. H.; HANNA, P. The impact of web page text–background colour combinations on readability, retention, aesthetics and behavioural intention. **Behaviour & Information Technology**, London, v. 23, n. 3, p. 183–195, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1080/01449290410001669932.

HAUSDORFF, J. M.; RIOS, D. A.; EDELBERG, H. K. Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study**. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation,** v. 82, n. 8, p. 1050-1056, Aug. 2001. Disponível em: https://doi.org/10.1053/apmr.2001.24893.

HOLLMAN, J.H.; KOVASH, F. M.; KUBIK, J. J.; LINBO, R. A. Age-related differences in spatiotemporal markers of gait stability during dual task walking. **Gait & Posture,** v. 26, n. 1, p. 113-119, 2007.

HOLM, S. A simple sequentially rejective multiple test procedure. **Scandinavian Journal of Statistics**, Hoboken, v. 6, n. 2, p. 65–70, 1979.

HORAK, F. B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? **Age and Ageing**, v. 35, n. Suppl 2, p. ii7-ii11, 2006.

HUIJBEN, B.; VAN SCHOOTEN, K.S.; VAN DIEËN, J.H.; PIJNAPPELS, M. The effect of walking speed on quality of gait in older adults. **Gait & Posture**, v. 65, p. 112-116. 2018.

HYONG, I. H. The effects on balance of dual tasks involving *smartphone* use while walking. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 27, n. 9, p. 2945-2947, 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua – PNAD Contínua. 2022.** Acesso à Internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2021. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101963_informativo.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2023.

IBM. **Carbon Design System.** Disponível em: https://carbondesignsystem.com/. Acesso em: 19 jan. 2025.

International Telecommunication Union (ITU). (2022). **Mobile phone ownership.** Three-quarters of the world's population own a mobile phone. https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/2022/11/24/ff22-mobile-phone-ownership/

ISO - The International Organization for Standardization. **9241-11: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs).** 1998.

ISO - The International Organization for Standardization. **9241-125: Ergonomics of human-system interaction — Part 125: Guidance on visual presentation of information.** Geneva: ISO, 2018.

JACOBSEN, N. S. J.; BLUM, S.; SCANLON, J. E. M.; WITT, K.; DEBENER, S. Mobile electroencephalography captures differences of walking over even and uneven terrain but not of single and dual-task gait. **Frontiers in Sports and Active Living**, v. 4, 6 out. 2022. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36275441/. Acesso em: 19 jan. 2025.

JASP. Versão 0.95.4. https://jasp-stats.org/. 2026.

JEONG, H.; LIU, Y. Effects of touchscreen gesture's type and direction on finger-touch input performance and subjective ratings. **Ergonomics,** v. 60, n. 11, p. 1528–1539, 2017. DOI: 10.1080/00140139.2017.1313457.

JIANG, K. *et al.* Effects of using mobile phones while cycling: A study from the perspectives of manipulation and visual strategies. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour,** v. 83, p. 291–303, nov. 2021.

JUNG, S., PARK, J., PARK, J., CHOE, M., KIM, T., CHOI, M. Effect of Touch Button Interface on In-Vehicle Information Systems Usability. **International Journal of Human–Computer Interaction,** v. 37, n.15, p.1404-1422. 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1080/10447318.2021.1886484

KIM, M.; HAN, J.; SHIN, W.; HONG, Y. Gait Pattern Identification Using Gait Features. **Electronics**, v. 13, n. 10, p. 1956, 2024. Disponível em: Disponível em: https://doi.org/10.3390/electronics13101956.

KIM, K. J. Journal of Computer-Mediated Shape and Size Matter for *Smartwatches*: Effects of Screen Shape, Screen Size, and Presentation Mode in Wearable Communication. **Journal of Computer-Mediated Communication,** v.22, p. 124-140**.** 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1111/jcc4.12186

KONDO, R. *et al.* Foot pressure-based analysis of gait while using a *smartphone*. **Gait & Posture**, v. 100, p. 196–200, fev. 2023.

KRASOVSKY, T. *et al.* Understanding Walking and Reading with Smart Glasses and Mobile Phones: A Dual-Task Paradigm. **International Journal of Human-Computer Interaction**, p. 1–8, 11 set. 2023.

LEE, Y.; SHIN, S. Risk of using *smartphones* while walking for digital natives in realistic environments: Effects of cognitive–motor interference. **Heliyon,** v. 10, n. 7, p. e28901–e28901, 1 abr. 2024.

LEITÃO, R. A. Creating Mobile Gesture-based Interaction Design Patterns for Older Adults: a study of tap and swipe gestures with Portuguese seniors. Master in Multimedia. **Faculdade De Engenharia Da Universidade Do Porto.** 2012. Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/143388332.pdf

LI, Q.; LUXIMON, Y. Older adults' use of mobile device: usability challenges while navigating various interfaces. **Behaviour & Information Technology,** 2019. DOI: 10.1080/0144929X.2019.1622786.

LI, Y.; HUANG, J.; TIAN, F.; WANG, H.-A.; DAI, G.-Z. Gesture interaction in virtual reality. **Virtual Reality & Intelligent Hardware**, v.1, p. 84-112. 2019. Disponível em: https://doi.org/10.3724/SP.J.2096-5796.2018.0006

LIM, J. *et al.* Effects of *smartphone* texting on the visual perception and dynamic walking stability. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 13, n. 1, p. 48–54, 27 fev. 2017.

LIM, J. *et al.* The Effects of Mobile Texting and Walking Speed on Gait Characteristics of Normal Weight and Obese Adults. **Motor Control**, v. 24, n. 4, p. 588–604, 1 out. 2020.

LIN, M.-I. B.; HUANG, Y.-P. The impact of walking while using a *smartphone* on pedestrians' awareness of roadside events. **Accident Analysis & Prevention,** v. 101, p. 87–96, abr. 2017.

LIU, N., YIN, J., TAN, S. L., NGIAM, K. Y., & TEO, H. H. Mobile health applications for older adults: a systematic review of interface and persuasive

feature design. **Journal of the American Medical Informatics Association**, v. 28, p. 2483–2501. doi:10.1093/jamia/ocab151. 2021.

MACKENZIE, I. Scott. Fitts' law as a research and design tool in human–computer interaction. **Human-Computer Interaction**, Abingdon, v. 7, n. 1, p. 91–139, 1992. DOI: 10.1207/s15327051hci0701_3.

MACPHERSON, S. E. Definition: Dual-tasking and multitasking. **Cortex**, v. 106, p. 313–314, set. 2018.

MAGALHÃES, G. V.; RAZUK, M.; VIEIRA, L. A.; RINALDI, N. M. Postural control performance of active and inactive older adults assessed through postural tasks with different levels of difficulty. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 28, p. e10220015421, 2022.

MAKI, B. E.; HOLLIDAY, P. J.; FERNIE, G. R. Aging and Postural Control: A Comparison of Spontaneous- and Induced-Sway Balance Tests. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 38, n. 1, p. 1-9, 1990.

MARQUES, N. R.; SPINOSO, D. H.; CARDOSO, B. C.; MORENO, V. C.; KURODA, M. H.; NAVEGA, M. T. Is it possible to predict falls in older adults using gait kinematics? **Clinical Biomechanics,** v. 59, p. 15-18. 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2018.08.006

MARTIN-GUTIERREZ, J.; DEL RIO GUERRA, M. S. Analysing Touchscreen Gestures: A Study Based on Individuals with Down Syndrome Centred on Design for All. **Sensors,** v. 21, n. 4, p. 1328, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/s21041328

MEDOLA, F. O.; OLIVEIRA, P. C. R.; ALMEIDA, M. A.; FAVORETTO, A. G.; MONTEIRO, R. T.; CHRISTOFOLETTI, G. Effects of *smartphone* and *smartwatch* use while walking: a dual-task study with aging simulation kit. **Gerontechnology,** 25(s),1-1. https://doi.org/10.4017/gt.2026.25.2.1600.3

MICROSOFT. **Fluent 2: Design Principles.** Disponível em: https://fluent2.microsoft.design/design-principles. Acesso em: 19 jan. 2025.

MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES. **Celular segue como aparelho mais utilizado para acesso à internet no Brasil.** Disponível em: https://www.gov.br/mcom/pt-br/noticias/2022/setembro/celular-segue-como-aparelho-mais-utilizado-para-acesso-a-internet-no-brasil. Acesso em: 15 de setembro de 2023.

MOTTI, L.; VIGOUROUX, N.; GORCE, P. Interaction techniques for older adults using touchscreen devices: a literature review. In: **Proceedings of the 25th Conference on l'Interaction Homme-Machine,** p. 125-134. 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1145/2534903.2534920

Nascimento, B., Oliveira, T., & Tam, C. (2018). Wearable technology: What explains continuance intention in *Smartwatches*? **Journal of Retailing and Consumer Services**, 43, 157-169.

NAVARRETE-VILLANUEVA, D.; GÓMEZ-CABELLO, A.; MARÍN-PUYALTO, J.; MORENO, L. A.; VICENTE-RODRÍGUEZ, G.; CASAJÚS, J. A. Frailty and Physical Fitness in Elderly People: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine,** v. 51, n. 1, p. 143-160. 2020. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s40279-020-01361-1

NIEDERER, D. *et al.* Specific *smartphone* usage and cognitive performance affect gait characteristics during free-living and treadmill walking. **Gait & Posture,** v. 62, p. 415–421, maio 2018.

OLIVEIRA, P. C. R.; MEDOLA, F. O.; BARBIERI, F. A. Efeitos Da Interação Com Dispositivos Móveis Durante O Andar: Revisão Integrativa E Perspectivas Para O Futuro. **Estudos Interdisciplinares sobre o Envelhecimento,** [S. l.], v. 29, n. 1, 2024. DOI: 10.22456/2316-2171.143342. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/index.php/RevEnvelhecer/article/view/143342. Acesso em: 9 nov. 2024.

ORTEGA, C. A. C. et al. Effects of Mobile Phone Use on Driving Performance: An Experimental Study of Workload and Traffic Violations. **International Journal of Environmental Research and Public Health,** v. 18, n. 13, p. 7101, 2 jul. 2021.

OSOBA, M. Y.; RAO, A. K.; AGRAWAL, S. K.; LALWANI, A. K. Balance and gait in the elderly: a contemporary review. **Laryngoscope Investigative Otolaryngology,** v. 4, n. 1, p. 143-153. 2019. http://dx.doi.org/10.1002/lio2.252.

OpenAI. (2026). GPT-5.2 (versão de fev. 2026). https://chat.openai.com

PARKER, C.; SCOTT, S.; GEDDES, A. Snowball Sampling. In: ATKINSON, Paul et al. (ed.). **SAGE Research Methods Foundations.** Londres: SAGE Publications Ltd, 2019. Disponível em: https://methods.sagepub.com/foundations/snowball-sampling. Acesso em: 25 fev. 2026.

PERRY, J.; BURNFIELD, J. M. **Gait Analysis: Normal and Pathological Function.** 2. ed. Thorofare: Slack Incorporated, 2010.

PO-CHAN, Y. The Influence of the Interface Button Design of Touch Screens on Operation and Interpretation by Elderly and Middle-Aged Adults. **Designs**, v. 3. 2019. Disponível em: https://doi.org/10.3390/designs3030035

PUNCHOOJIT, Lumpapun; HONGWARITTORRN, Nuttanont. Usability Studies on Mobile User Interface Design Patterns: A Systematic Literature Review. **Advances in Human-Computer Interaction,** 2017. DOI: 10.1155/2017/6787504.

QURESHI, M. A.; GHULAMANI, S.; ABDALLAH, S. S.; THARTORI, V., KHOWAJA, K.; MAHDI, G.; SHAH, A. Applied Gamification to Enhance Customer Loyalty for Fintech Industry. In: **IEEE 8th International Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences (ICETAS).** 2023, pp. 1-5. Disponível em: https://doi.org/10.1109/ICETAS59148.2023.10346349

SEDIGHI, A.; RASHEDI, E.; NUSSBAUM, M. A. A head-worn display (“smart glasses”) has adverse impacts on the dynamics of lateral position control during gait. **Gait & Posture**, v. 81, p. 126–130, set. 2020.

SEIDLER, Rachael D.; BERNARD, Jessica A.; BURUTOLU, Taritonye B.; FLING, Brett W.; GORDON, Mark T.; GWIN, Joseph T.; KWAK, Youngbin; LIPPS, David B. Motor control and aging: links to age-related brain structural, functional, and biochemical effects. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews,** v. 34, n. 5, p. 721–733, 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.10.005.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. Motor control: translating research into clinical practice. 5th ed. **Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins**, 2016.

SOBRINHO-JUNIOR, S. A. *et al.* Risks of Accidents Caused by the Use of *Smartphone* by Pedestrians Are Task- and Environment-Dependent**. International Journal of Environmental Research and Public Health,** v. 19, n. 16, p. 10320, 1 jan. 2022.

STATISTA. Number of *smartphone* users worldwide from 2014 to 2029. 2024. Disponível em: https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-*smartphone*-users-worldwide/. Acesso em: 31 jul. 2024.

STÖCKEL, T.; MAU-MOELLER, A. Cognitive control processes associated with successful gait performance in dual-task walking in healthy young adults. **Psychological Research**, 12 abr. 2019.

SUN, H., TANG, L., CHEN, L., GUO, Y., GE, Y., QU, W. Optimizing Icon Sizes on In-Vehicle Panels to Minimize Perception Time and Prevent Driving Crashes. **International Journal of Human–Computer Interaction.** 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2233132

TAKEUCHI, N. *et al.* Parallel processing of cognitive and physical demands in left and right prefrontal cortices during *smartphone* use while walking. **BMC Neuroscience**, v. 17, n. 1, 1 fev. 2016.

TRUONG, L. T.; NGUYEN, H. T. T.; DE GRUYTER, C. Mobile phone use while riding a motorcycle and crashes among university students. **Traffic Injury Prevention,** v. 20, n. 2, p. 204–210, 17 fev. 2019.

TSAI, T.-H.; TSENG, K. C.; CHANG, Y.-S. Testing the usability of *smartphone* surface gestures on different sizes of *smartphones* by different age groups of users. **Computers in Human Behavior,** v. 75, p. 103-116. 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.05.013

TURNER, C. J.; CHAPARRO, B. S.; HE, J. Texting while walking: is it possible with a *Smartwatch*? **Journal of Usability Studies,** v. 13, n.2, p. 94–118. 2018. Disponível em: https://dl.acm.org/doi/10.5555/3294038.3294042

Useberry. 2024. Disponível em: <https://www.useberry.com/>.

VEZEAU, J.; TAMAS, R.; O'BRIEN, W.; & AGEE, P. Comparative usability study between two prototype commercial building thermostat interfaces. **Science and Technology for the Built Environment,** v. 29, n. 2, p.163-184. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1080/23744731.2022.2154080

VICON SYSTEM. 2024. https://www.vicon.com/

VILLAMOR, C.; WILLIS, D.; WROBLEWSKI, L. **Touch gestures: Reference guide**. 2010. Disponível em: https://static.lukew.com/TouchGestureGuide.pdf. Acesso em: 11 abr. 2024.

Visuri, A., van Berkel, N., Goncalves, J., Rawassizadeh, R., Ferreira, D., & Kostakos, V. (2021). Understanding usage style transformation during long-term *Smartwatch* use. **Personal and Ubiquitous Computing**, 25, 535-549. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00779-020-01511-2.

VOSS, S.; ZAMPIERI, C.; BISKIS, A.; ARMIJO, N.; PURCELL, N.; OUYANG, B.; *et al.* Normative database of postural sway measures using inertial sensors in typically developing children and young adults. **Gait & Posture**, v. 90, p. 112-119, 2021.

WHO – World Health Organization (org.). **Ageing and health.** 2022. Disponível em: < https://bityli.com/AJsUfbRJ >. Acesso em: 22 out. 2022.

WILSON, S.A.; BYRNE, P.; RODGERS, S. E.; MADEN, M. A Systematic Review of *Smartphone* and Tablet Use by Older Adults With and Without Cognitive Impairment. **Scholarly Review.**

WINTER, D. A. **Biomechanics and motor control of human movement.** 4th ed. Hoboken: Wiley, 2009.

XIAO, H. *et al.* A study of model iterations of Fitts' law and its application to human–computer interactions. **Applied Sciences,** Basel, v. 14, n. 16, p. 7386, 2024. DOI: 10.3390/app14167386.

XIONG, J., & MURAKI, S. Thumb performance of elderly users on *smartphone* touchscreen. **SpringerPlus**, v. 5. 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s40064-016-2877-y

Apêndices

Apêndice A – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética

desenvolvimento de interfaces mais seguras".

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante, com métodos, justificativa e objetivos claros. Apresenta critérios de inclusão e exclusão quanto à amostragem, e utiliza de procedimentos de coleta mundialmente reconhecidos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos obrigatórios foram apresentados.

Recomendações:

Não Há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto aprovado, considerando-se o atendimento pleno das normativas do CEP.

Considerações Finais a critério do CEP:

O Comitê acata o parecer e aprova o projeto.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2475772.pdf	26/12/2024 14:09:39		Aceito
Outros	moca_test_portugues_brasil.pdf	23/12/2024 16:31:30	PAULA CONCEICAO ROCHA DE OLIVEIRA	Aceito
Outros	mdpq_brasil.pdf	23/12/2024 16:28:51	PAULA CONCEICAO ROCHA DE OLIVEIRA	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto_paula_conceicao_assinado.pdf	23/12/2024 11:09:27	PAULA CONCEICAO ROCHA DE OLIVEIRA	Aceito
Outros	questionario.pdf	23/12/2024 10:53:47	PAULA CONCEICAO ROCHA DE OLIVEIRA	Aceito
Cronograma	cronograma_execucao.pdf	23/12/2024 10:52:52	PAULA CONCEICAO ROCHA DE OLIVEIRA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_de_pesquisa.pdf	23/12/2024 10:52:31	PAULA CONCEICAO ROCHA DE OLIVEIRA	Aceito
TCLE / Termos de	tcle_faaac.pdf	23/12/2024	PAULA CONCEICAO	Aceito

FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO - UNESP/FAAC

Continuação do Parecer: 7.454.040

Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_faaac.pdf	10:50:17	ROCHA DE OLIVEIRA	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

BAURU, 20 de Março de 2025

Assinado por:
Luiz Antonio Vasques Hellmeister
(Coordenador(a))

Endereço: Avenida Engenheiro Luiz Edmundo Carrijo Coube nº 14-01, Prédio da Seção Técnica de PósGraduação da
Bairro: VARGEM LIMPA **CEP:** 17.033-360
UF: SP **Município:** BAURU
Telefone: (14)3103-4880 **Fax:** (14)3103-6050 **E-mail:** cep.faac@unesp.br

FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO - UNESP/FAAC

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Influência dos aspectos de design das interfaces de dispositivos móveis na dupla tarefa de adultos jovens e idosos.

Pesquisador: PAULA CONCEICAO ROCHA DE OLIVEIRA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 85689524.1.0000.5663

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.454.040

Apresentação do Projeto:

Segundo a autora, "o uso de dispositivos móveis, como smartphone e smartwatch durante a caminhada tem se tornado cada vez mais comum na sociedade. A interação com esses dispositivos apresenta desafios particulares, especialmente no contexto de dupla tarefa (...), tarefas realizadas simultaneamente. Entretanto, a influência de elementos de design (botões, imagens, textos) e tipos de interação (clicar, arrastar, pinçar) ainda é insuficientemente explorada. Por isso, não se sabe quais componentes e interações oferecem mais riscos para a caminhada".

Objetivo da Pesquisa:

Segundo a autora, o objetivo geral é "avaliar o efeito das características dos componentes da interface e gestos de interações no controle postural estático e dinâmico de participantes adultos jovens e idosos durante o uso de dispositivos móveis".

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundo a autora, há "o risco da queda durante a caminhada. Mas, para diminuir a chance desses riscos acontecerem, a caminhada deve ser feita na velocidade que você (participante voluntário) se sentir seguro, sem correr, e estaremos (pesquisadora e orientador) próximos a você durante todo trajeto". Como benefícios, a autora aponta "identificar quais componentes e interações são mais críticos, visando contribuir para o

Endereço: Avenida Engenheiro Luiz Edmundo Carrijo Coube nº 14-01, Prédio da Seção Técnica de PósGraduação da
Bairro: VARGEM LIMPA **CEP:** 17.033-360
UF: SP **Município:** BAURU
Telefone: (14)3103-4880 **Fax:** (14)3103-6050 **E-mail:** cep.faac@unesp.br

Apêndice B – TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido)

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação - Câmpus de Bauru

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Gostaríamos de convidar você a participar como voluntário (a) da pesquisa **"INFLUÊNCIA DOS ASPECTOS DE DESIGN DAS INTERFACES DE DISPOSITIVOS MÓVEIS NA DUPLA TAREFA DE ADULTOS JOVENS E IDOSOS"**. O motivo que nos leva a realizar esta pesquisa é **porque a interação com dispositivos móveis durante a caminhada apresenta desafios particulares, podendo apresentar impactos no controle postural e risco de queda, principalmente em idosos. A influência de elementos de design (botões, imagens, textos) e tipos de interação (clicar, arrastar, pinçar) ainda é insuficientemente explorada**. Nesta pesquisa pretendemos **avaliar especificamente como os elementos de design das telas dos dispositivos móveis influenciam na caminhada no contexto de dupla tarefa. Espera-se identificar quais componentes e interações são mais críticos, visando contribuir para o desenvolvimento de interfaces mais seguras**.

Caso você concorde em participar, vamos fazer as seguintes atividades com você: recebe-lo no laboratório da UNESP, vamos entregar um celular para que você o utilize durante o teste, a primeira coleta será feita com você interagindo com o celular de pé sobre uma plataforma no piso, para segunda coleta vamos posicionar sensores de movimento na sua roupa que vão nos ajudar a analisar sua caminhada, será uma caminhada curta dentro do próprio laboratório enquanto você também interage com o celular, os sensores serão retirados ao final da coleta. Esta pesquisa tem alguns riscos, que são: o risco da queda durante a caminhada. Mas, para diminuir a chance desses riscos acontecerem, **a caminhada deve ser feita na velocidade que você se sentir seguro, sem correr, e estaremos próximos a você durante todo trajeto**. A pesquisa pode ajudar **o desenvolvimento de aplicativos mais seguros para interação durante a caminhada e em orientações de uso de dispositivos móveis durante caminhada.**

Para participar deste estudo você não vai ter nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, se você tiver algum dano por causadas atividades que fizermos com você nesta pesquisa, você tem direito a indenização. Você terá todas as informações que quiser sobre esta pesquisa e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Mesmo que você queira participar agora, você pode voltar atrás ou parar de participar a qualquer momento. A sua participação é voluntária e o fato de não querer participar não vai trazer qualquer penalidade ou mudança na forma em que você é atendido (a). O pesquisador não vai divulgar seu nome. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável e a outra será fornecida a você. Os dados coletados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos. Decorrido este tempo, o pesquisador avaliará os documentos para a sua destinação final, de acordo com a legislação vigente. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Declaro que concordo em participar da pesquisa e que me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Bauru, _____ de _____ de 2025.

_____
Assinatura do participante
Nome do participante
RG:_____

_____
Assinatura do Pesquisador
RG: 103827906

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:
CEP - Comitê de Ética em Pesquisa da FAAC – UNESP Bauru
Fone: (14) 3103-4825/ E-mail: sta.faac@unesp.br

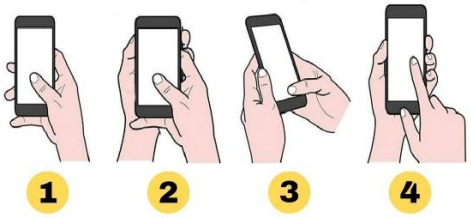
Apêndice C – Questionário pra caracterização da amostra

Apenas para fins da pesquisa, preciso de algumas informações básicas sobre você.
Reforçamos que seus dados se manterão anônimos e não serão divulgados.

1. **Poderia me informar seu primeiro e segundo nome?**
2. **Qual sua data de nascimento?**
3. **Qual seu gênero?**
   - Feminino
   - Masculino
   - Outro
4. **Qual sua escolaridade?**
   - Não concluiu nenhum nível de educação formal
   - 1 - 4 (Ensino Fundamental incompleto)
   - 5 - 8 (Ensino Fundamental completo)
   - 9 - 11 (Ensino médio completo)
   - >12 (Ensino Superior completo)

Agora gostaria de saber sobre sua experiência com dispositivos móveis.

5. **Quais dos seguintes dispositivos você costuma utilizar?**
   - Notebooks
   - Tablets
   - Celular
   - *Smartwatch* ou relógio Android
   - Óculos de realidade virtual
   - Óculos de realidade aumentada
6. **Há quanto tempo você já utiliza celular?**
   - Menos de 5 anos
   - Menos de 10 anos
   - Mais de 10 anos
7. **Em média quanto tempo utiliza o celular por dia?**
   - Menos de 1 hora
   - Entre 2 e 4 horas
   - Entre 4 e 6 horas
   - Entre 6 e 8 horas
   - Mais de 8 horas
8. **Qual sua mão dominante, direita ou esquerda?**
9. **Como geralmente você utiliza o celular?**



10. **Você costuma utilizar o celular enquanto caminha?**
    - Não
    - Sim
11. **Você precisa parar de andar para conseguir interagir com o celular?**
    - Sim
    - Não
12. **Já teve algum incidente ou queda enquanto caminhava e utilizava o celular?**
    - Não
    - Sim

Apêndice D - Roteiro de coleta piloto

APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO
○ Agradecimento ao participante ○ Acompanhamento até sala de coleta ○ Explicação do projeto ○ Entrega do TCLE ○ Tempo para leitura ○ Assinatura do documento ○ Entregar segunda via para participante ○ Aplicação do MOCA ○ Verificação da pontuação de corte do MOCA ○ Aplicação do questionário ○ Coleta de peso e altura ○ Sorteio da ordem de teste da coleta ○ Abrir o link do Useberry na coleta ○ Anotar a ordem utilizada ○ Disponibilizar o MDPQ para preenchimento pelo participante ○ Preparar o *smartphone* para coleta ○ Retirar a capa ○ Deixar o brilho no máximo ○ Desativar notificações ○ Explicação da próxima etapa da coleta

PREPARAÇÃO DO APDM OPAL
○ Acompanhar o participante até a sala ○ Pedir para ele sentar e aguardar para preparação ○ Explicar que vamos posicionar alguns sensores no corpo dele, no tronco e nos pés ○ Abrir o software e verificar se os dispositivos estão conectados ○ Posicionar no corpo do participante ○ APDM com fita mais longa: no centro da lombar na L5 ○ Com os botões virados para baixo ○ Nos pés LEFT e RIGHT: no centro do pé ○ Com os botões virados para frente, sentido contrário ao participante ○ Verificar se todos os APDM estão firmes ○ Pedir para o participante aguardar um pouco ○ Abrir o arquivo da coleta controle do participante no software

CONTROLE - POSTURAL ESTÁTICO
○ Posicionar ele de frente para o ponto de fixação ○ Ajustar na altura dos olhos do participante ○ Explicação da coleta controle e que vamos realizar 5 vezes cada etapa ○ Explicar que ele deve ficar em posição neutra, com os braços soltos ao lado do corpo e os pés levemente afastados na largura do quadril. ○ Explicar que a coleta inicia quando ele ouvir um beep. ○ Quando ouvir o beep, ele não pode se mexer ou falar, deve ficar olhando fixamente para um ponto a sua frente e na posição neutra. ○ Ele só vai poder se mover novamente, quando ouvir o beep novamente. ○ Voltar para o software ○ Selecionar Novo teste ○ Escolher Sway de Open eyes 5x

- Preparado?
- Start no software
- Beep
- Observar se o participante realizou o teste corretamente
- Beep
- Perguntar se tudo bem e podemos continuar.
- Selecionar continuar no software.
- Iniciar novamente
- Realizar 5x

CONTROLE - POSTURAL DINÂMICO

- Abrir o software e selecionar o protocolo *Walk Open Ended* 5x
- Posicionar o participante na posição
- Inserir o afastados de pés
- Pedir para o participar apertar os pés no afastador
- Retirar o afastador de pés
- Explicar que ao ouvir o beep ele deve caminhar olhando para frente em uma velocidade confortável
- Explicar até onde ele deve andar
- Explicar que ele deve parar quando chegar ao final
- Explicar que iremos realizar essa interação 5 vezes repetidamente
- Quando ouvir o beep, ele deve iniciar a caminhada e parar ao final
- Pronto?
- Start no software.
- Beep.
- Verificar se o participante realizou corretamente
- Clicar em STOP no software
- Perguntar se tudo bem e podemos continuar.
- Selecionar continuar no software.
- Iniciar novamente.
- Repetir 5x.

REALIZAR 1X PARA CADA VARIÁVEL

POSTURAL ESTÁTICO

- Entregar *Smartphone* ao participante
- Posicionar na região de coleta
- Explicação da coleta com utilização do *smartphone*
- Ele deve utilizar as duas mãos para utilizar o dispositivo
- Vídeo de como a interação na tela vai aparecer para ele
- Explicar que iremos realizar essa interação 5 vezes repetidamente
- Quando ouvir o beep, ele deve ficar na posição neutra e começar a interagir com o *smartphone*
- Deve apertar o botão e realizar a ação na tela até ver uma mensagem dizendo que a tarefa foi completada
- Após completada ele pode parar de interagir com o *smartphone* e ficar na posição neutra
- Voltar para o software
- Selecionar Novo teste
- Escolher Sway de Open eyes 5x
- Preparado? Posição neutra, no beep começa a mexer no celular com as duas mãos.
- Start no software
- Beep
- Observar se o participante fez corretamente a ordem
- Beep de finalização
- Perguntar se tudo bem e podemos continuar.
- Vamos fazer novamente o mesmo procedimento.

○ Realizar 5x
COLETA POSTURAL DINÂMICO
○ Atualizar o link do Useberry na coleta ○ Posicionar o participante na posição ○ Entregar *Smartphone* ao participante ○ Inserir o afastados de pés ○ Pedir para o participar apertar os pés no afastador ○ Retirar o afastador de pés ○ Explicar que ao ouvir o beep ele deve caminhar olhando para frente em uma velocidade confortável ○ Explicar até onde ele deve andar ○ Explicar que ele deve parar quando chegar ao final ○ Explicar que iremos realizar essa interação 5 vezes repetidamente ○ Quando ouvir o beep, ele deve iniciar a caminhada e parar ao final ○ Explicação da coleta com utilização do *smartphone*, que ele vai utilizar enquanto caminha ○ Ele deve utilizar as duas mãos para utilizar o dispositivo ○ Explicar que iremos realizar essa interação 5 vezes repetidamente ○ Vídeo de como a interação na tela vai aparecer para ele ○ Quando ouvir o beep, ele deve começar a caminhar ○ Enquanto caminha ele deve apertar o botão e realizar a ação na tela até ver uma mensagem dizendo que a tarefa foi completada ○ Após completada ele deve parar de interagir com o *smartphone* e finalizar a caminhada ○ Pronto? Posição neutra, no beep começa a caminhar e mexer no celular com as duas mãos. ○ Start no software. ○ Beep. ○ Observar se o participante fez corretamente a ordem ○ Clicar no stop no software ○ Perguntar se tudo bem e podemos continuar. ○ Vamos fazer novamente o mesmo procedimento. ○ Repetir 5x.

Anexos

Pesquisador Responsável: PAULA CONCEIÇÃO ROCHA DE OLIVEIRA
Instituição: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Contato: (14) 3103-6000
CONCEICAO.ROCHA@UNESP.BR
Orientador: FAUSTO ORSI MEDOLA
Instituição: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Contato: (14) 3103-6000
FAUSTO.MEDOLA@UNESP.BR

Anexo A - Questionário MDPQ

Questionário sobre o conhecimento no uso de dispositivos móveis (*smartphone* e *tablet*) MDPQ - Brasil

Este questionário pergunta sobre o seu conhecimento para realizar uma série de tarefas em um dispositivo móvel (telefone celular e *tablet*)

O que é um dispositivo móvel?

Um dispositivo móvel é um equipamento que permite você realizar as mesmas tarefas que um computador padrão, mas sem o uso de um teclado físico ou mouse. É comandado pelo toque na tela (*touchscreen*) e realiza suas tarefas por aplicativos (*Apps* - abreviação de aplicativos)



Há dispositivos móveis de diversos tamanhos. Acima estão apresentados dois *tablets* de tamanhos diferentes, bem como um *smartphone*. Esses são os tipos de dispositivos nos quais estamos interessados.

Questionário sobre o conhecimento no uso de dispositivos móveis (*smartphone* e *tablet*) MDPQ - Brasil

Nome: Data: ___/___/____

Examinador: Data: ___/___/____

Por favor, responda a cada pergunta colocando um X na opção que for mais apropriada.

Se você nunca tentou realizar uma tarefa em um dispositivo móvel ou não sabe o que deve ser feito nessa tarefa, por favor marque "NUNCA TENTEI", mesmo que você pense ser capaz de realizá-la. Lembre-se, você está avaliando sua habilidade em realizar cada uma dessas tarefas, especificamente, usando um dispositivo móvel (*Tablet* ou *Smartphone*).

1. Funções básicas de dispositivos móveis

Usando um dispositivo móvel eu consigo:	**Nunca tentei (1)**	**De jeito nenhum (2)**	**Com alguma dificuldade (3)**	**Com alguma facilidade (4)**	**Com muita facilidade (5)**
a. Ligar e desligar o dispositivo móvel					
b. Carregar o dispositivo móvel quando a bateria estiver acabando					
c. Navegar pelos menus usando a tela sensível ao toque (*touchscreen*)					
d. Usar o teclado na tela para digitar					
e. Copiar e colar textos usando o toque na tela (*touchscreen*)					
f. Ajustar o volume do dispositivo móvel					
g. Ajustar o brilho da tela					
h. Ajustar o tamanho do texto (fonte/letra)					
i. Conectar a uma rede *Wi-fi*					

2. Comunicação

Usando um dispositivo móvel eu consigo:	**Nunca tentei (1)**	**De jeito nenhum (2)**	**Com alguma dificuldade (3)**	**Com alguma facilidade (4)**	**Com muita facilidade (5)**
a. Abrir *e-mails*					
b. Enviar *e-mails*					
c. Enviar o mesmo *e-mail* para várias pessoas ao mesmo tempo					
d. Armazenar endereços de *e-mails* em uma agenda ou lista de contatos					
e. Visualizar imagens enviadas por *e-mail*					
f. Enviar imagens por *e-mail*					
g. Publicar mensagens nas redes sociais (por exemplo: Facebook, Twitter, Instagram)					
h. Usar aplicativos de mensagens instantâneas (por exemplo: WhatsApp, Messenger, mensagem de texto, Telegram)					
i. Usar chamadas de vídeo (por exemplo Skype, FaceTime, Google Meet, Zoom, chamada de vídeo do WhatsApp)					

3. Armazenamento de dados e arquivos

Usando um dispositivo móvel eu consigo:	**Nunca tentei (1)**	**De jeito nenhum (2)**	**Com alguma dificuldade (3)**	**Com alguma facilidade (4)**	**Com muita facilidade (5)**
a. Transferir arquivos (por exemplo: músicas, imagens, documentos) do meu dispositivo móvel para o meu computador					
b. Transferir arquivos (por exemplo: músicas, imagens, documentos) do meu computador para o meu dispositivo móvel					
c. Armazenar informações de forma que me permite visualizar meus arquivos de qualquer lugar - nuvem (por exemplo, Google Drive, Microsoft Onedrive, Dropbox)					

4. Internet

Usando um dispositivo móvel eu consigo:	**Nunca tentei (1)**	**De jeito nenhum (2)**	**Com alguma dificuldade (3)**	**Com alguma facilidade (4)**	**Com muita facilidade (5)**
a. Usar ferramentas de busca (por exemplo: Google, Bing)					
b. Buscar informações na internet sobre serviços da comunidade local					
c. Buscar informações na internet sobre meus *hobbies* e interesses					
d. Buscar informações na internet sobre saúde					
e. Ler notícias na internet					
f. Fazer compras na internet					
g. Marcar sites para encontrá-los novamente (salvar como favoritos)					
h. Salvar textos e imagens que encontro na Internet					

5. Calendário

Usando um dispositivo móvel eu consigo:	**Nunca tentei (1)**	**De jeito nenhum (2)**	**Com alguma dificuldade (3)**	**Com alguma facilidade (4)**	**Com muita facilidade (5)**
a. Inserir eventos e compromissos no calendário					
b. Checar a data e horário de compromissos passados e futuros					
c. Configurar alertas para me lembrar de eventos e compromissos					

6. Entretenimento

Usando um dispositivo móvel eu consigo:	**Nunca tentei (1)**	**De jeito nenhum (2)**	**Com alguma dificuldade (3)**	**Com alguma facilidade (4)**	**Com muita facilidade (5)**
a. Usar a "loja" online do dispositivo móvel para encontrar jogos e outras formas de entretenimento (por exemplo, usando a *Apple App Store* ou *Google Play Store*)					
b. Assistir filmes e vídeos					
c. Escutar música					
d. Ler um livro					
e. Tirar fotos e fazer vídeos					

7. Privacidade

Usando um dispositivo móvel eu consigo:	**Nunca tentei (1)**	**De jeito nenhum (2)**	**Com alguma dificuldade (3)**	**Com alguma facilidade (4)**	**Com muita facilidade (5)**
a. Configurar uma senha para bloquear/desbloquear o dispositivo móvel					
b. Apagar imagens e vídeos armazenados no dispositivo móvel					
c. Apagar todo o histórico de navegação da internet e arquivos temporários					
d. Restaurar o dispositivo móvel para as configurações de fábrica, apagando todas as informações da conta					

8. Soluções de problemas e gerenciamento de *software*

Usando um dispositivo móvel eu consigo:	**Nunca tentei (1)**	**De jeito nenhum (2)**	**Com alguma dificuldade (3)**	**Com alguma facilidade (4)**	**Com muita facilidade (5)**
a. Reiniciar o dispositivo móvel quando ele estiver travado ou não estiver funcionando adequadamente					
b. Atualizar jogos e outros aplicativos					
c. Fechar jogos e outros aplicativos					
d. Excluir jogos e outros aplicativos					
e. Atualizar o sistema operacional do dispositivo móvel					