

Integração de usabilidade no paradigma de IoT em tele saúde Automatização ao serviço da usabilidade

Carlos Manuel Bernardes Romeiro

Tese para obtenção do Grau de Doutor em
Engenharia Informática
(3º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Pedro José Guerra de Araújo

Júri:

Presidente

Prof. Doutor Hugo Pedro Martins Carriço Proença

Vogais

Prof. Doutor João Manuel Pereira Barroso
Prof. Doutor Henrique Manuel Gil Martins
Prof. Doutor Miguel Francisco Martins de Lima
Prof. Doutor Pedro José Guerra de Araújo

Data de Realização das Provas:

16 de Junho de 2023

Thesis prepared at Instituto de Telecomunicações - Delegação da Covilhã and at Department of Computer Science of University of Beira Interior, and submitted to the University of Beira Interior for discussion in public session to obtain the Ph.D. Degree in Computer Science and Engineering.

This work was funded by FCT/MCTES through national funds and when applicable co-funded EU funds under the project UIDB/50008/2020.

Declaração de Integridade

Eu, Carlos Manuel Bernardes Romeiro, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição D1777 de/o Engenharia Informática da Faculdade de Engenharia, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridades da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referenciação de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã 17/07/2023

Carlos Romeiro

Dedicatória

Aos meus avós - em especial à minha avó Ana Maria - pelas lições que sempre me deram; aos meus pais pelos valores e ética transmitidos; à minha irmã pelos conselhos dados; à minha esposa e filhas pelo amor incondicional e apoio que sempre me deram.

Agradecimentos

Venho por este meio agradecer aos seguintes elementos cuja intervenção permitiu a criação da tese de doutoramento discriminada:

- O Professor Doutor Pedro José Guerra Araújo, professor no departamento de informática da Universidade da Beira Interior pela paciência e tempo despendido durante todo o processo de elaboração da tese, e pelos conselhos fornecidos que permitiram ao discente refletir sobre o valor associado ao trabalho e esforço realizado;
- A minha esposa, Mafalda Castelo-Branco, cujo discernimento, calma e paciência permitiram ao discente relativizar e racionalizar a resolução de cada desafio endereçado durante a elaboração da tese e acreditar nas suas capacidades enquanto aluno, pai e profissional;
- Os meus pais pelo apoio incondicional durante todo o meu percurso académico, e pelo esforço aplicado durante a revisão linguística do documento;
- A minha irmã, cuja excelência em termos académicos, motivou o esforço e perfeccionismo durante todo o processo de elaboração;
- As minhas filhas, Madalena e Margarida, cujas brincadeiras forneceram ao discente o distanciamento necessário em momentos críticos da sua elaboração para relativizar a resolução de lacunas identificadas;
- A Sara Agostinho pelo conteúdo e dicas fornecidas, e todo o tempo que disponibilizou a rever o documento.

Lista de publicações

Artigos incluídos na tese como resultado do programa de pesquisa efetuado.

- [1] C. Romeiro and P. Araújo, “Usability Heuristic Evaluation in AAL Ecosystems,” *KnE Engineering*, Jun. 2020, doi: 10.18502/keg.v5i6.7050.
- [2] C. Romeiro and P. Araújo, “Principles’ Parametrization to Assert the Usability Compliance Level of AAL Ecosystems,” in *Proceedings of Seventh International Congress on Information and Communication Technology*, 2023, pp. 99–107.
- [3] C. Romeiro and P. Araújo, “Guidelines’ Parametrization to Assess AAL Ecosystems’ Usability.,” in *ICEIS (2)*, 2022, pp. 309–316.
- [4] C. Romeiro and P. Araújo, “Definition of Guideline-Based Metrics to Evaluate AAL Ecosystem’s Usability,” *Human Behavior and Emerging Technologies*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/8939072.

Prefácio

Os ecossistemas AAL (Ambientes de Vida Assistida) apresentam uma multiplicidade de desafios de natureza tecnológica, cuja influência sobre a sua adoção em larga escala fomentou a procura de soluções por parte da comunidade científica e industrial. Apesar do esforço aplicado no seu desenvolvimento as lacunas de usabilidade surgem como uma das principais condicionantes à sua massificação, pela ausência de medidas ou foco sobre esta problemática. Nesse sentido a tese visa parametrizar as linhas orientadoras de usabilidade proeminentes na literatura e traduzi-las em regras de negócio, de modo a criar uma ferramenta heurística que avalie e quantifique o grau de conformidade das interfaces com as boas práticas de usabilidade independentemente do contexto aplicacional.

Resumo

Durante os últimos anos os países desenvolvidos têm sofrido um *shift* demográfico fomentado pelo aumento da população idosa e pela redução da taxa de natalidade. A proeminência destes fatores nas sociedades atuais despoletou desafios de natureza societal, técnica e económica em várias áreas de atuação. Nessas áreas, destaca-se a área de saúde pela sua sensibilidade e relevância para o quotidiano de utilizadores com necessidades especiais (pessoas idosas, deficientes motores, entre outros). Nesse sentido, para mitigar os desafios impostos nos sistemas de saúde, têm-se adotado tecnologias de informação e comunicação para o dimensionamento de soluções dedicadas, que visam satisfazer necessidades específicas – os ecossistemas AAL (Ambiente de Vida Assistida).

Apesar do seu atual estado de desenvolvimento, enfrentam múltiplos desafios relacionados com a autonomia, robustez, segurança, integração, interação humano-computador, armazenamento de dados e usabilidade, que condicionam a sua aceitação junto dos principais *intervenientes* [1][2][3][4]. O foco do desenvolvimento desta tipologia de ecossistemas sobre o paradigma tecnológico fomentou o desenvolvimento de aplicações específicas centralizadas sobre a mitigação de lacunas técnico-científicas [5][6][7][8], e é apontado como um dos motivos para os seus atuais níveis de adesão. A maximização da sua introdução no mercado impõe que o seu dimensionamento se centralize sobre o utilizador final, em termos de *design*, requisitos funcionais e não funcionais; e contemple o contexto de integração e continuidade de cuidados inseridos num sistema complexo, por contabilização da diversidade multidimensional dos utilizadores, da natureza das tarefas, do contexto de utilização e das plataformas tecnológicas [5]. Neste contexto, a usabilidade e a utilidade percecionada adquirem um papel de destaque, devido à sua estreita relação com o público-alvo.

A necessidade crescente a nível empresarial de minimização do tempo necessário à colocação de produtos no mercado tem motivado a colocação da usabilidade do produto dimensionado em segundo plano [9][10][11]. Fator que aliado à morosidade do processo de análise e ao número de dependências, existência de profissionais na área, de utilizadores finais disponíveis para testar os protótipos dimensionados, entre outras, inviabiliza um estudo extensivo da usabilidade do produto antes, durante e após o seu desenvolvimento. No sentido de mitigar as lacunas identificadas no processo em termos de tempo de execução e dependências explícitas, visar-se-á dotar equipas de desenvolvimento de uma ferramenta que analise o produto dimensionado em tempo real

ao nível das linhas orientadoras definidas na literatura. Para quantificar as linhas orientadoras especificadas, impor-se-á a sua parametrização baseada na informação existente na literatura.

Nesse sentido, a tese visa compilar os parâmetros necessários a quantificar as linhas orientadoras definidas na literatura: Jakob Nielsen, Gerhardt-Powals, Shneiderman, Weinschenk e Barker, e Tognazzini. Através da parametrização definir-se-á a base para traduzir linhas orientadoras em lógica a utilizar no dimensionamento de uma ferramenta de análise de usabilidade em tempo real das interfaces. Ferramenta que conferirá aos intervenientes diretos no ciclo de desenvolvimento, os programadores, uma forma objetiva de analisar a usabilidade do produto dimensionado sem requerer a intervenção de entidades externas a título inicial.

Palavras-chave

Ambientes de Vida Assistida; Princípios de Usabilidade; Automação; Human Computer Interfaces; Análise Heurística.

Abstract

In the past few years there has been a significant growth of the elderly population in both developing and developed countries. This event provided new economic, technical and demographic challenges to current societies in several areas and services. Among them the healthcare services can be highlighted, due to its impact in people daily lives. As a natural response an effort has been made by both the scientific and industrial community to develop alternatives, which could mitigate the current healthcare services bottlenecks and provide means in aiding and improve the end-user life quality. Through a combination of information and communication technologies specialized ecosystems have been developed, however multiple challenges arose, which compromise their adoption and acceptance among the main stakeholders, such as their autonomy, robustness, security, integration, human-computer interactions, and usability. As consequence an effort has been made to deal with the technical related bottlenecks, which shifted the development process focus from the end-user to the ecosystem's technological impairments. Despite there being user related issues, such as usability, which remains to be addressed. Therefore, this thesis focuses over the ecosystem's usability through the analysis of the process used to check the ecosystem's compliance level with the usability guidelines subset from Jakob Nielsen and Rolf Molich, from Ben Shneiderman, from Weinschenk and Barker and from Tognazzini; and the identification of the quantifiable parameters for each principle that could aid in the heuristics evaluation process by maximizing its objectivity improve its overall accuracy. Through this quantification the base ground is set up to translate the broad guidelines defined in the literature to business rules that can be used to create a tool to check an interface usability overall status in real time. Tool which will provide the main entities in the development cycle an objective approach to check the usability of the product/service created without the intervention of real users in the initial stage of the project.

Keywords

Usability, Ambient assisted living, User interaction, Automation, Heuristics analysis

Índice

1. Introdução	35
1.1. Estrutura e objetivos	35
1.2. Revisão da literatura	37
2. Ambientes de Vida Assistida	41
2.2. Plano tecnológico	44
2.2.1. Paradigma de IoT	44
2.2.2. Protocolos de comunicação	45
2.3. Plano de desenvolvimento	46
2.3.1. Regulamentos e normas	47
2.3.1.1. IEC 62366	47
2.3.1.2. IEC 62304	48
2.3.1.3. IEC 82304-1	48
2.3.2. Requisitos técnicos	50
2.3.3. Estrutura funcional	50
2.3.3.1. Infraestrutura Cloud	51
2.3.3.2. Gateway	51
2.3.3.3. Módulo de monitorização	54
2.3.3.4. Informação recolhida	57
2.3.3.5. Módulo de interação	62
2.3.4. Arquitetura	63
2.3.5. Plataformas	65
3. Usabilidade	77
3.1. Linhas orientadoras	78
3.1.1. Contexto genérico	78
3.1.1.1. Princípios heurísticos de Jakob Nielsen e Rolf Molich	78
3.1.1.2. Regras de Constantine	79
3.1.1.3. Princípios cognitivos de Gerhardt-Powals	79
3.1.1.4. Princípios de Dix, Finlay, Abowd e Beale	79
3.1.1.5. Regras de ouro de Shneiderman	80
3.1.1.6. Princípios cognitivos de Weinschenk e Barker	80
3.1.1.7. Princípios de design de interação de Tognazzini	81
3.1.2. Contexto específico	81
3.1.2.1. Princípios específicos ao dispositivo	81
3.1.2.2. Princípios específicos à funcionalidade	83
3.2. Metodologias	83
3.2.1. Inspeção	83
3.2.1.1. Avaliação heurística	84
3.2.1.2. Inspeção de funcionalidades	85
3.2.1.3. Inspeção de consistência	85
3.2.1.4. Inspeção de standards	85
3.2.1.5. Inspeção formal de usabilidade	86

3.2.1.6. Cognitive walkthrough	86
3.2.1.7. Pluralistic walkthrough	87
3.2.2. Inquéritos	88
3.2.3. Testes de usabilidade	90
3.3. Escalas	95
3.3.1. Orientadas ao utilizador	95
3.3.2. Orientadas ao processo heurístico	96
3.3.2.1. Escala de Jakob Nielsen	96
3.3.2.2. Escala de Joe Dumas e Ginny Redish	96
3.3.2.3. Escala de Jeffrey Rubin e Dana Chisnell	97
3.3.2.4. Escala de Chauney Wilson	97
3.3.2.5. Escala de Roff Molich e Robin Jeffries	98
4. Garantia de Qualidade	101
4.1. Avaliação heurística automatizada	102
4.1.1. Ferramentas comerciais	104
4.1.2. Ferramentas académicas	108
4.1.2.1. Baseadas no modelo de interação do utilizador final	108
4.1.2.2. Baseadas na corroboração de métricas	109
4.1.2.3. Baseada na definição de modelos de interação artificiais	110
4.1.2.4. Híbrida	110
5. Execução prática	115
5.1. Caso de uso	115
5.1.1. Doctor Helper	115
5.1.1.1. Ecrã de login	118
5.1.1.2. Ecrã da timeline	120
5.1.1.3. Ecrã dos sensores	121
5.1.1.4. Ecrã de configurações	124
5.1.2. SmartAL	127
5.1.2.1. Ecrã de login	128
5.1.2.2. Ecrã de obtenção da aplicação mobile	128
5.1.2.3. Ecrã de recuperação da senha	128
5.1.2.4. Ecrã principal	129
5.2. Procedimento avaliativo	131
5.2.1. Linhas orientadoras	132
5.2.1.1. Princípios heurísticos de Jakob Nielsen	132
5.2.1.2. Princípios cognitivos de Gerhardt-Powals	140
5.2.1.3. Regras de ouro de Shneiderman	142
5.2.1.4. Princípios cognitivos de Weinschenk e Barker	144
5.2.1.5. Princípios de design de interação de Tognazzini	150
5.2.2. Quantificação	157
5.3. Resultados obtidos	157
5.3.1. Doctor Helper	157
5.3.2. SmartAL	162

5.4. Discussão	170
5.5. Arquitetura proposta	174
6. Conclusões	177
6.1. Sumário	177
6.2. Principais contribuições	177
6.3. Limitações	177
6.4. Trabalho futuro	178
7. Anexos	179
A.1 Boas práticas de design	179
A.2 Protocolos	190
A.3 Dispositivos móveis	194
A.4 Usabilidade em contexto académico	194
A.5 Resultados obtidos	199
A.6 Publicações e certificados de participação	212
8. Bibliografia	215

Lista de Figuras

Fig. 1: Evolução da população entre 1960 e 2020.	41
Fig. 2: Análise de mercado dos protocolos adotados em redes domésticas no contexto do AAL.	46
Fig. 3: Ciclo de desenvolvimento associado ao <i>standard</i> IEC 82304-1.	49
Fig. 4: Arquitetura proposta pela solução do artigo [71].	52
Fig. 5: Arquitetura proposta pela solução do artigo [72].	53
Fig. 6: Arquitetura da solução baseada no Cooking Hacks [73].	54
Fig. 7: Evolução do valor nominal de sensores incluídos nos iPhones entre 2010 e 2021[78].	56
Fig. 8: Evolução do valor nominal de sensores incluídos nos Samsung Galaxy entre 2010 e 2021 [79].	56
Fig. 9: Tipo de sinais usados em ecossistemas AAL.	61
Fig. 10: Número de referências por parâmetro usado em sistemas AAL.	62
Fig. 11: Arquitetura funcional de um sistema AAL.	63
Fig. 12: Relação entre as entidades interveniente e as metodologias de usabilidade.	83
Fig. 13: Análise das metodologias adotadas num conjunto de 15 amostras.	94
Fig. 14: Análise dos estudos empíricos segmentados pelas metodologias utilizadas [204].	95
Fig. 15: Tipos de automatismos desenvolvidos para a metodologia heurística entre 1997 e 2021.	111
Fig. 16: Distribuição de cada solução apresentada na literatura por cada categoria discriminada.	112
Fig. 17: Distribuição por tipologia das métricas focadas nas soluções identificadas.	112
Fig. 18: Distribuição das funcionalidades num espaço amostral de dezasseis soluções.	117
Fig. 19: Diagrama de blocos do ecrã de <i>login</i>	119
Fig. 20: Ecrã de <i>login</i>	119
Fig. 21: Ecrã de recuperação da senha.	119
Fig. 22: Secção de identificação pessoal do utilizador no ecrã de criação da conta.	120
Fig. 23: Secção de dados de localização do utilizador no ecrã de criação da conta.	120
Fig. 24: Secção de detalhes da conta do utilizador no ecrã de criação da conta.	120
Fig. 25: Diagrama de blocos do ecrã da <i>timeline</i>	120
Fig. 26: Ecrã da <i>timeline</i>	121
Fig. 27: Diagrama de blocos do ecrã dos sensores.	122
Fig. 28: Ecrã geral dos sensores.	122
Fig. 29: Secção de visão tabelar do ecrã de visualização de detalhes.	122
Fig. 30: Secção de visão gráfica do ecrã de visualização de detalhes.	123
Fig. 31: Secção de modificação de dados do ecrã de edição de detalhes.	123
Fig. 32: Secção de resolução de problemas do ecrã de edição de detalhes.	123
Fig. 33: Secção de resolução de problemas do ecrã de edição de detalhes.	124
Fig. 34: Diagrama de blocos do ecrã das configurações.	125
Fig. 35: Secção geral do ecrã de configurações.	125

Fig. 36: Secção do perfil do ecrã de configurações.....	126
Fig. 37: Secção do equipamento de rede do ecrã de configurações.....	126
Fig. 38: Secção de notificações do ecrã de configurações.....	126
Fig. 39: Secção de recriação do ecrã de notificações.....	126
Fig. 40: Secção de visualização do ecrã de notificações.....	127
Fig. 41: Secção de gestão da informação armazenada do ecrã de configurações.....	127
Fig. 42: Ecrã de <i>login</i> da plataforma SmartAL.....	128
Fig. 43: Ecrã para descarregar a versão mobile da aplicação SmartAL.....	128
Fig. 44: Ecrã para recuperação da senha do utilizador da plataforma SmartAL.....	129
Fig. 45: Ecrã principal da plataforma SmartAL para o paciente.....	130
Fig. 46: Ecrã principal da plataforma SmartAL para o profissional médico.....	131
Fig. 47: Secção do utente que fornece ao utilizador mecanismos de gestão da informação associada organizada por contexto operacional.....	131
Fig. 48: Número de ações contabilizadas no processo de avaliação para cada parâmetro.....	158
Fig. 49: Avaliação dos parâmetros associados à visibilidade do estado do sistema.....	159
Fig. 50: Número de objetos contabilizados no processo de avaliação de cada parâmetro.....	160
Fig. 51: <i>Tooltip</i> de um dos objetos dos emojis do Gmail.....	161
Fig. 52: Número de ações contabilizadas no processo de avaliação para cada parâmetro.....	163
Fig. 53: Avaliação dos parâmetros associados à visibilidade do estado do sistema.....	163
Fig. 54: Número de objetos contabilizados no processo de avaliação para cada parâmetro.....	164
Fig. 55: Avaliação dos parâmetros associados à adequação do sistema ao ambiente real.....	165
Fig. 56: Número de ações contabilizadas no processo de avaliação para cada parâmetro.....	166
Fig. 57: Número de objetos contabilizados na avaliação do mecanismo de <i>autocomplete</i>	166
Fig. 58: Avaliação dos parâmetros associados à prevenção de erros.....	167
Fig. 59: Número de objetos contabilizados na avaliação dos parâmetros identificados.....	168
Fig. 60: Avaliação dos parâmetros associados ao reconhecimento em detrimento do uso de memória.....	168
Fig. 61: Número de ações contabilizadas na avaliação dos parâmetros identificados.....	169
Fig. 62: Avaliação dos parâmetros associados ao reconhecimento e recuperação de erros.....	170
Fig. 63: Camadas da arquitetura da ferramenta a dimensionar.....	175
Fig. 64: Evolução da frequência de funcionamento dos processadores.....	194
Fig. 65: Evolução do número de cores do processador.....	194
Fig. 66: Distribuição dos elementos da interface por ecrã e secção.....	199
Fig. 67: Avaliação dos parâmetros associados à utilização de valores por defeito na interface.....	208
Fig. 68: Distribuição dos elementos da interface nas áreas específicas do paciente.....	210
Fig. 69: Distribuição dos elementos da interface nas áreas específicas do cuidador.....	211
Fig. 70: Distribuição dos elementos da interface nas áreas agnósticas por utilizador.....	211
Fig. 71: Feedback fornecido pelos editores da revista “Computational Design and Engineering”.....	212
Fig. 72: Certificado da conferência ICEIS 2022.....	213
Fig. 73: Certificado da conferência ICICT 2022.....	214

Lista de Tabelas

Tabela 1: Exemplos de soluções de prevenção e gestão em ambientes AAL.....	43
Tabela 2: Requisitos não funcionais de ambientes AAL.....	50
Tabela 3: Tipos de sensores discretos.....	55
Tabela 4: Exemplos de dispositivos estáticos no mercado.....	57
Tabela 5: Medições fisiológica segmentadas pelo tipo de energia.....	59
Tabela 6: Lista de plataformas de ecossistemas AAL.....	67
Tabela 7: Lista de plataformas de ecossistemas AAL (cont.).....	68
Tabela 8: Lista de plataformas de ecossistemas AAL (cont.).....	69
Tabela 9: Lista de plataformas de ecossistemas AAL (cont.).....	70
Tabela 10: Lista de plataformas de ecossistemas AAL (cont.).....	71
Tabela 11: Categorização dos princípios definidos por Alan Dix <i>et al.</i> [182].....	80
Tabela 12: Vantagens e desvantagens identificadas na avaliação heurística.....	84
Tabela 13: Lista de vantagens e desvantagens identificadas da inspeção de consistência.....	85
Tabela 14: Lista de vantagens e desvantagens da metodologia de <i>Cognitive Walkthrough</i>	87
Tabela 15: Lista de vantagens e desvantagens do <i>Pluralistic Walkthrough</i>	88
Tabela 16: Lista de metodologias de inquéritos com a respetiva descrição.....	89
Tabela 17: Lista de metodologias de inquéritos com a respetiva descrição (cont.).....	90
Tabela 18: Lista de vantagens e desvantagens das metodologias de testes.....	91
Tabela 19: Lista de metodologias de testes com a respetiva descrição.....	92
Tabela 20: Lista de metodologias de testes com a respetiva descrição (cont.).....	93
Tabela 21: Escala de severidade proposta por Jakob Nielsen.....	96
Tabela 22: Escala de severidade proposta por Joe Dumas e Ginny Redish.....	97
Tabela 23: Escala de impacto proposta por Jeffrey Rubin e Dana Chisnell.....	97
Tabela 24: Escala de frequência de ocorrência proposta por Jeffrey Rubin e Dana Chisnell.....	97
Tabela 25: Escala de severidade proposta por Chaune Wilson.....	98
Tabela 26: Escala de impacto proposta por Roff Molich e Robin Jeffries.....	98
Tabela 27: Escala de nível de persistência proposta por Roff Molich e Robin Jeffries.....	99
Tabela 28: Ferramentas de análise de acessibilidade no contexto de <i>Web</i>	105
Tabela 29: Ferramentas de análise de acessibilidade no âmbito de Android.....	106
Tabela 30: Ferramentas de análise de acessibilidade utilizadas no âmbito de iOS.....	107
Tabela 31: Ferramentas de análise de acessibilidade utilizadas no contexto de testes manuais.....	108
Tabela 32: Funcionalidades dos ecossistemas AAL discriminados.....	116
Tabela 33: Funcionalidades dos ecossistemas AAL discriminados (cont.).....	117
Tabela 34: Parâmetros de avaliação da visibilidade do estado do sistema.....	133
Tabela 35: Parâmetros de avaliação da adequação do sistema ao ambiente real.....	133
Tabela 36: Parâmetros de avaliação do nível de controlo sobre as ações do utilizador.....	134

Tabela 37: Parâmetros de avaliação da consistência da interface.....	135
Tabela 38: Parâmetros de avaliação da prevenção de erros na interface.	136
Tabela 39: Parâmetros de avaliação da promoção do ato de reconhecimento na interface.	137
Tabela 40: Parâmetros de avaliação da flexibilidade e eficiência de uso na interface.	137
Tabela 41: Parâmetros de avaliação do <i>design</i> estético e minimalista na interface.....	138
Tabela 42: Parâmetros de avaliação do suporte no reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros na interface.....	139
Tabela 43: Parâmetros de avaliação de ajuda e documentação de suporte na interface.	139
Tabela 44: Parâmetros de avaliação na automatização de tarefas desnecessárias na interface.	140
Tabela 45: Parâmetros de avaliação da minimização da informação dúbia na interface.	140
Tabela 46: Parâmetros de avaliação da fusão de informação na interface.	140
Tabela 47: Parâmetros de avaliação da adequação dos nomes nas opções da interface.....	141
Tabela 48: Parâmetros de avaliação da formação de blocos consistentes de informação na interface.	141
Tabela 49: Parâmetros de avaliação da informação apresentada na interface.	142
Tabela 50: Parâmetros de avaliação da codificação da informação na interface.	142
Tabela 51: Parâmetros de avaliação do <i>feedback</i> fornecido pela interface.....	143
Tabela 52: Parâmetros de avaliação do fornecimento da percepção de conclusão de ações na interface.	143
Tabela 53: Parâmetros de avaliação do controlo das operações na interface orientados para as ações.....	144
Tabela 54: Parâmetros de avaliação do controlo do utilizador na interface.....	144
Tabela 55: Parâmetros de avaliação da contabilização das limitações humanas na interface. ..	145
Tabela 56: Parâmetros de avaliação da clareza linguística na interface.	146
Tabela 57: Parâmetros de avaliação da integridade estética da interface.....	146
Tabela 58: Parâmetros de avaliação da simplicidade da interface.....	147
Tabela 59: Parâmetros de avaliação da simplicidade da interface.....	148
Tabela 60: Parâmetros de avaliação da interpretação da interface.	148
Tabela 61: Parâmetros de avaliação da clareza técnica da interface.	148
Tabela 62: Parâmetros de avaliação da flexibilidade da interface.	149
Tabela 63: Parâmetros de avaliação da precisão da interface.	149
Tabela 64: Parâmetros de avaliação da tolerância a erros da interface.....	149
Tabela 65: Parâmetros de avaliação da autonomia.....	150
Tabela 66: Parâmetros de avaliação das cores da interface.	150
Tabela 67: Parâmetros de avaliação dos valores por defeito da interface.	151
Tabela 68: Parâmetros de avaliação dos visibilidade da interface.....	151
Tabela 69: Parâmetros de avaliação da eficiência do utilizador na interface.	152
Tabela 70: Parâmetros de avaliação da permissividade da interface à exploração.....	152
Tabela 71: Parâmetros de avaliação da permissividade da interface à exploração (cont.).	153
Tabela 72: Parâmetros de avaliação da capacidade de redução da latência da interface.	153
Tabela 73: Parâmetros de avaliação do uso de metáforas pela interface.....	153

Tabela 74: Parâmetros de avaliação da legibilidade da interface.	154
Tabela 75: Parâmetros de avaliação do estado da interface.....	155
Tabela 76: Parâmetros de avaliação da navegação na interface.	155
Tabela 77: Lista de linhas orientadora não parametrizáveis.	155
Tabela 78: Lista de linhas orientadora não parametrizáveis (cont.).....	156
Tabela 79: Lista de linhas orientadora não parametrizáveis (cont.).....	157
Tabela 80: Avaliação do Doctor Helper de acordo com os princípios de Jakob Nielsen.	157
Tabela 81: Avaliação do SmartAL de acordo com os princípios de Jakob Nielsen.	162
Tabela 82: Modelo avaliativo com os parâmetros associados a cada princípios contabilizados.	170
Tabela 83: Modelo avaliativo com os parâmetros associados a cada princípios contabilizados (cont.).....	171
Tabela 84: Modelo avaliativo com os parâmetros associados a cada princípios contabilizados (cont.).....	172
Tabela 85: Modelo avaliativo com os parâmetros associados a cada princípios contabilizados (cont.).....	173
Tabela 86: Lista de princípios heurísticos de Jakob Nielsen e Rolf Molich.	179
Tabela 87: Lista de princípios heurísticos de Jakob Nielsen (cont.).....	180
Tabela 88: Lista de princípios heurísticos de Jakob Nielsen (cont.).....	181
Tabela 89: Lista de regras de usabilidade de Constantine.....	182
Tabela 90: Lista de princípios cognitivos de Gerhardt-Powals.	183
Tabela 91: Lista de princípios de Dix, Finlay, Abowd e Beale.....	184
Tabela 92: Lista de regras de ouro de Shneiderman.	185
Tabela 93: Lista de princípios cognitivos de Weinschenk e Barker.	186
Tabela 94: Lista de princípios de <i>design</i> de Tognazzini.	187
Tabela 95: Lista de princípios de <i>design</i> de Tognazzini (cont.).....	188
Tabela 96: Lista de princípios de <i>design</i> de Tognazzini (cont.).....	189
Tabela 97: Especificações técnicas dos protocolos de comunicação típicos em AAL.	190
Tabela 98: Estudo de um conjunto de dispositivos no mercado em termos protocolares.	191
Tabela 99: Estudo de um conjunto de dispositivos no mercado em termos protocolares (cont.)	192
Tabela 100: Estudo de um conjunto de dispositivos no mercado em termos protocolares (cont.)	193
Tabela 101: Lista de soluções na literatura que efetuam uma análise de usabilidade.....	195
Tabela 102: Lista de soluções na literatura que efetuam uma análise de usabilidade (cont.) ...	196
Tabela 103: Lista de soluções na literatura que efetuam uma análise de usabilidade (cont.) ...	197
Tabela 104: Lista de soluções na literatura que efetuam uma análise de usabilidade (cont.) ...	198
Tabela 105: Avaliação da interface de acordo com os princípios cognitivos de Gerhardt-Powals.	200
Tabela 106: Avaliação da interface de acordo com as regras de ouro de Shneiderman.....	201
Tabela 107: Avaliação da interface de acordo com os princípios cognitivos de Weinschenk e Barker.....	202

Tabela 108: Avaliação da interface de acordo com os princípios de <i>design</i> de Tognazzini.....	205
Tabela 109: Avaliação da interface de acordo com os princípios de <i>design</i> de Tognazzini (cont.).	206

Lista de Acrónimos

AAL	Ambiente de Vida Assistida
ASQ	After Scenario Questionnaire
AVC	Acidente Vascular Cerebral
BI	Bilhete de Identidade
BITV	Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung
BLE	Bluetooth Low Energy
BPSK	Binary Phase-Shift Keying
C2	Component and Connector
CMMI	Capability Maturity Model Integration
CSUQ	Computer System Usability Questionnaire
DPSK	Differential Phase-Shift Keying
DQPSK	Differential quadrature phase-shift-keying
DSSS	Direct-sequence spread spectrum
E2E	End to End
ECG	Eletrocardiograma
EDA	Event-Driven Architecture
EEG	Eletroencefalograma
EGG	Eletrogastrografia
EMG	Electromiográfico
EOG	Eletro-oculografia
ERG	Eletrorretinografia
FAQ	Frequently Asked Questions
GFSK	Gaussian frequency-shift keying
GSR	Galvanic Skin Response
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IA	Inteligência Artificial
ICF	International Classification of Functioning
IDE	Integrated Development Environment
IEC	International Electrotechnical Commission
IHC	Interação Humano-Computador
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
ISACA	Systems Audit and Control Association
KIF	Keep It Functional
LIMS	Laboratory Information Management System
LNN	Low Power and Lossy Networks
LP-WPAN	Low Power Wireless Personal Area Networks
M.A.S	Multi-Agent System
M2M	Machine to Machine
MCDM	Multi Criteria Decision Making
NFC	Near Field Communication
O-QPSK	Offset Quadrature Phase Shift Keying
OSGi	Open-Service Gateway Initiative
OSI	Open Systems Interconnection
P2P	Arquitetura Peer-to-Peer

PDA	Assistentes Pessoais
PMS	Gestão de Prescrição de Medicação
PSUQ	Post-Study System Usability Questionnaire
QA	Quality Assurance
QUIS	Questionnaire for User Interface Satisfaction
REST	Representational State Transfer
RFID	Radio Frequency Identification
RIS	Sistemas informáticos de radiologia
RITE	Rapid Iterative Testing and Evaluation
SAD	Social Alarm Devices
SDK	Software Development Kit
SIM	Subscriber Identity Module
SMS	Short Message Service
SNR	Signal Noise Ratio
SOA	Service-Oriented Architecture
SOAP	Simple Object Access Protocol
SODA	Service-Oriented Device Architecture
SRD	Short Range Devices
SUMI	Software Usability Measurement Inventory
SUS	System Usability Scale
UCD	User Centred Design
USB	Universal Serial Bus
USE	Usefulness, satisfaction, ease to use
VIH	Vírus da Imunodeficiência Humana
WAN	Wide Area Network
WCAG	Web Content Accessibility Guidelines
WLAN	Wireless Local Area Network

Capítulo 1

Introdução

Os ecossistemas AAL são uma aplicação específica do paradigma de IoT, pelo que a sua dissociação em termos conceptuais não é aplicável. Nos últimos anos sofreu um desenvolvimento significativo, resultado em parte da evolução em termos protocolares e tecnológicos dos dispositivos em ambientes ubíquos. Contudo, apesar dos níveis de desenvolvimento registados, lacunas, como a usabilidade, continuam a ser apontadas na literatura como uma das barreiras à sua adoção para os utilizadores finais.

Como consequência, a tese de doutoramento visa explorar em que medida as linhas orientadoras adotadas normalmente em metodologias heurísticas são parametrizáveis, por forma a criar uma ferramenta que automatize a corroboração e auxilie programadores na identificação à priori de lacunas de usabilidade durante o ciclo de desenvolvimento. Note-se que a parametrização e consequente automatização das metodologias focadas visa minimizar o tempo habitualmente alocado ao processo de análise de usabilidade, descentralizar o processo de análise da característica multidimensional de *designers* e especialistas na área para incluir os executores no processo de criação de qualquer sistema no ciclo de usabilidade, e minimizar a subjetividade associada à forma como cada linha orientadora é interpretada.

1.1. Estrutura e objetivos

Nesse sentido a estrutura da tese será composta por quatro capítulos com objetivos específicos:

Capítulo 2

- Introduzir o paradigma dos ecossistemas AAL (Ambientes de Vida Assistida) fornecendo as motivações associadas ao seu desenvolvimento;
- Especificar os desafios que comprometem a sua adoção no mercado como solução de excelência no contexto de saúde;
- Evidenciar a relação intrínseca entre os ecossistemas AAL e o paradigma de IoT e a forma como a evolução das tecnologias de informação e comunicação promoveram a sua exploração em contexto académico e empresarial.

Capítulo 3

- Introduzir o conceito de usabilidade;
- Enumerar as boas práticas de *design* definidas na literatura ordenadas por ordem cronológica adotadas como linhas de orientação para a promoção da usabilidade durante o ciclo de desenvolvimento;

- Enumerar as metodologias adotadas para a identificação de lacunas de usabilidade com discriminação das vantagens e desvantagens inerentes à sua utilização em contexto prático;
- Enumerar as escalas adotadas para quantificar a criticidade das lacunas de usabilidade identificadas;
- Apresentar as razões que motivaram a escolha da metodologia heurística como abordagem a adotar para a avaliação de usabilidade das duas aplicações *e-health* âmbito da tese.

Capítulo 4

- Introduzir a fase do ciclo de desenvolvimento relacionada com a execução de testes para corroborar os múltiplos requisitos do produto dimensionado e realçar a sua relevância no contexto de usabilidade;
- Distinguir testes manuais de testes automatizados e enumerar as vantagens e desvantagens associadas à sua utilização;
- Demonstrar de que modo a inclusão de automatismos constitui uma abordagem válida no contexto da metodologia heurística e de que modo esta prática foi explorada em contexto académico e empresarial motivando a definição de uma classificação para as soluções definidas pelas suas características singulares.

Capítulo 5

- Enumerar os parâmetros definidos para quantificar os princípios de usabilidade no âmbito definido;
- Apresentar os resultados obtidos da avaliação de usabilidade através da metodologia heurística nos dois casos de uso: o protótipo desenvolvido em contexto académico e a aplicação empresarial da Altice, ambas desenvolvidas sem contexto sobre as boas práticas de usabilidade;
- Propor uma arquitetura para a ferramenta a utilizar para avaliar uma interface baseada nos parâmetros estipulados.

Capítulo 6

- Apresentar a conclusão que adveio do estudo realizado pela tese;
- Apresentar o plano associado às próximas iterações a realizar no contexto do trabalho realizado.

1.2. Revisão da literatura

Para atingir os objetivos definidos adotou-se uma metodologia de pesquisa em cascata, em que cada temática foi explorada do âmbito genérico para o particular. As pesquisas iniciais focaram-se sobre os ecossistemas AAL e os desafios inerentes à sua adoção. Os resultados obtidos realçaram a preponderância da usabilidade no processo de aceitação destes ecossistemas e motivaram a sua inclusão no contexto da tese. Com a seleção do desafio a endereçar, a pesquisa focou-se sobre a definição e quantificação da usabilidade de um produto/serviço. A procura de um processo de quantificação direcionou os esforços de pesquisa sobre a evolução em termos cronológicos das linhas orientadoras propostas na literatura e das múltiplas metodologias focadas sobre a sua otimização.

A informação compilada forneceu uma visão clara das vantagens e desvantagens inerentes à utilização de cada metodologia. A necessidade de uma metodologia que confira um determinado nível de independência de utilizadores finais motivou o foco sobre a metodologia heurística e a consequente pesquisa sobre as condicionantes à sua aplicação e de que forma a inclusão de automatismos mitigaria a dependência de agentes avaliadores externos. Nesse sentido a pesquisa focou-se sobre as vantagens e desvantagens associadas à inclusão de automatismos na execução de testes de usabilidade e que trabalhos foram realizados à data que aliassem a automação da execução da metodologia heurística com a definição de métricas baseadas nas linhas orientadoras discriminadas na literatura. Note-se que durante esta etapa o esforço da pesquisa focou-se sobre a identificação de estudos e trabalhos cujas métricas definidas fossem inferidas a partir da parametrização dos subconjuntos de linhas orientadoras âmbito da tese. Entre múltiplos estudos realizados destacamos os seguintes:

2017

O autor Jiaze Sun propôs uma otimização inteligente da abordagem de avaliação de usabilidade de recursos educacionais por combinação de mecanismos objetivos e subjetivos [12]. No mesmo ano, os autores Xavier Ferre *et al.* propuseram uma extensão da funcionalidade do *Google Analytics*, que armazenava as ações executadas pelo utilizador durante o processo de avaliação de usabilidade. Solução que foi dividida em três blocos funcionais: o primeiro identifica as tarefas executadas e os eventos disparados na interface, o segundo mapeia as informações do evento/tarefa amostradas e regista no dispositivo do cliente; e o terceiro identifica padrões de interação e compara-as com as interações expectáveis definidas [13].

2018

Os autores Mohd Othman *et al.* publicaram um estudo que compara os princípios de Jakob Nielsen e as heurísticas SMART em termos de taxa de deteção de lacunas de usabilidade num guia de museu digital desenvolvido para o ambiente *mobile*. A comparação visava identificar qual conjunto de heurísticas mais adequado – o genérico baseado nas heurísticas de Jakob Nielsen ou

o adaptado às características singulares de aplicações dentro do contexto aplicacional em estudo. Note-se que os resultados obtidos evidenciaram a relevância do contexto aplicacional para o processo de seleção das heurísticas do processo de avaliação [14].

2019

Os autores Ruyther Parente Da Costa *et al.* apresentaram uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de identificar as métricas de usabilidade utilizadas em contexto acadêmico e industrial. Revisão que motivou os autores a propor um conjunto de heurísticas de usabilidade focadas no contexto *mobile*, que contabilizam o papel do utilizador, da tarefa a executar, do contexto aplicacional, e da carga cognitiva na usabilidade do produto [14].

Os autores Roberto Veral *et al.* efetuaram um estudo sobre a percepção de usabilidade. A literatura destaca uma multiplicidade de métodos para medir esta métrica, contudo a maioria baseia-se em avaliações qualitativas individuais. Como consequência os autores propuseram uma métrica quantitativa, desenvolvida por meio de um estudo empírico, da percepção de usabilidade baseada no método utilizado para obter a satisfação do utilizador - Cartões de Reação [15].

Os autores Rafael Fontinele Ribeiro *et al.* propuseram uma abordagem de identificação de lacunas de usabilidade baseada nas interações do utilizador. Note-se que em oposição a soluções similares apresentadas na literatura a solução proposta visa minimizar os custos e a complexidade dos mecanismos utilizados para recolher as interações do utilizador [16].

O autor Markus Virtanen utilizou a *Robot Framework* para automatizar a análise do nível de conformidade da interface com as heurísticas de Jakob Nielsen. O estudo comparou as lacunas identificadas pelo processo automático com as detetadas pelo processo manual para evidenciar a eficácia e precisão inerente à abordagem proposta [17].

2020

Os autores Miroslav Bures *et al.* propuseram um gerador de modelos de interação no contexto de aplicações para *smart tv*, que conferem ao utilizador final um mecanismo para quantificar a viabilidade e o esforço relacionados à execução de cada ação na interface e avaliá-la em termos de usabilidade [18].

2021

Os autores Daniel Ripalda *et al.* propuseram uma ferramenta que correlaciona as métricas de usabilidade adotadas definidas na literatura com o *feedback* recolhido de forma automática de questionários LINKERT. Essa ferramenta fornece aos *designers*, programadores e especialistas em usabilidade os mecanismos necessários para avaliar as interfaces, identificar os efeitos colaterais das mudanças de design no processo de interação e realizar uma avaliação com recomendações destinadas a otimizar os resultados gerais obtidos [19].

Os autores Aycan Kaya *et al.* propuseram um conjunto de heurísticas de usabilidade específicas para interfaces para *set-top-box* TV. A sua corroboração impôs a recolha de lacunas de usabilidade identificados por programadores, especialistas na área e utilizadores finais em diferentes etapas do ciclo de desenvolvimento; a quantificação pelos especialistas da capacidade das heurísticas definidas explicarem as lacunas identificadas; e a ordenação das linhas heurísticas definidas por grau de severidade [20].

2022

Os autores Muhanna Muhanna *et al.* propuseram um conjunto de heurísticas específicos para o contexto de jogos para *smartphones*, para mitigar a lacuna na literatura no que respeita à heurística deste contexto aplicacional. A sua definição impôs a revisão e adaptação das heurísticas de Jakob Nielsen às características singulares do contexto aplicacional visado [21].

A definição de métricas e a inclusão de automatismos no processo avaliativo têm sido temáticas exploradas na literatura e motivado a criação de múltiplas abordagens em contexto académico: abordagens focadas sobre a definição de heurísticas uma dimensão específica da usabilidade (acessibilidade, perceção de usabilidade entre outros); abordagens que definem métricas com diferentes níveis de especificidade cuja aplicação é restringida a contextos aplicacionais bem definidos ou a tipologias de interface específicas; abordagens focadas sobre a componente de automatização do processo avaliativo que estabelecem um paralelismo dos resultados obtidos com as heurísticas tradicionais por forma a inferir a sua viabilidade e taxa de deteção de lacunas de viabilidade. De entre os múltiplos princípios de usabilidade discriminados na literatura são destacados os princípios de Jakob Nielsen. Note-se que a sua inclusão nos estudos produzidos serve tipicamente como elemento comparativo para as soluções propostas. Comparação que os aplica diretamente, sem recorrer a qualquer tipo de parametrização para objetivar a sua interpretação no processo avaliativo. A tese surge com o intuito de colmatar esta lacuna e fornecer métricas baseadas nos princípios de maior destaque na literatura, por forma a maximizar o âmbito do seu contexto aplicacional e a taxa de deteção do modelo formulado.

Capítulo 2

Ambientes de Vida Assistida

O aumento significativo da população idosa aliado ao número limitado de recursos dos sistemas de saúde é um dos problemas que aflige as sociedades atuais [22][23][24][25]. Através de uma amostragem que reflete a evolução em termos populacionais da percentagem de população idosa e jovem desde 2013 a 2020 a nível mundial, a tendência é evidente.

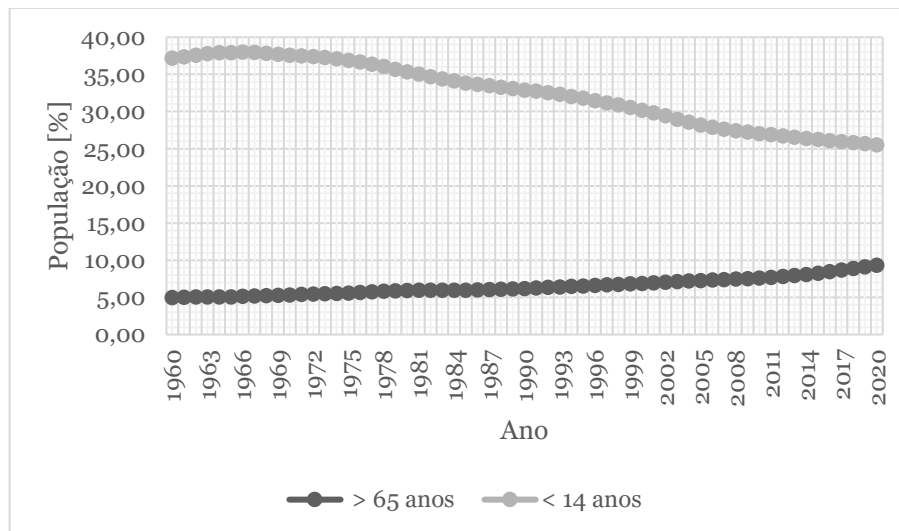


Fig. 1: Evolução da população entre 1960 e 2020.

Num censo realizado em 2017 foram sinalizados 45516 idosos, dos quais 28279 vivem sozinhos, 5124 vivem isolados e 3521 vivem sozinhos e isolados em Portugal Continental [26]. Como consequência, o desenvolvimento de soluções eficazes e de baixo custo que melhorem a sua qualidade de vida tem-se tornado um assunto de destaque na comunidade científica.

Em resposta à necessidade emergente, surgiram os Ambientes de Vida Assistida (AAL), sistemas inteligentes de monitorização, que visam melhorar a qualidade de vida e garantir a autonomia de utilizadores com necessidades de cuidado especiais e reduzir os custos da assistência médica e social para este nicho populacional, por recurso às tecnologias de informação e comunicação [1]. Note-se que a sua aplicação na área da saúde não é recente, contudo, foi a partir do ano de 2000 que a normalização do conceito adquiriu proeminência na literatura, consolidando o termo adotado, *e-health* [27]. Apesar da tendência na associação da letra “e” à componente eletrónica, o seu uso visa refletir a multiplicidade de características inerentes ao termo, como eficiência, ética, otimização da qualidade do serviço de saúde prestado, entre outros. Como consequência da maximização do número de aplicações *e-health*, criaram-se ferramentas e definiram-se políticas e boas práticas para assegurar um desenvolvimento sustentável em torno das necessidades emergentes da área de saúde [27][28].

As soluções dimensionadas neste âmbito visam proporcionar ao utilizador serviços de prevenção e gestão de doenças crónicas, otimização da interação social de pessoas com necessidades especiais, maximização da sua autonomia, apoio à sua mobilidade e gestão das suas atividades diárias em casa [29][30]. Os tipos de funcionalidades discriminadas permitem segmentar os serviços disponibilizados em dois grupos [31]: medicina preventiva e medicina curativa.

2.1. Plano funcional

A prevenção é uma parte integrante de qualquer sistema de saúde e exige uma monitorização detalhada de indivíduos, grupos ou populações [31]. Em termos de cuidados de saúde, as intervenções preventivas classificam-se em três níveis hierárquicos:

- **Prevenção primária** – Inclui os métodos que minimizam a ocorrência de uma doença em pacientes sem qualquer tipo de patologia. Note-se que intervenções para prevenção de depressões em adolescentes por recurso a soluções mobile [32], ou para gestão de peso para adultos em risco de obesidade por recurso a mensagens SMS (*Short Message Service*) [33] são exemplos que estão enquadrados nesta categoria;
- **Prevenção secundária** – Inclui métodos para diagnosticar e tratar fatores de risco ou doenças em estágios iniciais de desenvolvimento. As metodologias de tratamento focam-se sobre pacientes em risco antes de a doença estar instalada. Note-se que exemplos como o envio de lembretes por mensagens SMS para mulheres recém-parturientes realizarem teste de verificação de diabetes do tipo 2 [34], depois de lhes ter sido diagnosticado diabetes *mellitus*¹ [439], enquadram-se nesta categoria de intervenções de prevenção secundárias;
- **Prevenção terciária** – Inclui métodos que minimizam o impacto de doenças existentes no paciente, por minimização da sua progressão ou do desenvolvimento de complicações que daí advenham, por processos de reabilitação. Exemplos como um modelo de reabilitação cardíaca baseado numa solução *mobile* no contexto do ambiente do utilizador [35] ou o envio de mensagens SMS para pacientes com VIH (Vírus da Imunodeficiência Humana) diagnosticado, por forma a alertá-los dos tratamentos a efetuar [36], classificam-se como intervenções de prevenção terciária.

Independentemente da sua categorização, as soluções AAL preventivas recorrem a sistemas de notificações para interagir com o paciente, sugerir modificações nos comportamentos diários que comprometam a sua saúde ou relembrar ações por realizar relacionadas com a sua reabilitação. Nos últimos anos verificou-se um aumento do número de soluções, contudo, a maioria focava-se sobre a gestão da doença já instalada no paciente (prevenção terciária). Para comprovar a tendência do tipo de soluções adotadas analisaram-se 11 soluções comerciais e de investigação

¹ Doença metabólica caracterizada pelo aumento anormal de açúcar no sangue.

(vide Tabela 1), duas das quais se focavam sobre a temática da prevenção da doença em doentes sem qualquer tipo de patologia (prevenção primária).

Tabela 1: Exemplos de soluções de prevenção e gestão em ambientes AAL.

Tipo	Patologia	Nome	Prevenção	Observações
Comercial	Diabetes	Diabetes Logbook	Terciária	Aplicações dimensionadas para a gestão do paciente. Atualmente existe uma lacuna no mercado, em termos de soluções que sugiram modificações nos comportamentos e monitorizem a atividade física e os alimentos ingeridos pelo utilizador [37]. Apesar do desenvolvimento crescente dos ambientes AAL, as soluções preventivas, baseadas em recomendações clínicas, carecem de otimizações por forma a adaptarem-se às necessidades atuais dos pacientes e do mercado.
Comercial	Diabetes	Diabetik	Terciária	
Comercial	Diabetes	Calorie Counter PRO	Terciária	
Comercial	Diabetes	Diabetic Connect	Terciária	
Comercial	Diabetes	Diabetes Pilot Pro	Terciária	
Comercial	Diabetes	Diabetes Tracker	Terciária	
Comercial	Diabetes	Glucagon	Terciária	
Comercial	Obesidade e diabetes	PREDIRCAM	Primária	Plataforma que consiste numa aplicação <i>web</i> e um sensor de batimentos cardíacos para monitorização da atividade física [37].
Investigação	AVC ² [440] e CAD ³ [441]	-	Primária	Aplicação que mede os fatores de risco que estão na origem de um AVC. O seu intuito é prevenir a sua ocorrência e não gerir o utilizador após a doença estar instalada [38].
Investigação	CAD ³	-	Terciária	Ferramenta de tratamento e prevenção de doenças cardíacas [39].
Investigação	AVC ² e CAD ³	-	Secundária	Plataforma de monitorização de doenças cardíacas[40].

O número limitado de soluções desenvolvidas e as lacunas identificadas no âmbito da prevenção primária motivaram a escolha desta temática para a presente tese de doutoramento.

O dimensionamento de uma solução impõe a escolha do contexto de atuação, por forma a adaptar as suas especificações ao tipo de ambiente em que se enquadrará [2]. Os cenários de enquadramento das soluções AAL dividem-se em três casos particulares:

² Acidente vascular cerebral caracteriza-se pela perda da função neurológica, decorrente do entupimento ou rompimento de vasos sanguíneos cerebrais.

³ Doença arterial coronária caracteriza-se pelo estreitamento dos vasos que suprem o coração em decorrência do espessamento da camada interna da artéria devido à acumulação de placas.

- **Envelhecimento em casa** – O sistema focar-se-á sobre a maximização da qualidade de vida, independência na execução de tarefas do dia-a-dia e da segurança do utilizador, com recurso a dispositivos utilizados em domótica no ecossistema [2];
- **Envelhecimento na comunidade** – O sistema fornecerá ao utilizador meios de acesso a serviços públicos e comerciais, comportando-se como um elo de ligação do utilizador com o meio exterior [2];
- **Envelhecimento no trabalho** – O sistema focar-se-á na maximização da eficiência, produtividade e qualidade de vida do utilizador no ativo [2].

2.2. Plano tecnológico

Independentemente das características funcionais das soluções desenvolvidas no âmbito de ecossistemas AAL, existem duas tecnologias na sua base: informação e comunicação. Nos últimos anos a evolução das tecnologias de comunicação em termos de arquiteturas, protocolos e paradigmas adotados, contribuiu para o seu desenvolvimento, por introdução de funcionalidades, como a medição de sinais fisiológicos de forma ubíqua e não intrusiva [41][42]. Funcionalidades conferidas pelos dispositivos com valências multidisciplinares em diversas áreas de atuação integrados no ecossistema. A sua proliferação, perceptível pelo aumento sentido entre 2013 e 2016 no número de dispositivos utilizados [43], realça interesse demonstrado pelos múltiplos *intervenientes* em torno dos ecossistemas AAL, e conseqüentemente, do paradigma na sua base - IoT (*Internet of Things*).

2.2.1. Paradigma de IoT

O paradigma de IoT permite dimensionar aplicações/serviços que visam dar resposta a desafios vigentes na sociedade, e conseqüentemente promover uma mudança no modo de funcionamento de determinadas organizações, em particular dos sistemas de saúde. Contudo, a sua aplicação não é uma mera extensão do conceito ou do sistema de Internet atual, mas uma representação de um sistema E2E (*End to End*), que propicia a criação de soluções inteligentes abrangendo um vasto leque de tecnologias, incluindo tecnologias de sensorização, comunicação, rede, processamento de informação, computação e controlo inteligente. A sua relação unívoca com os ecossistemas AAL expõe o utilizador indiretamente a um conjunto de desafios de natureza interna, como o número limitado de recursos disponíveis nos dispositivos inteligentes, e externa, como a complexidade das redes implementadas [44]. Os desafios são os seguintes:

- Maximizar a autonomia energética dos dispositivos da rede, objetos e sensores;
- Dotar os dispositivos de funcionalidades que maximizem a sua independência em termos de operabilidade, como *context awareness* e identificação dos nós vizinhos na rede;
- Maximizar a interoperabilidade entre dispositivos por criação de um *standard* em termos protocolares, que agregue os protocolos de comunicação existentes no mercado;

- Desenvolver mecanismos de segurança adaptados ao número limitado de recursos nos dispositivos inteligentes, que garantam a integridade e confidencialidade de todos os dados transmitidos entre os nós da rede.

Adicionalmente, a sua inclusão maximizou a adoção de protocolos de comunicação *wireless*, uma característica típica em redes IoT, com a massificação do uso de SRD (*Short Range Devices*), como os dispositivos RFID (*Radio Frequency Identification*), NFC (*Near Field Communication*), WLAN (*Wireless Local Area Network*), Bluetooth e Zigbee [45]. Abordagens emergentes têm otimizado a sua utilização e aplicabilidade no contexto de ambientes públicos e privados de grande densidade eletromagnética. Especificamente em ambientes residenciais a sua integração fomentou o desenvolvimento de aplicações de natureza única, como *tracking*, *mobile telecare* e *welfare*. Contudo, a tipologia de dispositivos adotados no contexto aplicacional visado não se restringe aos dispositivos SRD. Os avanços tecnológicos em termos de protocolos de comunicação *wireless* e tamanho de equipamento fomentaram o desenvolvimento de uma tipologia de dispositivos específica, os *smartphones*. A sua penetração no mercado, aliada aos recursos físicos e disponibilização de SDK (*Software Development Kit*) para desenvolvimento, fomentou a sua adoção em ecossistemas AAL para o dimensionamento de aplicações orientadas para os dispositivos físicos. Apesar do aumento de soluções dependentes do uso de *smartphones* em termos académicos e industriais, existem barreiras à sua adoção que ainda condicionam a sua aceitação pelos principais *intervenientes*.

2.2.2. Protocolos de comunicação

A proliferação em termos tecnológicos e protocolares contribuiu para a solidificação do uso de múltiplas tipologias de redes *wireless* no contexto dos ecossistemas AAL, de entre as quais se destacam, pela sua proeminência as seguintes:

- **Wi-Fi** – Redes cuja utilização se massificou no mercado, devido ao baixo custo de implementação, elevado nível de operabilidade com dispositivos, como computadores fixos, *tablets*, ou *smartphones* e de proporcionar um ponto de ligação à internet. Têm como principais desvantagens a energia consumida e o tempo necessário para estabelecer ligação;
- **SAD** (*Social Alarm Devices*) – Rede de dispositivos de alarmística habitualmente instalada em casa de pessoas de idade. Estima-se que em Espanha existam aproximadamente 300.000 e que 4% dos europeus com mais de 65 anos tem acesso a este tipo de dispositivos [45]. Note-se que são redes aplicáveis no contexto de AAL, devido à capacidade de integrar na sua plataforma outros dispositivos. Os dispositivos operam na gama de frequências entre os 869,2 e os 869,25 MHz [46][45] e existem disponíveis no mercado dispositivos de deteção de quedas, de fumo, de fuga de gás, entre outros;

- **Domésticas** – Dentro das redes domésticas enquadram-se os sistemas com o protocolo Z-Wave, Bluetooth, ANT⁴ [47] e Zigbee. Note-se que a adequação de cada protocolo à aplicação dimensionada depende das suas especificações técnicas, fatores como alcance, taxa de transmissão, escalabilidade, entre outros (vide Tabela 97 do Anexo). A escolha do protocolo será em função do tipo de aplicação a dimensionar.

Apesar da multiplicidade de protocolos de comunicação em redes *wireless*, o mais predominante no mercado é o protocolo Bluetooth (vide Tabela 98 do Anexo). Na análise feita a 37 dispositivos disponíveis no mercado, cerca de 89,19% utiliza o protocolo Bluetooth (vide Fig. 2), o que revela a adoção significativa e adequação das suas especificações face ao contexto em que está inserido.

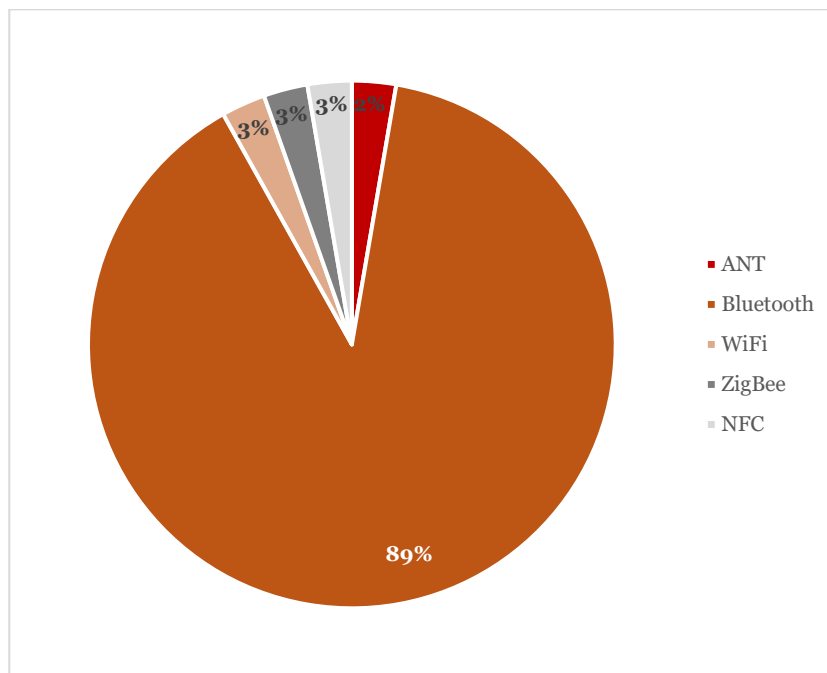


Fig. 2: Análise de mercado dos protocolos adotados em redes domésticas no contexto do AAL.

A diversidade protocolar enriqueceu os ecossistemas AAL em termos do dimensionamento de soluções à medida das necessidades do utilizador e impulsionou o desenvolvimento dos dispositivos físicos, para que acomodassem novos paradigmas e novos mecanismos de comunicação. Contudo, introduziu um nível de heterogeneidade nas redes de comunicação dos ecossistemas que tem de ser contabilizado.

2.3. Plano de desenvolvimento

O dimensionamento de um ecossistema AAL impõe a identificação das normas e regulamentos de desenvolvimento, dos requisitos de implementação, a identificação e conceptualização dos blocos nucleares na sua estrutura e a estipulação da arquitetura a adotar.

⁴ Rede de sensores *multicast* proprietária dimensionada e comercializada pela ANT *Wireless*.

2.3.1. Regulamentos e normas

Os regulamentos e as normas de desenvolvimento são uma temática a contemplar durante o dimensionamento do sistema, uma vez que impactam o planeamento e estruturação do ciclo de desenvolvimento. No contexto de usabilidade, a sua aplicação visou uniformizar o processo de desenvolvimento de acordo com o contexto aplicacional visado. No âmbito de aplicações médicas, o seu cariz sensível e nível de criticidade motivou nos últimos anos o esforço por parte da comunidade científica na normalização do processo através da revisão das práticas industriais de desenvolvimento adotadas. Como consequência, definiram-se *frameworks* regulatórias que visam auxiliar fabricantes no *design* e avaliação dos produtos dimensionados, os *standards* IEC 62366, IEC 63204 e IEC 82304-1 [48][49].

2.3.1.1. IEC 62366

O *standard* IEC 62366 foca-se sobre gestão de riscos e instigou fabricantes a explorarem usabilidade e fatores de natureza humana no ciclo de desenvolvimento de um produto/serviço [48]. De acordo com as suas linhas orientadoras, o processo de desenvolvimento segmenta-se nas seguintes etapas [50]:

(1) Conceptualização do projeto

A etapa de conceptualização impõe a execução de um conjunto de atividades específicas para a definição do contexto aplicacional visado, como a definição da especificação do caso de uso; identificação das características da interface que maximizem a segurança e mitiguem os potenciais erros despoletados pelo utilizador; identificação do conjunto possível de riscos passíveis de ocorrer no contexto de uso estipulado; e estipulação de cenários de uso que forcem a sua ocorrência para efeitos de validação da aplicação dimensionada. Note-se que por forma a maximizar a adequação do produto/serviço conceptualizado ao contexto de enquadramento e à tipologia de utilizadores envolvidos usam-se metodologias de usabilidade como entrevistas, observação, questionários entre outros para obtenção de *feedback* do utilizador [27][28][53].

(2) Recolha de informação de especificação

A etapa implica especificação da interface a dimensionar com base na informação compilada na fase de conceptualização (requisitos funcionais e de usabilidade) e a estipulação do plano de testes a aplicar-se na fase de avaliação do produto/serviço [27][28][53].

(3) Geração do *design*

A etapa impõe a implementação do *design* estipulado e a execução de um processo de avaliação formativa que quantifique o nível de adequação da interface dimensionada em relação aos requisitos estipulados [27][28][53].

(4)Verificação de *design*

A etapa implica uma avaliação sumativa da usabilidade da interface dimensionada por parte de uma terceira entidade exterior ao processo de desenvolvimento. Neste âmbito, adotam-se habitualmente metodologias de usabilidade, como avaliação heurística e cognitiva, *reviews*, *user groups* entre outras [27][28][53].

Apesar do *standard* descrever o ciclo de desenvolvimento e consciencializar fabricantes sobre a relevância da usabilidade e de fatores de natureza humana no processo de desenvolvimento, não fornece informação sobre como aplicá-los no *design* do produto/serviço dimensionado [54]. Nesse sentido, aliada regra geral à sua utilização usa-se o *standard* AAMI/ANSI HE75 (*Human Factors Engineering*).

2.3.1.2. IEC 62304

O *standard* IEC 62304 fornece uma *framework* de processos a executar durante o ciclo de desenvolvimento do sistema, com discriminação das suas atividades e requisitos. Note-se que as atividades discriminadas, aliadas à inclusão de um sistema de gestão de qualidade e risco durante o ciclo de desenvolvimento, visam maximizar o nível de segurança na fase de *design* e manutenção do *software* desenvolvido. Em termos de gestão de risco, a *framework* foca-se sobre o processo de identificação de riscos em dispositivos médicos, por referência ao *standard* ISO 14971, e de fatores que tiveram na sua origem, por definição de um conjunto de requisitos.

No seu âmbito de atuação incluem-se dois tipos de *software*: embebido nos dispositivos médicos e embebido em dispositivos com *hardware* específico [55][56]. Apesar do *standard* se focar sobre o processo de desenvolvimento do produto/serviço, não contempla a fase de validação e de distribuição do produto final (vide Fig. 3).

2.3.1.3. IEC 82304-1

O *standard* IEC 82304-1 foca-se sobre a segurança do *software* dimensionado e os requisitos estipulados pelo fabricante. Note-se que o *standard* inclui *software standalone*, multiplataforma (PC, servidor, *tablets* e *smartphones*), independente em termos de *hardware* dedicado, que afeta diretamente ou indiretamente a saúde do utilizador. Neste âmbito, incluem-se múltiplos tipos de *software*: sistemas informáticos de radiologia (RIS), de gestão de prescrição de medicação (PMS), de gestão laboratorial (LIMS), aplicações *mobile* fora do contexto de aplicações médicas, entre outros [55].

Em termos práticos, a sua adoção implica a definição de requisitos do sistema (requisitos funcionais, processo de validação e identificação, modo de utilização e atividades pós-introdução no segmento de mercado) e a inclusão de um subconjunto do ciclo de desenvolvimento estipulado no *standard* IEC 62304 [55] (vide Fig. 3).

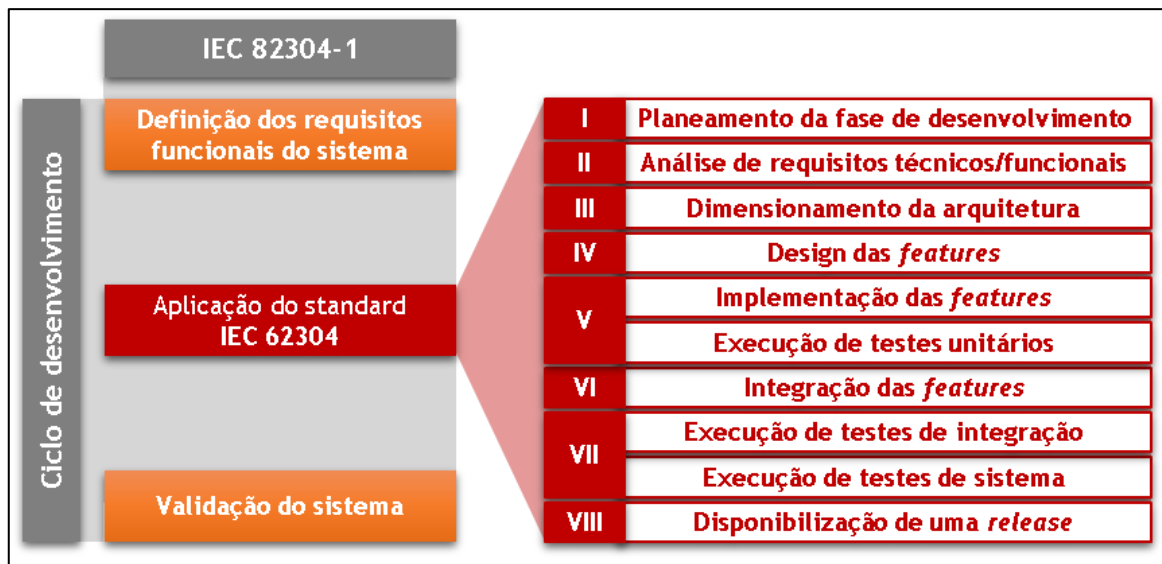


Fig. 3: Ciclo de desenvolvimento associado ao *standard* IEC 82304-1.

Apesar dos *standards* definidos para auxiliar fabricantes no desenvolvimento de soluções nesta área de atuação, a sua adoção não garante a comercialização do produto. O cariz sensível e a forma como impactam o utilizador final impõem o cumprimento de uma multiplicidade de regulamentos que constituem uma barreira à sua comercialização. Barreira que modelos processuais típicos em desenvolvimento de *software*, como o CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) e a ISO 15504-5:2012, são incapazes de endereçar devido ao contexto aplicacional visado e à ausência de especificidade das boas práticas que lhe estão associadas [57].

No sentido de satisfazer as necessidades identificadas e minimizar o esforço associado à certificação e regularização do produto final, existiu um esforço na criação de uma *framework* dedicada, que combinasse *standards* de desenvolvimento identificados com procedimentos regulatórios nucleares ao contexto aplicacional visado. Como resultado, em 2014 os autores Fergal McCaffery, Marion Lepmets et al, criaram uma *framework* dedicada, o MDevSPICE [58]. Contudo, a sua utilização acarreta um conjunto de desafios relacionados com a sua incompatibilidade com metodologias Agile e Scrum, devido à incompatibilidade das suas linhas orientadoras com os requisitos da *framework* em termos conceptuais; e a ausência de linhas orientadoras que especifiquem como aplicar as boas práticas que lhe estão associadas em função do contexto aplicacional [59][60][61]. Nesse sentido, tem existido um esforço na flexibilização da *framework* às metodologias de desenvolvimento vigentes, por forma a otimizar a sua utilização [62].

A existência de um processo formal de desenvolvimento impõe-se para a promoção da qualidade e aceitação das soluções implementadas pelos principais *intervenientes*; e padronização do ciclo de desenvolvimento. A perceção das etapas e das entidades intervenientes no processo são relevantes para definir a abordagem a adotar para analisar a usabilidade do produto/serviço implementado. Contudo, impõe-se igualmente definir linhas orientadoras, metodologias, escalas e métricas que serão utilizadas para efetuar a análise de usabilidade de forma objetiva.

2.3.2. Requisitos técnicos

Em termos de requisitos, são identificáveis no contexto discriminado duas tipologias: os funcionais, definidos pelas especificidades dos utilizadores e do seu contexto de enquadramento; e os não funcionais, cuja abrangência fomenta a sua interpretação como um conjunto de boas práticas sob os quais os sistemas reger-se-iam. Neste âmbito identificaram-se seis requisitos [63][64]:

Tabela 2: Requisitos não funcionais de ambientes AAL.

Nome	Definição
Adaptabilidade	Permissividade do componente ou do sistema a serem utilizados em aplicações ou contextos diferentes dos quais foram dimensionados. Note-se que o sistema deverá adequar as necessidades do utilizador em função da sua evolução e do ambiente envolvente.
Interoperabilidade	Capacidade de dois ou mais sistemas comunicarem entre si e usarem a informação transferida. Note-se que a heterogeneidade dos sistemas em ambientes AAL constitui um dos principais desafios à interoperabilidade.
Manutenção	Operações periódicas efetuadas pelo utilizador que o sistema requer, por forma a garantir o seu correto funcionamento. Note-se que se pretenderá que o sistema seja tão independente quanto possível do utilizador, por forma a minimizar o impacto da sua introdução no quotidiano do utilizador.
Preço	Custo de instalação das soluções adotadas.
Aceitação	Facilidade e praticabilidade de utilização da solução adotada.
Ético/legal	Forma de gestão da informação recolhida do paciente é uma condicionante no quotidiano do utilizador. Note-se que o carácter sensível da informação recolhida impõe a contemplação de fatores como autonomia, liberdade, privacidade, transparência e <i>user engagement</i> no dimensionamento da solução adotada, por forma a garantir que nenhum direito fundamental do paciente é comprometido.

2.3.3. Estrutura funcional

Apesar da multiplicidade de implementações, um aspeto comum consiste na diferenciação entre paciente e cuidador. Note-se que o tipo de serviços vai diferenciar-se, dependendo do utilizador ter o perfil de cuidador ou de paciente, pelo que esta característica será refletida em termos de arquitetura. Os blocos funcionais que fazem parte de um sistema AAL são os seguintes: infraestrutura *Cloud* (bloco opcional), *gateway*, módulo de monitorização e módulo de interação.

2.3.3.1. Infraestrutura *Cloud*

A infraestrutura *Cloud* consiste no servidor remoto onde a informação recolhida pelos sensores dispostos no ecossistema é processada, tratada e armazenada. Normalmente, o seu uso está relacionado com operações exigentes em termos de processamento (*data mining*⁵ [65]) e com o armazenamento de quantidades significativas de informação. Note-se que a sua utilização não é um requisito e depende inteiramente da quantidade de informação e do nível de processamento que os algoritmos de decisão e classificação requerem. Por exemplo, no caso particular do sistema de deteção de quedas descrito em [66], o algoritmo de *machine learning*⁶ [67] é implementado no *smartphone*. A sua adoção depende inteiramente da complexidade, do tipo de informação a tratar e do propósito do sistema.

2.3.3.2. *Gateway*

O *gateway* é um ponto de acesso que liga os dispositivos do ecossistema à rede [68]. Note-se que a sua utilização visa colmatar a heterogeneidade protocolar entre dispositivos e garantir a escalabilidade da rede, fornecendo uma interface que abstraia o utilizador das disparidades em termos de *hardware* e uniformize os acessos aos recursos disponíveis na rede. Contudo, a utilização de um módulo dedicado a operar como agregador de rede não é uma imposição. Os sistemas descritos em [40][69][70] recorrem ao *smartphone* como ponto de acesso à rede.

De acordo com a literatura, a utilização de um *gateway* na arquitetura do ecossistema não é um conceito recente em aplicações AAL. Note-se que múltiplos autores a têm adotado nas suas implementações, entre as quais destacam-se pela sua especificidade três soluções:

- **Solução #1** - Os autores Rafael Hoffmann, Marlon Domenech e Michelle Wingham propõem a utilização de um *gateway* [71], que estabelece a ligação dos dispositivos à rede e cria uma camada de abstração em termos protocolares para o exterior do ecossistema. O *gateway* comporta-se como um agregador de rede, que gere os dispositivos físicos e os pacotes de informação transferidos para a rede interna do ecossistema. Para uniformização dos acessos aos recursos do ecossistema, a solução proposta recorre a serviços Web RESTful [71]. A arquitetura da solução descrita está ilustrada na figura seguinte:

⁵ Processo computacional utilizado para descobrir padrões em grandes quantidades de informação, por recurso a métodos de inteligência artificial, *machine learning* e sistemas de base de dados.

⁶ Campo de informática que se dedica ao estudo e construção de algoritmos que aprendem e efetuam previsões com base em informação que lhes é fornecida.

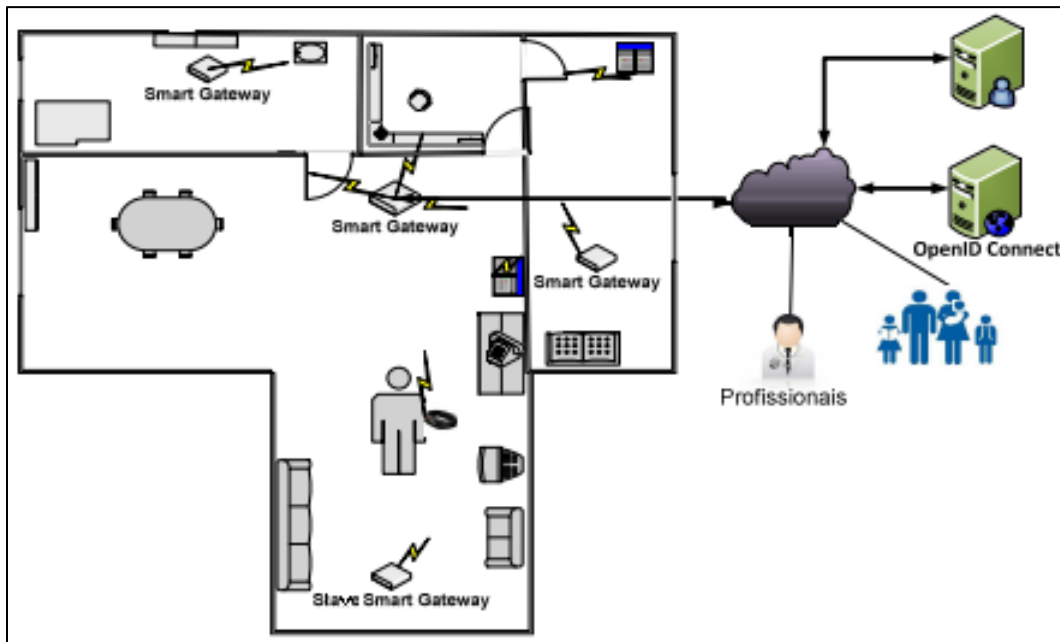


Fig. 4: Arquitetura proposta pela solução do artigo [71].

- **Solução #2** - Os autores Arif Bhatti e Mehedi Masud propuseram uma solução que recorre a *smartphones* e *tablets* para estabelecer a ligação dos recursos do ecossistema a um servidor remoto [72]. Para a solução dimensionada (vide Fig. 5), a agregação da rede é feita por dispositivos com capacidades de processamento e um número de sensores internos (acelerómetros, sensores de temperatura, entre outros) que lhes conferem uma dupla função, *gateway* e nó de sensorização adicional na rede do ecossistema [72];

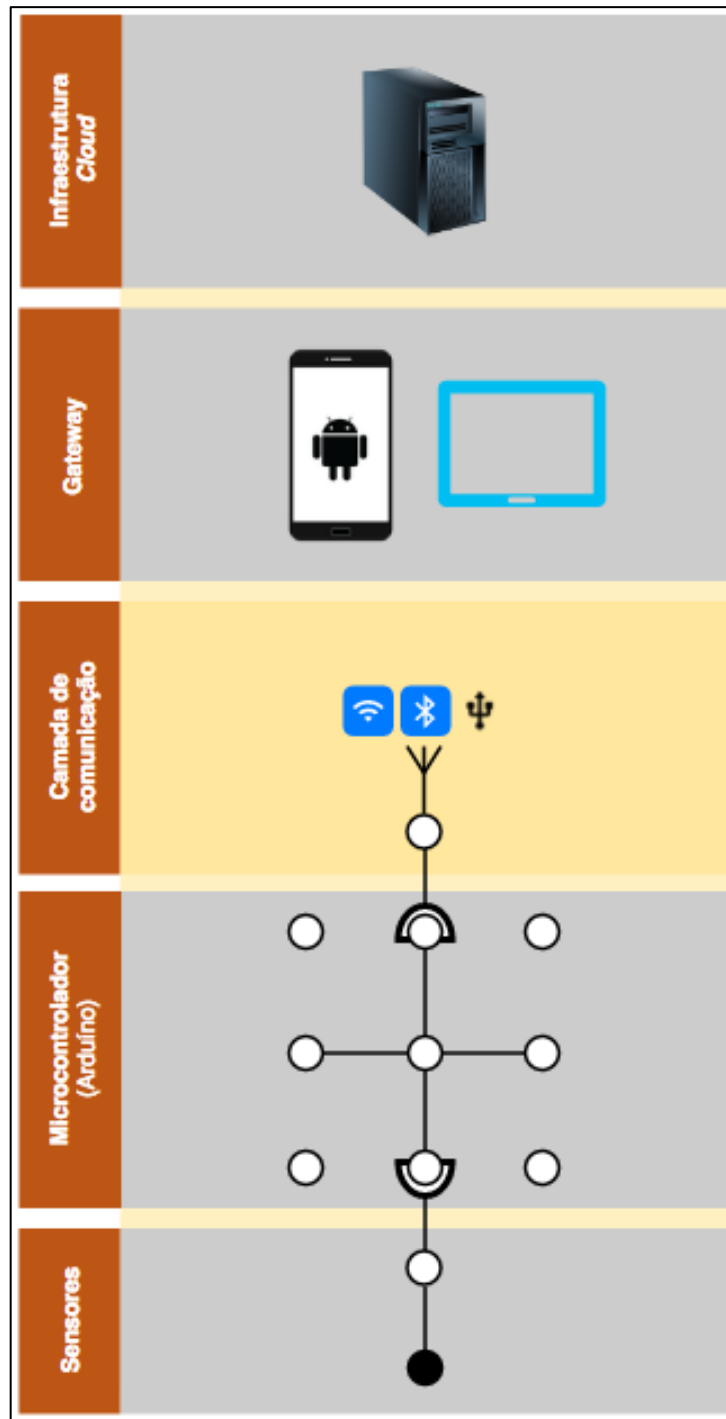


Fig. 5: Arquitetura proposta pela solução do artigo [72].

- **Solução #3** – Os autores Filipe Pereira, Rui Silva e Vítor Carvalho [73]. implementaram uma solução que recorria à utilização do *kit* biomédico de prototipagem da *Cooking Hacks* e à plataforma Arduíno, para monitorização de sensores de batimento cardíaco, de oxigénio no sangue, pressão arterial, correntes galvânicas, temperatura, entre outros, e envio da informação processada para um computador através de um módulo de radiofrequência XBee [74]. Para a solução dimensionada, a plataforma de prototipagem está a operar como *gateway* e o computador como a interface para o servidor remoto, onde o *backoffice* e a base de dados estão localizados (vide Fig. 6). Note-se que o *gateway*

estabelece a linha de comunicação por protocolo Zigbee entre os recursos do ecossistema e o ponto de acesso à rede, o computador. A sua funcionalidade não inclui, para o caso particular descrito, a atribuição de uma *IP-stack* aos recursos do ecossistema.

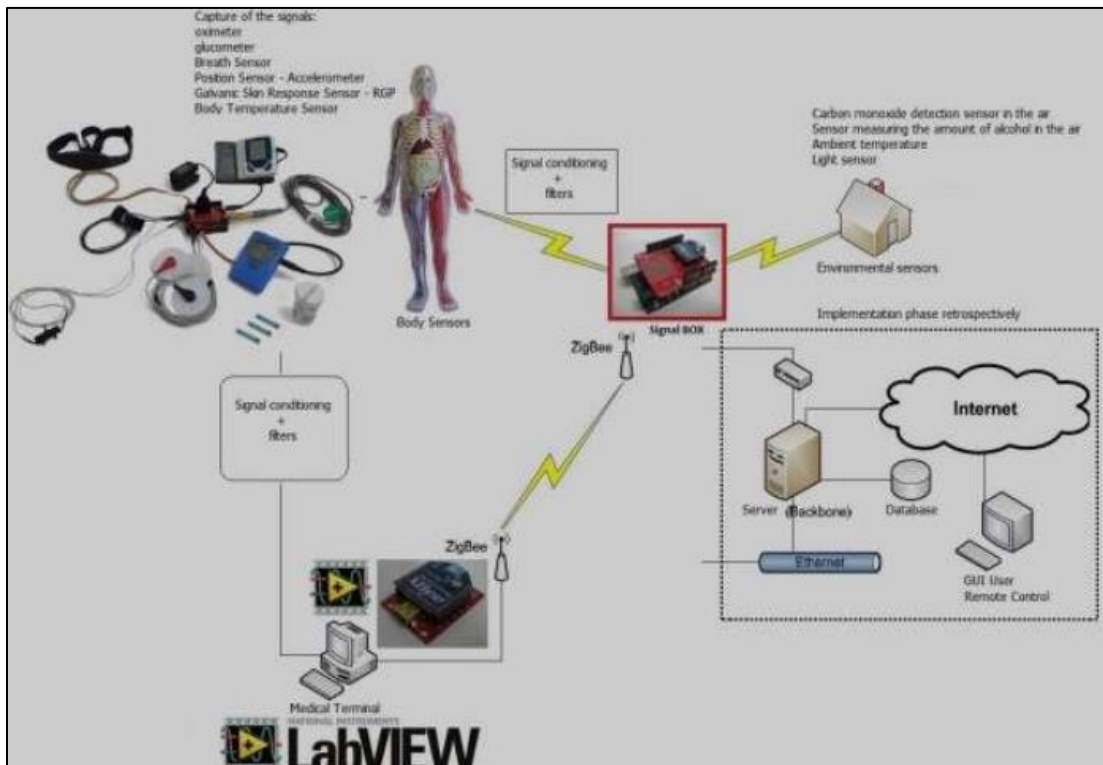


Fig. 6: Arquitetura da solução baseada no Cooking Hacks [73].

Em suma, nas soluções descritas o *gateway* é utilizada para uniformizar e centralizar os acessos aos recursos da rede, conferir acesso a dispositivos físicos sem *IP stack* definida no seu protocolo de comunicação e garantir a interoperabilidade protocolar e sintática da arquitetura dimensionada.

2.3.3.3. Módulo de monitorização

O módulo de monitorização recolhe a informação codificada nos sinais biomédicos e cinemáticos ou resultantes da observação dos padrões de comportamento do utilizador, e estabelece a ligação do ambiente externo com o utilizador [75].

Tipologias

Apesar da diversidade em termos de equipamento utilizado em ecossistemas AAL, fatores como dimensões, tipo de fonte de alimentação, capacidade de processamento e mobilidade permitem segmentá-lo em três grupos [75]: microdispositivos autónomos, dispositivos móveis e estáticos.

(1) Microdispositivos autónomos

Incluem os componentes eletrónicos discretos, como atuadores e uma grande variedade de sensores (vide Tabela 3). Os dispositivos desta gama são integrados em soluções *wearable* ou distribuídos pelo ambiente de enquadramento do utilizador. Note-se que a sua utilização não requer normalmente a participação do utilizador em operações de integração ou manutenção do sistema.

Tabela 3: Tipos de sensores discretos.

Tipo	Funcionalidade
Ambientais	Medição da luminosidade, temperatura, humidade, concentração de CO ₂ entre outros.
Segurança	Deteção de eventos que comprometam a segurança do utilizador no ecossistema. Nesta categoria estão incluídos os sensores de fugas de água, gás e fumo, volumétricos, entre outros.
Biométricos	Medição de parâmetros biométricos no utilizador. Por exemplo, os sensores de pressão arterial, batimento cardíacos, glucose entre outros.
Voz	Registo do áudio do utilizador.
Movimento	Deteção da presença do utilizador e das suas atividades dentro do ecossistema.

(2) Dispositivos móveis

De acordo com a *Systems Audit and Control Association* (ISACA), os dispositivos móveis são segmentáveis em oito grupos: *smartphones*; dispositivos portáteis com sistemas de armazenamento, vídeo e áudio integrados (*laptops* e *netbooks*); *tablets*; assistentes pessoais (PDA); dispositivos de armazenamento USB e *wireless dongles*; câmaras digitais; dispositivos RFID; e dispositivos de infravermelhos, como impressoras e *smart cards* [76]. Nos últimos anos verificou-se um desenvolvimento significativo dos *smartphones*. O aumento do número de sensores embutidos (vide Fig. 7 e Fig. 8), da capacidade de processamento (vide Fig. 64 e Fig. 65 em Anexo) e as tecnologias de comunicação *wireless* suportadas (WiFi, BLE, NFC e 3G/4G) [76][77], aliados à flexibilidade e facilidade de desenvolvimento para as diversas plataformas móveis (iOS, Android e Windows Phone), contribuíram para um aumento da sua utilização em atividades diárias, tornando-os passíveis de serem adotados gradualmente na monitorização de atividades do utilizador. Note-se que a sua componente protocolar lhes confere acesso direto a qualquer *web-service* e a possibilidade de comunicar com dispositivos externos, características implícitas a qualquer tipo de dispositivo que visa integrar uma solução AAL. Adicionalmente, o facto de serem pouco intrusivos maximiza a sua aceitação no contexto do utilizador.

Os gráficos seguintes apresentam a evolução que existiu em termos de número de sensores para um conjunto restrito de *smartphones* dos fabricantes Apple e Samsung (vide Fig. 7).

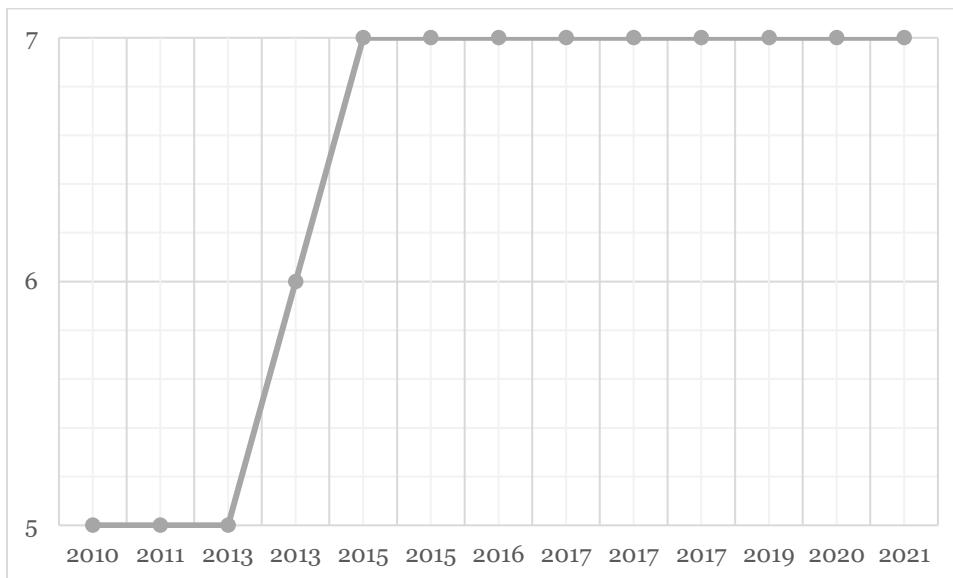


Fig. 7: Evolução do valor nominal de sensores incluídos nos iPhones entre 2010 e 2021[78].

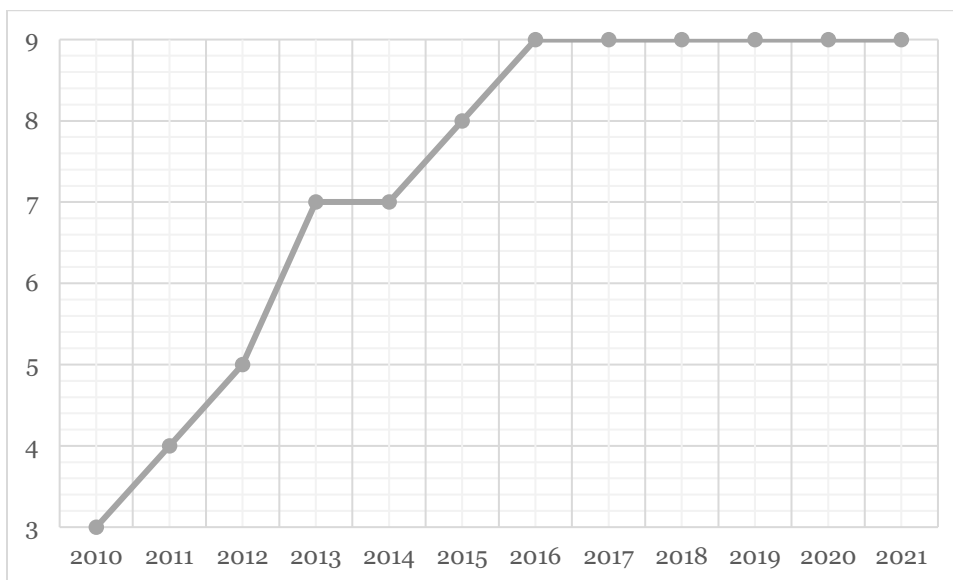


Fig. 8: Evolução do valor nominal de sensores incluídos nos Samsung Galaxy entre 2010 e 2021 [79].

No contexto de AAL o smartphone tem sido adotado para integrar soluções de monitorização e diagnóstico de múltiplas patologias. O seu uso visa tirar partido das características técnicas para a recolha de múltiplos parâmetros: pulsação cardíaca, níveis de oxigénio, movimentos e atividades [80], condições de pele, estado da retina entre outros [81][77].

Contudo, o uso de smartphones em aplicações AAL não se restringe à recolha de sinais fisiológicos e cinemáticos do utilizador. Várias soluções utilizam-nos como ponto de acesso, para agregação de sensores externos à rede. Nos últimos anos a sua utilização tem sido adotada de forma significativa nos sistemas de deteção de quedas [82][83].

(3) Dispositivos estáticos

Incluem-se dispositivos de visualização, como ecrãs de sistemas de entretenimento; segurança e controlo de acesso à rede; de conforto, como os radiadores e o ar-condicionado e dispositivos dedicados a tarefas específicas dentro do ecossistema (vide Tabela 4) - torradeiras, máquinas de café, entre outros. Note-se que, apesar da terminologia adotada, o subconjunto de dispositivos segmenta-se em termos de portabilidade em *small appliances* (torradeiras, máquinas de café, humidificadores, entre outros) e *major appliances* (frigoríficos, ar condicionado, entre outros).

Tabela 4: Exemplos de dispositivos estáticos no mercado.

Marca	Nome	Protocolos de comunicação		Gateway	Observações
		Externo	Interno		
Smarter	Smarter Coffee	Wi-Fi	N/A	N/A	<ul style="list-style-type: none">• Aplicação <i>mobile</i> de gestão compatível com iOS e Android [84].
WeMo	Mr. Coffee	Wi-Fi	N/A	N/A	<ul style="list-style-type: none">• Aplicação <i>mobile</i> de gestão compatível com iOS e Android [85].
LG	LG LFX31995S T	Wi-Fi	N/A	N/A	<ul style="list-style-type: none">• Aplicação <i>mobile</i> de gestão compatível com iOS e Android [86];• Gestão dos mantimentos existentes no frigorífico [86].
Samsung	RF22K9581 SG/AA	Wi-Fi	N/A	N/A	<ul style="list-style-type: none">• Aplicação <i>mobile</i> de gestão compatível com iOS e Android [87];• Gestão dos mantimentos existentes no frigorífico [87].
LG	High Efficiency-Inverter	Wi-Fi	Proprietário	Sim	<ul style="list-style-type: none">• Aplicação <i>mobile</i> de gestão compatível com iOS e Android [88].
Tado	Smart Thermostat	Wi-Fi	6LoWPAN ⁷ [89]	Sim	<ul style="list-style-type: none">• Aplicação <i>mobile</i> de gestão compatível com iOS e Android [90].

2.3.3.4. Informação recolhida

Os protocolos de comunicação associados a cada dispositivo conferem-lhe um meio de comunicar informação, seja proveniente do utilizador ou do próprio dispositivo.

⁷ Acrónimo dado ao protocolo IPv6 aplicado a redes LP-WPAN (*Low Power Wireless Personal Area Networks*).

(1) Sinais de comunicação

A informação transferida na interação autônoma entre dispositivos do ecossistema efetua-se por meio de sinais de comunicação M2M (*Machine to Machine*). A comunicação M2M é um paradigma emergente que proporciona uma ligação ubíqua entre dispositivos e a automatização do processo de comunicação. A sua funcionalidade maximiza a aplicabilidade das soluções desenvolvidas no domínio de IoT [91]. De acordo com o paradigma de M2M, o processo de comunicação entre dispositivos impõe a utilização de um conjunto de tecnologias e redes. Neste âmbito, as redes segmentam-se em termos funcionais em dois conjuntos:

- **Redes capilares M2M** – Os dispositivos formam uma rede, cuja conectividade é proporcionada por um conjunto de tecnologias de comunicação de curto alcance (como ZigBee e Wi-Fi). Em contrapartida, a ligação a redes WAN (*Wide Area Networks*) impõe a utilização de um *gateway* na solução adotada. Note-se que esta tipologia de redes, citadas na literatura como redes LNN (*Low Power and Lossy Networks*), caracterizam-se pela utilização de dispositivos de baixa complexidade e custo, pelos requisitos de eficiência energética e fiabilidade, pela utilização de tecnologias de camadas de ligação *low-power* do modelo OSI (*Open Systems Interconnection*), entre outros [91];
- **Redes móveis M2M** – Os dispositivos têm embutido um cartão SIM (*Subscriber Identity Module*) e são dotados da capacidade de comunicar de forma autônoma com a rede móvel, de igual forma à de um utilizador normal. Note-se que sua tipologia inclui características singulares como as transferências de pequenas quantidades de informação, os requisitos de serviços com alta eficiência energética, entre outros [91].

(2) Sinais de informação

A informação lida do utilizador é proveniente de dois tipos de sinal: biomédicos e cinemáticos.

Os **sinais biomédicos** são utilizados para transferência de informação em organismos vivos e estão geralmente codificados em oscilações de energia elétrica, química, mecânica e térmica [92]. O processo de conversão de energia fisiológica num sinal elétrico é realizado por um bio transdutor, o componente primário nos sistemas de medida de sinais biomédicos, e constitui a interface entre o sistema de medição e o organismo vivo. A Tabela 5 mostra o conjunto de medidas fisiológicas categorizadas por tipo de energia envolvida no processo.

Tabela 5: Medições fisiológica segmentadas pelo tipo de energia.

Forma de Energia	Variações responsáveis	Medidas típicas
Química	Atividade química e/ou concentração	O ₂ , CO ₂ , pH, concentrações hormonais, entre outros parâmetros químicos.
Mecânica	Posição, força, torque ou pressão	Movimento muscular, pressão cardiovascular, contração muscular, entre outros.
Elétrica	Tensão (energia potencial das cargas iónicas) e corrente (fluxo de cargas iónicas)	EEG, ECG, EMG, EOG, ERG, EGG e GSR.
Térmica	Temperatura	Temperatura corporal e termografia.

A medição de sinais biomédicos impõe a utilização de eléctrodos e sensores corporais, o que condiciona a sua aplicabilidade ao nível de determinados nichos populacionais. Contudo, avanços recentes na engenharia têxtil de fabrico de eléctrodos permitiram a integração de funcionalidades de sensorização em peças de vestuário, para recolha de forma dissimulada de sinais ECG, EMG, entre outros [93] [94]. A amplitude deste tipo de sinais torna-os sensíveis a várias fontes de ruído como:

- **Interferência causada pela rede elétrica** - Geralmente localizado nos 50Hz ou nos 60Hz em alguns países;
- **Ruído causado pelo contacto do sensor** – Perda de contacto entre o sensor e a pele traduz-se em variações bruscas com a saturação do sinal;
- **Artefactos de movimento** – O posicionamento do eléctrodo fora da região de contacto inicial leva a variações na impedância de entrada do eléctrodo;
- **Ruído electromiográfico (EMG)** – Atividade elétrica que advém de contrações musculares que podem mascarar o sinal puro;
- **Baseline drift** – Causado, por exemplo, por movimentos respiratórios;
- **Ruído causado pelos instrumentos de medida** – Artefactos gerados pelo equipamento que processa o sinal, como, por exemplo, a sua saturação;
- **Ruído eletromagnético** – Ruído gerado por equipamento médico, cuja utilização é imposta pelo seu regime de tratamento ou por eletrodomésticos dispostos no ecossistema do utilizador.

Os **sinais cinemáticos** são utilizados para determinação dos movimentos do utilizador. A sua medição confere ao sistema forma de monitorizar e caracterizar as interações do utilizador com o meio envolvente, *context awareness* [75].

A propriedade de *context awareness* é comum a todos os sistemas AAL e advém da capacidade de dispositivos ou serviços dimensionados na sua base terem noção do ambiente em que o

utilizador está enquadrado, dos seus comportamentos e interesses. Note-se que é uma propriedade fundamental em sistemas AAL, pois confere-lhes capacidade de se adaptarem em função da situação do utilizador. A adaptabilidade advém dos sensores que estabelecem a ligação entre o ambiente externo e o utilizador e recolhem a informação para otimização da experiência do utilizador [69].

Uma das atividades mais comuns realizadas pelo ser humano é andar, pelo que tem existido um desenvolvimento significativo das metodologias de análise do padrão de movimento do utilizador no contexto das soluções AAL [95]. A identificação de parâmetros e padrões de movimentos confere informação sobre o nível de mobilidade e de estabilidade em termos de saúde do utilizador. Note-se que existem doenças como a diabetes, depressão e neuropatia periférica que estão correlacionados com sintomas identificáveis pela instabilidade dos padrões de movimento [95].

O desenvolvimento deste paradigma em soluções AAL permite o dimensionamento das seguintes aplicações:

- **Reconhecimento de atividade** – Identificação de padrões e comportamentos com base num conjunto de observações de ações do utilizador e nas condições do ambiente em que se enquadra [96];
- **Deteção de eventos anómalos** – Identificação de quedas do utilizador;
- **Determinação de parâmetros de movimento** – Utilização de parâmetros de movimentos como indicadores de patologias do utilizador;
- **Localização e monitorização do utilizador** – Identificação e diferenciação no ecossistema de múltiplos utilizadores.

A maioria do trabalho desenvolvido neste contexto tem-se focado sobre soluções *wearable*, por exemplo, um acelerómetro em contacto direto com o utilizador para deteção de quedas. Contudo, existem soluções baseadas em sistemas de sensores exteriores ao utilizador que o monitorizam de forma não invasiva. Como consequência, as soluções AAL dividir-se-ão em dois tipos:

- **Baseados em sensores internos** – No paradigma de computação *wearable*, são colocados múltiplos sensores (acelerómetros, giroscópios, magnetómetros⁸, entre outros) no corpo do utilizador para maximizar a granularidade das medições. Apesar da sua granularidade, a abordagem enfrenta desafios de aceitação, relacionados com a relutância dos utilizadores no uso de múltiplos sensores no seu corpo (método intrusivo) e com os artefactos que advêm da sua distribuição e localização [96];
- **Baseadas em sensores externos** – Nesta abordagem, os dispositivos de sensorização são distribuídos pelo ambiente onde o utilizador está enquadrado [93][94]. Vulgarmente,

⁸ Utilizados para sistemas de localização do utilizador em ambiente residencial.

os sensores utilizados são os leitores RFID, câmaras de videovigilância ou sensores de movimento. A utilização de sensores embutidos enfrenta desafios operacionais, relacionados com o custo da sua inclusão em objetos do dia-a-dia, e de aceitação, pois a captação de vídeo é vista como uma violação da privacidade do utilizador [96].

Note-se que existem sistemas que combinam as duas abordagens, por forma a desenvolver ecossistemas que proporcionem sistemas inteligentes de assistência médica no ambiente em que o paciente está enquadrado. Neste contexto, a informação recolhida pelos sensores corporais é correlacionada com os sensores embutidos distribuídos pelo ecossistema, por forma a determinar padrões de atividades e a sugerir ao utilizador formas de como poderá melhorar a sua saúde por alteração de comportamentos diários [97].

De acordo com os autores Petros Toumpaniaris *et al.*, verificou-se um desenvolvimento significativo nos sensores em ecossistemas AAL que auxiliam na deteção de paragens cardíacas, doenças pulmonares, hipertensão, diabetes, doenças de Alzheimer e Parkinson [98]. Apesar da diversidade de fontes de informação, existe uma tendência em termos de foco das soluções implementadas sobre os sinais biomédicos. Numa análise de 14 artigos científicos, 64% implementava sistemas de AAL dedicados à recolha e análise de sinais biomédicos (vide Fig. 9 e Fig. 10).

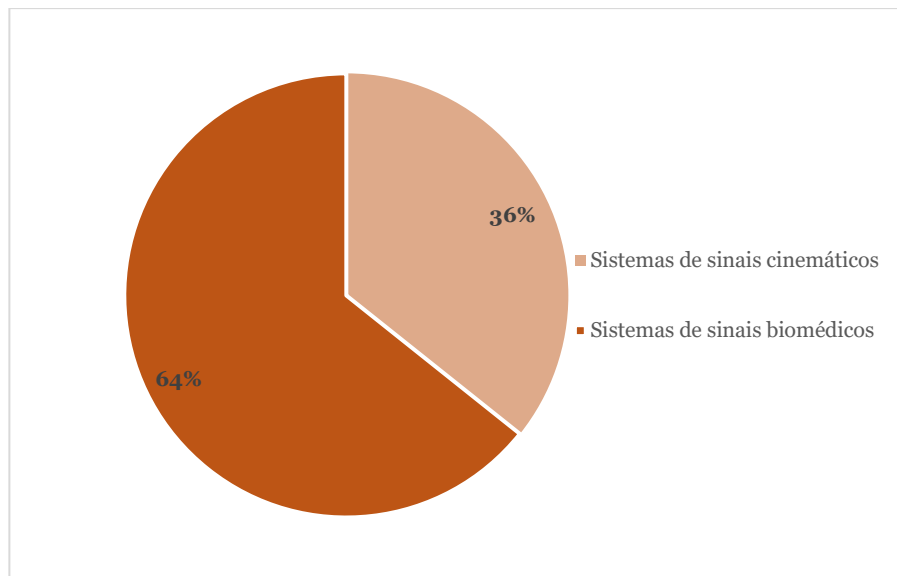


Fig. 9: Tipo de sinais usados em ecossistemas AAL.

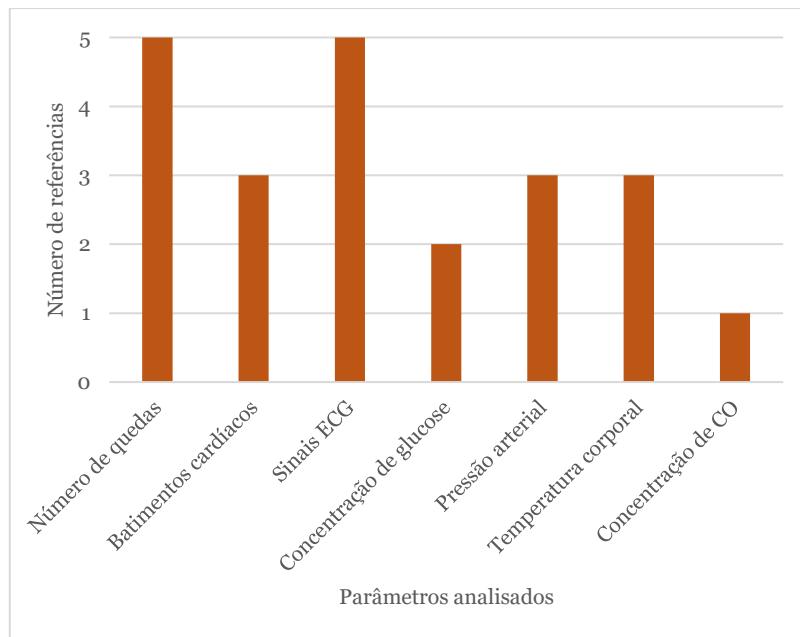


Fig. 10: Número de referências por parâmetro usado em sistemas AAL.

A monitorização de sinais biomédicos é uma temática explorada dentro dos ecossistemas AAL, contudo, a sua aceitação dentro da comunidade idosa tem sido condicionada devido ao cariz intrusivo das suas medições [99]. Normalmente é imposto ao utilizador o uso de sensores corporais (elétrodos) em contacto com a pele. Os sinais cinemáticos, em contrapartida, não têm este tipo de condicionantes, o que maximiza a sua aceitabilidade pela população idosa. No contexto da tese focar-nos-emos sobre os sinais biomédicos, devido ao cariz da informação contida nesta tipologia de sinais para a saúde do paciente.

2.3.3.5. Módulo de interação

O módulo de interação interliga o utilizador aos sistemas e serviços disponibilizados no ecossistema e adapta-os em função das suas necessidades. A interação com o utilizador faz-se a partir dos diversos recursos atuais para disseminação da informação recolhida pelos módulos de monitorização, uma aplicação mobile no *smartphone* [100], uma aplicação desenvolvida para uma *smart tv* [101] ou simplesmente um *backoffice* acessível ao utilizador via *Web-Browser* [102][83].

A forma como cada bloco interage entre si está representada no diagrama de blocos que se segue.

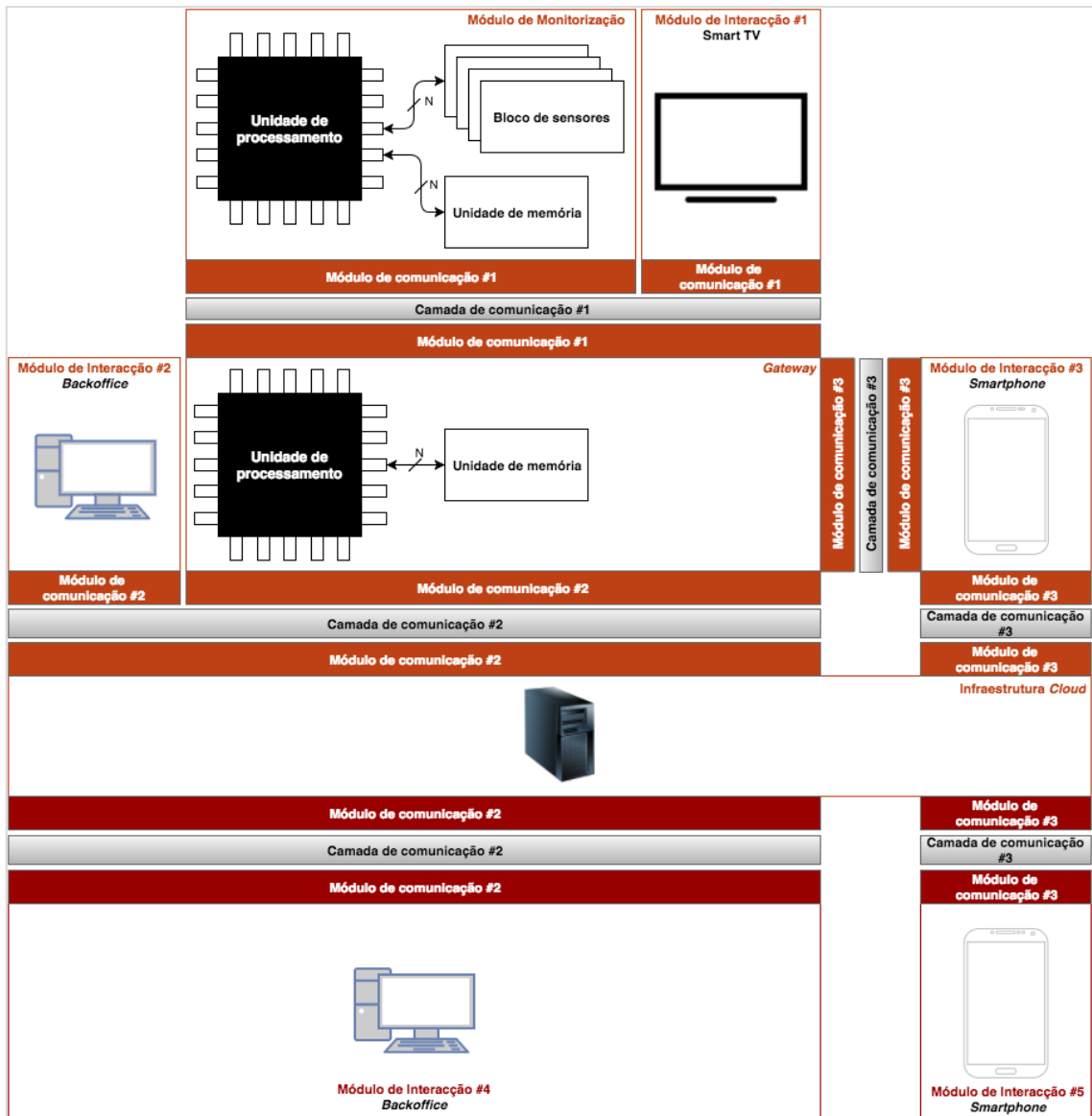


Fig. 11: Arquitetura funcional de um sistema AAL.

Legenda

Camada de comunicação #1 – Camada de comunicação associada à rede local utilizada para estabelecer a ligação dos módulos de monitorização ao *gateway*;

Camada de comunicação #2 – Camada de comunicação que estabelece a ligação do ponto de acesso presente no ecossistema ao servidor remoto;

Camada de comunicação #3 – Camada de comunicação associada à rede móvel (LTE, UMTS e GPRS);

Cor vermelha – Lado do cuidador;

Cor laranja – Lado do paciente.

2.3.4. Arquitetura

Em termos de tipologia arquitetural, a multiplicidade de soluções de AAL desenvolvidas, cada uma com o seu grau de especificidade, e a ausência de um método padrão de desenvolvimento fomentaram a implementação e a adoção de múltiplas arquiteturas no âmbito aplicacional dos sistemas AAL:

- **Service-Oriented Architecture (SOA)** - Padrão arquitetural de *design* de *software*, baseado no princípio de desenvolvimento de elementos computacionais agnósticos em

termos de plataformas, com um acesso centralizado por um *backoffice* [103][104]. A sua adoção visa colmatar a lacuna de interoperabilidade em sistemas distribuídos, que advém da heterogeneidade protocolar associada ao *hardware* em utilização, e maximizar fatores, como a eficiência, a flexibilidade e a produtividade expondo a lógica de negócio do sistema através de serviços [75];

- **Service-Oriented Device Architecture (SODA)** – Padrão arquitetural que surge como resposta à proliferação de dispositivos proprietários com interfaces de comunicação dedicados, resultando numa adaptação da arquitetura SOA. Note-se que o padrão é uma adaptação da arquitetura SOA, que fornece uma camada de abstração com os dispositivos do sistema, por forma a simplificar os acessos e a maximizar a transparência das interfaces e métodos de acesso no ciclo de desenvolvimento e *design* do sistema [75][105];
- **Arquitetura Peer-to-Peer (P2P)** – Padrão arquitetural que usa a múltipla conectividade entre os participantes e a sua largura de banda cumulativa, para descentralizar os acessos a recursos na rede, e assim mitigar lacunas de performance. Em termos funcionais, num sistema P2P [106] cada nó tem os mesmos privilégios, operando simultaneamente como cliente ou servidor. A sua aplicabilidade depende do grau de heterogeneidade do sistema em análise, o que condiciona a sua adoção no contexto de AAL. Apesar das condicionantes impostas, existem soluções na literatura que a adotam, como, por exemplo, a solução proposta pelos autores Nikos Passas *et al.*, plataforma PeerAssist [107];
- **Event-Driven Architecture (EDA)** – Padrão arquitetural baseado no princípio de publicação/subscrição, que habilita o desacoplamento da interação entre utilizadores, maximizando a sua aplicabilidade em ambientes distribuídos de grandes dimensões. Apesar do nível de desacoplamento dos sistemas *event-based*, a inclusão de utilizadores de múltiplos domínios coloca um desafio de interpretação semântica de eventos. Os sistemas atuais impõem um acordo na semântica do evento, o que coloca dependências entre terceiros e anexa as subscrições de eventos às linguagens de processamento e aos esquemas semânticos de eventos. Como consequência, a escalabilidade do sistema é restringida aos eventos cujo esquema e interpretação semântica são conhecidas e limitadas em ambientes heterogéneos em termos semânticos [108][109]. Em termos organizacionais, a arquitetura divide-se em cinco categorias: *metadata* (regras de especificação), processamento de eventos, ferramentas de gestão de desenvolvimento da infraestrutura, serviços de integração, recursos e alvos [75];
- **Component and Connector (C2)** – Estilo arquitetural baseado na transmissão de mensagens entre componentes através de conectores, que operam como barramentos de dados. Note-se que os componentes executam operações, mantêm o estado e trocam mensagens entre si através de duas interfaces, *top* e *bottom*, que contêm um conjunto de mensagens a enviar/receber. Adicionalmente, as mensagens entre componentes têm três tipologias: pedido de execução de uma operação, notificação da execução de uma operação ou modificação do estado de um dado componente. A adoção do padrão dota o

sistema de mecanismos de comunicação entre componentes independentes, e, conseqüentemente, uma integração simples com novas soluções [110];

- **Multi-Agent System (M.A.S)** – Estilo arquitetural adotado para a modelação e desenvolvimento de sistemas distribuídos adaptativos que requeiram autonomia e uma comunicação entre elementos autónomos [111], particularmente de sistemas sociais em ambiente real, onde a resolução dos problemas se efetua de forma cooperativa e concorrente sem o intuito de obtenção de uma solução ótima [112]. Neste sentido, os sistemas são constituídos por múltiplos agentes autónomos capazes de atingir coletivamente objetivos de concretização limitada no âmbito de sistemas monolíticos [113]. Note-se que a sua adaptabilidade maximiza a sua adequação ao paradigma dos ecossistemas AAL, devido à mutabilidade despoletada pelas anomalias de *hardware*, adição e remoção de dispositivos ou atividades do utilizador. Na literatura existem exemplos, como o dos autores Paolo Sernani *et al.* [114], de adoção da arquitetura para a modelação de um sistema AAL;
- **Blackboard** – Estilo arquitetural, proeminente no contexto de sistemas de Inteligência Artificial (IA), que implementa memória partilhada numa camada de abstração de alto nível [115]. Note-se que a sua adoção impõe a existência de três componentes no sistema: as fontes de conhecimento, o *blackboard* e um mecanismo de controlo, o calendário. As fontes de conhecimento solucionam problemas de forma colaborativa, aplicando a informação assimilada na sua área de atuação. Em termos de implementação, é um componente que interage unicamente e diretamente com o *blackboard*, onde coloca as suas contribuições e extrai a informação a analisar, não detendo conhecimento sobre outras fontes de conhecimento existentes no sistema. O *blackboard* é apenas uma unidade de armazenamento. O calendário é o componente que orienta o sistema no sentido da solução, gerindo o processo de execução das múltiplas fontes de conhecimento e mitigando a ocorrência de *deadlocks* no sistema [116].

Apesar da multiplicidade de arquiteturas, nenhuma das abordagens clássicas discriminada se adequa aos requisitos impostos pelos sistemas AAL, especificamente em termos de integração. Como consequência, as abordagens híbridas, que combinam diferentes estilos clássicos de arquiteturas, têm sido objeto de investigação [117]. Contudo, este fator não inibe a adoção de arquiteturas clássicas para o dimensionamento de soluções AAL. Vários projetos de investigação adotam *middlewares* ou plataformas baseadas na arquitetura SOA construídos sobre uma *framework* normalizada, a *open-service gateway initiative* (OSGi)⁹.

2.3.5. Plataformas

Apesar do consenso em termos de unidades nucleares ao ecossistema, as múltiplas abordagens em termos de implementação aliadas à heterogeneidade crescente em termos de contexto

⁹ *Framework* que visa minimizar a entropia associada ao processo de integração de dispositivos e abstrair o utilizador da heterogeneidade implícita em termos de *hardware*.

aplicacional motivaram a maximização do número de soluções dedicadas em ambientes AAL focadas sobre problemáticas específicas. No sentido de minimizar o nível de fragmentação em termos aplicativos e mitigar as lacunas técnico-científico identificadas, existiu um esforço por parte da comunidade científica no dimensionamento de uma plataforma que operasse como um padrão em termos de desenvolvimento. Como consequência surgiram plataformas como: **(1) MonAmi** em 2006; **(2) SOPRANO** em 2007; **(3) AMIGO**, **(4) OASIS**, **(5) VAALID** e o **(6) GENESYS** em 2008; **(7) MPOWER** em 2009; **(8) PERSONA**, **(9) universAAL** e **(10) OpenAAL** em 2010 (vide Tabela 6, Tabela 7, Tabela 8, Tabela 9 e Tabela 10).

Tabela 6: Lista de plataformas de ecossistemas AAL.

#	Descrição	Implementação	Protocolos	Limitações	Referência
(1)	Projeto que visou a maximização da viabilidade da implementação de ecossistemas AAL através da criação de um sistema modular, com integração de múltiplos dispositivos <i>mainstream</i> e serviços. Note-se que de modo a minimizar a entropia associada ao processo de integração de serviços, o seu desenvolvimento contemplou a cadeia de valor associada; as restrições de enquadramento do ecossistema (cultura, necessidades, infraestrutura tecnológica disponível, entre outros); a micro ecologia dos serviços locais em termos de entidades intervenientes.	<i>Framework</i> OSGi.	X10, Bluetooth, Zigbee, Lonworks e Infrared.	-	[118], [119]
(2)	Projeto que visou assegurar a independência do utilizador, por fornecimento de um ecossistema de domótica com AI. Note-se que o sistema dimensionado focar-se-á sobre a melhoria contínua da qualidade de vida dos seus utilizadores e fornecimento de mecanismos que os auxiliem na ocorrência de situações anómalas (problemas de saúde, fogo entre outros). Contrariamente a outras plataformas (AMIGO e PERSONA), combina uma arquitetura orientada ao serviço com técnicas <i>ontology-based</i> , para assegurar coerência semântica. A sua componente nuclear é o SAM (SOPRANO <i>Ambient Middleware</i>), que dota o sistema de inteligência, alimentada pelos comandos do utilizador e dados dos sensores, e usada para estipulação das ações a executar.	<i>Framework</i> OSGi; e arquitetura SOA.	-	<ul style="list-style-type: none"> • Personalização limitada dos serviços fornecidos; • Ausência de um mecanismo flexível de comutação entre os níveis de assistência; • Comunicação limitada entre utilizadores, que inerentemente condiciona a exploração do serviço e isola o paciente; • Implementação orientada ao problema e pouco focada sobre a satisfação/entretenimento do utilizador durante o processo. 	[120], [121], [122], [123]

Tabela 7: Lista de plataformas de ecossistemas AAL (cont.).

#	Descrição	Implementação	Protocolos	Limitações	Referência
(3)	Projeto que visou a investigação do paradigma de inteligência artificial (AI) em redes domésticas para fornecer serviços apelativos ao utilizador com usabilidade otimizada. O sistema combina domótica, eletrónica de consumo, comunicações móveis e tecnologia computacional para centralizar o acesso a múltiplos serviços. Note-se que os resultados obtidos são aplicáveis ao contexto de AAL para fornecer novos serviços. A diferença de âmbito coloca desafios de adaptação das tecnologias em uso pelos utilizadores ao contexto aplicacional nativo do projeto.	Framework OSGi e arquitetura SOA.	-	<ul style="list-style-type: none"> Ausência de participação do paciente nas decisões do ecossistema; Minimização da comunicação entre pacientes e a comunidade fora do seu âmbito familiar, que inerentemente condiciona a exploração do serviço e isola o paciente do exterior. 	[75],[124]
(4)	Projeto que introduziu uma arquitetura aberta de referência e uma plataforma inovadora e <i>ontology-driven</i> , que fomentam a interoperabilidade, conectividade e a partilha de conteúdos entre serviços e ontologias em todos os domínios aplicacionais no âmbito de AAL. Note-se que a plataforma é aberta, modular, holística, fácil de manusear e normalizada segundo <i>standards</i> definidos. Cumulativamente, inclui mecanismos de ligação/gestão de conteúdos/serviços; de criação e adaptação das interfaces do utilizador; e de personalização e integração de serviços. O desenvolvimento de soluções para a plataforma contempla a integração de serviços heterogéneos em conformidade com os requisitos especificados pelo utilizador.	Framework OSGi	-	<ul style="list-style-type: none"> Mapeamento manual das descrições de serviços ou dispositivos maximiza tempo de desenvolvimento de soluções. 	[125],[126],[127]

Tabela 8: Lista de plataformas de ecossistemas AAL (cont.).

#	Descrição	Implementação	Protocolos	Limitações	Referência
(5)	Projeto que visou o desenvolvimento de ferramentas de apoio a programadores, especialmente aos que dimensionam produtos/serviços no âmbito de AAL, por forma a otimizar e maximizar a eficiência do processo de <i>design</i> da interação com o utilizador, e validar a usabilidade e acessibilidade nas etapas de desenvolvimento, associadas ao processo <i>User Centred Design</i> (UCD). Como consequência, para assegurar a imersividade do ambiente dimensionado e o fornecimento de uma nova experiência em termos conceptuais e tecnológicos, a plataforma dotou-se de funcionalidade de realidade virtual. Note-se que o seu uso maximizará a viabilidade económica e técnica do <i>design</i> universal de soluções AAL, uma vez que as necessidades do utilizador são contabilizadas durante as etapas de desenvolvimento.	-	-	-	[128], [129]
(6)	Projeto que visou o desenvolvimento de um estilo arquitetural com princípios básicos para o <i>design</i> de sistemas embutidos, de uma metodologia de desenvolvimento baseada na definição de um modelo e de serviços arquiteturais basilares para o desenvolvimento aplicacional. Note-se que os serviços resultam da convergência de arquiteturas com serviços de diferentes domínios aplicacionais (automóvel, aviação, <i>mobile</i> entre outros). Normalmente estão estruturados hierarquicamente, com os serviços nucleares, que se impõem na instanciação da arquitetura, na sua base. Adicionalmente os serviços são categorizados por: configuração básica, execução de componentes, comunicação básica entre outros.	-	-	-	[130]

Tabela 9: Lista de plataformas de ecossistemas AAL (cont.).

#	Descrição	Implementação	Protocolos	Limitações	Referência
(7)	Projeto que visou o desenvolvimento de uma plataforma desprovida de serviços/ontologias semânticas e dotada de serviços <i>web</i> (HTTP e SOAP), por forma a maximizar a sua interoperabilidade com plataformas heterogéneas. Em termos de <i>middleware</i> , contém múltiplos blocos com interfaces coordenadas entre si e dimensionadas segundo a abordagem arquitetural da IBM. Os serviços fornecidos incluem notificações e alarmística, saúde e comunicação de voz e vídeo.	Arquitetura híbrida (SOA e MDA).	-	<ul style="list-style-type: none"> Adaptação condicionada dos módulos em execução para requisitos específicos de <i>hardware</i> e <i>software</i>. 	[75],[120],[131]
(8)	Plataforma que propôs um <i>middleware multilayer</i> , com funcionalidades de <i>context-awareness</i> , dimensionado para maximizar a sua conectividade e interoperabilidade, e fomentar a organização estruturada da sua arquitetura física e lógica.	<i>Framework</i> OSGi e arquitetura <i>service-oriented bus-based</i> .	Zigbee e Bluetooth.	<ul style="list-style-type: none"> Lacunas de segurança introduzidas pelo algoritmo <i>Data Encryption Standard</i> (DES) na encriptação de informação comprometem a confidencialidade, autenticação e direitos de acesso do utilizador. 	[120],[132],[133]

Tabela 10: Lista de plataformas de ecossistemas AAL (cont.).

#	Descrição	Implementação	Protocolos	Limitações	Referência
(9)	Projeto que visou desenvolver uma plataforma aberta que fornecesse uma abordagem <i>standard</i> para o dimensionamento sustentável de soluções AAL, por combinação das valências de projetos anteriores (AMIGO, PERSONA, entre outros). Como consequência, assegura-se a reutilização de funcionalidades de outras plataformas e minimiza-se a fragmentação. Note-se que a plataforma beneficia utilizadores finais pelo desenvolvimento de soluções acessíveis e simples de configurar e manusear; provedores de soluções, minimizando os custos e a entropia associada à criação e adaptação de serviços AAL, por adoção de uma abordagem que combina componentes, serviços e sistemas externos existentes; e as entidades reguladoras do paradigma, por introdução de uma abordagem normalizada para o desenvolvimento de soluções AAL, que mitiga as dependências em termos de fabricantes e gera um mercado, maximizando a disponibilidade de equipamento e minimizando os custos associados.	<i>Framework</i> OSGi e arquitetura SOA.	Zigbee, Konnex, Bluetooth e FS20.	<ul style="list-style-type: none"> • Suporte limitado de dispositivos nativamente, o que requer que a <i>framework</i> seja expandida manualmente; • Ausência de um <i>middleware cross-platform</i> de comunicação distribuído compatível com dispositivos móveis. 	[134], [135], [136]
(10)	Projeto que visou o desenvolvimento de uma solução aberta com uma <i>framework</i> dimensionada sobre OSGi, que minimiza a entropia associada ao processo de integração e comunicação entre serviços. Note-se que a solução dota os utilizadores de uma plataforma genérica de serviços com as seguintes características: gestão do contexto do ecossistema para recolha e abstração da informação em termos de ambiente de enquadramento, <i>workflow</i> baseado nas especificações comportamentais do sistema e deteção automática de serviços em termos semânticos. Cumulativamente, a <i>framework</i> e a plataforma estão ligados em termos operacionais e comunicacionais por uma ontologia comum.	<i>Framework</i> OSGi.	-	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de boas práticas para configuração e modelação de serviços na plataforma; • Ferramenta de suporte limitada ao âmbito da plataforma de openAAL e do paradigma de AAL; • Lacunas de performance advindas do uso de <i>software open-source</i> e da natureza da plataforma (protótipo); • Suporte limitado em termos de <i>querying</i> ao nível do <i>Context Manager</i>. 	[137]

2.3.6. Desafios

Apesar do consenso na literatura que o desenvolvimento tecnológico dos últimos anos alavancou a implementação de soluções AAL em ambiente real, existe um conjunto de desafios proeminentes na área, em complemento às lacunas associadas ao paradigma de IoT, que condicionam a sua adoção [1][2][138][139][140]. De acordo com a sua natureza, as lacunas identificadas segmentam-se por dois domínios: técnico, relacionado com as limitações do sistema do ponto de vista prático; e o do utilizador, relacionado com o seu papel desempenhado no sistema e a sua perceção sobre as principais barreiras ao processo de aceitação. No domínio técnico, os desafios são os seguintes:

- **Segurança e usabilidade** – O *design* dos dispositivos médicos utilizados de forma não supervisionada deverão reger-se por um *standard* centrado no utilizador. Note-se que os pacientes e terapeutas recorrer-lhes-ão não só para obter informação sobre o progresso, como para alertá-los na ocorrência de um evento prejudicial durante a terapia. A componente de alarmística é um dos módulos críticos, devido às consequências para o tratamento do paciente que advêm de uma falha em notificar o terapeuta da ocorrência de um evento anormal;
- **Autonomia e robustez** – Em dispositivos *wireless* o tempo de vida e a robustez do sistema de carregamento da bateria são fatores a considerar. Note-se que os dispositivos serão utilizados por grupos com experiência limitada em tecnologias móveis e computacionais. Portanto, a maximização da autonomia dos dispositivos e a minimização do seu tempo de carga serão pontos de destaque no seu dimensionamento. A minimização da intervenção do paciente em operações de gestão e manutenção do equipamento é um fator preferencial no dimensionamento dos dispositivos;
- **Cultural** – A forma como a abordagem de AAL é percecionada varia de cultura para cultura. Por exemplo, no Japão a robótica é vista como uma solução para diversos problemas, enquanto na Europa e nos Estados Unidos da América as pessoas estão menos dispostas a colocar a sua reabilitação nas mãos de uma entidade artificial [1]. A tecnofobia é uma barreira a enfrentar, por forma a adaptar os produtos dimensionados às dificuldades dos utilizadores;
- **Integração** – Os sistemas dimensionar-se-ão para que a sua integração no contexto envolvente seja simples e não intrusiva. Os sensores e atuadores do sistema deverão ser embutidos de forma discreta em elementos do dia-a-dia do utilizador, nas peças de vestuário, móveis ou paredes do ambiente envolvente;
- **Interação Humano-Computador (IHC)** – A necessidade do paciente interagir com o sistema computacional e as limitações no uso de interfaces típicas, como o rato ou o teclado, impõe o desenvolvimento de metodologias de interação mais diretas e intuitivas entre utilizador-máquina. Os dispositivos AAL deverão permitir ao utilizador interagir por voz ou gestos;
- **Armazenamento de dados** – O volume e o tipo de informação utilizados por sistemas AAL têm aumentado em termos de complexidade e mutabilidade, o que impõe a

maximização da precisão das técnicas e tecnologias utilizadas na captura, armazenamento, distribuição, gestão e análise da informação amostrada (*Big Data*) e a otimização do acesso a grandes volumes de informação para identificação de artefactos, por recurso a algoritmos de *data mining*¹⁰ [65][141][142].

No que respeita ao utilizador, as lacunas identificadas são as seguintes:

- **Privacidade, nível de intrusão e controlo** – Os utilizadores idosos preocupam-se com a utilização indevida da informação pessoal registada pelo ecossistema, e manifestaram-se relutantes em relação à funcionalidade de monitorização do ecossistema, devido à sua similaridade com um processo de vigilância. Note-se que outra preocupação manifestada foi o nível de intrusão do ecossistema nas suas rotinas diárias, por exemplo, alguns participantes no estudo dos autores Van Hoof *et al.* [143] queixaram-se dos cabos, sons incomodativos e interferências com outros dispositivos (por exemplo, televisões) causado pelo ecossistema [144][145][146];
- **Necessidade e utilidade percebida** – De acordo com a literatura, a ausência de necessidade subjetiva e de percepção dos benefícios associados são uma condicionante à aceitação dos ecossistemas AAL. A necessidade é influenciada pela percepção do utilizador de bem-estar, em termos de saúde, atividade e envolvimento social. A influência da componente social é constatada num estudo realizado pelos autores Steele R. *et al.* [147][144] em que pacientes com boas relações sociais não viam benefício na utilização destes ecossistemas. Adicionalmente, num outro estudo realizado pelos autores Sarah Abdi *et al.* [148] constatou-se que os participantes sem contacto com a tecnologia não viam valor nas tecnologias de suporte [144][149];
- **Usabilidade** – A usabilidade é uma das principais preocupações dos utilizadores relativamente aos ecossistemas AAL. Note-se que o tempo de adaptação das tecnologias às necessidades dos utilizadores, aliado à ineficiência típica dos *designs* definidos para aplicações neste domínio promovem a frustração do utilizador, e conseqüentemente constituem um condicionalismo à aceitação destes ecossistemas. No projeto SONOPA ficou patente a preocupação dos participantes com a complexidade das interfaces do ecossistema e do seu nível de participação, para que o sistema opere como é expectável [144];
- **Ausência de interação humana** – O esforço efetuado no sentido de automatizar e de conferir independência aos ecossistemas AAL descarta a necessidade de interação humana do utilizador, maximizando o seu isolamento. Note-se que existe um consenso generalizado que a tecnologia não deverá servir como substituto da assistência ou interação humana, pelo que a aplicabilidade dos automatismos terá de depender do tipo de tarefa executada [144][150];

¹⁰ Campo de informática que se dedica ao estudo e construção de algoritmos que aprendem e efetuam previsões com base em informação que lhes é fornecida.

- **Estigma social e orgulho pessoal** – Nos estudos realizados pelos autores Christina Jaschinski *et al.* e Lars Tore Vassli *et al.*, a maioria dos participantes estavam reticentes relativamente ao uso destas tecnologias, uma vez que os denotava como frágeis e com necessidade de assistência. O orgulho e a vergonha foram a razão mais frequente para recusar o uso de dispositivos de assistência [144][150];
- **Tecnofobia, experiência com tecnologia e eficácia** – As pessoas idosas desenvolvem fobias alimentadas pela ausência de conhecimento e pela percepção da complexidade e inacessibilidade associada ao manuseamento destas tecnologias [144][150];
- **Fiabilidade e confiança na tecnologia** – A fiabilidade do ecossistema é uma temática que preocupa as pessoas idosas, de tal forma que se questionam até que ponto as tecnologias adotadas garantem a sua segurança e saúde [150]. Fenómenos como falhas de energia e a ocorrência de *false positives* são os eventos mais mencionados. Os autores Christina Jaschinski *et al.* realizaram um conjunto de testes a sistemas de monitorização que revelaram um número significativo de alarmes despoletados por *false positive* durante os ensaios. Contudo, a forma como eram percecionados variava em função do utilizador: alguns participantes no estudo incomodaram-se com a sua ocorrência, enquanto outros consideraram-nos como indicador do correto funcionamento do sistema [144];
- **Preço** – Inadequação dos preços praticados para os ecossistemas AAL, considerando os rendimentos do público-alvo [144][150];
- **Preocupações de saúde** – Os problemas de saúde causados pelo excesso de radiação eletromagnética advinda dos sensores *wireless*. No estudo realizado pelos autores Christina Jaschinski *et al.*, uma percentagem residual manifestou preocupação relativamente à possibilidade de assistência excessiva fornecida pelo ecossistema, que condicionaria o nível de atividade dos pacientes por eliminação da necessidade de socialização [144][150].

Note-se que tem existido uma colaboração efetiva entre os principais *intervenientes*, por forma a mitigar os desafios discriminados e promover a adoção dos ecossistemas AAL. No que respeita a usabilidade a temática foi explorada em contexto académico [151]–[156].

Existem estudos focados sobre a avaliação da usabilidade de soluções *e-health* para identificação e resolução de lacunas críticas. Neste contexto foram âmbito de estudo as mais variadas tipologias de aplicações como um sistema de câmaras de vigilância *wearable* para pessoas com demência pela Judith T. Matthews *et al.* [157], aplicações de monitorização de diabetes por Urban Sedlar *et al.* [158], aplicações para IPTV em ambiente comercial que integram múltiplas soluções de cuidados domiciliários por Vítor Ribeiro *et al.* [8], dispositivos de alerta de emergência por Suchitporn Lersilp *et al.* [159] entre outros.

Em 2017 os autores Miroslav Sili *et al.* propuseram um processo de *design* centrado no utilizador para uma solução de navegação *indoor* e *outdoor* [160]. Em 2021 os autores Rute Bastardo *et al.* propuseram uma análise que colocava em questão a qualidade metodológica do processo de avaliação de usabilidade em ecossistemas AAL. A heterogeneidade evidente impõe a definição e linhas orientadoras e ferramentas para avaliar a qualidade dos procedimentos de avaliação adotados. Através da sua adoção torna-se possível otimizar o processo avaliativo de forma efetiva [161].

Outros estudos exploram como a aceitação e adoção dos ecossistemas AAL é condicionada pela ausência de foco sobre a usabilidade das soluções desenvolvidas neste contexto. Em 2013 os autores Zia Agha *et al.* propuseram um estudo que visava consciencializar os leitores da complexidade e importância associada à priorização da usabilidade no desenvolvimento de soluções *e-health* [162]. No mesmo ano os autores Alexandra Queirós *et al.* propuseram um estudo focado sobre a forma como os utilizadores finais eram envolvidos durante o ciclo de desenvolvimento de múltiplos ecossistemas AAL. Os resultados obtidos demonstraram falta de envolvimento dos utilizadores finais no processo, em especial na avaliação de usabilidade [163].

Note-se que é perceptível o esforço na consciencialização da importância da usabilidade no contexto de ecossistemas AAL. Contudo a forma como a temática tem sido explorada tende a focar-se sobre as necessidades específicas associadas à solução em desenvolvimento. No contexto da tese visa-se desassociar o estudo da temática de qualquer tipo solução e tratá-la como um elemento independente no ciclo de desenvolvimento.

Capítulo 3

Usabilidade

A usabilidade é uma característica multidimensional de um produto/serviço, que, de acordo com a norma ISO 9241-11, reflete o âmbito em que é usado pelos utilizadores para atingir objetivos específicos de forma eficaz, eficiente e satisfatória, no contexto de uma aplicação específica [164][165].

A abrangência e a relação unívoca com o utilizador fazem com que a característica seja tipicamente confundida com experiência do utilizador, apesar de conceptualmente serem características com âmbitos e objetivos distintos. Segundo a norma ISO 9241-210, experiência do utilizador foca-se sobre a perceção do utilizador do processo de interação. Como consequência, a sua análise é condicionada a fatores de natureza subjetiva (pessoais, comportamentais, sociais e ambientais) [166][167]. A usabilidade relaciona-se com a facilidade como o utilizador atinge os objetivos durante o processo de interação [168]. Nesse sentido, a característica multidimensional é condicionada por os utilizadores alvo, os objetivos e o contexto aplicacional [165], e, consequentemente, quantificável por sete métricas:

- **Eficácia** – Mede o grau de precisão com que as ações impostas para completar uma tarefa são executadas pelo utilizador [165][166][169][170][171];
- **Eficiência** – Mede o grau de facilidade e rapidez com que os utilizadores completam uma tarefa na interface do produto/serviço de forma precisa. Note-se que a métrica relaciona eficácia e recursos utilizados, como tempo, esforço ou custo [165][166][169][170][171];
- **Satisfação** – Conceito complexo e subjetivo condicionado pela eficiência e eficácia da aplicação, que descreve o quão agradável e amigável para os utilizadores são as componentes da interface do produto/serviço [165][166][171]. Normalmente relaciona-se com até que ponto o produto/serviço dimensionado foi ao encontro das expectativas do utilizador [169];
- **Curva de aprendizagem** – Relacionada com o tempo necessário à assimilação de conhecimento para manusear de forma apropriada o sistema. Note-se que o tempo imposto depende da complexidade imposta pelas interações e funcionalidades do sistema [170][171];
- **Memorizável** – Relacionada com a facilidade do utilizador em lembrar-se como manusear o sistema de forma apropriada. Característica significativa em sistemas cujo manuseamento não se efetua numa base contínua [170][171];
- **Conformidade contextual** – Mede o grau de conformidade do produto/serviço dimensionado com os contextos aplicacionais estipulados [169];

- **Segurança** – Mede o nível de risco associado à utilização do produto/serviço dimensionado para a integridade do utilizador, da informação em uso, do ambiente, entre outros, nos múltiplos contextos aplicativos estipulados [169][170].

Note-se que a definição das condicionantes associadas ao produto/serviço fornece informação crítica para a adequação dos requisitos funcionais às necessidades do utilizador.

Para otimizá-la impõe-se a estipulação das linhas orientadoras a adotar durante a fase de *design* e dimensionamento do produto/serviço; metodologias para verificação e identificação de lacunas de usabilidade; e escalas para quantificação do nível de severidade associada aos problemas identificados.

3.1. Linhas orientadoras

No estudo realizado pelos autores John D. Gould e Clayton Lewis, estes concluíram que até à data do artigo o processo de desenvolvimento de *software* carecia da estipulação de linhas orientadoras de *design*, de modo que, para mitigar a lacuna no ciclo de desenvolvimento, definiram três princípios de usabilidade: foco do desenvolvimento sobre o utilizador e as suas tarefas, medições empíricas e *design* iterativo [172][76]. Apesar de a sua definição ter sido significativa para a estipulação inicial de boas práticas focadas sobre a usabilidade do produto/serviço, a sua aplicabilidade limitada em ambiente real fomentou múltiplas críticas [173][174]. Em 2008, numa revisão das boas práticas de *design*, o autor Gilbert Cockton [175] concluiu que, apesar da sua validade, as condicionantes práticas à sua adoção impunham a estipulação de novos princípios de *design* de *software*. Os princípios segmentam-se em dois grupos: contexto aplicativo genérico, cuja aplicabilidade não se restringe por condicionantes associadas ao sistema ou dispositivo sobre o qual a interface é dimensionada; e os de contexto aplicativo específico, princípios que visam endereçar as condicionantes específicas ao enquadramento da interface dimensionada.

3.1.1. Contexto genérico

3.1.1.1. Princípios heurísticos de Jakob Nielsen e Rolf Molich

Nesse sentido, em 1990, os autores Jakob Nielsen e Rolf Molich [176] introduziram um conjunto de parâmetros heurísticos, revistos em 1994 por Jakob Nielsen [177], que tornar-se-iam basilares na avaliação heurística de usabilidade de interfaces [178][179].

Os parâmetros dividem-se em múltiplas áreas de atuação: a visibilidade do estado atual do sistema; o nível de adaptação do sistema ao ambiente real; o controlo e liberdade conferida ao utilizador; a imposição de consistência e estipulação de *standards* durante o dimensionamento da interface; a implementação de mecanismos de prevenção, reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros e de reconhecimento de ações; a maximização da flexibilidade e eficiência no uso da interface; o *design* minimalista; e a existência de documentação de suporte. Note-se que, na altura, a abordagem proposta destacou-se das metodologias tradicionais pelo destaque

dado à documentação de suporte ao utilizador no manuseamento eficiente do sistema visado. Para detalhes adicionais aconselha-se a consulta da Tabela 86 do capítulo de Anexo.

3.1.1.2. Regras de Constantine

Em 1995, o autor Larry L. Constantine efetuou um estudo sobre usabilidade de *software* e as suas condicionantes. De acordo com o estudo o conhecimento sobre *design* de interfaces torna o ciclo de desenvolvimento permissivo à subjetividade dos seus intervenientes, os programadores. Na ausência de testes de usabilidade a definição de linhas orientadoras constitui uma forma de maximizar a objetividade das decisões aliadas à usabilidade do produto/serviço dimensionado. Apesar de a temática ser abordada na literatura, normalmente a sua definição visa auxiliar *designers*, descartando a necessidade de educar outros elementos intervenientes no ciclo de desenvolvimento. Como consequência o autor propôs um conjunto de onze regras orientadas para programadores focadas sobre acesso, eficácia, progressão, suporte, contexto, estrutura, simplicidade, visibilidade, reutilização, *feedback* e tolerância [180]. Para detalhes adicionais aconselha-se a consulta da Tabela 89 do capítulo de Anexo.

3.1.1.3. Princípios cognitivos de Gerhardt-Powals

Em 1996, a autora Jill Gerhardt-Powals propôs um conjunto de princípios contextualizados com o enquadramento físico do produto/serviço a dimensionar (vide Tabela 90 do capítulo de Anexo), que comparativamente com os enumerados por Jakob Nielsen abordam a problemática de usabilidade de uma forma mais holística focada sobre a otimização da performance com que as tarefas são executadas na interface [76][177][181].

Os princípios dimensionados são segmentáveis nas seguintes áreas de atuação: automatização de tarefas desnecessárias; minimização da informação dúbia presente na interface; sumarização de informação apresentada, por forma a ser perceptível por parte do utilizador; apresentação de nova informação, através de mecanismos de suporte que auxiliem o utilizador na sua interpretação; utilização de nomes adaptados à tipologia da opção/ação apresentada na interface; apresentação de informação consistente, por forma a minimizar o tempo de pesquisa do utilizador por uma determinada ação; minimização do número de ações que requerem introdução de informação do utilizador; inclusão na interface de toda a informação necessária para as ações disponíveis; fornecimento de informação codificada quando se impor; e inclusão de redundância no acesso às ações/opções fornecidas pela interface. Para detalhes adicionais aconselha-se a consulta da Tabela 90 do capítulo de Anexo.

3.1.1.4. Princípios de Dix, Finlay, Abowd e Beale

Em 1998, os autores Alan Dix *et al.* focaram-se sobre a definição e categorização de linhas orientadoras, que viabilize a sua escalabilidade [182]. Nesse sentido as linhas orientadoras segmentaram-se pelas categorias apresentadas na tabela seguinte:

Tabela 11: Categorização dos princípios definidos por Alan Dix *et al.* [182].

Categoria	Descrição	Princípios
Curva de aprendizagem	Capacidade de novos utilizadores interagirem com o sistema de forma eficiente	Previsibilidade, sistematização, familiarização, generalização e consistência.
Flexibilidade	Multiplicidade de formas de trocar informação entre o utilizador e o sistema	Iniciativa no diálogo, <i>multi-threading</i> , migração de tarefas, substituibilidade e customização.
Robustez	Nível de suporte fornecido ao utilizador para conferir-lhe <i>feedback</i> durante o processo de interação	Observação, recuperação, capacidade de resposta e conformidade das tarefas com as necessidades do utilizador.

Para detalhes adicionais aconselha-se a consulta da Tabela 91 do capítulo de Anexo.

3.1.1.5. Regras de ouro de Shneiderman

Em 1998, no estudo realizado pelo autor Ben Shneiderman [183][184], relativo à interface humano-computador, estipularam-se um conjunto de princípios segmentáveis nas seguintes áreas de atuação: consistência da interface dimensionada; uso de atalhos por utilizadores frequentes; fornecimento de *feedback*; *design* de diálogos para notificação do utilizador da conclusão de uma ação; implementação de mecanismos de tratamento de erros e de cancelamento de ações; fornecimento do controlo sobre a interface dimensionada ao utilizador; e minimização da memória consumida durante cada interação. Note-se que a sua abordagem realçava a importância e fornecia as linhas orientadoras para o *design* de diálogos na interface, que auxiliassem o utilizador na sequência de ações a realizar e fornecessem *feedback* no decorrer do processo. Para detalhes adicionais aconselha-se a consulta da Tabela 92 do capítulo de Anexo.

3.1.1.6. Princípios cognitivos de Weinschenk e Barker

Em 2000, os autores Susan Weinschenk e Dean Barker examinaram as boas práticas disponíveis na literatura [185][186], incluindo as de Jakob Nielsen e as adotadas na indústria (Apple e Microsoft). Como consequência, estipularam-se vinte princípios relacionados com múltiplas temáticas [185]: nível de controlo do utilizador; limitações implícitas do ser humano no seu processo de interação; integridade modal; comodidade no processo de interação; minimização da complexidade em termos linguísticos dos blocos de informação adotados; integridade estética; simplicidade em termos funcionais e de *design*; previsibilidade; interpretação; exatidão; correspondência inequívoca dos conceitos apresentados na interface com o domínio de atuação a modelar; flexibilidade; realização; adequação às expectativas socioculturais do utilizador; ritmo de interação; consistência; nível de suporte fornecido; precisão; mecanismos de tratamento e recuperação de erros; e capacidade de resposta. Para detalhes adicionais aconselha-se a consulta da Tabela 93 do capítulo de Anexo.

3.1.1.7. Princípios de *design* de interação de Tognazzini

Em 2003, o autor Bruce Tognazzini propôs dezoito princípios de *design* segmentáveis nas seguintes áreas de atuação: componente estética; previsibilidade; autonomia do utilizador; cores adotadas; consistência da interface; uso de valores por defeito; visibilidade; eficiência do utilizador; interfaces exploráveis; aplicação da lei de Fitts¹¹ [187]; objetos da interface; redução de latência; curva de aprendizagem; aplicação de metáforas; proteção do trabalho do utilizador final; legibilidade; e simplicidade [188]. Na sua definição realçava-se a relevância para a otimização de usabilidade do uso de valores por defeito na configuração de sistemas ou na introdução de texto; de temas gráficos (lei de Fitts, legibilidade, daltonismo); e da minimização da curva de aprendizagem associada ao uso da interface dimensionada. Comparativamente com as boas práticas vigentes, a abordagem diferenciava-se no objetivo das metáforas aplicadas no processo de *design*, que visavam maximizar a perceção dos utilizadores, em termos de detalhes de *design*, em detrimento do foco típico sobre as suas expectativas [189]. Para detalhes adicionais sobre os princípios de *design* aconselha-se a consulta do Anexo.

3.1.2. Contexto específico

O carácter generalista dos princípios propostos fomentaram a procura e definição de princípios que contabilizassem as especificidades de *design* para determinados dispositivos (tamanho de letra, contraste de cores aplicado, tamanho dos botões e funcionalidade de *scroll*), as limitações físicas dos utilizadores, o contexto funcional focado entre outros. Nesse sentido surgiram conjuntos de linhas orientadoras específica à tipologia de dispositivo e à funcionalidade da aplicação.

3.1.2.1. Princípios específicos ao dispositivo

Aplicações para *smartphone*

Para o contexto específico das aplicações *mobile* a literatura contempla múltiplas heurísticas para promover a identificação de lacunas de usabilidade em aplicações desenvolvidas para dispositivos *mobile*. Entre as quais destacam-se o conjunto de 35 princípios heurísticos propostos pelos autores Paula Alexandra Silva *et al.* [190], resultantes da otimização da lista de Piotr Calak [191]; as 12 heurísticas propostas pelos autores Rodolfo Inostroza *et al.* [192], definidas iterativamente e corroboradas de forma empírica; as 13 heurísticas dos autores Marcos António Durães Dourado *et al.* [193]; as 13 heurísticas dos autores Bimal Aklesh Kumar *et al.* [194]; entre outros. Note-se que cada conjunto definido usa os princípios de Jakob Nielsen como referência e estende-os, por forma a acomodar as particularidades de dispositivos desta natureza.

Apesar do âmbito genérico das linhas orientadoras definidas a sua aplicação não é transversal a todos os contextos aplicativos. As características singulares de mecanismos emergentes, como

¹¹ Modelo de previsão do movimento humano publicado por Paul Fitts em 1954 e adotado em múltiplas áreas de desenvolvimento. Em termos das interfaces a sua utilização visa modelar os movimentos do utilizador por forma a antever as suas ações.

os mecanismos de realidade aumentada, aliadas às necessidades específicas de determinados grupos de utilizadores coloca desafios que os atuais princípios de usabilidade são incapazes de endereçar. No âmbito de aplicações *mobile* de realidade aumentada a sua proliferação no mercado evidenciou a ausência clara de linhas orientadoras que auxiliassem no seu *design*. Nesse sentido os autores Audrey Labrie e Jinghui Cheng [195] analisaram a usabilidade de aplicações *mobile* de realidade aumentada vigentes no mercado e adaptaram a interpretação dos princípios de usabilidade adotados em interfaces tradicionais para as características únicas identificadas no contexto aplicacional focado. Note-se que a interpretação visa fornecer a base para a estipulação formal de um conjunto de linhas orientadoras para aplicações desta tipologia. No mesmo ano os autores Neha Tuli e Archana Mantri [196] propuseram um conjunto de linhas orientadoras para o mesmo contexto aplicacional, adaptadas às necessidades de utilizadores de uma faixa etária específica, crianças da pré-primária. O estudo resultou em 23 princípios de usabilidade que visam auxiliar programadores e *designers* na criação de aplicações *mobile* de realidade aumentada acessíveis para os utilizadores discriminados.

Em termos de grupos de utilizadores específicos destacam-se os utilizadores com deficiência visuais, cujas limitações condicionam a sua interação com as interfaces dimensionados. Nesse sentido efetuou-se um esforço para definir linhas orientadoras que contabilizassem as necessidades específicas deste grupo de utilizadores. Em 2019 as autoras Yekyung Lee e Jihyun Lee [197] propuseram uma *checklist* de com 29 linhas orientadoras que cobriram três níveis do *design* da interface (estrutural, comportamental e apresentação) e compilaram a pesquisa efetuada em termos de princípios de usabilidade vigentes na literatura e boas práticas de acessibilidade aplicáveis aos utilizadores discriminados. No mesmo ano os autores Ticienne Darin *et al.* [198] um conjunto de princípios orientados para jogos de vídeos multimodais, aplicações direcionadas para utilizadores cegos que visam maximizar as suas capacidades cognitivas. As linhas orientadoras propostas visam agregar ao conhecimento discriminado na literatura e otimizar as práticas de avaliação de usabilidade vigentes.

Aplicações para *smart tv*

No âmbito das *smart tv* existem múltiplos estudos na literatura focados sobre a definição de linhas orientadoras e a identificação de lacunas de usabilidade, contudo a sua proeminência no mercado, condiciona o foco que lhes é atribuído. Em termos de definição de heurísticas destacam-se o estudo efetuado pelos autores Valéria Farinazzo Martins *et al.* [199], que motivou a adaptação dos princípios de Jakob Nielsen às características singulares das interfaces dimensionadas para *smart tv*; e as heurísticas definidas pela autora Kim Flaherty [200]. No que respeita a análise de usabilidade desta tipologia de interfaces multimodais destacam-se um estudo recente dos autores Bikram Awale e Pietro Murano focado sobre a avaliação da interface da Apple TV, através da corroboração dos princípios de Jakob Nielsen e dos princípios Universais de *Design* [201].

3.1.2.2. Princípios específicos à funcionalidade

A inadequação das heurísticas estipuladas na literatura para avaliar categorias de *software* emergente no mercado impõe a definição de novas linhas orientadoras adaptadas às necessidades atuais das interfaces dimensionados, como por exemplo as aplicações *web* para transações financeiras. Para colmatar a lacuna identificada em 2014 os autores Freddy Paz *et al.* [202] propuseram um conjunto de quinze heurísticas que visam satisfazer as necessidades específicas à interface focada. Para demonstrar o seu nível de adequação em 2018 os autores Freddy Paz *et al.* [203] apresentaram um estudo que analisa a utilidade percebida e a curva de aprendizagem inerente à sua adoção, comparativamente com abordagens tradicionais que recorrem a princípios genéricos, como os de Jakob Nielsen.

3.2. Metodologias

A análise da usabilidade requer o desenvolvimento de mecanismos de interação com o utilizador, que contemplem ciclos iterativos de *design*, prototipagem e validação. Note-se que o processo de desenvolvimento dever-se-á focar sobre a adoção de métodos de implementação das especificações técnicas e funcionais estipuladas centradas no utilizador, que garantam a usabilidade dos produtos dimensionados em ambiente operacional [167]. Os métodos de avaliação de usabilidade abrangem todas as fases de desenvolvimento do produto e dividem-se em três tipologias: inspeção, inquéritos e testes. Cada tipologia está afeta a uma entidade específica durante o ciclo de desenvolvimento, uma vez que o nível de especificidade, conhecimento e *feedback* requerido depende intrinsecamente da metodologia aplicada (vide Fig. 12).

Especialistas na área	Metodologias de inspeção	Avaliação de boas práticas e <i>standards</i>
		Avaliação heurística
		<i>Cognitive walkthrough</i>
		<i>Pluralistic walkthrough</i>
		...
Utilizador final	Inquéritos	Questionários
		<i>Diary studies</i>
		<i>Focus group</i>
		...
	Metodologias de teste	<i>Codiscovery learning</i>
<i>Hallway testing</i>		
<i>Rapid Interactive testing</i>		
...		

Fig. 12: Relação entre as entidades interveniente e as metodologias de usabilidade.

3.2.1. Inspeção

Metodologias analíticas que requerem especialistas na área de usabilidade para avaliar os múltiplos aspetos da interação do utilizador com o sistema. Dentro do seu âmbito incluem-se

várias técnicas [166][167][204], como avaliação heurística, inspeção de funcionalidades, consistência, *standards*, inspeção formal de usabilidade, *cognitive walkthrough* e *pluralistic walkthrough*.

Apesar de a sua aplicação conferir uma multiplicidade de resultados numa etapa inicial de desenvolvimento a subjetividade inerente à forma como cada avaliador os apresenta dificulta a sua interpretação e priorização. Adicionalmente a ausência de intervenção direta do utilizador final torna-o inadequado na quantificação de determinadas métricas, como o nível de satisfação do utilizador. Fator que condiciona a abrangência dos resultados obtidos na avaliação das múltiplas componentes associadas à usabilidade.

3.2.1.1. Avaliação heurística

Metodologia de avaliação holística da interface de um produto/serviço em termos de usabilidade, eficiência e eficácia, proposta por Jakob Nielsen em 1994 [205], cuja aplicação é restrita a profissionais/especialistas no setor de usabilidade [178]. O seu uso confere uma forma de identificar lacunas de usabilidade por comparação dos artefactos, funcionalidades e interações identificadas na interface com um conjunto de princípios/linhas orientadoras que auxiliam os profissionais na determinação dos comportamentos expectáveis. As vantagens e desvantagens associadas à metodologia descrita [206][207] são as seguintes:

Tabela 12: Vantagens e desvantagens identificadas na avaliação heurística.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Fornecimento de uma forma rápida e de baixo custo de <i>feedback</i> aos <i>designers</i>; • Obtenção de <i>feedback</i> numa etapa inicial do ciclo de vida do processo de <i>design</i>, sem recorrer a utilizadores; • Comparação com princípios de usabilidade normalizados auxilia os <i>designers</i> na determinação das medidas corretivas adequadas; • Conjugação com outros métodos de análise, como os testes de usabilidade, para examinar os problemas identificados com maior detalhe. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impõe o uso de especialistas da área, para a sua aplicação ser eficiente; • Impõe um conhecimento aprofundado sobre os <i>standards</i> definidos na literatura; • Ausência de análise da interface em termos de satisfação do utilizador; • Fornecimento de informação quantitativa insuficiente para inferir conclusões em termos de usabilidade do produto/serviço; • Obtenção de especialistas na área é um processo difícil e pode ser caro; • Maximização da fiabilidade do <i>feedback</i> obtido impõe o uso de múltiplos especialistas para agregação dos seus múltiplos <i>feedbacks</i>; • Favorecimento da identificação de problemas de baixa criticidade.

A sua aplicação é independente de utilizadores finais e baseia-se no conhecimento prático adquirido de forma empírica, que permite aos profissionais identificar as necessidades do utilizador e quantificar se um determinado artefacto na interface dimensionada fornece uma boa experiência de utilização [170]. Tipicamente são definidos grupos de três a cinco especialistas focados sobre a identificação de lacunas de usabilidade durante o ciclo de desenvolvimento [208].

3.2.1.2. Inspeção de funcionalidades

Metodologia de avaliação, orientada para especialistas na área de usabilidade, que enumera as sequências de funcionalidades usadas para realizar tarefas típicas na interface, verifica as sequências de passos mais longos, os passos problemáticos não testados em uso convencional pelo utilizador e os que requerem conhecimento ou experiência de avaliação de funcionalidades [209]. Note-se que o método se foca sobre o teste de um conjunto específico de funcionalidades num cenário estipulado pelo avaliador e análise dos resultados obtidos que advenham da utilização normal do produto/serviço. Por exemplo, no cenário típico de uso de um processador de texto as funcionalidades abrangidas seriam a inserção, formatação, verificação e salvaguarda do texto produzido no ficheiro. Cada funcionalidade é analisada em termos de disponibilidade, percetibilidade e utilidade pelo avaliador [210] e corroborada por comparação dos requisitos estabelecidos com a implementação definida [211].

A ausência de vantagens associadas à sua adoção aliada ao suporte insuficiente na literatura contribui para a sua estagnação em detrimento de metodologias proeminentes na literatura, como a avaliação heurística [210][212].

3.2.1.3. Inspeção de consistência

Metodologia de avaliação que recorre a *designers* exteriores ao projeto para inspeção da interface do produto/serviço dimensionado, por comparação com um *design* de referência em termos de consistência [209][213]. Neste âmbito, a interface é analisada em termos de *design* (ecrã e na navegação entre ecrãs), grafismo (cor, tipografia, *layout* e ícones), texto e interação (consistência nos passos das tarefas e nos nomes dos comandos) [214]. As vantagens e desvantagens [213] associadas à metodologia descrita são as seguintes:

Tabela 13: Lista de vantagens e desvantagens identificadas da inspeção de consistência.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none">• Fornecimento de um método simples de aprender e utilizar, o que minimiza os custos associados à componente de treino dos utilizadores;• Redução dos requisitos e dos custos do suporte ao utilizador;• Fornecimento de linhas orientadoras que estipulam o que o avaliador precisa de identificar e a referência de consistência com que estabelecerá o paralelismo;• Incentiva a adoção de boas práticas em termos de consistência, por criação e treino de uma equipa multidisciplinar.	<ul style="list-style-type: none">• Complexidade do conceito de consistência e as múltiplas fontes passíveis de ser adotadas, enquanto referências em termos de consistência;• Promoção das boas práticas de consistência impõe uma análise da abordagem de cada entidade interveniente no processo de dimensionamento do produto.

3.2.1.4. Inspeção de *standards*

Metodologia de avaliação que recorre a especialistas na área para inspecionar a interface do produto/serviço dimensionado, por forma a assegurar a sua conformidade com um *standard*

específico. Por exemplo, os produtos de *software* dimensionados para o ambiente do sistema operativo Windows têm de ter um conjunto de elementos normalizados, como as funções de “Ajuda”, “Ficheiro”, entre outros; ou os produtos direcionados para um país específico têm de estar em conformidade com os *standards* ergonómicos estabelecidos. Note-se que a aplicabilidade do método depende da existência de *standards* definidos para a tipologia de *software* desenvolvido que possam ser utilizados como referência pelo avaliador [215].

3.2.1.5. Inspeção formal de usabilidade

Metodologia de avaliação que recorre a uma equipa de *intervenientes* e de especialistas aos quais é atribuído um aspeto particular do sistema a avaliar num processo com seis passos [216][217]:

- 1) **Planeamento** – O moderador auxilia a equipa de desenvolvimento na escolha da equipa de inspeção, na preparação do pacote a inspecionar (*profiles* de utilizadores, conjunto de casos de teste e informação do design do produto ou descrição do protótipo dimensionado) e na marcação das reuniões;
- 2) **Reunião de *kickoff*** – O moderador distribui os ambientes de teste, estipula o que é expectável dos avaliadores e esclarece questões relativas ao processo de inspeção;
- 3) **Avaliação** – Cada avaliador analisa o conteúdo de pacotes a inspecionar; assume o papel do utilizador final, de acordo com as especificações descritas no *profile* do utilizador fornecido; executa os passos necessários à concretização da tarefa estipulada; toma nota de eventuais lacunas identificadas em termos de usabilidade;
- 4) **Reunião de *logging*** – Os avaliadores analisam em conjunto as tarefas testadas e registam as lacunas de usabilidade identificadas durante o passo 3 e a reunião;
- 5) **Rework** – Marcação de reuniões e *brainstorm* para propor soluções para as lacunas identificadas. Adicionalmente, os responsáveis pelo produto avaliam a informação recolhida pelos avaliadores e implementam as soluções propostas;
- 6) **Follow-up** – O moderador solicita *feedback* à equipa de inspeção relativamente ao processo, escreve e distribuí o relatório de considerações relativo ao processo de inspeção.

Note-se que o método inclui uma análise heurística, por forma a auxiliar os profissionais fora da área de usabilidade a detetar lacunas, e um *walkthrough* pelas tarefas dentro do âmbito, contemplando os objetivos do utilizador estipulados com ênfase sobre a identificação de lacunas de usabilidade [218].

3.2.1.6. *Cognitive walkthrough*

Metodologia de avaliação da interface orientada às tarefas cognitivas do utilizador, isto é, focada sobre as ações executadas pelo utilizador final, objetivos estipulados e as condicionantes de *design* à sua execução. Note-se que a interação humano-computador é descrita em quatro passos: o utilizador define um objetivo a realizar com o sistema, procura opções de ação na interface, seleciona a ação adequada à tipologia de objetivo estipulado, executa a ação e avalia a adequação

do *feedback* fornecido pelo sistema [219][220]. Em termos de evolução, o método dividiu-se em três versões [221]:

- **Primeira versão** – Proposta em 1990 pelos autores Lewis *et al.* e focada sobre a identificação, otimização e minimização das lacunas nas interfaces [222];
- **Segunda versão** – Proposta em 1992 pelos autores Peter G. Polson *et al.* como uma formalização e especificação do método anterior, devido ao nível de conhecimento de teoria cognitiva que pressupunha por parte dos avaliadores e ao nível genérico das perguntas utilizadas. Contudo, a aplicabilidade limitada, a morosidade e o nível de complexidade subjacente impuseram o desenvolvimento de uma nova versão que mitigasse as lacunas identificadas [223];
- **Terceira versão** – Proposta em 1994 pelos autores Cathleen Wharton *et al.*, visou colmatar as lacunas identificadas na versão anterior, por simplificação, otimização da eficiência e maximização do nível de acessibilidade a avaliadores [224].

As principais vantagens e desvantagens associadas à metodologia descrita são as seguintes:

Tabela 14: Lista de vantagens e desvantagens da metodologia de *Cognitive Walkthrough*.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Fornecimento de uma forma simples, rápida e de baixo custo de identificação de lacunas na interface numa etapa inicial de desenvolvimento [221]; • Fornecimento de um método linear orientado à tarefa, cujo foco maximiza as possibilidades de identificação de problemas de usabilidade [221]. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ênfase sobre detalhes de baixo nível, como atalhos de execução de ações, o que compromete a deteção de problemas conceptuais, como a estrutura do menu ou as sequências na interface com o utilizador [221]; • Perspetiva de alto nível limitada na avaliação da interface do utilizador [221]; • Restringido aos cenários de teste estipulados pelo avaliador; • Inadequado na confirmação de identificação da função analisada pelo utilizador [221]; • Inadequado na verificação de existência de pistas que promovam a descoberta da função pelo utilizador [221]; • Explicações das histórias de sucesso ou falhanço limitadas em termos de informação que distinga o nível de severidade do problema para operações distintas [221]; • Complexidade inerente à interpretação dos resultados associados à interface analisada ou no processo de comparação com interfaces similares [221].

3.2.1.7. *Pluralistic walkthrough*

Metodologia de avaliação centrada na utilização de grupos de utilizadores, de programadores, de *designers* de sistemas e de especialistas em usabilidade como moderadores da sessão, para

identificação de problemas de usabilidade. A abordagem fornece informação sobre a interface do sistema de forma similar ao método de testes de usabilidade e facilita a identificação de pontos dúbios na interface, uma vez que a metodologia propicia a participação dos utilizadores no relato de ações realizadas na interface, que, apesar de realizarem o objetivo pretendido, despertavam dúvidas [225][226][220]. As principais vantagens e desvantagens associadas à metodologia descrita são as seguintes:

Tabela 15: Lista de vantagens e desvantagens do *Pluralistic Walkthrough*.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Gera informação quantitativa e qualitativa a partir do <i>feedback</i> escrito dos utilizadores; • Maximiza a sensibilidade dos programadores de produto às frustrações e preocupações de <i>design</i> manifestada, devido à sua participação ativa no processo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Número limitado de simulações a executar pelos utilizadores, devido à sequência fixa de ecrãs da aplicação estipulados para o âmbito de testes; • Fluxos alternativos para a tarefa executada pela sequência estipulada não são explorados; • Crítica relativa aos <i>designs</i> estipulados inibe a participação de programadores de produto no ciclo de desenvolvimento; • Número de entidades envolvidas e dependências maximiza o custo e esforço associado à sua inclusão no ciclo de desenvolvimento.

3.2.2. Inquéritos

Metodologia empírica que requer a execução de inquéritos e as escalas, métodos comuns de recolha de informação qualitativa do utilizador, desenvolvidos e aplicados no âmbito da avaliação de produtos/serviços, devido à rapidez de execução e ao seu baixo custo de implementação [167]. Note-se que a recolha de informação é feita através de técnicas, que impõem um contacto direto com o utilizador final [204], como *focus group*, entrevistas, questionários ou *diary studies* (vide Tabela 16 e Tabela 17). Apesar da subjetividade da informação recolhida, é inegável a sua relevância na extrapolação das necessidades reais do utilizador para identificação de lacunas de usabilidade.

Tabela 16: Lista de metodologias de inquéritos com a respetiva descrição.

Nome	Descrição
Focus group	Metodologia qualitativa que emergiu em 1950 baseada na utilização de um <i>survey</i> para identificação das necessidades/sentimentos do utilizador, antes da interface do sistema ser dimensionada ou após longos períodos de tempo sem ser utilizada. Nesta abordagem, juntam-se entre três a doze participantes para discussão dos conceitos subjacentes ao <i>design</i> e dimensionamento da interface e para identificação dos problemas e um moderador que garante que os moldes em que o processo é efetuado corroboram uma determinada estrutura e seguem os objetivos estipulados [227][228]. Os elementos intervenientes são selecionados baseados na relação entre as suas características singulares e o caso de estudo focado. Apesar de sua aplicação conferir resultados transparentes com o mínimo de custos e tempo associados, a amostragem limitada de intervenientes no processo aliada aos pressupostos impostos pela dinâmica de grupo dificultam a interpretação dos resultados [229][227][228].
Entrevistas	Metodologia que permite aos participantes expressar as suas opiniões e preocupações relativas ao produto/serviço através da utilização das suas próprias palavras e aos entrevistadores identificar erros e clarificar dúvidas que tenham surgido durante a interação com o produto/serviço de forma imediata. Apesar do grau de liberdade que confere aos participantes, a sua adoção acarreta consequências para o ciclo de desenvolvimento - tempo consumido e os conhecimentos impostos ao avaliador. Note-se que a utilização de um profissional sem o treino adequado e pouco recetivo à crítica falseará os resultados [230][231].
Questionários	Metodologia que usa formulários com perguntas de escolha múltipla ou de resposta aberta para extrapolar informação dos participantes. Note-se que em escolhas múltiplas o participante seleciona uma opção ou pontos de classificação numa escala pré-definida [232]. A sua execução não requer qualquer tipo de equipamento de testes adicional, fator que minimiza os custos associados à sua adoção. Tipicamente são usados o <i>After Scenario Questionnaire</i> (ASQ), <i>System Usability Scale</i> (SUS ¹²)[233], <i>Computer System Usability Questionnaire</i> (CSUQ), <i>Questionnaire for User Interface Satisfaction</i> (QUIS ¹³) [169], USE ¹⁴ [234] (<i>usefulness, satisfaction, ease to use</i>) [234], <i>Post-Study System Usability Questionnaire</i> (PSUQ) [235] e <i>Software Usability Measurement Inventory</i> (SUMI) ¹⁵ [231][236].

¹² Questionário desenvolvido por John Brook em 1995 que contém dez questões que fornecem uma visão geral da usabilidade do produto/serviço através de um sistema de pontuação objetivo. Apesar da abrangência das questões definidas a sua aplicação não garantia uma análise absoluta de usabilidade, pelo que em 2009 os autores Bangor et al. incluíram uma questão adicional ao subconjunto, cuja natureza singular impõe a adoção da escala de *Linkert* que confere ao sistema de pontuação vigente uma componente que dote o utilizador de uma forma de adjetivar o sistema de forma integral.

¹³ Questionário desenvolvido por uma equipa multidisciplinar do *Human-Computer Interaction Lab* (HCIL) da universidade de MaryLand para quantificar o nível de satisfação do utilizador em relação a aspetos específicos da interface dimensionada.

Tabela 17: Lista de metodologias de inquéritos com a respetiva descrição (cont.).

Nome	Descrição
<i>Diary studies</i>	Metodologia qualitativa que coloca os participantes a registar detalhadamente eventos durante a análise da interface do sistema, maximizando o seu nível de familiaridade com o serviço/produto. Apesar da relevância e objetividade da informação registada, a sua aplicação é penosa em termos de dificuldade e tempo de execução. Fatores que motivam as taxas de abandono elevadas que lhe são inerentes [237][238][229].

3.2.3. Testes de usabilidade

Metodologia empírica que impõe a observação sistemática de utilizadores durante a execução de tarefas com um determinado produto/serviço em ambiente controlado, a recolha de dados quantitativos e a extrapolação de evidência empírica que permitam inferir como otimizar a usabilidade dos mecanismos de interação. As métricas adotadas para recolha de informação do utilizador abrangem questões de diferentes níveis de complexidade: desde as mais simples, como a conclusão com sucesso de uma determinada tarefa, às mais complexas, como o grau de satisfação do utilizador cuja resposta é condicionada pelo âmbito e os objetivos do sistema em avaliação. Neste âmbito, as técnicas de avaliação de usabilidade adotadas são as seguintes: prototipagem rápida, avaliação de performance, observação, *hallway testing*, *rapid iterative testing and evaluation* (RITE), *think-aloud*, *wizard of oz*, testes de usabilidade remotos e *codiscovery* (vide Tabela 19 e Tabela 20) [204][239]. As principais vantagens e desvantagens associadas à metodologia descrita são as seguintes:

¹⁴ Questionário composto por trinta itens focados sobre a corroboração de quatro indicadores (utilidade, facilidade de utilização, curva de aprendizagem e satisfação), relacionados com três características integrais da usabilidade. Os resultados obtidos são quantificáveis pela escala de *Linkert* e posteriormente processados através da utilização de métodos estatísticos adequados.

¹⁵ Questionário desenvolvido por Kirakowski et al. que avalia a usabilidade de um dado serviço/produto em termos de eficiência, eficácia, suporte, controlo e facilidade de aprendizagem.

Tabela 18: Lista de vantagens e desvantagens das metodologias de testes.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Identifica as necessidades e preocupações do utilizador durante o processo de interação, para orientar os esforços da equipa na adaptação do produto ao público-alvo; • Corroborar o nível de adequação do produto dimensionado às expectativas do público-alvo; • Assegura que as funcionalidades implementadas estão em conformidade com os requisitos definidos; • Otimiza a experiência do utilizador; • Reúne condições de teste singulares para a identificação de anomalias específicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fiabilidade dos resultados obtidos, uma vez que não é possível replicar de forma inequívoca as condições de teste em ambiente real; • Exigente em termos de recursos para a estipulação do grupo-alvo; • Fornece um número limitado de resultados qualitativos; • Processo de execução e análise de resultados manual; • Custo de execução relacionado com a morosidade do processo e o seu âmbito de atuação.

Tabela 19: Lista de metodologias de testes com a respetiva descrição.

Nome	Descrição
Prototipagem rápida	Metodologia de criação de uma representação de baixo custo da interface do sistema (<i>mockup</i> inicial) para <i>brainstorming</i> , criação, teste e comunicação de ideias sobre o sistema em desenvolvimento. Note-se que a metodologia se adota quando o tempo entre a conceção da ideia inicial e a sua modelação física ou o tempo entre as iterações do ciclo de desenvolvimento é curto. No que concerne à sua aplicabilidade, uma técnica comum que minimiza a barreira tecnológica subjacente ao seu desenvolvimento é a colocação do protótipo em papel, que fomenta utilizadores a comentarem e a estarem contextualizados com o estado do desenvolvimento [240][241].
Avaliação de performance	Metodologia de testes que visa a identificação das lacunas de performance na interface com o sistema, que condicionam a sua usabilidade. A sua adoção requer a recolha de informação quantitativa e um número significativo de recursos em termos logísticos, qualificações e amostras. Note-se que a performance do sistema é mensurável, de acordo com um conjunto de métricas pré-definidas, que normalmente variam em função do paradigma aplicável. Por exemplo, no paradigma de <i>mobile</i> os recursos consumidos e os tempos de resposta da aplicação são habitualmente analisados [242][243][244].
Observação	Metodologia orientada à tarefa que inclui todas as técnicas de observação das ações executadas pelo utilizador na interface do sistema em análise. Em termos formais, a abordagem impõe dois intervenientes, um utilizador e um moderador. O moderador, que especifica ao utilizador ação a testar, tira notas e coloca-lhe questões no decorrer da ação [228].
<i>Hallway testing</i>	Metodologia na qual os participantes são escolhidos aleatoriamente. Note-se que a sua funcionalidade a torna adequada nas etapas iniciais do processo de <i>design</i> para deteção de problemas bloqueantes, cuja natureza e tipologia não restringem o processo de deteção a um segmento específico de utilizadores. Neste âmbito, os <i>designers</i> comportam-se como avaliadores, observando as interações do utilizador com o sistema [245][246].
RITE	Metodologia desenvolvida pela divisão de jogos da Microsoft para identificar lacunas de usabilidade que impeçam o utilizador de realizar uma tarefa ou o produto de realizar o seu propósito. A aplicação da metodologia dever-se-á efetuar numa fase inicial do ciclo de desenvolvimento com o protótipo do produto. Note-se que a sua adoção impõe que a equipa de desenvolvimento observe as sessões de usabilidade, e no seu seguimento, estipule soluções para as lacunas bloqueantes identificadas. O procedimento repete-se de forma iterativa até as lacunas críticas de usabilidade serem mitigadas [247][248].
<i>Think-aloud</i>	Metodologia de observação direta que impõe aos utilizadores a exposição do seu raciocínio durante a execução de uma tarefa especificada pelo moderador. Note-se que os utilizadores são incentivados a expor o que estão a observar, pensar, fazer e a sentir durante a tarefa. A informação recolhida do método permite identificar as expectativas e os aspetos da interface com o sistema dúbios [249].

Tabela 20: Lista de metodologias de testes com a respetiva descrição (cont.).

Nome	Descrição
<i>Wizard of Oz</i>	Metodologia orientada ao utilizador, adotada na inexistência de uma implementação completa do sistema, na qual, geralmente desconhecido para o utilizador, um elemento ou uma equipa simula as respostas expectáveis do sistema. A sua utilização está relacionada com a análise do <i>design</i> e usabilidade de sistemas de reconhecimento de voz, aplicações controladas por voz, sistemas de imagem, aplicações de computação ubíqua, entre outras [250].
Testes de usabilidade remotos	Metodologia adotada quando os <i>intervenientes</i> (programadores, avaliadores e utilizadores) estão em localizações geograficamente distintas, através do uso de ferramentas de interação remota. Note-se que a metodologia tem duas tipologias: moderada, na qual o avaliador observa em tempo real o participante; e automatizada ou não moderada com o participante a atuar sem estar sujeito a qualquer tipo observação direta ou interação com terceiros [246].
<i>Codiscovery</i>	Metodologia adotada para compreender as experiências e perceções relativas ao <i>design</i> do produto/serviço do utilizador. Note-se que a metodologia impõe habitualmente a participação de um especialista de usabilidade, um operador de câmara e um mínimo de seis utilizadores em observação[251]. Na sessão de <i>codiscovery</i> os utilizadores formam grupos de dois, cujo requisito é os elementos conhecerem-se para promover uma discussão colaborativa sobre os problemas identificados e as suas perceções sobre o produto/serviço. Numa fase inicial, é-lhes pedido para identificarem a funcionalidade do produto e estabelecerem um paralelismo com produtos similares. Posteriormente são colocados a executar tarefas específicas com o produto/serviço [252].

No âmbito de AAL, o conceito de usabilidade é estudado por forma a mudar o modo como a tecnologia é percebida pelos pacientes e a adaptar os ecossistemas dimensionados em termos de interação e funcionalidade às suas necessidades reais. De acordo com a literatura, a temática tem sido abordada por diversos autores em contextos aplicativos específicos, para identificação de lacunas de usabilidade no processo de interação com o paciente através de aplicação de uma bateria de metodologias de avaliação e estipulação de soluções a adotar para a sua mitigação, de métricas adaptadas ao contexto aplicativo dos ecossistemas, entre outros. Nesse sentido, foram analisados 15 artigos científicos no período entre 2013 e 2015, por forma a analisar as metodologias de avaliação de usabilidade adotadas nas soluções AAL propostas (vide Fig. 13).

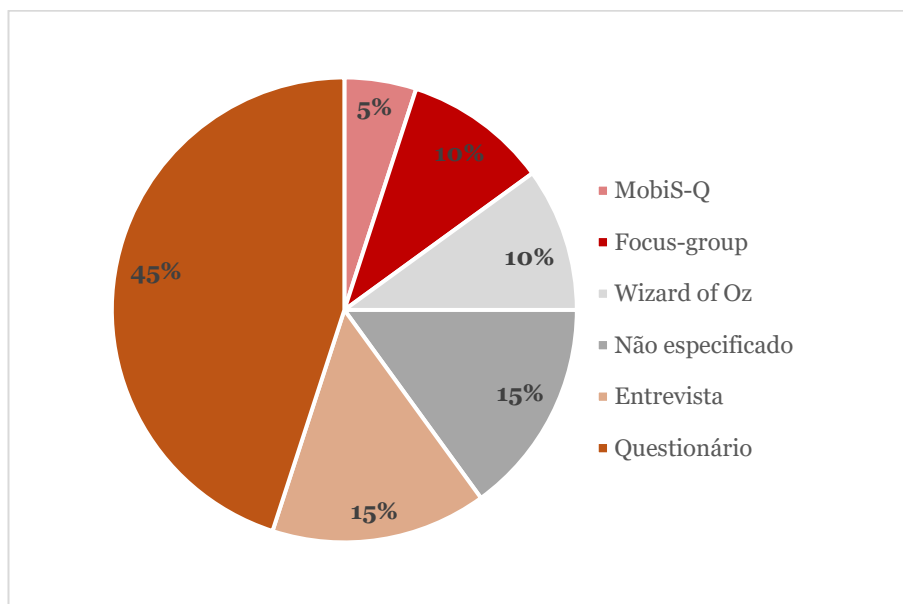


Fig. 13: Análise das metodologias adotadas num conjunto de 15 amostras.

A análise da Fig. 13 permite inferir que é dada especial ênfase nos estudos de usabilidade à adoção de metodologias *user-based*, especificamente os questionários para extrapolação de *feedback* do utilizador necessário para a identificação e mitigação das lacunas de usabilidade.

De forma similar, os autores Ana Isabel Martins *et al.* efetuaram um estudo de dimensões significativas para identificação, análise e classificação dos métodos adotados na literatura, para avaliação da usabilidade de produtos/serviços desenvolvidos no âmbito de tecnologias de informação e comunicação. Durante a análise, os estudos empíricos segmentaram-se em função da tipologia da metodologia adotada em metodologias de teste (211 estudos), inquéritos (278 estudos) e metodologias analíticas (60 estudos) [204]. Os resultados obtidos foram compilados num gráfico único (vide Fig. 14) com a especificação da proeminência de cada metodologia nos estudos analisados.

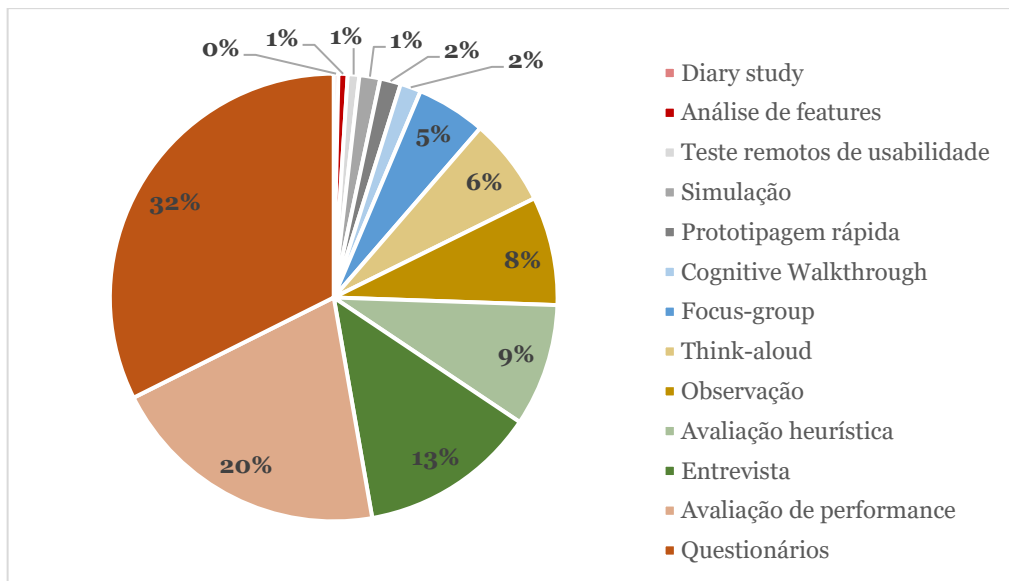


Fig. 14: Análise dos estudos empíricos segmentados pelas metodologias utilizadas [204].

De acordo com a análise dos resultados obtidos, infere-se que os inquéritos têm especial relevância nos estudos de usabilidade, devido a fornecerem um *feedback* efetivo do paciente que vai ao encontro das suas necessidades reais, em detrimento de uma abordagem baseada na interpretação exclusiva do avaliador.

3.3. Escalas

O processo de mensurabilidade visa quantificar o parâmetro de usabilidade de um produto/serviço através de uma escala pré-definida, de modo a fornecer ao avaliador uma ferramenta objetiva de avaliação. De acordo com o cariz de subjetividade, metodologia de avaliação e tipologia de classificação implícitas, as escalas segmentar-se-ão em dois grupos: escalas subjetivas e escalas de severidade.

3.3.1. Orientadas ao utilizador

As escalas subjetivas visam quantificar o valor de usabilidade com base na reação, opinião, sentimentos, desejos, prioridades, entre outros parâmetros, manifestados pelo utilizador durante o processo de avaliação. De acordo com o seu nível de especificidade, dividem-se em dois subgrupos:

- **Subgrupo I** – Escalas que quantificam a usabilidade como um parâmetro único. Neste âmbito enquadram-se as escalas *ICF-Usability Scale* [253], *Likert* [254], entre outras;
- **Subgrupo II (orientado às métricas)** – Escalas que quantificam métricas específicas de usabilidade (eficiência, eficácia, satisfação, entre outros). No âmbito da quantificação do nível de satisfação do utilizador destacam-se as escalas adotadas nos questionários *QUIS* [169], *SUS* [255], *SUMI* [236], entre outros.

A participação dos utilizadores no processo de quantificação normalmente impõe a combinação de informação obtida por múltiplos avaliadores, por forma a maximizar o nível de objetividade e

fiabilidade do método adotado. Note-se que a medida adotada é significativa para os avaliadores aferirem a validade das lacunas de usabilidades identificadas pelos utilizadores no âmbito do teste.

3.3.2. Orientadas ao processo heurístico

As escalas de severidade são usadas no âmbito das metodologias heurísticas para determinar os recursos a alocar para a resolução de lacunas de usabilidade identificadas e avaliam por aproximação a necessidade de tempo adicional para a sua resolução. Note-se que se as escalas identificarem problemas críticos na interface, é desaconselhado colocá-la em produção, exceto se os problemas forem de natureza estética. De acordo com Nielsen (1995), a severidade de um problema de usabilidade é uma combinação de três fatores: frequência da sua ocorrência (evento comum ou raro), o impacto causado (bloqueante ou não bloqueante) e o seu nível de persistência (problema contornável) [185][256][257]. A combinação dos fatores identificados numa escala única visa conferir ao utilizador um mecanismo de avaliação dos problemas de usabilidade que estipule a sua prioridade de resolução e simplifique o processo de decisão implícito à seleção dos problemas a solucionar [256].

3.3.2.1. Escala de Jakob Nielsen

Em 1993, Nielsen recomendou uma escala de 0 a 4 para quantificar a severidade dos problemas identificados (vide Tabela 21) [185][256][257].

Tabela 21: Escala de severidade proposta por Jakob Nielsen.

Nível	Classificação	Descrição
0	N/A	Não se enquadra como problema de usabilidade.
1	<i>Warning</i>	Problema estético a solucionar na existência de tempo e recursos no projeto.
2	<i>Minor</i>	<i>Fix</i> com prioridade baixa a implementar.
3	<i>Major</i>	<i>Fix</i> com prioridade alta a implementar.
4	Crítico	<i>Fix</i> obrigatório antes do produto ser colocado em produção.

3.3.2.2. Escala de Joe Dumas e Ginny Redish

Em 1994, os autores Joe Dumas e Ginny Redish propuseram uma categorização similar à de Nielsen (vide Tabela 22). Contudo, incluíram no processo de quantificação da severidade um quarto fator, a dimensão local e global do problema identificado na interface com o produto/serviço. A inclusão impõe avaliar se o problema afeta a navegação da interface de uma forma global, e, se tal se constatar, o problema é crítico [258].

Tabela 22: Escala de severidade proposta por Joe Dumas e Ginny Redish.

Nível	Descrição
1	Problema impede a concretização de uma tarefa ou ação na interface.
2	Problema cria um <i>delay</i> e contribui para a frustração significativa do utilizador.
3	Problema com impacto mínimo sobre a usabilidade da interface.
4	Problema subtil indicador de uma otimização a efetuar no futuro.

3.3.2.3. Escala de Jeffrey Rubin e Dana Chisnell

Em 1994, os autores Jeffrey Rubin e Dana Chisnell propuseram duas escalas de 1 a 4 de impacto causado (vide Tabela 23) [259] e de frequência de ocorrência (vide Tabela 24) [260]. Note-se que é a combinação do valor extrapolado de ambas as escalas que permite avaliar a severidade da lacuna de usabilidade em análise.

Tabela 23: Escala de impacto proposta por Jeffrey Rubin e Dana Chisnell.

Nível	Classificação	Descrição
1	Irritante	Problema ocorre de forma intermitente, contudo, é facilmente contornável ou depende de um <i>standard</i> fora do âmbito do produto. Note-se que nesta categoria enquadram-se problemas estéticos.
2	Moderado	Produto usável na maioria dos casos, mas impõe/exige esforço moderado por parte do utilizador para contornar o problema identificado.
3	Severo	Produto limitará seriamente o uso pelo utilizador, apesar das suas tentativas em/para usá-lo.
4	Não usável	<i>Design</i> e implementação do produto impossibilitam a sua utilização pelo utilizador por falta de capacidade para o manusear ou simples recusa.

Tabela 24: Escala de frequência de ocorrência proposta por Jeffrey Rubin e Dana Chisnell.

Nível	Descrição
1	Ocorre entre 90-100% das vezes em que o produto é utilizado.
2	Ocorre entre 51-89% das vezes em que o produto é utilizado.
3	Ocorre entre 11-50% das vezes em que o produto é utilizado.
4	Ocorre entre 0-10% das vezes em que o produto é utilizado.

3.3.2.4. Escala de Chauney Wilson

Em 2003, o autor Chauney Wilson propôs uma escala de severidade sincronizada com a escala de *bugs*, utilizada em *quality assurance* (QA) no ciclo de desenvolvimento de *software* adotado em termos empresariais. Note-se que, de acordo com a abordagem estipulada, os problemas são analisados em termos de perda de informação, em detrimento do impacto causado na performance do utilizador ou no seu estado emocional [259]. A escala divide-se em 5 níveis

distintos e coloca os problemas de maior severidade nos níveis mais baixos, da mesma forma que a proposta por Joe Dumas e Ginny Redish (vide Tabela 25) [259].

Tabela 25: Escala de severidade proposta por Chaune Wilson.

Nível	Classificação	Descrição
1	Catastrófico	Erro catastrófico causado pela perda irreversível de informação ou por danos causados no <i>hardware/software</i> utilizado. Note-se que o problema resulta em erros massivos, que impedem o utilizador de efetuar o seu trabalho, e numa <i>performance</i> que inviabiliza a concretização dos
2	Severo	Problema severo, que compromete a performance do sistema e resulta na perda de informação, sem um <i>workaround</i> identificado.
3	Moderado	Problema moderado com <i>workaround</i> identificado, cujo efeito se traduz no consumo tempo de execução. Note-se que as inconsistências internas que acarreta, maximizam as taxas de erro, a curva de aprendizagem do utilizador e compromete o funcionamento expectável de funções
4	<i>Minor</i>	Problema de menor severidade, que resulta na perda de informação e na introdução de atrasos de execução de ações que comprometem o uso pelo utilizador. Existem violações mínimas das boas práticas estabelecidas, que afetam a aparência ou a perceção, causando erros reversíveis.
5	<i>Minimal</i>	Problema raro tipicamente associado a uma lacuna de consistência ou estética, que não resulta na perda de informação ou numa perda massiva de tempo de execução.

3.3.2.5. Escala de Roff Molich e Robin Jeffries

Em 2003, os autores Rolf Molich e Robin Jeffries propuseram uma classificação dos problemas de usabilidade identificados, segmentados em três escalas: impacto (vide Tabela 26), frequência de ocorrência (1 – Raramente, 2 – Frequentemente, 3 - Ocasionalmente) e nível de persistência (vide Tabela 27). A combinação dos valores extrapolados de cada uma das escalas permite quantificar o nível de severidade da lacuna identificada em análise [261].

Tabela 26: Escala de impacto proposta por Roff Molich e Robin Jeffries.

Nível	Classificação	Descrição
1	<i>Minor</i>	Atrasa brevemente o utilizador.
2	Sério	Atrasa significativamente o utilizador, mas permite-lhe completar a tarefa que se predispôs a realizar.
3	Catastrófico	Impede os utilizadores de completarem as suas tarefas.

Tabela 27: Escala de nível de persistência proposta por Roff Molich e Robin Jeffries.

Nível	Descrição
1	Facilidade em identificar um <i>workaround</i> para contornar o problema.
2	Utilizador apenas identifica um <i>workaround</i> após múltiplas tentativas.
3	Utilizador não identifica nenhum <i>workaround</i> para contornar o problema.

Apesar do número significativo de linhas orientadoras e metodologias, a sua aplicação durante o ciclo de desenvolvimento é uma tarefa pesada em termos de recursos e tempo [262][263][264]. Fatores que normalmente contribuem para a colocação da usabilidade em segundo plano em projetos de natureza comercial.

Para endereçar a problemática impõe-se uma mudança de paradigma na forma como a corroboração de usabilidade é aplicada em contexto real. Durante o ciclo de desenvolvimento existe uma fase focada sobre a execução de testes sobre o sistema dimensionado, por forma a garantir a sua corroboração com as especificações definidas e maximizar o seu nível de qualidade. Os testes constituem um ponto de entrada à corroboração da usabilidade, contudo para viabilizar a sua inclusão no processo de qualidade impõe-se identificar o contexto de testes cujas características singulares propicie a mitigação das lacunas associadas à validação da usabilidade. Nesse sentido impõe-se efetuar um enquadramento sobre objetivos e tipologias de testes de *software*.

Capítulo 4

Garantia de Qualidade

O processo de validação é uma prática necessária para maximizar o nível qualidade de maturidade do *software*, que sofreu modificações processuais resultantes da massificação do uso de interfaces gráficas. Note-se que a estrutura adotada pela interface para representar o sistema de forma intuitiva se tornou um elemento determinante para a qualidade do sistema. Para corroborar o *software* dimensionado, recorre-se à execução de testes manuais e automáticos.

Os **testes manuais** são um processo moroso, que requer a inclusão de especialistas nas áreas de testes funcionais durante o ciclo de desenvolvimento para avaliação e corroboração das funcionalidades desenvolvidas do ponto de vista de negócio e do utilizador final. A sua dependência de elementos humanos torna-o permissivo à subjetividade dos elementos intervenientes e, conseqüentemente, à imprecisão dos resultados obtidos.

Os **testes automáticos** são utilizados como resposta às lacunas identificadas no processo manual. Caracterizam-se pela velocidade de execução, apesar do tempo inicial de *setup*, a longo termo, o tempo de execução dos testes abrangidos é menor que a mesma execução recorrendo a uma abordagem manual; redução de custos de execução e de recursos humanos especializados na área; a maximização da consistência dos resultados obtidos e da abrangência dos testes executados; a minimização do tempo alocado a testes manuais, o que potencia a exploração de novas funcionalidades no ciclo de desenvolvimento; e por requererem a utilização de ferramentas específicas, que conferem resultados não influenciados pela subjetividade do agente humano [265][266]. Apesar do potencial inerente à sua aplicação, a sua inclusão não descarta na totalidade a continuidade do processo manual no ciclo de desenvolvimento. Apenas visa minimizar o esforço associado à corroboração do *software* dimensionado, por aplicação de mecanismos apropriados em função das características dos casos de teste visados. Normalmente o seu âmbito aplicacional foca-se sobre a corroboração de caminhos críticos no sistema, complexos de aceder manualmente ou que requerem um tempo significativo para a sua conclusão, funcionalidades usadas com frequência pelos utilizadores, execução de testes de carga, operações padrão no sistema – operações de pesquisa, preenchimento de formulários com uma multiplicidade de campos, mensagens de validação aquando da introdução de informação inválida, verificação de *outputs*, cujo valor implica cálculos matemáticos com um determinado nível de precisão [265]. Adicionalmente a sua adoção não é isenta de lacunas que tipicamente condicionam a eficiência do processo de qualidade. De acordo com a literatura, são enumeradas as seguintes lacunas: a falsa sensação de qualidade de produto - os testes dimensionam-se para corroborar a implementação definida, e habitualmente não contemplam todo o espectro de condições a que o produto pode ser exposto; limitada fiabilidade dos resultados obtidos - a multiplicidade de fatores que condicionam a estabilidade dos resultados obtidos; o nível de

esforço e recursos impostos pela sua manutenção - os testes são blocos estruturais do sistema, pelo que a sua atualização e evolução efetuar-se-ão a par com o sistema e os requisitos estabelecidos; detetabilidade limitada, normalmente identificam um menor número de erros quando comparados com a execução de testes exploratórios; e a ausência de interação com o utilizador descarta o seu *feedback* e as suas reações durante a interação com a interface do processo avaliativo. Note-se que os testes automáticos abrangem um conjunto específico de caminhos críticos e de condicionantes pré-definidas. A sua execução contínua aliada à imutabilidade de caminhos críticos e condições afetas, motiva a deteção cada vez menor de defeitos, uma vez que correções são implementadas no decorrer do processo [265][267].

A automação dota utilizadores de mecanismos aplicáveis a múltiplas tipologias de testes - funcionais, usabilidade, segurança, performance, regressão, entre outros. No enquadramento da tese focou-se a sua adoção em testes de usabilidade, que requerem interação com a interface gráfica. A automação de testes sobre a interface gráfica é uma temática prevista nas boas práticas de desenvolvimento e visam cobrir condições não reproduzíveis ou identificáveis pelos testes de baixo nível¹⁶ [207]. A sua relação inequívoca com os testes de usabilidade introduz desafios à automatização do processo de corroboração de usabilidade inerentes às características singulares das interfaces gráficas e dos mecanismos de interação subjacentes: o tempo de execução; e a multiplicidade e complexidade dos estados da interface, que condicionam a apresentação e modelação em termos de testes dos seus elementos [207]. Considerando os desafios discriminados impõe-se identificar a viabilidade e os ganhos associados à aplicação de automatismos em testes de usabilidade, concretamente sobre o processo de avaliação heurística.

4.1. Avaliação heurística automatizada

No contexto específico de usabilidade a sua adoção no processo de avaliação heurística acarreta um conjunto de vantagens a realçar: a minimização dos custos associados ao processo de avaliação, através da eliminação de atividades morosas como o registo manual de interações do utilizador; a identificação consistente de erros de múltiplas tipologias, através da comparação dos modelos de interação com os padrões comportamentais do utilizador para deteção de desvios em relação aos resultados expectáveis; a maximização do número de funcionalidades cobertas pelos testes; o fornecimento de mecanismos para execução de uma comparação inequívoca entre *designs*, promovendo a exploração de novas alternativas em termos de *look and feel* para a interface a dimensionar; a maximização da capacidade de previsão de erros que advenham dos *designs* estipulados; e a minimização da dependência de especialistas na área de usabilidade durante a fase de *design*, através do fornecimento de ferramentas práticas que confirmam a pessoas não especializadas na área mecanismos de avaliação dos caminhos críticos [266][268][269]. Apesar da multiplicidade de vantagens inerentes a sua inclusão no processo de avaliação de usabilidade é um complemento e não um substituto aos testes manuais aplicados [268], uma vez

¹⁶ Testes unitários e de integração usados para validar a lógica de negócio implementada.

que existem métricas de natureza qualitativa e subjetiva, como a experiência do utilizador ou índice de satisfação do utilizador, não mensuráveis por automatismos.

Note-se que os ganhos subjacentes à inclusão de automatismos no processo de avaliação heurístico motivou um esforço por parte da comunidade académica e industrial na criação de ferramentas de interação com a interface, que dotassem programadores e utilizadores finais de mecanismos para corroborar a usabilidade do produto focado. As ferramentas segmentam-se em quatro categorias:

- **Baseadas no modelo de interação do utilizador final** - Abordagem focada sobre a extração de informação necessária para o processo de análise de usabilidade a partir de interações do utilizador. A análise estabelece um paralelismo entre as amostras recolhidas e as interações consideradas ótimas no contexto aplicacional visado ou com potenciais lacunas de usabilidade. Tipicamente o processamento das amostras recolhidas é delegado para um servidor remoto. Contudo a morosidade na apresentação das lacunas de usabilidade identificadas impôs em aplicações recentes uma reformulação da arquitetura das soluções definidas, de modo que a carga subjacente à análise das interações recolhidas fosse dividida entre servidor e cliente. Note-se que a aplicabilidade da abordagem discriminada impõe um conjunto de utilizadores reais ou representativos do público-alvo visado e a interface com os objetos e ações de navegação definidas. O condicionalismo imposto à fiabilidade dos resultados obtidos pela multiplicidade de contextos aplicacionais, aliado ao número significativo de amostras a adquirir para viabilizar o processo de avaliação são as duas principais lacunas a considerar na adoção de soluções desta tipologia [266][270][271][272][273];
- **Baseadas na corroboração de métricas** - Abordagem focada sobre a definição e quantificação de métricas de usabilidade, baseadas na corroboração de linhas orientadoras de *design* presentes na literatura. A sua independência de amostras de interação com a interface aliada à ausência de intervenção de utilizadores reais no processo são fatores que contribuem para a sua aplicação num estágio inicial de desenvolvimento. Apesar da correlação demonstrada com resultados obtidos por execução de testes manuais, a ausência de consideração da influência de fatores, como o contexto de uso ou tipo de tarefa a executar pelo utilizador nas métricas aplicadas, aliado à dependência de um profissional na área, condiciona a sua adoção para a totalidade de casos de uso e como um substituto efetivo para as abordagens de testes manuais típicas [266][270][271];
- **Baseadas no modelo de interação artificial** - Abordagem que colmata as lacunas identificadas nas soluções anteriores, através da aplicação de mecanismos de IA (Inteligência Artificial) para dimensionamento de um modelo de interação adotado no processo avaliativo, independente da participação de um utilizador real e que contempla as tarefas executadas e o contexto de uso. Apesar do esforço inerente à criação, treino e adaptação dos modelos discriminados ao contexto aplicacional focado, relacionados com

a natureza e complexidade da informação envolvida e o custo computacional associado, desenvolvimentos algorítmicos na área, motivaram a sua integração crescente no processo de avaliação de usabilidade. Contudo os desenvolvimentos não colmataram a totalidade de lacunas tipicamente identificadas nos algoritmos focados, a sua performance e escalabilidade carece de otimizações, por forma a tornar a sua adoção em ambiente real elegível [266][270][271][274];

- **Híbrido** – Abordagem que combina os mecanismos inerentes a cada uma das tipologias discriminadas - métodos de *machine learning* e IA para processamento de amostras de interações em tempo real, modelos de interações criados e treinados a partir das amostras recolhidas, entre outros - por forma a fornecer uma solução holística que identifique lacunas e proponha medidas para as mitigar em conformidade [266][270].

Dentro das tipologias discriminadas as ferramentas sofrem uma categorização em função do ambiente em que são dimensionadas e aplicadas: ambiente académico ou comercial.

4.1.1. Ferramentas comerciais

Em âmbito comercial destacam-se múltiplas aplicações *standalone*¹⁷ baseadas na aplicação de métricas para a corroboração de características específicas no contexto de usabilidade - a acessibilidade. A sua inclusão no processo de automação adveio da dificuldade e morosidade associadas à sua corroboração manual em termos das linhas orientadoras específicas a cada plataforma e da ênfase atribuída por entidades governamentais à sua corroboração [275][276]. As aplicações dividem-se por duas tipologias, *web* e *mobile*.

No contexto de **aplicações web**, a acessibilidade é uma temática focada pela Estratégia Europeia para a Deficiência 2010-2020 [277][278], pelo que foi definida uma diretriz na legislação que impõe a conformidade com as linhas orientadoras de acessibilidade a todos os *websites* públicos até Setembro de 2020 [278]. As condicionantes impostas motivaram a adoção de ferramentas de análise de acessibilidade no ciclo de desenvolvimento que dotassem programadores de mecanismos para testar e gerar reportes de acessibilidade fidedignos. De entre as múltiplas ferramentas presentes no mercado, destacam-se as seguintes:

¹⁷ Produtos que dotam o utilizador de mecanismos de análise que exijam o mínimo de configurações para executar.

Tabela 28: Ferramentas de análise de acessibilidade no contexto de *Web*.

Nome	Custo	Descrição
Dynomapper [279]	Pago	Plataforma <i>online</i> de testes de acessibilidade que avalia o estado da página <i>Web</i> dimensionada baseado na corroboração das linhas orientadoras WCAG 1.0, 2.0 e 2.1 (nível A, AA e AAA); dota o utilizador de visibilidade sobre a execução dos testes de acessibilidade em tempo real e sobre as lacunas identificadas; e monitoriza a interface definida assegurando a sua evolução sustentável em termos de acessibilidade.
AChecker [280][275]	Gratuito	Ferramenta <i>online</i> de validação da acessibilidade de uma <i>web page</i> , que gera reportes para auxiliar programadores na validação do nível de conformidade da interface dimensionada com múltiplas linhas orientadoras definidas no mercado: BITV 1.0, US Section 508, Stanca Act, WCAG 1.0 e WCAG 2.0 (nível A, AA e AAA).
AATT (Automated Accessibility Testing Tool) [281]	Gratuito	Plataforma que fornece automatismos para execução de testes de acessibilidade por página da interface dimensionada, baseados na corroboração das linhas orientadoras WCAG 2.1. A sua utilização requer um conjunto de configurações adicionais, por forma a habilitar o seu funcionamento e adequá-lo ao contexto de utilização específico.
TAW (Web Accessibility Test) [282]	Gratuito	Ferramenta <i>online</i> de validação da acessibilidade de uma <i>web page</i> , composta por um mecanismo de análise compatível com HTML, CSS e JavaScript. Os reportes gerados corroboram o estado da interface e dos conteúdos apresentado em termos das linhas orientadoras WCAG 2.0 a quatro níveis: percetibilidade, operacionalidade, clareza e robustez.

No contexto de **aplicações mobile**, a corroboração de acessibilidade apresenta múltiplos desafios que advêm da resolução dos dispositivos, da multiplicidade de plataformas e versões de sistemas operativos inerentes. Nesse sentido, a análise focar-se-á sobre os sistemas operativos proeminentes no mercado, Android e iOS, e exclusivamente sobre o desenvolvimento nativo em ambas as plataformas [276]. Adicionalmente, as ferramentas segmentar-se-ão de acordo com o utilizador a que se destinam (vide Tabela 29 e Tabela 30).

Tabela 29: Ferramentas de análise de acessibilidade no âmbito de Android.

Utilizador alvo	Nome	Descrição
Todos	Accessibility Scanner [283]	Aplicação que usa a <i>Accessibility Test Framework</i> para analisar e fornecer sugestões para otimizar a acessibilidade da interface dimensionada. Sugestões que visam corroborar as linhas orientadoras de <i>Material Design</i> , em termos de como <i>labels</i> , itens clicáveis, contraste, entre outras propriedades aplicar-se-iam.
Todos	UI Automator Viewer [284]	Ferramenta que dota o utilizador de uma interface para analisar os componentes dos <i>layouts</i> da aplicação dimensionada. A análise confere ao utilizador mecanismos de inspeção da estrutura hierárquica e das propriedades dos <i>layouts</i> dimensionados.
Programadores	Android Studio Linter [285]	Ferramenta integrada no Android Studio IDE que analisa o código fonte e expõe potenciais <i>bugs</i> , falhas de segurança, erros ortográficos, erros estilísticos entre outros. A sua abrangência fornece aos programadores uma visão geral de potenciais problemas de acessibilidade nos <i>layouts</i> dimensionados, que deverão ser endereçados.
Programadores	Google Play [286]	<p>Ferramenta de distribuição dos artefactos gerados fornece aos programadores um reporte antes do lançamento da aplicação com o resultado dos testes efetuados. Especificamente a Google Play executa uma bateria de testes de acessibilidade nos quais são analisados os seguintes parâmetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tamanho da área clicável – O tamanho da área clicável dos elementos interativos nos <i>layouts</i> da aplicação estarão em conformidade com os valores discriminados pelas linhas orientadoras de Material Design; • Contraste – A proporção entre a cor dos textos e a cor de background aplicar-se-á de acordo com as boas práticas específicas à plataforma; • Descrições dos elementos – Cada elemento conterá uma descrição sobre o seu conteúdo e o objetivo no contexto do <i>layout</i> em que se enquadra; • Implementação – A identificação de elementos de UI que dificultam o processo de interpretação dos componentes de <i>layout</i> pelos serviços de acessibilidade da plataforma.

Tabela 30: Ferramentas de análise de acessibilidade utilizadas no âmbito de iOS.

Utilizador alvo	Nome	Descrição
Programadores	XCode Accessibility Inspector [287]	Ferramenta de avaliação da acessibilidade da interface dimensionada, que dota programadores de visibilidade sobre as propriedades, valores, ações e posições relativas dos componentes do <i>layout</i> definido; fornece <i>feedback</i> sobre o comportamento de cada componente discriminado com determinados serviços de acessibilidade, como o VoiceOver; e identifica atuais lacunas de acessibilidade na interface dimensionada.
Todos	WCAG Accessibility Checklist [288]	Aplicação de avaliação de acessibilidade com funcionalidades que reporte para auxiliar o utilizador no dimensionamento da interface e na sua corroboração com os três níveis de acessibilidade (A, AA e AAA) subjacentes às linhas orientadoras WCAG 2.0. Note-se que para assegurar a conformidade com as linhas orientadoras definidas a aplicação identifica lacunas de acessibilidades, sugere potenciais soluções a aplicar, explica cada linha orientadora detalhadamente e dota o utilizador de um histórico do progresso.
Todos	Color Contrast [289]	Aplicação que mede o contraste de cores da interface dimensionada, por forma a verificar se as escolhas definidas estão em conformidade com as recomendações inerentes ao WCAG-2.0. Adicionalmente sugere ao utilizador alternativas que corroborem os limites de contraste admissíveis.

Em complemento às aplicações discriminadas existem *frameworks* direcionadas a programadores fornecidas pelos fabricantes, que visam dotá-los de mecanismos de baixo nível para execução de testes sobre as interfaces gráficas e análise de determinadas métricas de usabilidade. Entre as quais destacam-se *frameworks*, como o Espresso e UIAutomator em Android (vide Tabela 31); e a UBKAccessibilityKit [290] para iOS, que avalia cada componente da interface dimensionada com o qual o utilizador interage em *runtime*, com base num conjunto pré-definido de métricas: contraste da cor dos textos, da tonalidade e *backgrounds*; tamanho mínimo; existência de *labels*, *hints*, *traits* e valores de acessibilidades; suporte a blocos de texto com tamanhos dinâmicos, entre outros. A utilização das *frameworks* identificadas depende de acesso ao código fonte da interface. Note-se que existem alternativas para a execução de testes sobre a interface sem uma dependência explícita do código fonte, como o Appium [291], Robotium [292], Selendroid [293], MonkeyRunner [294], Calabash [295], KIF (*Keep It Functional*) [296] e Monkey Talk [297]. Contudo, nenhuma é mencionada na literatura no contexto que alie automação a usabilidade.

Tabela 31: Ferramentas de análise de acessibilidade utilizadas no contexto de testes manuais.

Nome	Descrição
Espresso [298]	Dependência para execução de testes instrumentais, que permite a interação com os componentes da interface e corroborar a ocorrência de comportamentos mediante determinadas condições. A dependência contém uma <i>Accessibility Test Framework</i> para identificação de lacunas de acessibilidade e usabilidade na aplicação dimensionada.
Robolectric [299]	Dependência para execução de testes ao código acoplado à <i>framework</i> de Android na JVM. De forma similar a biblioteca fornece mecanismos de análise da acessibilidade da aplicação dimensionada, contudo as suas características singulares colocam limitações inerentes ao processo de análise que advêm da forma como o ambiente de Android é simulado para garantir a execução de testes em classes específicas ao sistema operativo.

4.1.2. Ferramentas académicas

Em âmbito académico existe uma multiplicidade de soluções vigentes segmentáveis pelas tipologias discriminadas anteriormente.

4.1.2.1. Baseadas no modelo de interação do utilizador final

No contexto de **interfaces web** em 2019, os autores Rafael Fontinele Ribeiro *et al.* [16] propuseram uma abordagem para a identificação e análise automática dos indicadores de lacunas de usabilidade, através da amostragem das interações do utilizador em ambiente de produção. Note-se que a abordagem visa mitigar o custo e complexidade associada à recolha das interações do utilizador durante a execução de testes de usabilidade.

Em 2020, os autores María Isabel Limaylla Lunarejo *et al.* propuseram um automatismo focado sobre a identificação de indicadores de lacunas de usabilidade em aplicações Web em contexto *mobile*. O mecanismo inclui um bloco de identificação dos padrões normalmente associados aos indicadores definidos no contexto das interações estabelecidas entre o utilizador e a interface [262].

No contexto de **interfaces mobile** em 2017, os autores Xavier Ferre *et al.* propuseram uma extensão da funcionalidade do Google Analytics, para armazenar as ações executadas pelo utilizador, no âmbito do processo de avaliação de usabilidade. A solução baseia-se na identificação de tarefas e eventos a avaliar, implementação da funcionalidade de *logging* na aplicação cliente e análise da informação resultante do processo de amostragem por aplicação de algoritmos de *data mining* para identificar os padrões de utilização da aplicação e compará-los com as expectativas definidas [13].

Em 2019, os autores Silvio Barra *et al.* propuseram uma metodologia para automação de testes de usabilidade em etapas iniciais do ciclo de desenvolvimento, baseada no paralelismo entre as interações de *designers* e utilizadores finais em *mockup* interfaces para identificação das

discrepâncias entre os modelos de interação discriminados. O seu princípio de funcionamento é suportado por uma ferramenta, o PlatoS, que recolhe a sequência de ações executáveis em cada *mockup*, recolhe as interações do utilizador e identifica lacunas de usabilidade baseadas na informação amostrada [300]. Em 2020, os autores JongWook Jeong *et al.* propuseram uma *framework* focada sobre a automatização de uma etapa dos testes de usabilidade, a amostragem das interações do utilizador. A sua implementação divide-se em dois blocos funcionais: um bloco de identificação, que regista uma nova interação quando é detetada uma modificação ao nível da interface; e um bloco de mapeamento que processa as interações resultantes da amostra e apresenta-as de forma gráfica para uma posterior análise por profissionais na área [263]. No mesmo ano os autores Kateryna Sergieieva *et al.* propuseram uma *framework* focada sobre a identificação de anomalias nas interações do utilizador com aplicações *mobile* [301]. Funcionalidade adaptada para *smartwatches* pelos autores Steffen Zenker e Sebastian Hobert para dotar os profissionais de usabilidade de automatismos negligenciados neste contexto [302].

4.1.2.2. Baseadas na corroboração de métricas

No contexto de **interfaces web** em 2017, os autores Jevgeni Marenkov *et al.* propuseram uma ferramenta que recorreu à Selenium Web Driver, para corroborar a interface ao nível de um conjunto específico de linhas orientadoras de *design* relacionadas com acessibilidade, mecanismos de introdução e apresentação de informação, navegação, assistência ao utilizador, transmissão e proteção da informação fornecida, entre outros [303].

Em 2019, o autor Markus Virtanen usou a Robot Framework para automatização de testes de usabilidade. O estudo visava estabelecer um paralelismo entre o uso da automação e da abordagem manual tradicional na corroboração das linhas orientadoras de consistência associadas aos princípios de Jakob Nielsen, localização e conteúdo de elementos comuns a múltiplos ecrãs na interface focada. Adicionalmente, o autor expôs um grupo de utilizadores finais à interface para identificar se os elementos não identificados pelo utilizador corroboravam os elementos identificados pelas abordagens estipuladas [17]. No mesmo ano, os autores Gabriel Elías *et al.* propuseram um sistema que visa auxiliar programadores e profissionais especializados na área, na avaliação de usabilidade de interfaces *web*, cujo princípio de funcionamento se baseia na corroboração de métricas definidas, como as de Torres-Burriel, para identificação de lacunas de usabilidade [304].

Em 2020, o autor Franziska Trojahn propôs uma solução enquadrada com as condicionantes típicas em ambiente empresarial, restrições em termos financeiros e de recursos especializados, para auxiliar com a avaliação de usabilidade de uma interface. Numa análise das abordagens discriminadas na literatura, o autor concluiu que as abordagens baseadas na corroboração de métricas se adequavam aos objetivos estipulados. Porém, a discrepância significativa entre as métricas vigentes e as necessidades do utilizador final impôs a definição de um novo conjunto adaptado às linhas orientadoras de usabilidade [305].

No contexto de **interfaces mobile** em 2018, os autores Neeraj Mathur *et al.* propuseram uma *framework* que efetua uma análise de código estática e corrobora um conjunto pré-definido de linhas orientadoras, por forma a identificar lacunas funcionais de usabilidade e sugerir otimizações para as colmatar em conformidade. A sua utilização impõe o fornecimento do artefacto ou do código fonte da aplicação dimensionada e a definição em formato XML das linhas orientadoras associadas ao caso de teste a executar. Através da informação fornecida, o motor de validação e de recomendações geram o reporte para o utilizador [306].

Em 2021, os autores Daniel Ripalda *et al.* [19] propuseram uma ferramenta que correlaciona métricas de usabilidade estabelecidas na literatura com o *feedback* extrapolado de forma automática dos questionários de LINKERT efetuados à equipa de desenvolvimento, para dotar *designers*, programadores e especialistas no campo de usabilidade de mecanismos para avaliar as interfaces dimensionadas, identificar as consequências no processo de interação inerentes às alterações nos componentes da interface e fornecer recomendações para otimizar os resultados obtidos.

4.1.2.3. Baseada na definição de modelos de interação artificiais

Em 2019, os autores Solomon A. Adepoju *et al.* propuseram uma *framework* que combina o mecanismo de decisão *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) com técnicas de inteligência artificial (redes neuronais e *Fuzzy analysis*) para avaliar a usabilidade de interfaces *web*. O processo avaliativo contempla critérios como velocidade, navegação, curva de aprendizagem, conteúdo, acessibilidade, componente estética e segurança [307].

Em 2020, os autores Miroslav Bures *et al.* propuseram um *crawler* especializado para geração do modelo de interação no contexto de aplicações para *smart tv* [308]. Modelo que dota o utilizador de uma forma de quantificar a viabilidade e esforço associados à execução de cada ação identificada na interface, e, conseqüentemente, corroborá-lo em termos de usabilidade.

Em 2021, os autores Kashyap Todi *et al.* propuseram uma abordagem que simula múltiplas adaptações aplicáveis na interface dimensionada e avalia-as através de modelos preditivos [274]. Nesse sentido visa-se identificar as adaptações com maior impacto sobre a usabilidade do produto.

4.1.2.4. Híbrida

Em 2017, os autores Artur Kronbauer *et al.* propuseram uma abordagem híbrida de avaliação de usabilidade de aplicações *mobile*, baseada na monitorização e amostragem das interações do utilizador, da informação contextual e de métricas de usabilidade. Note-se que a solução dota o utilizador de uma infraestrutura para implementar e integrar o modelo definido com qualquer aplicação Android [309].

Numa análise da literatura identificaram-se 102 artigos científicos relacionados com a temática de automação da usabilidade e segmentaram-se por cinco categorias: baseadas no modelo de

interação definido pelo utilizador final, na corroboração de métricas, na corroboração de um modelo de interação definido artificialmente, híbrido e outros [171], [180], [216], [266], [267], [269], [272], [300], [304], [305], [307]–[396], [273], [397] e [19]. Em termos temporais as amostras estendem-se do ano de 1997 a 2021, sendo que a primeira solução proposta se foca sobre a recolha das interações do utilizador. A ênfase sobre usabilidade, aliada às lacunas associadas às metodologias tradicionais adotadas na sua avaliação potenciou a procura dos mecanismos automáticos discriminados de forma proeminente a partir do ano de 2010.

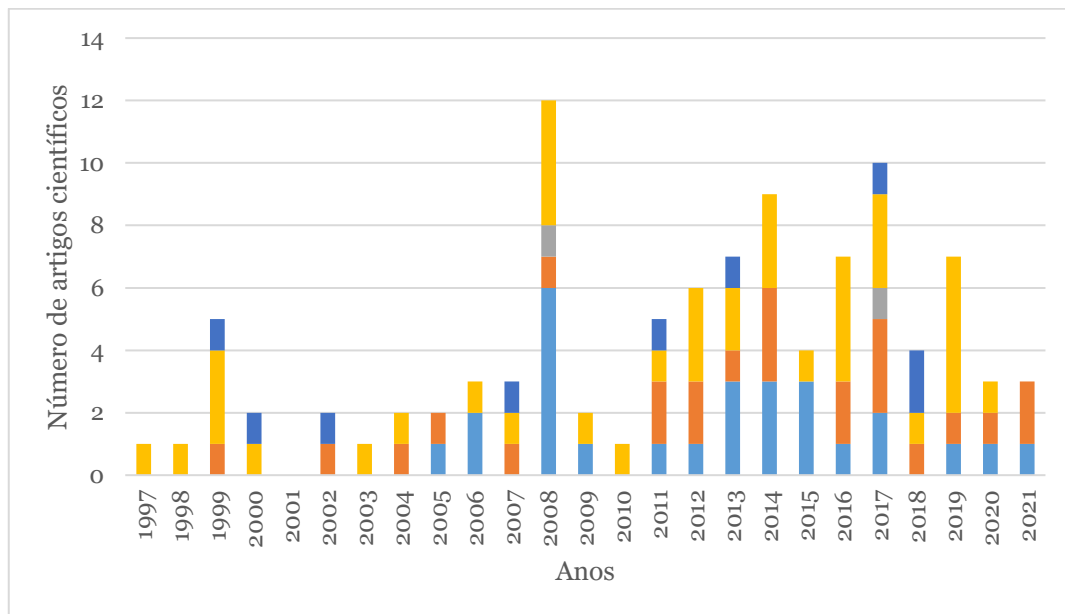


Fig. 15: Tipos de automatismos desenvolvidos para a metodologia heurística entre 1997 e 2021.

Legenda

Outros;
Baseado no modelo de interação definido pelo utilizador;
Baseado na corroboração de métricas;
Baseado no modelo de interação definido artificialmente;
Híbrido.

Considerando os resultados obtidos, conclui-se que as abordagens híbridas e as baseadas na corroboração de métricas apresentam menor taxa de adoção para automatizar o processo de avaliação de usabilidade.

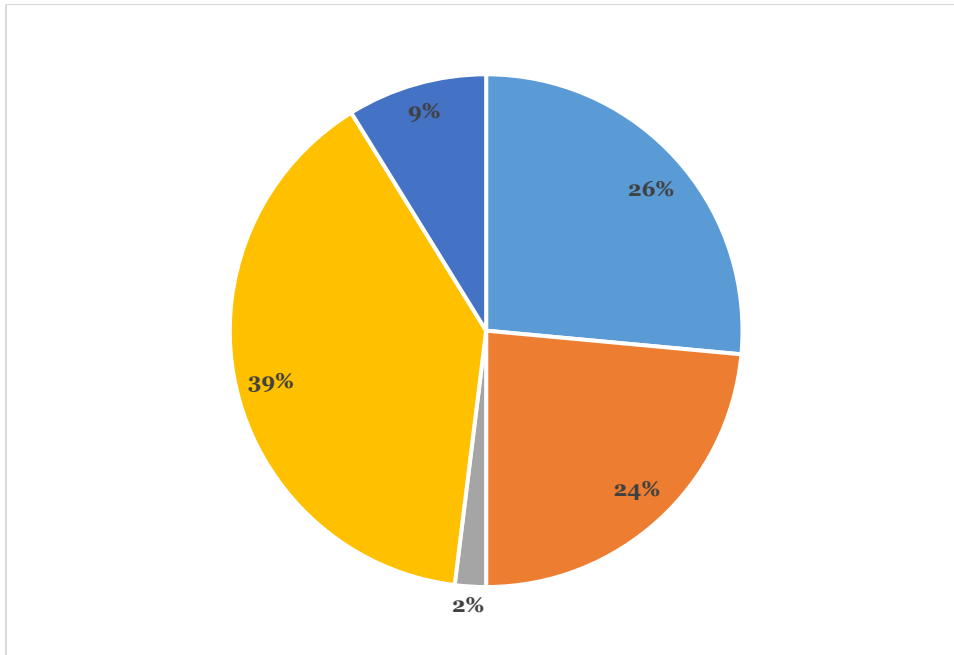


Fig. 16: Distribuição de cada solução apresentada na literatura por cada categoria discriminada.

Legenda

- Outros;
- Baseado no modelo de interação definido pelo utilizador;
- Baseado na corroboração de métricas;
- Baseado no modelo de interação definido artificialmente;
- Híbrido.

No contexto das abordagens baseadas na corroboração de métricas, as 22 soluções identificadas apresentam a seguinte distribuição em termos de métricas aplicadas:

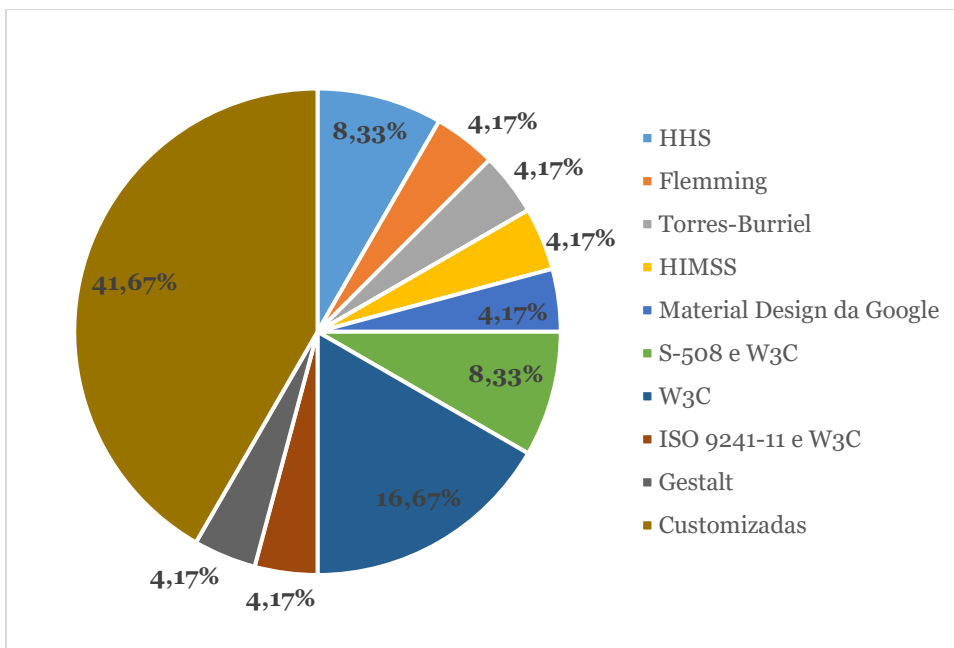


Fig. 17: Distribuição por tipologia das métricas focadas nas soluções identificadas.

Considerando os resultados obtidos, constata-se uma ênfase sobre a adoção de métricas de acessibilidade; métricas customizadas para a solução dimensionada, focadas sobre componentes estéticas, de navegação e conteúdo; e métricas *research-based*. Apesar de a sua aplicabilidade potencializar a identificação de lacunas de usabilidade na interface dimensionada, a especificidade do contexto de atuação das métricas restringe a sua abrangência na totalidade de linhas orientadoras definidas na literatura.

Para maximizar a fiabilidade da ferramenta dimensionada, impõe-se aliar a aplicação das métricas identificadas orientadas a problemáticas específicas com as linhas orientadoras de *design* automatizáveis. A automatização das linhas orientadoras visa maximizar o âmbito de atuação da ferramenta, para que não se restrinja a características específicas de usabilidade. A sua parametrização surge como a resposta para potencializar a sua automatização e criação de uma solução híbrida que analisa objetos e ações na interface.

Apesar de no contexto específico de *e-health* a automatização processual de metodologias de usabilidade não ser uma prática comum [398], os benefícios associados ao seu uso impõem a sua consideração, mediante uma análise prévia sobre as restrições impostas pela metodologia a automatizar.

Capítulo 5

Execução prática

A avaliação de usabilidade de uma determinada interface segmenta-se em duas componentes: direcionada ao avaliador, que visa corroborar a interface dimensionada com base nas linhas orientadoras de usabilidade aplicáveis ao contexto aplicativo discriminado; e direcionada ao utilizador final, que requer uma colaboração direta e efetiva entre avaliador e utilizador para extrapolação de *feedback* necessário à mitigação de lacunas de usabilidade na interface dimensionada (como a utilização de inquéritos, metodologias de testes, entre outros). Neste caso focar-nos-emos sobre uma análise heurística das interfaces dimensionadas.

5.1. Caso de uso

A identificação de lacunas, condicionantes e fatores que promovem a usabilidade requerem uma análise detalhada, aplicando as metodologias vigentes. Nesse sentido, recorrer-se-ão a duas tipologias de soluções *e-health*, como casos de estudo para extrapolação da informação necessária à análise definida: soluções comerciais estabelecidas no mercado; e protótipos, representações visuais do produto real que visam fornecer flexibilidade e rapidez de desenvolvimento na fase inicial de implementação, por forma a analisar a viabilidade de múltiplas abordagens para representação de uma mesma ação na interface para o utilizador.

5.1.1. Doctor Helper

O *Doctor Helper* surgiu como um esforço na criação de um protótipo que replicasse funcionalidades identificadas em aplicações em ambiente real, por forma a expor o processo de desenvolvimento aos desafios (técnicos e funcionais) e condicionantes inerentes ao contexto aplicativo visado. Nesse sentido, impôs-se estabelecer o paralelismo entre múltiplas aplicações na área em contexto **(1) académico** e **(2) comercial**, por forma a identificar funcionalidades típicas neste tipo de aplicações. Um total de dezasseis soluções foram analisadas (vide Tabela 32 e Tabela 33).

Tabela 32: Funcionalidades dos ecossistemas AAL discriminados.

#	Tipo	Funcionalidades
[81]	1	<ul style="list-style-type: none"> • Execução de login; • Apresentação de valores amostrados dos múltiplos sensores. Note-se que a apresentação da informação em formato de gráfico está restrita à interface <i>web</i>; • Apresentação da página de contacto do fabricante. Note-se que a sua apresentação está restrita à interface <i>web</i>; • Geração de notificações sobre a qualidade do ar.
[399]	1	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação da informação gerada pelo processo de classificação dos sensores de posição; • Geração de notificações para informar o cuidador sobre a localização do paciente.
[400]	1	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação dos valores recolhidos pelos múltiplos sensores; • Geração de notificações sobre a qualidade do ar.
[401]	1	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação dos valores amostrados dos múltiplos sensores no formato de gráfico.
[402]	1	<ul style="list-style-type: none"> • Execução de login; • Apresentação dos valores amostrados de múltiplos sensores; • Apresentação do <i>profile</i> do utilizador. Note-se que a funcionalidade está restrita à plataforma interna da instituição hospitalar; • Apresentação dos pacientes sob a forma de uma lista, na qual são discriminadas as anomalias identificadas. Note-se que a funcionalidade está restrita à plataforma interna da instituição hospitalar; • Geração de notificações para informar os <i>intervenientes</i> da anomalia identificada.
[403]	1	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação dos valores amostrados de múltiplos sensores.
[404]	1	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação dos valores amostrados por múltiplos sensores.
[405]	1	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução manual de um lembrete; • Apresentação dos lembretes registados.
[406]	1	<ul style="list-style-type: none"> • Gestão da medicação tomada; • Geração de reportes.
[407]	1	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorização dos níveis de glucose no sangue; • Gestão da medicação tomada; • Partilha de amostras recolhidas com o profissional médico; • Geração de reportes; • Apresentação dos valores amostrados em formato de gráfico; • Apresentação de um conjunto de FAQs relacionadas com a doença em foco.
[408]	1	<ul style="list-style-type: none"> • Registo da pulsação cardíaca e dos níveis de dor após a conclusão do percurso definido; • Apresentação no mapa da rota a ser seguida pelo utilizador.
[409]	2	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do histórico das amostras do sensor ECG; • Registo das medições do utilizador; • Apresentação da informação recolhida pelo dispositivo Kardia.

Tabela 33: Funcionalidades dos ecossistemas AAL discriminados (cont.).

#	Tipo	Funcionalidades
[410]	2	<ul style="list-style-type: none"> • Registo dos níveis de glucose, medicação e refeições tomadas pelo utilizador; • Apresentação das modificações em termos de açúcar no sangue e hidratos de carbono consumidos.
[411]	2	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação da localização do paciente; • Apresentação do estado da bateria do dispositivo; • Geração de notificações para informar o cuidador da ocorrência de um evento anómalo.
[412]	2	<ul style="list-style-type: none"> • Execução de login; • Geração de reportes; • Geração de notificações para informar o utilizador para efetuar uma medição; • Apresentação das medidas em termos de valor absoluto; • Apresentação do histórico de medidas na forma gráfica; • Execução de medidas do batimento cardíaco; • Apresentação de um conjunto de FAQs relacionadas com batimento cardíaco.
[413]	2	<ul style="list-style-type: none"> • Execução de login; • Geração de reportes; • Geração de notificações para informar o utilizador para efetuar uma medição; • Apresentação das medidas em termos de valor absoluto; • Registo de medições de glicemia, carboidratos consumidos entre outros.

Note-se que seis funcionalidades que surgem de forma recorrente nas soluções discriminadas (vide Fig. 18). Cada funcionalidade é descrita a um nível macro, por forma a abstrair da especificidade inerente em que cada aplicação é utilizada (monitorização da qualidade do ar, batimentos cardíacos entre outros).

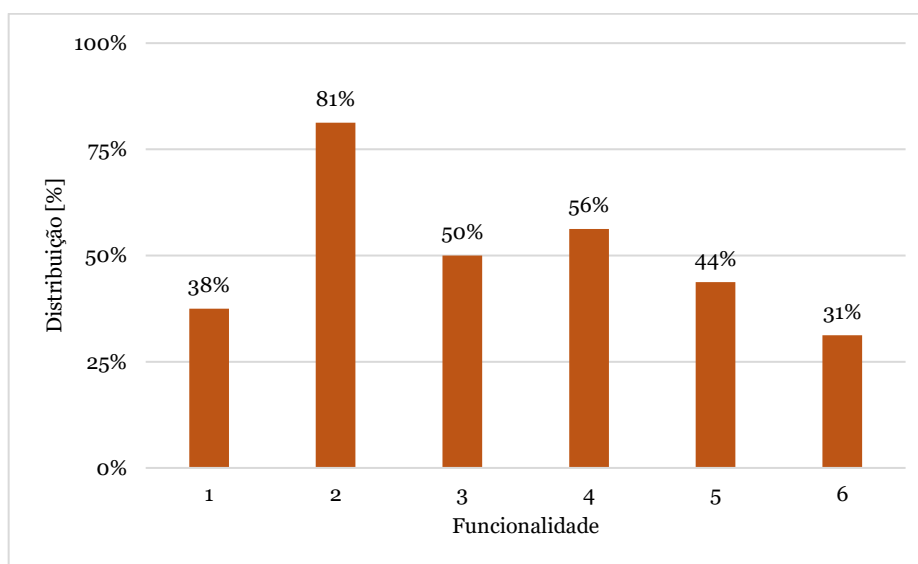


Fig. 18: Distribuição das funcionalidades num espaço amostral de dezasseis soluções.

Legenda

- 1 - Login e logout;
- 2 - Apresentação da informação amostrada de múltiplos sensores;
- 3 - Apresentação de um histórico com a informação amostrada até à data presente;
- 4 - Registo de medições;
- 5 - Geração de notificações para informar os *intervenientes* de eventos anómalos;
- 6 - Geração de reportes.

As funcionalidades identificadas auxiliaram na definição do protótipo dimensionado, de modo a garantir a criação de uma representação fidedigna de um ecossistema AAL passível de existir em ambiente académico e/ou comercial.

O protótipo foi desenvolvido no âmbito de uma aplicação *web* através da *Vue framework*, pela curva de aprendizagem implícita comparativamente com outras *frameworks* (React e Angular) no mercado. Para maximizar o nível de aproximação da interface dimensionada ao ambiente real, optou-se por criar um *backend* de suporte que expõe um conjunto de serviços com informação *dummy* para ser consumida. Adicionalmente a criação do protótipo efetuou-se antes da consciencialização do autor relativamente às boas práticas de usabilidade a adotar durante o ciclo de desenvolvimento, por forma a replicar as mesmas condições no que respeita a conhecimentos de boas práticas de usabilidade por parte da equipa de desenvolvimento em ambiente real.

De acordo com as funcionalidades identificadas criaram-se quatro ecrãs: *login*, *timeline*, sensores e configurações.

5.1.1.1. Ecrã de *login*

O ecrã dota o utilizador de mecanismos de recuperação, criação e autenticação da conta impostos pela gestão da sessão no sistema (vide Fig. 19). Cada mecanismo detém uma secção independente:

- **Autenticação do utilizador** - Secção na qual o utilizador coloca as suas credenciais de acesso à sua conta (vide Fig. 20);
- **Recuperação de senha** - Secção na qual o utilizador solicita ao sistema a redefinição da sua senha, por envio do *link* de modificação da senha para o email associado à sua conta (vide Fig. 21);
- **Criação de conta do utilizador** - Secção na qual é solicitado ao utilizador o fornecimento de múltiplas informações necessárias ao registo no sistema. Dada a natureza diversificada de informação requisitada, são apresentados três formulários: identificação pessoal, no qual os detalhes gerais (como o nome, o número de BI, idade entre outros) são solicitados (vide Fig. 22); detalhes de contacto, nas quais dados de localização (como o seu país de origem, a sua cidade e a sua morada) são solicitados (vide Fig. 23); e detalhes da conta, na qual o utilizador define as credenciais de acesso, como o *email*, *username* e senha (vide Fig. 24).

Secção	Subsecção	Dialogs
Autenticação do utilizador	N/A	Erro na autenticação do utilizador
Recuperação de password		Erro na recuperação da password
		Sucesso na recuperação da password
Criação da conta do utilizador	Identificação do utilizador	N/A
	Detalhes de contacto	
	Detalhes da conta	
		Sucesso na criação da conta
		Erro na criação da conta

Fig. 19: Diagrama de blocos do ecrã de *login*.



Fig. 20: Ecrã de *login*.

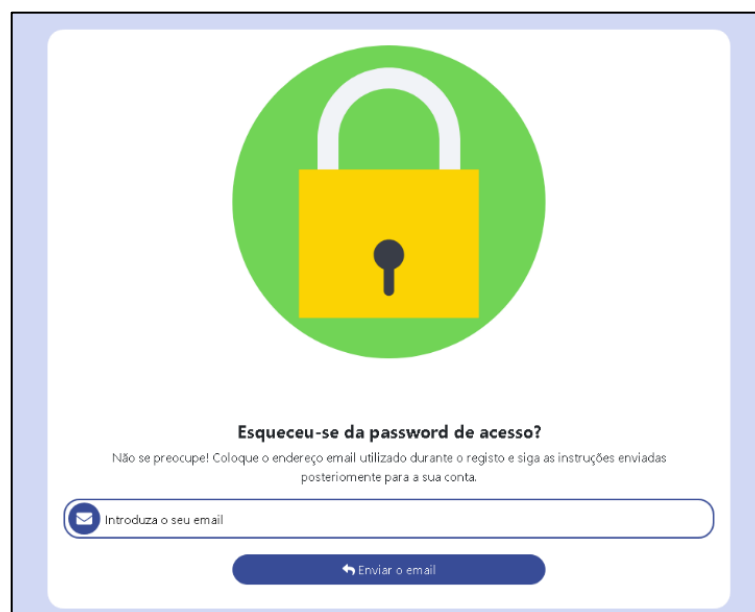


Fig. 21: Ecrã de recuperação da senha.

Fig. 22: Secção de identificação pessoal do utilizador no ecrã de criação da conta.

Fig. 23: Secção de dados de localização do utilizador no ecrã de criação da conta.

Fig. 24: Secção de detalhes da conta do utilizador no ecrã de criação da conta.

5.1.1.2. Ecrã da *timeline*

O ecrã surge no seguimento da autenticação do utilizador na plataforma e visa dotá-lo de mecanismos de visualização das medições efetuadas sob a forma de uma linha temporal (vide Fig. 25 e Fig. 26).

Secção	Subsecção	Dialogs
Visualização geral	N/A	Erro na obtenção da medições

Fig. 25: Diagrama de blocos do ecrã da *timeline*.

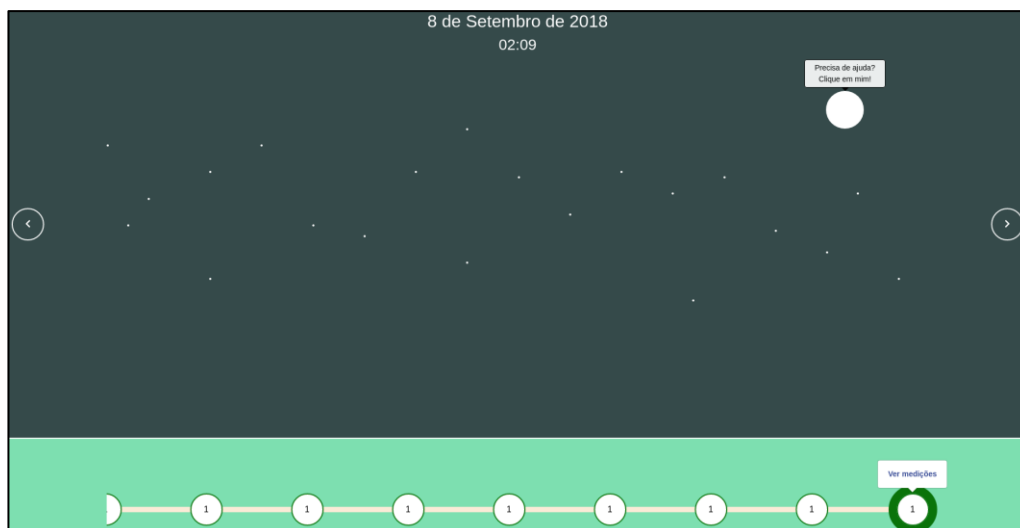


Fig. 26: Ecrã da *timeline*.

5.1.1.3. Ecrã dos sensores

O ecrã dota o utilizador de mecanismos para visualizar e aceder às opções de manuseamento dos sensores existentes no seu ecossistema (vide Fig. 27). A informação de identificação e de estado dos sensores é apresentada sob a forma tabelar (vide Fig. 28). Cada entrada na tabela possui uma coluna de ações de manuseamento, na qual são apresentadas quatro opções específicas para o sensor em causa: visualização de detalhes, edição, remoção ou solicitação de *feedback* ao assistente sobre o estado do sensor. O conjunto de mecanismos subjacentes às opções de visualização e edição impuseram a criação de secções específicas.

- **Visualização de detalhes** - Secção na qual o utilizador visualiza as medições efetuadas na forma tabelar (vide Fig. 29) ou gráfica (vide Fig. 30). Em termos de funcionalidades secundárias o utilizador é dotado de opções para filtrar os resultados obtidos por um intervalo temporal, para selecionar o formato no qual a informação é apresentada e para auxiliá-lo através de um assistente que o contextualiza com uma descrição áudio do objetivo da secção;
- **Edição de detalhes** - Secção na qual o utilizador efetua o manuseamento do sensor em termos de edição de informações de identificação e gestão de notificações (vide Fig. 31); visualização e resolução de eventos anómalos detetados durante a sua utilização (vide Fig. 32); e execução de medições (vide Fig. 33). Para efeitos de suporte associado a cada mecanismo discriminado, é fornecida uma opção de ajuda, na qual o assistente é despoletado para contextualizar o utilizador com o propósito do mecanismo focado.

Secção	Subsecção	Dialogs
Visualização de detalhes	Apresentação gráfica	Sucesso na filtragem de resultados
		Erro na filtragem de resultados
		Erro obtenção da mensagem da assistente
	Apresentação tabelar	Erro obtenção dos dados do <i>backend</i>
		Sucesso na filtragem de resultados
		Erro na filtragem de resultados
Edição de detalhes	Modificação de dados	Erro obtenção da mensagem da assistente
		Erro obtenção dos dados do <i>backend</i>
		Sucesso a salvarguardar os dados
	Resolução de problemas	Erro a salvarguardar os dados
		Erro na obtenção dos últimos eventos
		Erro na obtenção do histórico de eventos
		Erro na obtenção dos vídeos de tutorial
		Erro obtenção da mensagem da assistente
		Erro na execução da medida
	Execução de medidas	Erro na obtenção do vídeo de tutorial
		Erro obtenção da mensagem da assistente

Fig. 27: Diagrama de blocos do ecrã dos sensores.

#	Nome	Tipo	Fabricante	Estado	Acções
1	Sensor #1	Electrocardiograma	Fabricante #1	✓	[Edit] [Eye] [Info] [Delete]
2	Sensor #2	Electrocardiograma	Fabricante #44	✗	[Edit] [Eye] [Info] [Delete]
3	Sensor #3	Electrocardiograma	Fabricante #54	✓	[Edit] [Eye] [Info] [Delete]
4	Sensor #5	Electrocardiograma	Fabricante #24	✓	[Edit] [Eye] [Info] [Delete]
5	Sensor #4	Electrocardiograma	Fabricante #34	✓	[Edit] [Eye] [Info] [Delete]

Fig. 28: Ecrã geral dos sensores.

#	Data de registo	Tipo	Valor nominal
1	01/01/2010	♥	40
2	01/01/2011	♥	39
3	01/01/2012	♥	10
4	01/01/2012	♥	110
5	01/01/2012	♥	210
6	01/01/2012	♥	30
7	01/01/2012	♥	40
8	01/01/2012	♥	150

Fig. 29: Secção de visão tabelar do ecrã de visualização de detalhes.

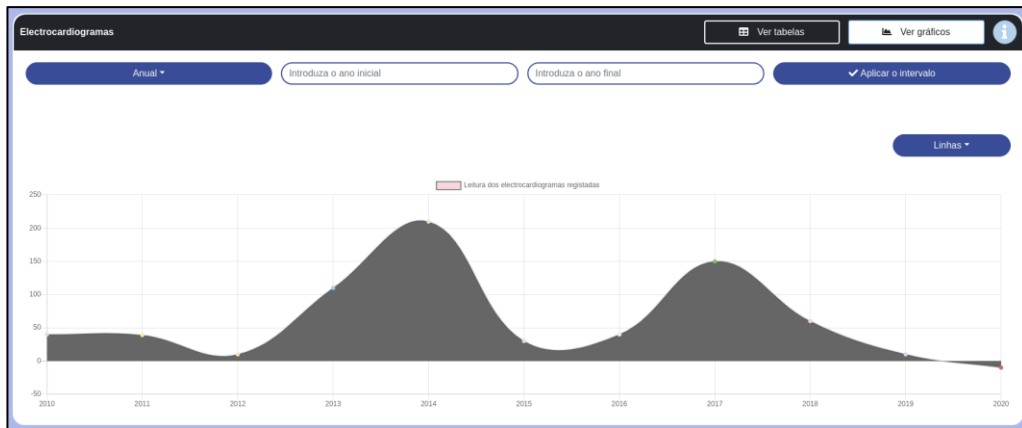


Fig. 30: Secção de visão gráfica do ecrã de visualização de detalhes.

Fig. 31: Secção de modificação de dados do ecrã de edição de detalhes.

#	Data de ocorrência	Tipo	Mensagem	Acções
1	11/10/2017	Falha de comunicação com o gateway!	Falha de comunicação com o gateway!	[Action]
2	12/10/2017	Falha de comunicação com os sensores!	Falha de comunicação com os sensores!	[Action]
3	01/10/2018	Ausência de energia!	Ausência de energia!	[Action]
4	02/10/2018	Falha de comunicação com o servidor!	Falha de comunicação com o servidor!	[Action]
5	03/10/2018	Falha de comunicação com o servidor!	Falha de comunicação com o servidor!	[Action]
6	11/10/2017	Falha de comunicação com o gateway!	Falha de comunicação com o gateway!	[Action]

Fig. 32: Secção de resolução de problemas do ecrã de edição de detalhes.

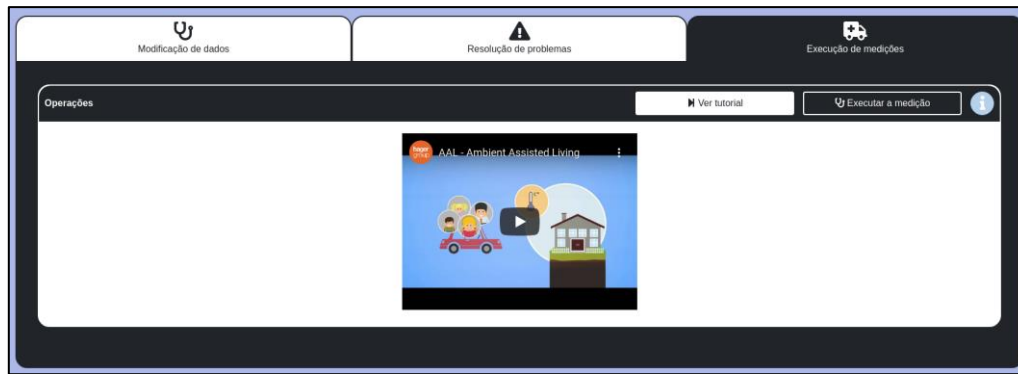


Fig. 33: Secção de resolução de problemas do ecrã de edição de detalhes.

5.1.1.4. Ecrã de configurações

O ecrã dota o utilizador de mecanismos para manusear as configurações do sistema (vide Fig. 34). Cada mecanismo ficou associado a uma secção distinta:

- **Geral** – Secção na qual o utilizador é dotado de mecanismos customização do *look and feel* da plataforma (tipo de fonte, tamanho de letra, entre outros) para efeitos de acessibilidade (vide Fig. 35);
- **Perfil** – Secção na qual o utilizador edita o perfil definido durante o processo de registo da conta (vide Fig. 36);
- **Equipamento** – Secção na qual é conferido ao utilizador um mecanismo de visualização em formato tabelar de todos os *gateways* utilizados pelo ecossistema, e respetivos sensores. A informação do *gateway* apresentada resume-se ao nome atribuído e ao seu estado de funcionamento (vide Fig. 37);
- **Notificações** – Secção na qual é conferido ao utilizador um mecanismo para visualizar em formato tabelar o sumário das notificações configuradas por cada sensor (vide Fig. 38). A descrição inclui o número total de notificações, o número de notificações pendentes e a tipologia de notificações definidas (horárias, diárias ou mensais). Em termos de ações associadas a cada sensor são fornecidas opções para editar (vide Fig. 39), visualizar (vide Fig. 40) ou remover as notificações associadas. A complexidade das duas opções discriminadas impôs a criação de duas subsecções: visualização, reservada para verificação num calendário do número de notificações por dia ou por mês, de acordo com a granularidade temporal selecionada pelo utilizador; e edição, reservada para modificação das propriedades basilares das notificações (data de início, data de fim e periodicidade) e redefinição das notificações geradas para o sensor discriminado. Note-se que a subsecção de visualização confere no contexto da granularidade mensal a possibilidade de editar ou remover eventos de notificações específicos;
- **Gestão de informação** – Secção na qual ao utilizador é conferido um controlo efetivo sobre toda a informação sensorial resultante da amostra pelo ecossistema. Controlo assegurado pela apresentação sob a forma tabelar das amostras recolhidas, organizadas por tipologia (peso, pressão arterial, número de passos entre outros); e pelo fornecimento de uma opção de remoção de amostras recolhidas por tipologia (vide Fig. 41).

Secção	Subsecção	Dialogs
Edição das configurações de apresentação	N/A	Sucesso a salvar os dados
		Erro a salvar os dados
		Erro obtenção da mensagem da assistente
Edição do perfil do utilizador		Erro obtenção dos dados do <i>backend</i>
		Sucesso a salvar os dados
		Erro a salvar os dados
		Erro obtenção da mensagem da assistente
		Erro obtenção dos dados do <i>backend</i>
Visualização do equipamento de rede		Erro obtenção dos dados do <i>backend</i>
Gestão das notificações	Visualização geral	Erro obtenção dos dados do <i>backend</i>
	Visualização e edição de detalhes	Erro obtenção dos dados do <i>backend</i>
		Sucesso a salvar as modificações na notificação
		Erro a salvar as modificações da notificação
	Criação de notificações	Sucesso a eliminar a notificação
		Erro a eliminar a notificação
		Sucesso a recriar as notificações
		Erro a recriar as notificações
	Gestão de informação recolhida	N/A
Erro na eliminação das amostras selecionadas		
Sucesso na eliminação das amostras selecionadas		

Fig. 34: Diagrama de blocos do ecrã das configurações.

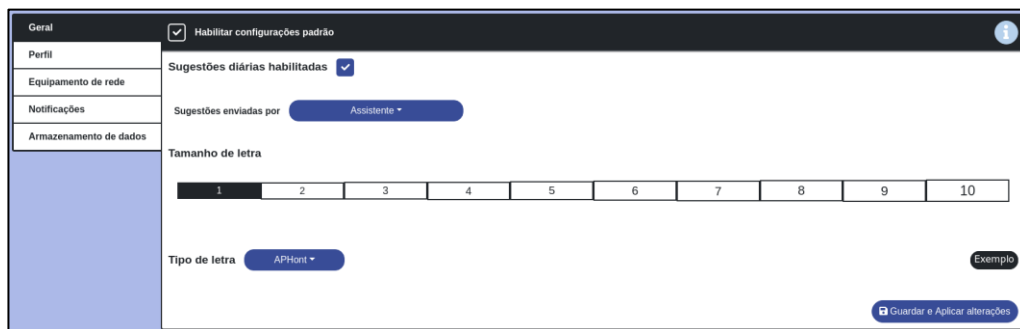


Fig. 35: Secção geral do ecrã de configurações.



Fig. 36: Secção do perfil do ecrã de configurações.

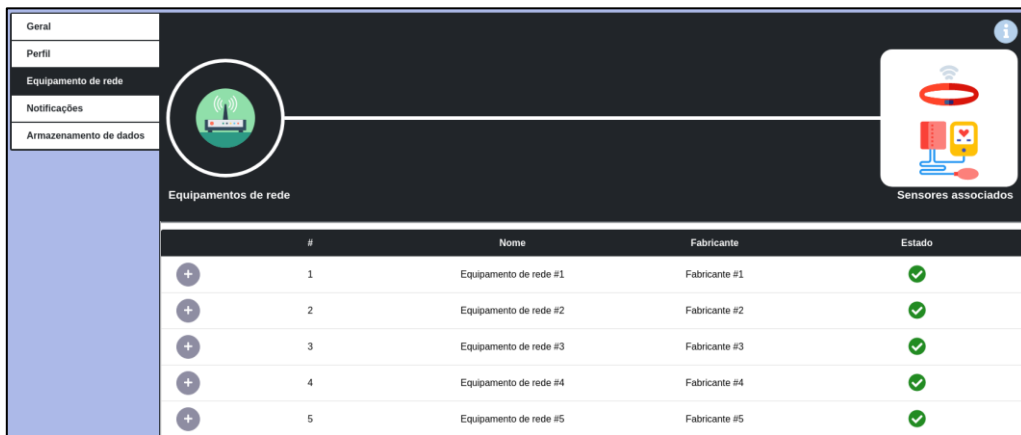


Fig. 37: Secção do equipamento de rede do ecrã de configurações.



Fig. 38: Secção de notificações do ecrã de configurações.



Fig. 39: Secção de recriação do ecrã de notificações.



Fig. 40: Secção de visualização do ecrã de notificações.

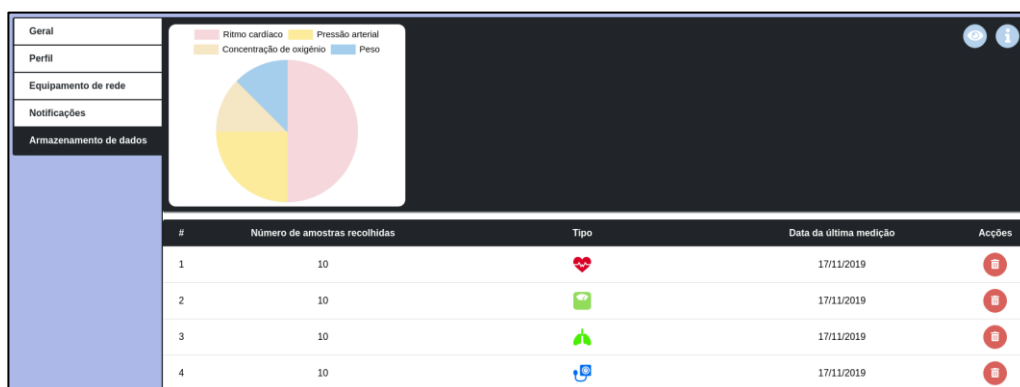


Fig. 41: Secção de gestão da informação armazenada do ecrã de configurações.

5.1.2. SmartAL

O SmartAL é uma plataforma dimensionada pela Altice, que visa acompanhar os utilizadores através do fornecimento de mecanismos de monitorização dos sinais vitais, de vídeo consulta, entre outros [414]. A interface é constituída por quatro ecrãs (*login*, obtenção da aplicação *mobile*, recuperação da senha e principal) e foi dimensionada para duas tipologias de utilizadores: pacientes e profissionais clínicos. As necessidades específicas a cada tipologia impuseram modificações no *look and feel* e nas funcionalidades fornecidas por cada ecrã, secção e subsecção implementadas.

5.1.2.1. Ecrã de *login*

O ecrã consiste no ponto de entrada na plataforma (vide Fig. 42), que fornece acesso a três ecrãs na interface: obtenção da aplicação *mobile*, recuperação da senha e principal. Note-se que o *card* fornece campos de input para introdução das credenciais do utilizador para efeitos de autenticação, e dois componentes para permitir ao utilizador navegar para os ecrãs de recuperação da senha e de obtenção da aplicação *mobile*.

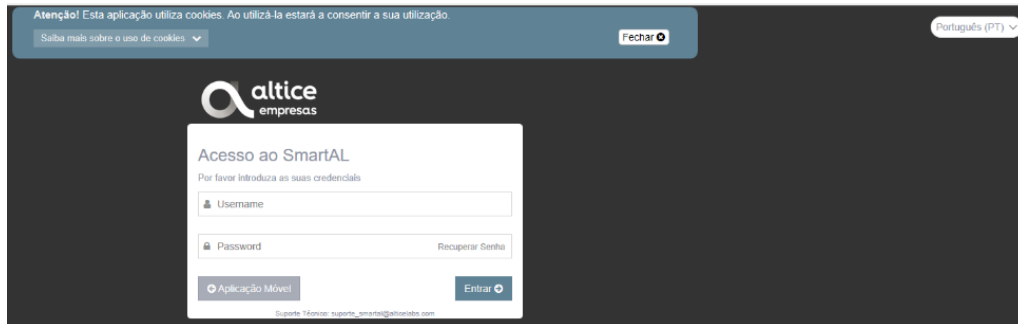


Fig. 42: Ecrã de *login* da plataforma SmartAL.

5.1.2.2. Ecrã de obtenção da aplicação *mobile*

O ecrã dota o utilizador de um meio para descarregar a versão mobile da aplicação do SmartAL para Android através do QRCode ou do botão de *download*.



Fig. 43: Ecrã para descarregar a versão mobile da aplicação SmartAL.

5.1.2.3. Ecrã de recuperação da senha

O ecrã dota o utilizador de um mecanismo de recuperação da sua senha que lhe permite definir o local onde o *link* de *reset* da senha será enviado, *email* ou *SMS*.



Fig. 44: Ecrã para recuperação da senha do utilizador da plataforma SmartAL.

5.1.2.4. Ecrã principal

O ecrã expõe as funcionalidades inerentes à plataforma adaptadas à tipologia do utilizador. Pacientes têm visibilidade sobre um conjunto de nove secções distintas (vide Fig. 45). A forma como são contextualizadas pelos menus de navegação impõe segmentá-las por duas tipologias: definições da conta do utilizador (perfil, configuração de contactos e alteração da senha) e gestão de sinais vitais (saúde, listagem, contactos, avisos e calendário).

- **Monitor** – Secção de *dashboard* que compila a informação associada às restantes secções da interface de forma resumida, para conferir ao utilizador uma visão geral sobre cada uma das temáticas definidas no contexto dos sinais vitais;
- **Saúde** – Secção que dota o utilizador da forma de visualizar/insérer medidas de sinais vitais manualmente e visualizar/importar relatórios/análises importados para a plataforma;
- **Listagem** – Secção que dota o utilizador de um mecanismo para seleccionar um conjunto de amostras de medidas manuais e submetê-las para posterior análise;
- **Contactos** – Secção que dota o utilizador de um mecanismo de interação com o profissional médico atribuído através de um *chat* para troca de mensagens e execução de consultas por vídeo;
- **Avisos** – Secção que dota o utilizador de uma forma de visualizar as notificações e alertas da plataforma;
- **Calendário** – Secção que dota o utilizador de uma forma de gerar e visualizar os lembretes para o utilizador;

- **Vídeos de ajuda** – Secção que dota o utilizador de uma forma de visualizar os vídeos que lhe são associados para auxiliar com a execução de uma determinada tarefa no contexto da medição de sinais vitais;
- **Inquéritos** – Secção que dota o utilizador de uma forma de visualizar os inquéritos que lhe são associados pelo profissional médico ou pelo próprio sistema;
- **Perfil** – Secção que dota o utilizador de uma forma de visualizar e atualizar a informação do seu perfil;
- **Configurações de contactos** – Secção que fornece ao utilizador forma de configurar os contactos a utilizar para notificá-lo quando uma determinada ação se impõe na plataforma, esteja esta relacionada com um lembrete definido à priori pelo utilizador ou um evento anómalo identificado pelo sistema;
- **Alteração da senha** – Secção que dota o utilizador de um mecanismo para alterar a senha da sua conta.

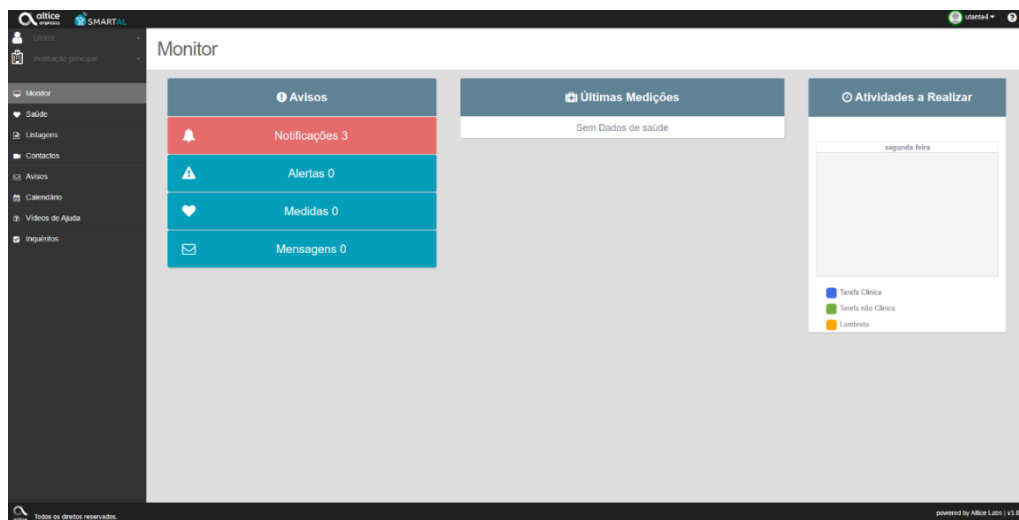


Fig. 45: Ecrã principal da plataforma SmartAL para o paciente.

O profissional médico tem visibilidade sobre o mesmo tipo de secções, porém, inclui secções de administração de utentes e conteúdo informativo publicado na plataforma, como a secção de gestão de planos, de gestão e histórico de tarefas, de relatórios (simples e agrupados), de gestão de inquéritos, de configuração de lotes, de configuração de limites, de configuração de vídeos de ajuda e de utentes (vide Fig. 46).

- **Gestão de Planos** – Secção que dota o utilizador de um mecanismo para criação de planos de trabalho e associação a utilizadores específicos;
- **Gestão de Tarefas** – Secção que dota o utilizador de um mecanismo para criação de tarefas e associação a utilizadores específicos. Cada tarefa criada é associada a um plano durante o seu processo de criação;
- **Histórico de Tarefas** – Secção que dota o utilizador de uma forma de visualizar um histórico detalhado sobre as tarefas criadas na plataforma;

- **Relatórios simples e agrupados** – Secção que dota o utilizador de uma forma de pesquisar, importar e imprimir relatórios das medições efetuadas por utente ou executante;
- **Gestão de inquéritos** – Secção que dota o utilizador de mecanismos para importar, categorizar, eliminar, pesquisar e associar inquéritos a utilizadores específicos;
- **Configurações de lotes** – Secção que dota o utilizador de mecanismos para criar, categorizar, eliminar, editar, pesquisar e associar lotes a utilizadores específicos;
- **Configuração de limites** – Secção que dota o utilizador de um mecanismo de definição dos limites a estabelecer para um determinado sinal vital a registar pela plataforma;
- **Configurações de vídeos de ajuda** – Secção que dota o utilizador de mecanismos para criar, editar, eliminar e associar vídeos de ajuda a utilizadores específicos;
- **Utentes** – Secção focada sobre a gestão de utentes e toda a informação associada (vide Fig. 47).

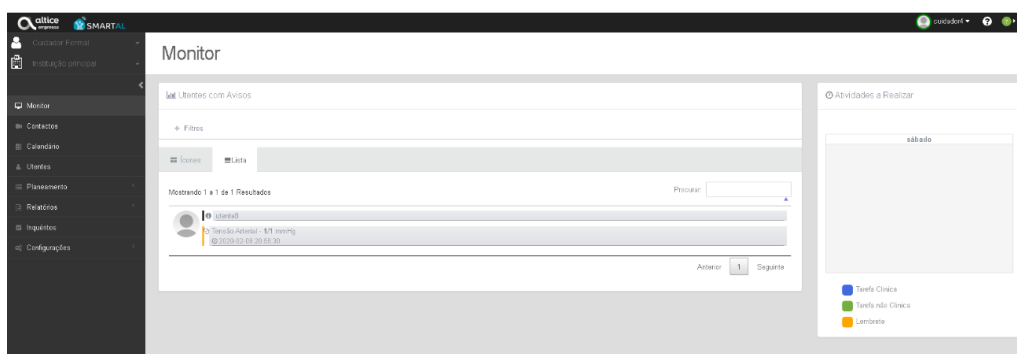


Fig. 46: Ecrã principal da plataforma SmartAL para o profissional médico.

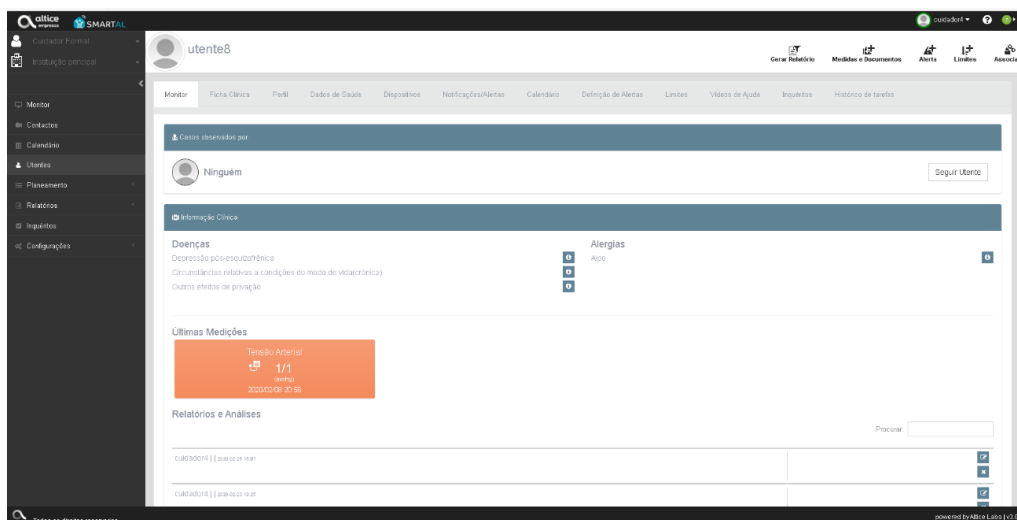


Fig. 47: Secção do utente que fornece ao utilizador mecanismos de gestão da informação associada organizada por contexto operacional.

5.2. Procedimento avaliativo

Em termos de princípios, a análise restringiu-se aos de Jakob Nielsen e Rolf Molich, Jill Gerhard-Powals, Ben Shneiderman, Susan Weinschenk e Dean Barker, e Bruce Tognazzini. De modo que

a sua validação no contexto da interface gráfica seja corroborada, impõe-se a identificação do âmbito em que são aplicáveis. Nesse sentido, a identificação dos elementos constituintes de uma interface gráfica impõe-se. A interface gráfica é constituída por:

- **Objetos** – Elementos visíveis no ecrã manuseados pelo utilizador. Num sistema com um *design* adequado, a atenção do utilizador é focada sobre os objetos, em detrimento de ações passíveis de serem executadas. Note-se que os objetos são detentores de propriedades e atributos únicos que os descrevem e são passíveis de serem modificados pelo utilizador durante o processo de interação (por exemplo *text styles*, tamanhos de letra, *font family*, cores de *background* entre outros) [415];
- **Ações** – Operações utilizadas para manusear os objetos de uma forma específica ou modificar as suas propriedades ou atributos [415].

Considerando os elementos discriminados e a descrição subjacente a cada princípio, a análise segmentou-se por quatro tipologias, que visam refletir o âmbito na interface em que cada princípio é aplicável:

- **Object based (OB)** – Focada sobre o nível de conformidade dos objetos da interface com os parâmetros definidos. A sua aplicabilidade impõe a identificação em cada ecrã de todos os objetos (botões, *checkboxes*, *dropdowns*, entre outros) e a segmentação por tipologia (ativo e passivo), família (como botões, *checkboxes*, *dropdowns*, entre outros) e nome;
- **Action based (AB)** – Focada sobre ações executadas na interface, nas quais se inserem ações de navegação e execução;
- **Section based (SeB)** – Focada sobre secções específicas no ecrã da interface;
- **Screen based (ScB)** – Focada sobre ecrãs específicos na interface.

Apesar de cada princípio possuir uma descrição que visa auxiliar a equipa de desenvolvimento na fase de *design* e implementação, o grau de abrangência e generalismo implícitos condicionam a objetividade do processo de avaliação e promovem múltiplas interpretações do mesmo princípio. Num esforço para padronizar o processo de avaliação e otimizar o nível de objetividade, precisão e uniformidade que lhe é requerido, definiu-se um conjunto de parâmetros por princípio aplicado. A sua definição efetua-se durante a aplicação dos princípios para os protótipos e produtos comerciais no âmbito da análise.

5.2.1. Linhas orientadoras

5.2.1.1. Princípios heurísticos de Jakob Nielsen

(1) Visibilidade do estado do sistema

O estado do sistema é *feedback* fornecido pelos objetos ao utilizador durante o processo de interação e na execução de uma determinada ação na interface

[416][417][205][418][419][420][421][422]. Nesse sentido, definiram-se parâmetros *object-based*, focados sobre a validação de propriedades específicas do objeto que alteram o seu *look and feel* (vide Tabela 34). As propriedades são os estados válidos de cada família de objetos na interface, cuja especificação é dependente da *framework* de desenvolvimento utilizada para implementar a interface [423][424]. Em termos práticos, o avaliador verificará o *feedback* fornecido quando o estado de um objeto é manipulado, por exemplo, quando um botão é pressionado é expectável uma alteração na sua cor de *background*. Note-se que os parâmetros não são aplicáveis de forma universal e cabe ao avaliador, baseado na família de objeto focado, determinar se a propriedade de estado lhe é subjacente.

Adicionalmente, definiram-se parâmetros *action-based* nos quais o avaliador verificará se cada ação executada fornece *feedback* ao utilizador, por forma a consciencializá-lo que todas as ações têm consequências visuais (vide Tabela 34).

Tabela 34: Parâmetros de avaliação da visibilidade do estado do sistema.

Âmbito	Parâmetros
OB	<ul style="list-style-type: none"> Fornecimento de <i>feedback</i> para cada um dos estados do componente (<i>pressed, hover, dragged, enabled/disabled, on/off</i> entre outros).
AB	<ul style="list-style-type: none"> Apresentação de um indicador de progresso durante a execução de uma ação; Fornecimento de uma taxa de concretização da tarefa; Apresentação de um diálogo de confirmação da ação; Apresentação de um diálogo de conclusão.

(2) Adequação do sistema ao ambiente real

O princípio está ligado à capacidade do sistema relacionar-se com funções ou conceitos do mundo real. Nesse sentido, os parâmetros *object-based* foram definidos, nos quais o seu conteúdo é avaliado em termos de ausência de termos de sistema e uso premeditado de formas alternativas em complemento com o conteúdo de texto para transmitir a ideia focada pelo objeto [416][417][205][418][419][420][421][422][415] (vide Tabela 35).

Tabela 35: Parâmetros de avaliação da adequação do sistema ao ambiente real.

Âmbito	Parâmetros
OB	<ul style="list-style-type: none"> Apresentação de um ícone no componente, que clarifique o objetivo implícito do componente através de uma representação visual de um elemento familiar (por exemplo o uso do símbolo das disquetes para estabelecer a associação do componente à operação de salvar a informação); Ausência de terminologia do sistema no texto, <i>hints</i> ou <i>tooltips</i> do componente.

(3) Nível de controlo sobre as ações do utilizador

O controlo advém da perceção do utilizador de que o sistema responde a todas as suas ações executadas, sendo efetivamente alcançado quando o utilizador, dada uma determinada tarefa, identifica o que fazer e como o fazer. Nesse sentido, impõe-se que a interface corrobore um conjunto de condições [416][417][205][418][419][420][421][422][415]:

- Assegurar o comportamento ativo do utilizador em todo o processo de interação e evitar a atribuição do papel reativo às ações em execução;
- Fornecer mecanismos adequados para interromper ou cancelar uma determinada ação em qualquer instante;
- Minimizar a interrupção de tarefas do utilizador por erros do sistema;
- Evitar a utilização de modos de utilizador, uma vez que a sua inclusão limita as ações permitidas;
- Promover a customização do *look and feel* da interface, fornecendo um conjunto de configurações por defeito.

Note-se que todas as condições discriminadas se focam sobre ações na interface, pelo que os parâmetros foram definidos dentro do mesmo âmbito (vide Tabela 36).

Tabela 36: Parâmetros de avaliação do nível de controlo sobre as ações do utilizador.

Âmbito	Parâmetros
AB	<ul style="list-style-type: none"> • Reversibilidade das ações executadas.

(4) Consistência e *standards*

A consistência é uma propriedade relativa de um sistema ou interface, cuja corroboração não é binária, em termos de determinar se é ou não satisfeita [182]. Note-se que a sua aplicação impõe a utilização de um termo de comparação, para que a quantificação seja fazível. A sua análise impõe uma segmentação por duas áreas distintas:

- **Object-oriented** - Em termos de localização dos elementos, estrutura frásica e gramatical do conteúdo textual apresentado, fontes aplicadas, estilos, tamanhos de letra, indicadores de seleção, contraste, entre outros. Note-se que normalmente se define uma coleção de atributos a aplicar em todos os objetos da interface, para garantir a consistência em termos de aspeto gráfico;
- **Action-oriented** – Em termos de comportamento expectável pelo utilizador. Note-se que ações similares deverão produzir o mesmo resultado.

De acordo com as áreas discriminadas propôs-se a definição de parâmetros focados exclusivamente sobre a corroboração do aspeto gráfico dos objetos em toda a extensão da interface [416][417][205][418][419][420][421][422][415]. Nesse sentido, definiu-se um conjunto de linhas orientadoras de *design*, relacionadas com atributos específicos, segmentadas pelo estado, famílias, tipologias e ecrã de enquadramento do objeto. A corroboração de cada atributo fornece o método para quantificar o nível de consistência atingido (vide Tabela 37).

Tabela 37: Parâmetros de avaliação da consistência da interface.

Âmbito	Parâmetros
OB	<ul style="list-style-type: none"> Conformidade da estrutura do componente e as propriedades estéticas com valores pré-definidos. Note-se que a aplicabilidade do parâmetro impõe a definição de atributos - <i>border radius</i>, <i>border width</i>, <i>border color</i>, <i>color</i>, estilo do texto, estrutura frásica, existência de um ícone e <i>background color</i> – que comparar-se-ão com a implementação real para efeitos de quantificação do nível de conformidade alcançado.

(5) Prevenção de erros

A prevenção de erros na interface relaciona-se com a forma como está implementado e gere a informação introduzida pelo utilizador. A minimização da sua ocorrência impõe a identificação de pontos críticos no *design* e a estipulação de mecanismos para endereçar estes eventos. Na literatura destacam-se os seguintes mecanismos:

- Fornecer valores por defeito estáticos atribuídos durante a inicialização do sistema; ou dinâmicos, que se adaptam em função da sessão do utilizador [182];
- Fornecer mensagens de erro que forneçam uma resolução para o erro detetado [425];
- Fornecer mecanismos de *autocompletion* [425];
- Desabilitar escolhas não aplicáveis para o contexto discriminado [415];
- Minimizar o uso de campos de entrada livre [415];
- Maximizar a permissividade dos componentes de introdução de informação a erros ortográficos [415];
- Promover a revisão, modificação ou cancelamento de uma ação antes da sua execução;
- Assegurar a confirmação de ações destrutivas [415];
- Fornecer um mecanismo para salvaguardar a informação fornecida numa forma automática e contínua [415];
- Incluir restrições nos componentes utilizados para receber informação do utilizador. Note-se que este mecanismo é aplicável se existirem regras de negócio explícitas, que definam a informação válida a ser introduzida [419].

A proeminência de mecanismos focados sobre os objetos da interface influenciou a parametrização definida. Como consequência, estipularam-se os seguintes parâmetros [416][417][205][418][419][420][421][422]:

Tabela 38: Parâmetros de avaliação da prevenção de erros na interface.

Âmbito	Parâmetros
OB	<ul style="list-style-type: none"> • Restrição do <i>input</i> introduzido pelo utilizador; • Fornecimento de valores por defeito nos campos de escolha múltipla; • Condicionamento da navegação na interface em função da informação fornecida pelo utilizador (por exemplo caso exista informação em falta necessária por um determinado formulário o botão para navegar para a próxima etapa deverá estar desabilitado); • Apresentação de uma mensagem de aviso para informar o utilizador das inconformidades detetadas na informação fornecida antes da execução da ação; • Fornecimento de um mecanismo de <i>autocomplete</i>.
AB	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de um diálogo de confirmação da ação; • Apresentação de uma resolução para o erro detetado; • Fornecimento de um meio de cancelar a ação.
SeB	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecimento de um mecanismo que salvaguarda o trabalho do utilizador na ocorrência de um evento anómalo.

(6) Reconhecer em detrimento de recordar

O ser humano possui duas formas de obter informação da memória: reconhecendo ou relembando. Relembrar impõe que a informação seja reproduzida através da memória, enquanto reconhecer se relaciona com a forma como a informação é apresentada ao utilizador, fornecendo o conhecimento necessário à construção de uma ligação com informação específica visualizada no passado. De entre os processos discriminados, o ato de reconhecimento destaca-se como a atividade cognitiva menos complexa, uma vez que é a operação que requer menor quantidade de informação para aceder ao mesmo banco de memória. Note-se que as características inerentes a cada atividade cognitiva tornam o ato de reconhecimento preferível para minimização do uso de memória de curta duração. Para promover a sua utilização, é destacada na literatura a necessidade de assegurar a visibilidade sobre os objetos, ações e conteúdo necessários para o utilizador atingir um objetivo específico num determinado instante de tempo[420][182]. Os mecanismos de *autocomplete*, a apresentação de histórico de últimas ações ou secções visitadas na interface, a utilização de ícones, são abordagens mencionadas na literatura para endereçar o processo de reconhecimento [426][415].

De acordo com os mecanismos discriminados a parametrização focou-se sobre os objetos da interface. Os parâmetros definidos foram os seguintes [416][417][205][418][419][420][421][422]:

Tabela 39: Parâmetros de avaliação da promoção do ato de reconhecimento na interface.

Âmbito	Parâmetros
OB	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de uma <i>hint</i> que clarifica o tipo de informação aceite pelo componente; • Apresentação de uma <i>tooltip</i> com a descrição da ação a executar; • Apresentação de uma <i>label</i> que clarifica o objetivo da ação associada ao componente discriminado; • Apresentação de um ícone que auxilia o utilizador na identificação do seu objetivo implícito; • Consistência do objeto (fornece percepção ao utilizador do seu objetivo por reconhecimento do seu padrão estético).

(7) Flexibilidade e eficiência de uso

A flexibilidade traduz-se na capacidade do sistema em adaptar-se às necessidades únicas de cada utilizador, baseado no seu conhecimento, experiência, preferências, rotinas ou condições estipuladas num determinado instante temporal. A sua inclusão é caracterizada pelo fornecimento de múltiplas abordagens para executar a mesma ação e pela customização da interface, por exemplo, na forma como a informação é apresentada. Estes fatores maximizam o nível de controlo do utilizador sobre a interface [415][427]. Neste contexto o autor Jakob Nielsen salienta o uso de atalhos na interface e a sua contribuição para a otimização da interação com todas as tipologias de utilizadores. Nesse sentido, os parâmetros definidos focaram-se sobre a aplicação de atalhos e como a sua execução permite interagir com os objetos da interface [416][417][205][418][419][420][421][422].

Tabela 40: Parâmetros de avaliação da flexibilidade e eficiência de uso na interface.

Âmbito	Parâmetros
OB	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização de atalhos com <i>tab</i> e <i>arrow keys</i> permitem navegar por cada um dos componentes da secção; • Conformidade da ação de pressionar da tecla <i>enter</i> com o clique do rato ou <i>touchpad</i> em termos de execução da ação.

(8) Design estético e minimalista

A definição do princípio foca o conteúdo da informação comunicada, em detrimento dos seus atributos estéticos; destacando o ratio entre informação útil e irrelevante apresentada na interface (*Signal Noise Ratio* – SNR) e a sua contribuição na otimização do uso da memória de curto prazo do utilizador [428]. Apesar da inerente simplicidade conceptual, a sua quantificação no contexto de um *design* é complexa, devido à subjetividade imposta pelo utilizador. Cada utilizador tem um objetivo específico na interação com a interface, fator que fomenta a variabilidade associada à forma como a utilidade da informação é percebida. Para maximizar a objetividade do processo de quantificação, a parametrização focou-se sobre o padrão de *design* discriminado e as características que o corroboram. Assim, foram definidos os seguintes parâmetros aplicados ao nível de cada objeto da interface [416][417][205][418][419][420][421][422]:

Tabela 41: Parâmetros de avaliação do *design* estético e minimalista na interface.

Âmbito	Parâmetros
OB	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de <i>highlights</i>, <i>shadows</i>, <i>glossy effects</i> e <i>3D effects</i>; • Fornecimento de um contraste que esteja em conformidade com as linhas orientadoras de acessibilidade da tipologia da interface focada (por exemplo WCAG 2 AA, WCAG 2 AA - 18pt, WCAG 2 AAA e WCAG 2 AAA - 18pt).

(9) Suporte no reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros

O princípio foca-se sobre a estrutura das mensagens de erro e a sua influência sobre o modelo mental do utilizador e seu enquadramento nos eventos a decorrer na interface [429]. De acordo com a literatura, as mensagens corroborarão um conjunto de requisitos funcionais relacionados com a sua apresentação e conteúdo. Em termos de conteúdo, destacam-se os requisitos seguintes:

- **Conteúdo**- Utilidade da informação fornecida para a mitigação do evento anormal identificado [415];
- **Especificidade e precisão** - Mensagens fornecidas deverão ser específicas o suficiente para consciencializar, sem repreender o utilizador do que motivou a ocorrência do erro [425];
- **Construtivismo e positivismo** – Mensagens construtivas com apresentação das ações para recuperação do erro identificado, sem condenar ou repreender o utilizador pelo sucedido [425];
- **Tamanho** - Frases com um máximo de vinte palavras [415];
- **Nível de compreensão** - Formulação de mensagens compreensíveis para um aluno até oitavo ano de escolaridade [415];
- **Vocabulário** - Consistência em termos de estrutura gramatical, terminologia e abreviaturas utilizadas [425].

A sua apresentação na interface, dada a sua natureza singular, impõe a corroboração dos requisitos seguintes:

- **Contexto** - Apresentação da mensagem de erro no contexto no qual o evento de erro foi despoletado. Nesse sentido, existem múltiplas abordagens para apresentação da mensagem de erro: anexada ao objeto, no final do ecrã ou num diálogo próprio apresentado no centro do ecrã no qual o erro foi despoletado. Note-se que a terceira abordagem discriminada é bloqueante e impõe que o utilizador execute uma ação adicional para retornar ao ecrã de origem [415][425];
- **Atributos estéticos** - Apresentação da mensagem de erro de uma forma visualmente distinta dos restantes objetos da interface. O elemento diferenciador obtém-se por utilização de uma família, tipo de fonte e tamanho de letra específico à mensagem de erro [415];
- **Consistência** - Em termos de formato visual e disposição dos objetos na interface [425].

Neste âmbito foram definidos um conjunto de parâmetros associados à estrutura das mensagens de erro (vide Tabela 42) [416][417][205][418][419][420][421][422]. Como a sua ocorrência depende da execução de uma determinada ação na interface, os parâmetros foram definidos no âmbito das ações executadas.

Tabela 42: Parâmetros de avaliação do suporte no reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros na interface.

Âmbito	Parâmetros
AB	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de uma mensagem de erro sem termos técnicos; • Apresentação de conselhos construtivos no que respeita a recuperação da ocorrência de um erro; • Apresentação da razão que originou o erro.

(10) Ajuda e Documentação de suporte

Os mecanismos de ajuda e a documentação são componentes significativos para auxiliar o utilizador na interação com a interface e minimizar a curva de aprendizagem subjacente [429] [425]. O seu sucesso depende da sua capacidade em otimizar os modelos mentais do utilizador no uso da interface e na estrutura organizacional do seu conteúdo [415]. A literatura especifica linhas orientadoras funcionais e não funcionais para o dimensionamento e estruturação do conteúdo fornecido pelos mecanismos discriminados. Em termos não funcionais, linhas de carácter genérico, é estipulado a necessidade de assegurar o fornecimento de conteúdo sucinto, fácil de pesquisar, focado sobre a tarefa do utilizador com especificação do procedimento a adotar para a sua execução efetiva [170]. Em termos funcionais, existe uma concretização sobre as características a integrar na estrutura do conteúdo, como partir o texto em secções pequenas com títulos claros, começar o corpo do texto com a mensagem primária, escrever frases e parágrafos pequenos, recorrer a listas e tabelas, incorporar hiperligações com um nome descritivo ou ilustrar o conteúdo apresentado [425].

Apesar das linhas orientadoras, a natureza da interface criada inviabiliza a sua aplicação. Durante a sua prototipagem, a documentação de suporte foi um requisito não contemplado. Como consequência, optou-se por parametrizar o princípio com base na identificação por ação da interface se a opção de ajuda é fornecida (vide Tabela 43) [416][417][205][418][419][420][421][422].

Tabela 43: Parâmetros de avaliação de ajuda e documentação de suporte na interface.

Âmbito	Parâmetros
AB	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecimento de uma opção no menu principal para aceder à documentação ou requisitar ajuda.

5.2.1.2. Princípios cognitivos de Gerhardt-Powals

(1) Automatização de tarefas desnecessárias

O princípio foca-se sobre a otimização no uso de recursos cognitivos do utilizador na execução de tarefas no contexto da interface [415][430][431][432][433][434][435]. Assim, definiu-se um conjunto de parâmetros aplicados ao nível dos objetos da interface discriminados na tabela seguinte:

Tabela 44: Parâmetros de avaliação na automatização de tarefas desnecessárias na interface.

Âmbito	Parâmetros
OB	<ul style="list-style-type: none">• Processo de introdução da informação pelo utilizador é intuitivo;• Fornecimento de um mecanismo de alteração da disposição da informação;• Restrição do <i>input</i> introduzido pelo utilizador;• Fornecimento de valores por defeito nos campos de escolha múltipla.

(2) Minimização de informação dúbia

O nível de clareza da informação contida na interface é quantificável pelo conteúdo e forma como é apresentada [415][430][431][432][433][434][435]. Nesse sentido, definiram-se parâmetros focados sobre a análise do conteúdo textual fornecido discriminados na tabela seguinte:

Tabela 45: Parâmetros de avaliação da minimização da informação dúbia na interface.

Âmbito	Parâmetros
OB	<ul style="list-style-type: none">• Inexistência de conteúdo com erros ortográficos, gramaticais ou factuais;• Apresentação do conteúdo de forma perceptível e precisa.

(3) Fusão de informação

O princípio foca-se sobre a redução da carga cognitiva associada à execução de determinadas tarefas por sumarização da informação de baixo nível contida na interface [415][430][431][432][433][434][435]. A parametrização efetuou-se ao nível dos objetos da interface, definindo dois parâmetros discriminados na tabela seguinte:

Tabela 46: Parâmetros de avaliação da fusão de informação na interface.

Âmbito	Parâmetros
OB	<ul style="list-style-type: none">• Combinação da informação aplicada quando aplicável;• Apresentação do conteúdo de forma perceptível e precisa.

(4) Apresentação de nova informação com mecanismos de suporte que auxiliem na sua interpretação

O princípio relaciona-se com a forma de apresentação do conteúdo e reforça o uso de terminologia familiar para facilitar a sua assimilação e interpretação [415][430][431][432][433][434][435].

Em termos conceptuais é similar na sua definição com o segundo princípio de Jakob Nielsen, pelo que adotar-se-ão os mesmos parâmetros.

(5) Uso de nomes adequados às opções apresentadas na interface

O conteúdo textual dos objetos da interface deverá adotar uma terminologia que facilite a familiarização, contextualização e assimilação pelo utilizador [415][430][431][432][433][434][435]. Nesse sentido, definiu-se um parâmetro que se foca sobre a adequação do texto fornecido em cada objeto, de acordo com o contexto de enquadramento (vide Tabela 47).

Tabela 47: Parâmetros de avaliação da adequação dos nomes nas opções da interface.

Âmbito	Parâmetros
OB	<ul style="list-style-type: none"> Adoção de uma terminologia adequada.

(6) Formação consistente de blocos de informação para minimização do tempo de pesquisa na interface

De acordo com a descrição presente no artigo científico de Jill Gerhardt Powals “Within a screen, data should be logically grouped; across screens, it should be consistently grouped. This will decrease information search time.” [435] e com o caso de estudo Camille Butera [436], depreende-se que o princípio se relaciona com o tempo necessário para pesquisar informação na interface dimensionada. Como consequência, a parametrização focou-se sobre a corroboração da existência de uma funcionalidade que agrupe informação pesquisada, por exemplo, através de *tags* nos mecanismos de pesquisa, por secção da interface [430][431][432][433][434][435].

Tabela 48: Parâmetros de avaliação da formação de blocos consistentes de informação na interface.

Âmbito	Parâmetros
SeB	<ul style="list-style-type: none"> Existência de um mecanismo que agrupa a informação.

(7) Minimização do número de tarefas de recolha de dados.

De acordo com o autor Jill Gerhardt-Powals “Data-driven tasks were limited in the cognitively engineered interface through the use of color coding and alert messages as shown in Figures 1 and 2.” [430][431][432][433][434][435], o *feedback* fornecido ao utilizador é determinante para minimização do número de tarefas para recolha de informação do utilizador. Nesse sentido, para corroborar o princípio discriminado a parametrização proposta focou-se sobre a utilização apropriada de *feedback* na interface. Note-se que a similaridade conceptual da temática com o primeiro princípio de Jakob Nielsen maximiza a adequação da adoção dos parâmetros definidos para a avaliação da capacidade da interface em restringir a execução de tarefas orientadas à recolha de dados.

(8) Inclusão na interface de informação necessária para o utilizador

A relevância da informação apresentada para a tarefa em execução é um fator a contabilizar, de modo a maximizar o foco de atenção do utilizador. Nesse sentido, impõe-se que cada secção da interface apresente a informação necessária à execução e conclusão das ações associadas a cada contexto [430][431][432][433][434][435]. Como consequência, definiu-se um conjunto de quatro parâmetros orientado à secção da interface, focados sobre a relação da informação apresentada e as ações na interface, a contextualização do utilizador na interface, e o fornecimento de opções de navegação orientadas ao contexto de enquadramento (vide Tabela 49).

Tabela 49: Parâmetros de avaliação da informação apresentada na interface.

Âmbito	Parâmetros
SeB	<ul style="list-style-type: none">• Indicação da secção da aplicação atual com descrição da estrutura hierárquica, que permitiu aceder à secção discriminada (por exemplo por utilização de <i>breadcrumbs</i>);• Apresentação de informação adequada ao contexto do ecrã;• Fornecimento do menu geral de navegação;• Fornecimento das opções específicas ao ecrã.

(9) Fornecimento de informação codificada quando necessário

A codificação da informação efetua-se de múltiplas formas. No caso específico avaliou-se a codificação da informação em cada objeto da interface através de *labels* ou *tips* [430][431][432][433][434][435] (vide Tabela 50).

Tabela 50: Parâmetros de avaliação da codificação da informação na interface.

Âmbito	Parâmetros
OB	<ul style="list-style-type: none">• Apresentação de um sumário da informação apresentada sob a forma de uma <i>label</i> ou de uma <i>tip</i>.

5.2.1.3. Regras de ouro de Shneiderman

(1) Imposição de consistência

O autor Ben Schneiderman destaca a necessidade de assegurar consistência em termos de *look and feel*, terminologia, sequência de ações, entre outros. Característica realçada no quarto princípio de Jakob Nielsen [184][183][425], pelo que utilizar-se-ão os mesmos parâmetros na sua avaliação.

(2) Utilização de atalhos por utilizadores frequentes

O princípio foca-se sobre a utilização de atalhos na interface, temática focada pelo sétimo princípio de Jakob Nielsen [184][183][425], pelo que utilizar-se-ão os mesmos parâmetros na sua avaliação.

(3) Fornecimento de feedback informativo

Feedback é uma temática focada no primeiro princípio de Jakob Nielsen, cuja análise contempla a identificação de diálogos de conclusão e confirmação ao nível das ações executadas. Contudo, o autor Ben Schneiderman eleva os parâmetros discriminados ao estatuto de regras de usabilidade [184][183][182][425]. Para mitigar a sua inclusão na análise de múltiplos princípios, os parâmetros excluíram-se do processo de avaliação. Neste âmbito, o fornecimento de *feedback* analisou-se em termos dos parâmetros orientados aos objetos da interface, definidos no primeiro princípio de Jakob Nielsen, e em termos de ações pelos parâmetros seguintes:

Tabela 51: Parâmetros de avaliação do *feedback* fornecido pela interface.

Âmbito	Parâmetros
AB	<ul style="list-style-type: none">• Fornecimento de uma taxa de concretização da tarefa;• Apresentação de um indicador de progresso durante a execução de uma ação.

(4) Design de diálogos para fornecer uma perceção de conclusão da ação

De acordo com a definição do princípio, estipulou-se o seguinte princípio aplicado ao nível das ações na interface [184][183][182][425]:

Tabela 52: Parâmetros de avaliação do fornecimento da perceção de conclusão de ações na interface.

Âmbito	Parâmetros
AB	<ul style="list-style-type: none">• Apresentação de um diálogo de conclusão.

(5) Fornecimento de mecanismos de tratamento de erros

O princípio centra-se sobre a prevenção de erros na interface, cuja parametrização foi discriminada no quinto princípio de Jakob Nielsen. Nesse sentido, utilizar-se-ão os mesmos parâmetros aplicados aos objetos da interface [184][183][182][425].

(6) Fornecimento de uma forma simples para reverter uma ação na interface

Reversibilidade das ações é uma temática focada no terceiro princípio de Jakob Nielsen. A similaridade conceptual viabiliza a adoção dos mesmos parâmetros aplicados ao nível das ações na interface [184][183][182][425].

(7) Controlo das operações efetuadas do lado do utilizador

De acordo com a definição, controlo é conferido ao utilizador se a interface assegurar que utilizadores são os iniciadores das ações. Nesse sentido, o fornecimento de um diálogo de confirmação para corroborar a sua intenção em prosseguir com a operação a executar, a sua contextualização na interface e o fornecimento de ferramentas básicas de navegação são parâmetros cuja inclusão confere aos utilizadores perspetiva de controlo sobre a interface

[184][183][182][425]. Como consequência, o princípio foi parametrizado em termos de ações e seções da interface, como discriminado nas tabelas seguintes:

Tabela 53: Parâmetros de avaliação do controlo das operações na interface orientados para as ações.

Âmbito	Parâmetros
AB	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de um diálogo de confirmação da ação a executar.
SeB	<ul style="list-style-type: none"> • Indicação da secção da aplicação atual com descrição da estrutura hierárquica, que permitiu aceder à secção discriminada (por exemplo por utilização de <i>breadcrumbs</i>); • Fornecimento do menu geral de navegação.

(8) Minimização da memória consumida no processo de interação

Redução do uso de memória de curta duração é endereçada pelo sexto princípio de Jakob Nielsen. Como consequência, utilizar-se-ão os mesmos parâmetros avaliativos para quantificar o princípio discriminado.

5.2.1.4. Princípios cognitivos de Weinschenk e Barker

Os princípios “integridade modal”, “realização”, “adequação cultural” e o “ritmo de interação” foram excluídos do processo de parametrização pela dificuldade na estipulação de parâmetros adequados que os quantificassem de forma objetiva.

(1) Controlo do utilizador

O controlo sobre a interface impõe dotar os utilizadores de mecanismos de gestão sobre as ações realizadas através de *feedback* que os contextualize na interface ou na etapa da ação executada e de um controlo efetivo sobre o fluxo das ações. Em 2014, os autores Fatih Nayebi *et al.* [437] propõem uma *framework* de avaliação da usabilidade de uma aplicação iOS na qual identificam parâmetros como fornecimento de pontos de escape durante a navegação na interface ou execução de uma ação, reversibilidade das ações e identificação da posição atual do utilizador no contexto da aplicação necessários para quantificar o princípio discriminado. Note-se que a sua natureza impõe a definição de parâmetros em dois contextos: ação e secção da interface [438][439][440][437][437][441].

Tabela 54: Parâmetros de avaliação do controlo do utilizador na interface.

Âmbito	Parâmetros
AB	<ul style="list-style-type: none"> • Reversibilidade das ações executadas; • Fornecimento de uma taxa de concretização da tarefa; • Apresentação de um diálogo de confirmação da ação a executar.
SeB	<ul style="list-style-type: none"> • Indicação da secção da aplicação atual; • Fornecimento do menu geral de navegação.

(2) Limitações humanas

De acordo com o autor Jakob Nielsen [442], a utilização eficiente dos recursos cognitivos do utilizador impõe que o dimensionamento da interface contemple um conjunto de linhas orientadoras:

- **Redução dos tempos de resposta da interface** – A velocidade é um fator significativo para mitigar as limitações de memória e de atenção associadas ao ser humano, e conferir ao utilizador uma sensação de controlo sobre a interface;
- **Minimizar a quantidade de informação irrelevante;**
- **Modificação da aparência dos componentes clicados**, por forma a conferir ao utilizador noção dos locais ou operações executadas.

A natureza das linhas orientadoras discriminadas impõe a segmentação dos parâmetros que lhe são derivados em duas categorias, por secção e por ação [438][439][440][437][437][441] (vide Tabela 55).

Tabela 55: Parâmetros de avaliação da contabilização das limitações humanas na interface.

Âmbito	Parâmetros
AB	<ul style="list-style-type: none">• Tempos de resposta na execução de ações na interface inferiores a 10s;• Modificação da aparência dos componentes após a sua utilização Por exemplo em determinados <i>sites</i> após o utilizador clicar sobre um <i>hyperlink</i> existe uma mudança de cor para que o utilizador seja consciencializado que já acedeu ao <i>link</i> anteriormente.
SeB	<ul style="list-style-type: none">• Minimização informação irrelevante apresentada na interface por: fornecimento de opções de assistência no contexto discriminado, ausência de floreos no tipo de letra adotado, ausência de <i>links</i> redundantes e ausência de imagens irrelevantes para o contexto.

(4) Comodidade

Os autores Fatih Nayebi *et al.* [437] realçam a utilização de uma língua e terminologia familiar, com metáforas adequadas que representem objetos do quotidiano do utilizador, e a adequação da interface às capacidades do utilizador. Note-se que os parâmetros são similares aos definidos no segundo princípio de Jakob Nielsen.

(5) Clareza linguística

A clareza é uma característica aplicável aos elementos visuais, funções, metáforas e conteúdo textual na interface. No contexto linguístico impõe-se que o conteúdo textual contextualize; seja simples, direto, desprovido de qualquer termo técnico [415][438][439][440][437][437][441]; e use terminologia familiar para o utilizador [443]. Como consequência, definiram-se um conjunto de parâmetros orientados para os objetos da interface discriminados na tabela seguinte:

Tabela 56: Parâmetros de avaliação da clareza linguística na interface.

Âmbito	Parâmetros
OB	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de uma <i>hint</i> que clarifique o tipo de dados pretendidos; • Apresentação de uma <i>tooltip</i> com a descrição da ação; • Apresentação de uma <i>label</i> que indique o objetivo da ação subjacente; • Ausência de estrangeirismos; • Ausência de erros ortográficos; • Ausência de abreviações e acrônimos.

(6) Integridade estética

O princípio relaciona-se com a necessidade de tornar o *design* apelativo e de acordo com as boas práticas vigentes em termos de consistência, hierarquia visual, contraste, entre outros. De entre as boas práticas, destacam-se os princípios de Gestalt normalmente adotados para o dimensionamento apropriado de *designs* [415][438][439][440][437][437][441][444]. A sua aplicabilidade motivou a sua inclusão na parametrização proposta e resultou na definição de parâmetros relacionados com temáticas comuns aos princípios de Gestalt: continuidade, similaridade e proximidade entre os objetos da interface (vide Tabela 57).

Tabela 57: Parâmetros de avaliação da integridade estética da interface.

Âmbito	Parâmetros
OB	<ul style="list-style-type: none"> • Similaridade entre objetos do mesmo grupo; • Continuidade entre objetos do mesmo grupo; • Promoção da introdução de informação em falta; • Proximidade entre objetos do mesmo grupo.

(7) Simplicidade

O número de funcionalidades fornecidas pela interface ao utilizador constitui um fator que compromete o seu manuseamento. Note-se que a ausência de funcionalidade limita as operações executadas pelo utilizador, desprovendo a interface de utilidade. O excesso maximiza a complexidade no seu manuseamento. Nesse sentido, impõe-se a definição de uma interface cuja simplicidade inerente abstraia o utilizador das funcionalidades e complexidade do sistema [415][438][439][440][437][437][441][444]. Existem múltiplas abordagens para minimizar a complexidade da interface:

- **Apresentação progressiva de funcionalidades** – Introdução gradual de componentes do sistema, de modo a mitigar a exposição do utilizador à complexidade inerente na iteração inicial. A abordagem denominada “Training Wheels System” que visa otimizar a eficiência no processo de aprendizagem do sistema foi descrita e corroborada pelos autores John Carroll e Caroline Carrithers em 1984 [445];
- **Fornecimento de valores por defeito** – Apresentação de valores por defeito para todos os elementos de configuração do sistema na primeira iteração, de modo a concentrar o foco do utilizador na assimilação das operações primárias da interface;

- **Minimização de pontos de alinhamento no ecrã** – No sentido de uniformizar a disposição dos objetos na interface;
- **Simplificação no processo de execução de ações comuns** – Minimização da dificuldade no acesso a ações frequentes na interface;
- **Fornecimento de uniformidade e consistência** – Asseguram a identificação de padrões visuais na estrutura dos objetos e nas ações fornecidas, necessária para a formulação dos mapas mentais do utilizador durante a sua interação com a interface.

Considerando as abordagens discriminadas optou-se por focar o processo de parametrização sobre o fornecimento de uniformidade e consistência; fornecimento de valores por defeito; e apresentação progressiva de funcionalidades. Em termos de consistência e uniformidade, adotaram-se os parâmetros usados para avaliar o quarto e oitavo princípios de Jakob Nielsen, relacionados com a aplicação de um *design* minimalista e com a consistência da interface. Para os restantes definiram-se os parâmetros discriminados na tabela seguinte:

Tabela 58: Parâmetros de avaliação da simplicidade da interface.

Âmbito	Parâmetros
OB	• Fornecimento de valores por defeito nos campos de escolha múltipla.
SeB	• Existência de um mecanismo de apresentação gradual das funcionalidades.

(8) Previsibilidade

A previsibilidade no contexto de uma interface estabelece como requisito mínimo o conhecimento e experiência adquirida através das múltiplas interações do utilizador para a determinação do resultado expectável em futuras interações [415][438][439][440][437][437][441][444]. Existem dois métodos de compilação do conhecimento cuja adoção depende dos requisitos da ação a executar:

- **Eventos presentes** - Restrição da aquisição de conhecimento à informação perceptível no instante presente [182];
- **Eventos passados** - Maximização do conhecimento adquirido ao ponto do utilizador ser forçado a recordar as teclas premidas e a informação presente no ecrã anterior [182].

Note-se que para assegurar a previsibilidade da interface, múltiplas abordagens são passíveis de serem adotadas: fornecimento de objetos por ecrã reconhecíveis e distintos; fornecimento de pistas para auxiliar na determinação do resultado da ação a executar; e fornecimento de consistência [415][438][439][440][437][437][441][444]. Nesse sentido, o princípio parametrizou-se, contabilizando as duas últimas abordagens discriminadas (vide Tabela 59).

Tabela 59: Parâmetros de avaliação da simplicidade da interface.

Âmbito	Parâmetros
OB	<ul style="list-style-type: none"> • Consistência dos objetos.
SeB	<ul style="list-style-type: none"> • Indicação da secção da aplicação atual com descrição da estrutura hierárquica, que permitiu aceder à secção discriminada (por exemplo por utilização de <i>breadcrumbs</i>); • Fornecimento do menu geral de navegação.

(9) Interpretação

De acordo com os autores Susan Weinschenk e Dean Barker, o princípio relaciona-se com a capacidade de a interface inferir as intenções do utilizador e antecipar as ações necessárias à sua execução [438][439][440][437][437][441]. Note-se que um exemplo típico é o mecanismo de pesquisa do Google que, mediante as palavras-chave fornecidas, sugere um conjunto de alternativas relacionadas para pesquisa. Nesse sentido, a parametrização focou-se sobre a identificação em cada secção da interface da existência de mecanismos desta natureza.

Tabela 60: Parâmetros de avaliação da interpretação da interface.

Âmbito	Parâmetros
SeB	<ul style="list-style-type: none"> • Existência de mecanismos que inferem as intenções do utilizador no decorrer da utilização da interface.

(10) Exatidão

O princípio foca-se sobre a prevenção de erros na interface [438][439][440][437][437][441], temática tratada no quinto princípio de Jakob Nielsen, pelo que adotar-se-ão os mesmos parâmetros.

(11) Clareza técnica

O princípio foca-se sobre a necessidade de assegurar que os conteúdos e conceitos apresentados têm uma correspondência inequívoca com o domínio que visam modelar [438][439][440][437][437][441]. Nesse sentido, definiu-se um parâmetro discriminado na tabela seguinte:

Tabela 61: Parâmetros de avaliação da clareza técnica da interface.

Âmbito	Parâmetros
SeB	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de conteúdos fidedignos em termos do domínio a modelar pela interface dimensionada.

(12) Flexibilidade

O princípio foca-se sobre o nível de adaptabilidade do *design* da interface em função das necessidades e comportamentos do utilizador [438][439][440][437][437][441]. Nesse sentido, definiu-se o parâmetro discriminado na tabela seguinte:

Tabela 62: Parâmetros de avaliação da flexibilidade da interface.

Âmbito	Parâmetros
SeB	<ul style="list-style-type: none"> Inclusão de mecanismos que confirmam ao utilizador forma de modificar o <i>design</i> e a aparência da interface dimensionada.

(16) Consistência

A consistência da interface é endereçada no quarto princípio de Jakob Nielsen, pelo que adotar-se-ão os mesmos parâmetros [438][439][440][437][437][441].

(17) Suporte

Relaciona-se com o fornecimento de assistência/ajuda ao utilizador quando necessário [438][439][440][437][437][441]. Em termos práticos existe similaridade com o décimo princípio de Jakob Nielsen, pelo que utilizar-se-ão os mesmos parâmetros.

(18) Precisão

A precisão relaciona-se com a correspondência dos resultados das ações executadas com as expectativas do utilizador [438][439][440][437][437][441]. Nesse sentido, definiu-se um parâmetro que estabelece o paralelismo discriminado para ação na interface (vide Tabela 63).

Tabela 63: Parâmetros de avaliação da precisão da interface.

Âmbito	Parâmetros
AB	<ul style="list-style-type: none"> Resultados obtidos conforme as expectativas do utilizador.

(19) Tolerância a erros

O princípio relaciona-se com o comportamento da interface após a ocorrência de um erro, e que mecanismos são fornecidos para o utilizador gerir a situação anómala [438][439][440][437][437][441]. Nesse sentido, a parametrização focou-se na identificação para cada ação da interface da existência de mecanismos que garantam a recuperação de um erro para um estado admissível (vide Tabela 64).

Tabela 64: Parâmetros de avaliação da tolerância a erros da interface.

Âmbito	Parâmetros
AB	<ul style="list-style-type: none"> Fornecimento de um mecanismo de recuperação; Fornecimento de um mecanismo para reverter a ação executada.

(20) Capacidade de resposta

Relaciona-se com a visibilidade do estado na interface, temática já endereçada pelo primeiro princípio de Jakob Nielsen, pelo que adotar-se-ão os mesmos parâmetros [438][439][440][437][437][441].

5.2.1.5. Princípios de *design* de interação de Tognazzini

(1) Componente estética

A natureza de cada princípio associado à temática discriminada descarta qualquer parametrização, contudo, não inviabiliza a sua quantificação. Nesse sentido, a interface foi corroborada em termos de intervenção de um profissional da área no *design* de cada secção e priorização da componente estética em detrimento da usabilidade para cada objeto apresentado [188].

(2) Previsibilidade

O princípio é similar em termos conceptuais ao oitavo princípio de Weinschenk e Barker, pelo que adotar-se-ão os mesmos parâmetros [188].

(3) Autonomia

De entre os múltiplos princípios da temática, a parametrização focou-se sobre o fornecimento de *feedback* do estado do sistema e sobre as tarefas que correm em *background*. Note-se que a temática é endereçada pelo primeiro princípio de Jakob Nielsen, pelo que se adotarão os mesmos parâmetros [188]. No que respeita conferir ao utilizador a perceção adequada sobre as tarefas em *background*, definiram-se os seguintes parâmetros:

Tabela 65: Parâmetros de avaliação da autonomia.

Linha orientadora	Âmbito	Parâmetros
1	ScB	<ul style="list-style-type: none">Existência de um mecanismo para visualização das tarefas em <i>background</i>;Existência de ações para manuseamento das tarefas em <i>background</i>.

(4) Cores na interface

De entre os múltiplos princípios da temática, a parametrização focou-se sobre o fornecimento de pistas secundárias (descrição textual, *text style* e ícone) nos objetos da interface (vide Tabela 66), para informar utilizadores incapazes de distinguir cores sobre o propósito do objeto visado [188].

Tabela 66: Parâmetros de avaliação das cores da interface.

Linha orientadora	Âmbito	Parâmetros
1	OB	<ul style="list-style-type: none">Utilização de uma descrição;Utilização de um ícone;Utilização de um <i>text style</i>.

Note-se que a linha orientadora relacionada com a execução de testes com utilizadores daltónicos foi contabilizada na avaliação do princípio, mas não parametrizada devido à natureza dicotómica da sua descrição.

(5) Consistência

O princípio relaciona-se com a consistência da interface, temática focada de igual forma pelo quarto princípio de Jakob Nielsen, pelo que utilizar-se-ão os mesmos parâmetros [188].

(6) Valores por defeito

O fornecimento de valores por defeito é um mecanismo usado para minimizar a curva de aprendizagem e maximizar a eficiência na utilização da interface. Note-se que para maximizar a usabilidade da interface existem um conjunto de linhas orientadoras propostas pelo autor Bruce Tognazzini, que visam tornar o seu manuseamento intuitivo [188]. Considerando os princípios discriminados definiram-se os seguintes:

Tabela 67: Parâmetros de avaliação dos valores por defeito da interface.

Âmbito	Parâmetros
OB	<ul style="list-style-type: none"> Utilização de valores por defeito; Seleção automática do valor para facilitar a sua manipulação na primeira iteração; Comunicação do efeito da utilização do valor por defeito na ação; Inexistência da utilização de um termo genérico para quantificar o valor atribuído por defeito.

(7) Visibilidade

A visibilidade consiste na forma como a complexidade do sistema é gerida pela interface. Note-se que a abstração da complexidade é uma abordagem normalmente adotada durante a implementação das interfaces, porém, a sua adoção acarreta consequências a contabilizar que inviabilizam a sua utilização – risco de abstração de funcionalidades base para a manipulação do sistema [188]. Nesse sentido, o autor Bruce Tognazzini propôs um conjunto de princípios, sobre os quais o processo de parametrização incidiu (vide Tabela 68).

Tabela 68: Parâmetros de avaliação dos visibilidade da interface.

Linha orientadora	Âmbito	Parâmetros
4	SeB	<ul style="list-style-type: none"> Existência de diagramas visuais para comunicação de vocabulário gestual ao utilizador quando aplicável.
5	SeB	<ul style="list-style-type: none"> Inexistência de controlos dispostos no centro do ecrã, exceto no contexto de aplicações <i>mobile</i>.

(8) Eficiência do utilizador

De entre as múltiplas linhas orientadoras propostas pelo autor Bruce Tognazzini, foi tida em conta a necessidade de manter o utilizador ocupado e o fornecimento de mensagens de erro que

auxiliem na recuperação do evento anómalo. No que respeita à primeira linha orientadora para maximizar a produtividade e eficiência do utilizador, definiu-se um parâmetro que visa identificar a natureza das ações executadas – bloqueantes ou não bloqueantes. Ao promover a execução das tarefas em *background*, o utilizador é libertado para a execução de tarefas adicionais na interface, e, conseqüentemente, tirar o máximo partido na sua utilização. Contudo, a aplicabilidade do parâmetro analisar-se-á caso a caso, uma vez que existem tarefas cuja natureza técnica inviabiliza a prática discriminada. Para a segunda linha orientadora, o parâmetro focou-se sobre a análise do conteúdo das mensagens de erro fornecidas durante a ocorrência de eventos anómalos (por exemplo perda de *internet*), de modo a verificar se uma solução é proposta pela interface [188] (vide Tabela 69).

Tabela 69: Parâmetros de avaliação da eficiência do utilizador na interface.

Linha orientadora	Âmbito	Parâmetros
2	AB	<ul style="list-style-type: none"> • Execução da ação não é bloqueante.
4	AB	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de uma resolução para o erro detetado.

(9) Interfaces exploráveis

De entre as múltiplas linhas orientadoras propostas pelo autor Bruce Tognazzini, tiveram-se em conta o fornecimento de pistas para identificação do ecrã principal, a reversibilidade das ações na interface e o fornecimento de um ponto de escape para qualquer ação executada [188]. Em termos de reversibilidade das ações, aplicaram-se os mesmos parâmetros utilizados no terceiro princípio de Jakob Nielsen, que partilha o mesmo âmbito. Para os restantes princípios, definiram-se os parâmetros seguintes:

Tabela 70: Parâmetros de avaliação da permissividade da interface à exploração.

Linha orientadora	Âmbito	Parâmetros
2	AB	<ul style="list-style-type: none"> • Existência de um tutorial explicativo
3	SeB	<ul style="list-style-type: none"> • Indicação da secção da aplicação atual com descrição da estrutura hierárquica, que permitiu aceder à secção discriminada (por exemplo por utilização de <i>breadcrumbs</i>).
5	AB	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecimento de um meio de cancelar a ação.

Tabela 71: Parâmetros de avaliação da permissividade da interface à exploração (cont.).

Linha orientadora	Âmbito	Parâmetros
5	ScB	<ul style="list-style-type: none"> Fornecimento de um meio de retornar à última atividade realizada; Utilizador questionado sobre a sua intenção em continuar com a última ação realizada; Fornecimento de um histórico de atividades realizadas.

(12) Redução da latência

Considerando as linhas orientadoras definidas pelo autor Bruce Tognazzini [188], definiram-se os seguintes parâmetros:

Tabela 72: Parâmetros de avaliação da capacidade de redução da latência da interface.

Linha orientadora	Âmbito	Parâmetros
1	AB	<ul style="list-style-type: none"> Tempos de resposta na execução de ações na interface inferiores a 10s.
2	AB	<ul style="list-style-type: none"> Apresentação de um indicador de progresso.

(14) Metáforas

As metáforas são elementos basilares do sistema que auxiliam o utilizador na interpretação do seu funcionamento e estrutura organizacional. Note-se que a sua escolha depende dos objetos e ações correspondentes a representar, e contemplará um conjunto de regras que visam auxiliar a sua definição: priorizar o uso de metáforas simples e de uso comum; permitir a coexistência de múltiplas metáforas; testar as metáforas definidas; e não restringir a sua escolha a metáforas com representação visual [415][182][170].

Considerando as boas práticas estipuladas, o autor Bruce Tognazzini definiu um conjunto de linhas orientadoras para otimização do uso de metáforas na interface [188]. A parametrização proposta focou-se sobre a seleção de metáforas para representação do modelo conceptual apresentado pela interface.

Tabela 73: Parâmetros de avaliação do uso de metáforas pela interface.

Linha orientadora	Âmbito	Parâmetros
1	OB	<ul style="list-style-type: none"> Utilização de um conceito ou objeto para representação do que é pretendido.

(15) Proteção do trabalho do utilizador final

A natureza do princípio impõe a clarificação da existência de um mecanismo, que, na ocorrência de um erro inesperado, salvguarde o trabalho atual do utilizador na interface por cada secção da

interface. Nesse sentido, ter-se-ão em atenção as secções que detêm tarefas que coletam informação do utilizador, e verificar-se-á o que acontece à informação fornecida na ocorrência de um erro inesperado [188].

(16) Legibilidade

A legibilidade do conteúdo apresentado na interface é avaliada por um conjunto de linhas orientadoras, de entre as quais se salientam: a aplicação de um contraste no texto adequado, adaptação dos tamanhos de letra em função dos *displays* utilizados, uso de caracteres com tamanho adequado, o uso de *labels* com uma palavra-chave nos objetos da interface e a seleção de uma fonte de letra focada sobre a legibilidade em detrimento da beleza estética [188]. O contraste é uma propriedade endereçada pela aplicação de um *design* minimalista, pelo que se aplicarão os parâmetros do oitavo princípio de Jakob Nielsen. Para as restantes linhas orientadoras definiram-se um conjunto de parâmetros discriminados na tabela seguinte:

Tabela 74: Parâmetros de avaliação da legibilidade da interface.

Linha orientadora	Âmbito	Parâmetros
2	OB	<ul style="list-style-type: none"> Utilização de um tamanho de letra com unidades que contemplem a adaptação implícita a ecrãs de múltiplas resoluções. Nesse sentido, impõe-se analisar as regras de acessibilidade da tipologia da interface dimensionada, que usualmente fornecem normas para promoção da acessibilidade da interface [446].
3	OB	<ul style="list-style-type: none"> Utilização de um tamanho de letra que esteja em conformidade com as regras de acessibilidade da tipologia da interface dimensionada [447][448].
4	OB	<ul style="list-style-type: none"> <i>Label</i> do menu ou componente é única.
6	OB	<ul style="list-style-type: none"> Verificação se a família da fonte selecionada está em conformidade com os <i>standards</i> da plataforma onde a interface está enquadrada. Por exemplo, em termos de <i>web</i> destaca-se a Arial, Verdana entre outras [449].

A linha orientadora relacionada com a execução de testes com pessoas idosas para identificação de lacunas de legibilidade na interface foi contabilizada na avaliação do princípio sem qualquer tipo de parametrização, devido à natureza dicotómica da sua descrição.

(17) Simplicidade

O princípio relaciona-se com a simplicidade da interface, temática endereçada pelo sétimo princípio de Weinschenk e Barker, pelo que utilizar-se-ão os mesmos parâmetros [188].

(18) Estado

De entre as múltiplas linhas orientadoras associadas à temática do estado da interface, a parametrização centrou-se na execução e comunicação do processo de encriptação da informação

manuseada pelo utilizador do lado do servidor remoto. Nesse sentido, definiram-se os parâmetros seguintes:

Tabela 75: Parâmetros de avaliação do estado da interface.

Linha orientadora	Âmbito	Parâmetros
1	ScB	<ul style="list-style-type: none"> Existência de um mecanismo para visualização do histórico de ações do utilizador.
1	ScB	<ul style="list-style-type: none"> Fornecimento de perceção ao utilizador se é a primeira vez que usa o sistema; Reencaminhamento após a entrada no sistema do utilizador para a última secção visitada
2	ScB	<ul style="list-style-type: none"> Identificação se o estado atual da interface é armazenado e encriptado pelo sistema por utilizador.
3	SeB	<ul style="list-style-type: none"> Apresentação de uma notificação a informar que os dados fornecidos são encriptados.

(19) Navegação

O autor Bruce Tognazzini realça na necessidade de manter o utilizador informado relativamente à secção atual na interface, por forma a fornecer perceção sobre a estrutura hierárquica de navegação adotada. Nesse sentido, definiu-se o seguinte parâmetro:

Tabela 76: Parâmetros de avaliação da navegação na interface.

Linha orientadora	Tipo	Parâmetros
1	AB	<ul style="list-style-type: none"> Indicação da secção da aplicação atual com descrição da estrutura hierárquica, que permitiu aceder à secção discriminada (por exemplo por utilização de <i>breadcrumbs</i>).

No entanto, a sua execução não foi aplicável à totalidade de linhas orientadoras fornecidas. As linhas orientadoras discriminadas na Tabela 77, Tabela 78 e Tabela 79 não foram parametrizadas.

Tabela 77: Lista de linhas orientadora não parametrizáveis.

Princípio	Linha orientadora	Observações
Autonomia	2 e 3	2 e 3 – A sua descrição abrangente promove a sua interpretação como um conjunto de boas práticas genéricas a contemplar durante a implementação da interface. Note-se que a ausência de especificidade inviabiliza a parametrização objetiva das linhas orientadoras discriminadas.
Cores na interface	3 e 4	3 e 4 – Qualquer das linhas discriminadas impõe a execução de testes de usabilidade com o utilizador final, por forma a determinar o nível corroboração das linhas orientadoras discriminadas. Como consequência a sua parametrização não se efetuou.

Tabela 78: Lista de linhas orientadora não parametrizáveis (cont.).

Princípio	Linha orientadora	Observações
Visibilidade	1, 2, 3, 5, 6 e 7	1, 2, 3, 5, 6 e 7 - Qualquer das linhas discriminadas impõe a execução de testes de usabilidade com o utilizador final, por forma a determinar o nível de corroboração das linhas orientadoras discriminadas. Como consequência, a sua parametrização não se efetuou.
Eficiência do utilizador	1 e 3	1 e 3 - A sua descrição abrangente promove a sua interpretação como um conjunto de boas práticas genéricas a contemplar durante a implementação da interface. Note-se que a ausência de especificidade inviabiliza a parametrização objetiva das linhas orientadoras discriminadas.
Interfaces exploráveis	1	1 - A linha orientadora foca a necessidade de fornecer ao utilizador múltiplas formas de aceder a um ecrã. Contudo, a definição do número ótimo de formas de acesso não é identificada, pelo que a parametrização acarretaria subjetividade na análise de cada ecrã da interface.
Lei de Fitts	-	A aplicação da lei de Fitts impõe uma amostragem de no mínimo 40 utilizadores, de modo que os resultados obtidos tenham significância estatística. A parametrização da lei é desprovida de sentido e não se efetuou.
Objetos da interface	1, 2 e 3	1 - Para determinar a corroboração da perceção dos objetos da interface impõe-se a participação do utilizador final no processo. A dependência identificada e a natureza da linha orientadora inviabilizaram a sua parametrização. 2 e 3 - A sua descrição abrangente promove a sua interpretação como um conjunto de boas práticas genéricas a contemplar durante a implementação da interface. Como consequência, não se procederá com a sua parametrização.
Curva de aprendizagem	1 e 2	1 e 2 - A sua descrição abrangente promove a sua interpretação como um conjunto de boas práticas genéricas a contemplar durante a implementação da interface. Como consequência, não se procederá com a sua parametrização.
Metáforas	2	2 - A sua descrição abrangente promove a sua interpretação como um conjunto de boas práticas genéricas a contemplar durante a implementação da interface. Como consequência não se procederá com a sua parametrização.
Simplicidade	1 e 2	1 e 2 - A sua descrição abrangente promove a sua interpretação como uma boa prática a aplicar durante a fase de implementação da interface. Note-se que a ausência de especificidade inviabiliza a sua parametrização objetiva.

Tabela 79: Lista de linhas orientadora não parametrizáveis (cont.).

Princípio	Linha orientadora	Observações
Navegação	2	2 – A ausência de especificação do número de ecrãs ótimo limita a parametrização da linha orientadora. Note-se que a sua descrição impõe que seja interpretada como uma boa prática a aplicar durante a fase de implementação da interface.

5.2.2. Quantificação

A escala utilizada para traduzir os resultados obtidos consiste na escala de avaliação americana, cuja quantificação é a seguinte: A ([90, 100] %), B ([80, 90[%), C ([70, 80[%), D ([60, 70[%) e F ([0, 60[%).

5.3. Resultados obtidos

Os resultados obtidos centraram-se na aplicação da parametrização definida para os princípios de Jakob Nielsen na interface estipulada.

5.3.1. Doctor Helper

A análise contemplou 106 ações e 356 objetos das 15 áreas únicas da interface. A sua distribuição está representada na Fig. 66 do anexo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 80 e salientam lacunas no contexto da (1) Visibilidade do estado do sistema, (5) Prevenção de erros, (6) Reconhecer em detrimento de recordar, (7) Flexibilidade e eficiência de utilização, (9) Suporte no reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros e da (10) Documentação de suporte.

Tabela 80: Avaliação do Doctor Helper de acordo com os princípios de Jakob Nielsen.

#	Descrição	Avaliação
1	Visibilidade do estado do sistema.	C
2	Adequação do sistema ao ambiente real.	B
3	Nível de controlo sobre as ações do utilizador.	B
4	Consistência e <i>standards</i> .	A
5	Prevenção de erros.	F
6	Reconhecer em detrimento de recordar.	C
7	Flexibilidade e eficiência de uso.	F
8	<i>Design</i> estético e minimalista.	B
9	Suporte no reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros.	C
10	Documentação de suporte.	F

(1) Visibilidade do estado

De entre os parâmetros definidos, os que motivaram o valor quantitativo obtido foram a ausência de fornecimento de uma taxa de concretização, de diálogos de confirmação e de conclusão durante a execução de ações na interface (vide Fig. 48). Note-se que a abrangência aplicacional de cada parâmetro no contexto da interface em análise influencia o processo avaliativo, e

consequentemente os resultados obtidos. Nesse sentido, impõe-se identificar os critérios utilizados na sua aplicação:

- **Taxa de concretização** – A sua utilização restringe-se a ações cuja execução se segmenta num conjunto distinto de passos. De acordo com o critério discriminado e a natureza das funcionalidades inerentes à interface dimensionada do conjunto de ações identificadas, apenas um limitado subconjunto cumpriu os requisitos estabelecidos;
- **Diálogo de confirmação** – A sua utilização restringiu-se a ações que normalmente impõe a execução de uma operação de escrita no servidor remoto ou ações que interrompem ou comprometem uma tarefa em execução pelo utilizador;
- **Diálogo de conclusão** – A sua utilização restringiu-se a ações que normalmente impõe a execução de uma operação de leitura ou escrita no servidor remoto habitualmente resultante da finalização de um determinado processo.

Considerando os critérios definidos, a viabilidade da aplicação dos parâmetros avaliativos para a totalidade de ações identificados está discriminada no gráfico seguinte:

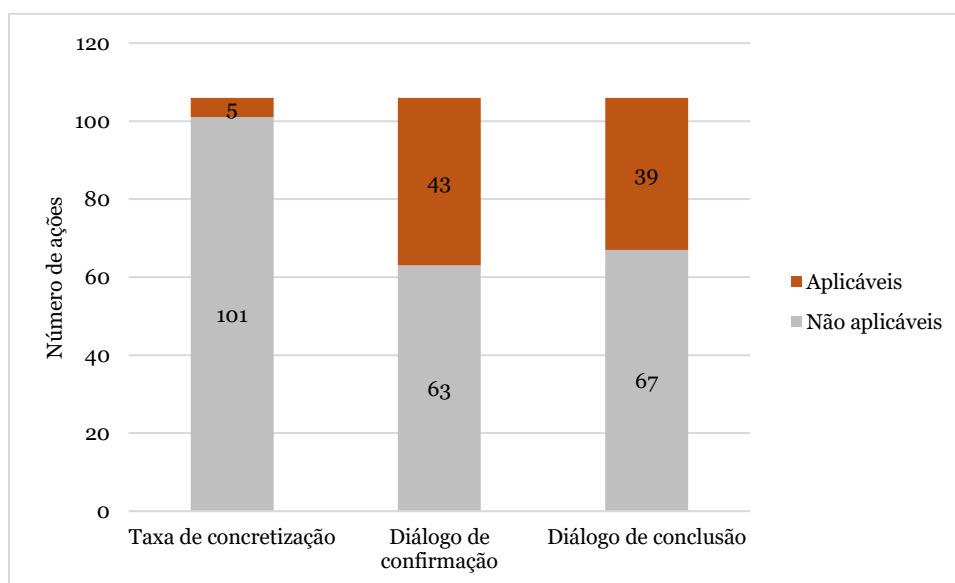


Fig. 48: Número de ações contabilizadas no processo de avaliação para cada parâmetro.

A especificidade do contexto aplicacional da taxa de concretização restringiu a sua utilização a ações relacionadas com a criação de uma conta do utilizador, executadas através de um *wizard* e as ações de resolução de eventos anómalos. Como consequência, no universo de 106 ações identificadas, apenas 5 são passíveis de incluir o mecanismo de *feedback* discriminado. Para o diálogo de confirmação das 106 ações identificadas, apenas 43 requerem uma clarificação explícita das intenções do utilizador. Em termos de diálogo de conclusão, apenas 39 ações reúnem as condições necessárias à sua utilização.

De acordo com o espaço amostral de ações de cada parâmetro, obtiveram-se as avaliações discriminadas na Fig. 49. Através da interpretação dos resultados obtidos depreende-se que a

utilização de uma taxa de concretização na interface foi negligenciada. Dado o número limitado de ações cuja inclusão é justificável, o parâmetro destaca-se entre os restantes em termos de facilidade de resolução.

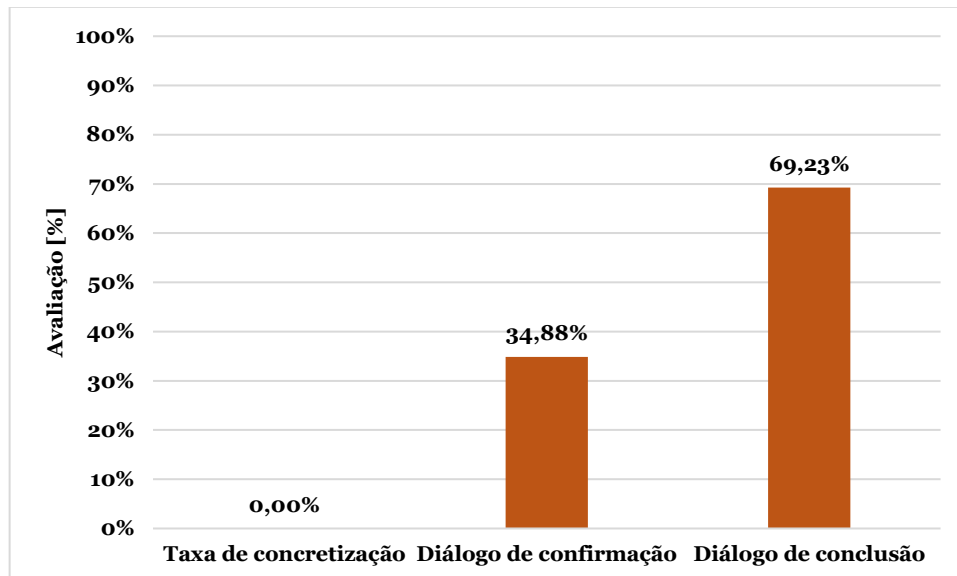


Fig. 49: Avaliação dos parâmetros associados à visibilidade do estado do sistema.

(5) Prevenção de erros

De entre os parâmetros definidos, os que contribuíram para o valor quantitativo discriminado foram a inexistência de um mecanismo para salvaguardar o trabalho do utilizador na ocorrência de um erro de sistema, de um mecanismo de *autocomplete* nos objetos identificados, de mensagens de erro que notifiquem o utilizador da existência de conteúdo fora do intervalo admissível e de mecanismos que desabilitem um determinado objeto até toda a informação necessária ser fornecida. Note-se que a abrangência aplicacional de cada mecanismo contemplado influencia o processo avaliativo, e, conseqüentemente, os resultados obtidos. Assim, impõe-se identificar os critérios usados na aplicação de cada parâmetro para interpretar os resultados obtidos de acordo com o espaço amostral focado (vide Fig. 50):

- **Mecanismo para salvaguardar o trabalho do utilizador** – A sua utilização considerou-se para a totalidade de ecrãs identificados;
- **Mensagens de erro despoletadas por informação fora dos limites estabelecidos** – A sua utilização restringiu-se a objetos da família das *input tags*, cujo conteúdo introduzido pelo utilizador seja afetado por uma restrição;
- **Mecanismo de *autocomplete*** – A sua utilização restringiu-se a objetos da família ou cuja hierarquia possui uma *input tag*;
- **Mecanismos que desabilitem um objeto** – A sua inclusão restringiu-se a objetos cuja interação finalizasse a execução de uma determinada ação na interface.

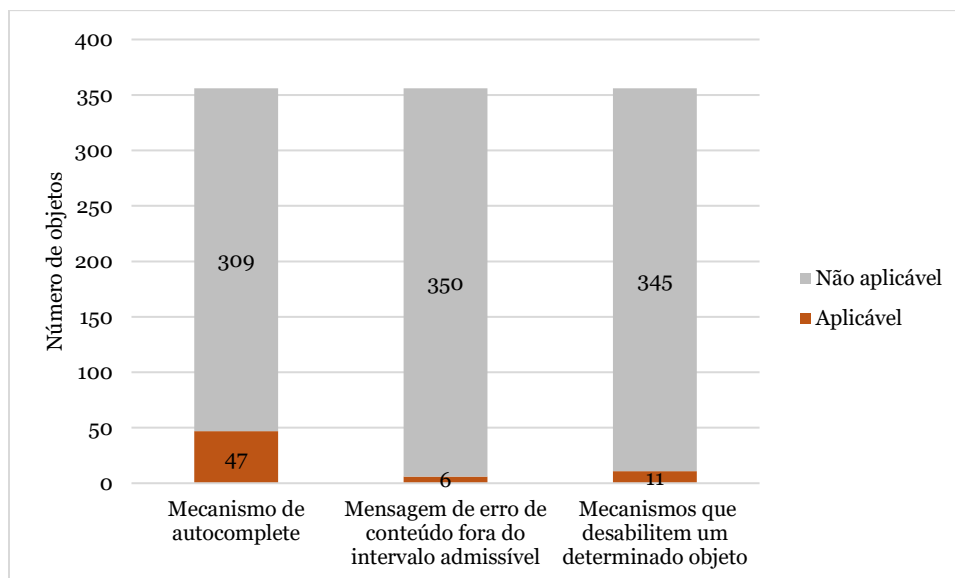


Fig. 50: Número de objetos contabilizados no processo de avaliação de cada parâmetro.

No contexto do mecanismo de *autocomplete* dos 356 objetos, apenas 47 *input tags* reúnem as condições necessárias à aplicação do mecanismo discriminado. As únicas exceções foram as *input tags* que recebem a senha do utilizador durante o processo de *login* e registo da conta. Para a mensagem de erro, apenas 6 *input tags* corroboraram os critérios estipulados, devido à natureza da informação que recebem do utilizador, datas que habitualmente são restringidas por um limite mínimo e máximo, dependendo do caso de uso sobre o qual a sua utilização é focada. Em termos de mecanismo para desabilitar um determinado objeto, apenas 11 corroboraram os critérios identificados.

De acordo com o espaço amostral de ecrãs e objetos focados, comprovou-se que nenhum dos mecanismos descritos foi contemplado na implementação da interface.

(6) Reconhecer em detrimento de recordar

De entre os parâmetros definidos, o que contribuiu para o valor quantitativo discriminado foi a inexistência de utilização de *tooltips* nos componentes adequados para descrição da ação subjacente. Note-se que a abrangência aplicacional do parâmetro focado influencia o processo avaliativo, e, conseqüentemente, os resultados obtidos. Assim, impõe-se identificar os critérios usados na aplicação do parâmetro para interpretar os resultados obtidos, de acordo com o espaço amostral focado. A utilização de *tooltips* na interface restringiu-se a objetos cuja interação tivesse conseqüências para o trabalho executado pelo utilizador. Neste contexto, enquadram-se, por exemplo, interações que despoletem ações de navegação ou operações de leitura/escrita sobre o servidor remoto. Como conseqüência dos 356 objetos identificados, 131 reuniam os requisitos estipulados.

Dentro do espaço amostral definido, o parâmetro apresentou um nível de conformidade de 3.89%, valor que salienta uma utilização negligente do mecanismo identificado na interface.

(7) Flexibilidade e eficiência de utilização

A corroboração do parâmetro - fornecimento de atalhos para execução das ações - impõe a inclusão de uma *tooltip* que indique o atalho a utilizar através do teclado, que execute a ação subjacente ao objeto focado quando aplicável. Note-se que o expectável seria a replicação do comportamento evidenciado no Gmail (vide Fig. 51). Porém, nenhum objeto apresenta *tooltips* com este tipo de informação e atualmente o sistema não possui qualquer tipo de lógica que o permita reagir e executar ações específicas em função de combinações de teclas pré-definidas.

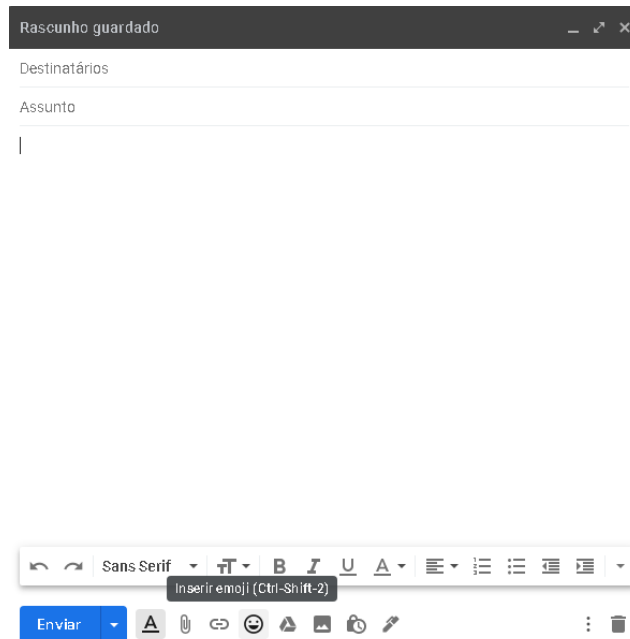


Fig. 51: *Tooltip* de um dos objetos dos emojis do Gmail.

(9) Suporte no tratamento de erros e da documentação de suporte

De entre os parâmetros definidos, o que contribuiu para o valor quantitativo obtido foi o fornecimento de mensagens de erro sem conteúdo técnico, por forma a garantir que o utilizador é informado de forma clara sobre o problema identificado por palavras dentro do seu vocabulário. Note-se que a abrangência aplicacional do parâmetro contemplado influencia o processo avaliativo, e, conseqüentemente, os resultados obtidos. Assim, impõe-se identificar os critérios usados na sua aplicação. Dentro do conjunto de ações identificadas na interface, focaram-se as ações de navegação que executam operações de leitura/escrita sobre o servidor remoto. Neste contexto, de um total de 106 ações, apenas 39 corroboraram as condições impostas. Conseqüentemente, dentro do universo amostral definido apenas 61,54% das ações válidas apresentaram uma mensagem de erro em conformidade.

(10) Documentação de suporte

De entre os parâmetros definidos, o que contribuiu para o valor quantitativo discriminado foi a ausência de uma opção de acesso à documentação da interface em cada secção. Note-se que a

criação de um manual de utilização não foi considerada durante a implementação da interface, pelo que, do ponto de vista do princípio discriminado, é evidenciado como uma lacuna de usabilidade a colmatar.

5.3.2. SmartAL

A análise contemplou 523 ações e 1918 objetos das 103 áreas únicas da interface. A sua distribuição está representada nas Fig. 68, Fig. 69 e Fig. 70 do anexo. Note-se que os resultados obtidos salientam lacunas no contexto da (1) Visibilidade do estado do sistema, (2) Adequação do sistema ao ambiente real, (3) Nível de controlo sobre as ações do utilizador, (5) Prevenção de erros, (6) Reconhecer em detrimento de recordar, (7) Flexibilidade e eficiência de utilização, (9) Suporte no tratamento de erros e da (10) Documentação de suporte (vide Tabela 81).

Tabela 81: Avaliação do SmartAL de acordo com os princípios de Jakob Nielsen.

#	Descrição	Avaliação
1	Visibilidade do estado do sistema.	F
2	Adequação do sistema ao ambiente real.	C
3	Nível de controlo sobre as ações do utilizador.	F
4	Consistência e <i>standards</i> .	N/A
5	Prevenção de erros.	F
6	Reconhecer em detrimento de recordar.	C
7	Flexibilidade e eficiência de uso.	F
8	<i>Design</i> estético e minimalista.	N/A
9	Suporte no reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros.	F
10	Documentação de suporte.	F

(1) Visibilidade do estado do sistema

De entre os parâmetros definidos, os que contribuíram para o valor quantitativo discriminado foram a apresentação de um indicador de progresso, de uma taxa de concretização da tarefa e de um diálogo de confirmação da operação a executar. Note-se que a abrangência aplicacional do parâmetro contemplado influencia o processo avaliativo, e, consequentemente, os resultados obtidos. Assim sendo, impõe-se identificar os critérios utilizados na sua aplicação:

- **Diálogo de progresso** – A sua utilização restringiu-se a ações que executam operações de leitura/escrita sobre o servidor remoto;
- **Taxa de concretização e diálogo de confirmação** – Os critérios definidos foram identificados no capítulo 5.3.1.

Considerando os critérios definidos, a viabilidade da aplicação dos parâmetros avaliativos para a totalidade de ações identificadas está discriminada no gráfico seguinte:

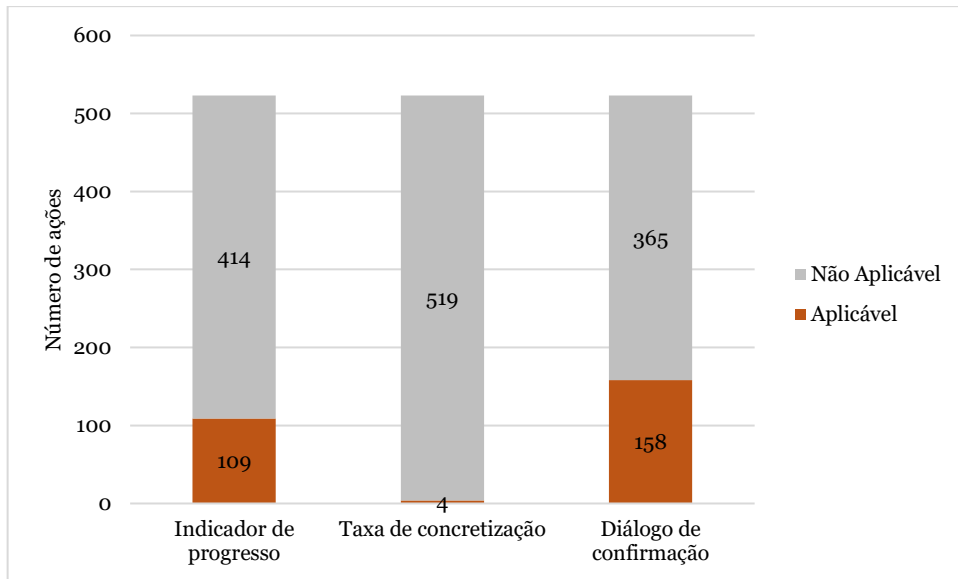


Fig. 52: Número de ações contabilizadas no processo de avaliação para cada parâmetro.

De acordo com o espaço amostral de ações discriminadas, obtiveram-se os resultados discriminados no gráfico seguinte.

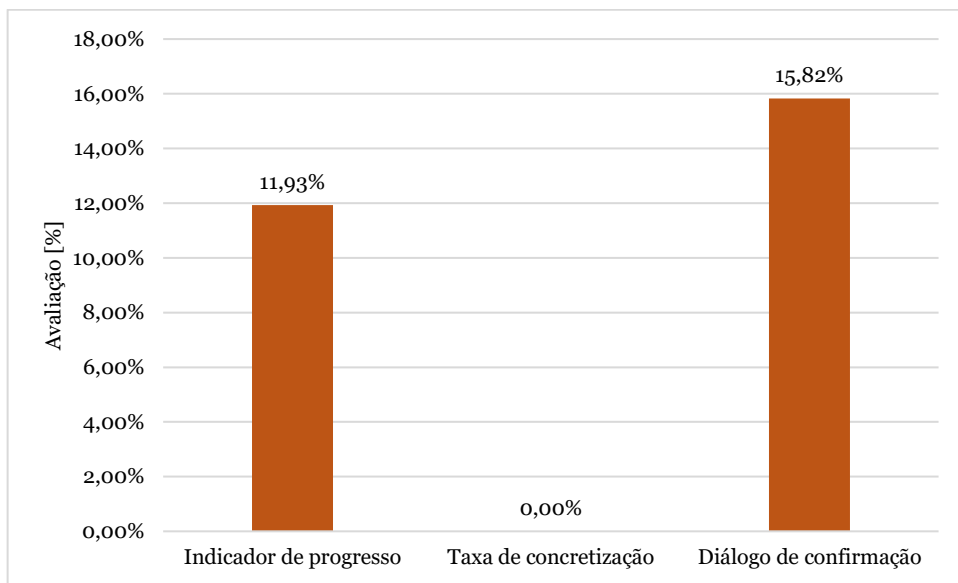


Fig. 53: Avaliação dos parâmetros associados à visibilidade do estado do sistema.

(2) Adequação do sistema ao ambiente real

De entre os parâmetros definidos, os que contribuíram para o valor quantitativo discriminado foram a identificação de um ícone, de *hints* sem termos do sistema e de *tooltips* descritivas. Note-se que a abrangência aplicacional de cada mecanismo contemplado influencia o processo avaliativo, e, conseqüentemente, os resultados obtidos. Nesse âmbito, impõe-se identificar os critérios usados na aplicação de cada parâmetro para interpretar os resultados obtidos de acordo com o espaço amostral focado.

- **Ícones** – A sua utilização restringiu-se a objetos cujo conteúdo de texto é insuficiente para traduzir a ação subjacente ou tipologia de informação requerida e é passível de ser representado graficamente. Neste enquadramento, *labels* usadas para contextualizar o utilizador na interface, *checkboxes* e *radio buttons* são exemplos de objetos a excluir, pela especificidade associada à informação que fornecem;
- **Hints sem termos do sistema** – A sua utilização restringiu-se a objetos de seleção e introdução de informação na interface que admitem a sua inclusão - *dropdowns* e *input tags*;
- **Tooltips descritivas** – Os critérios definidos para a utilização de *tooltips* foram identificados no capítulo 5.3.1.

Considerando os critérios definidos, a viabilidade da aplicação dos parâmetros avaliativos para a totalidade de ações identificadas está discriminada no gráfico seguinte:

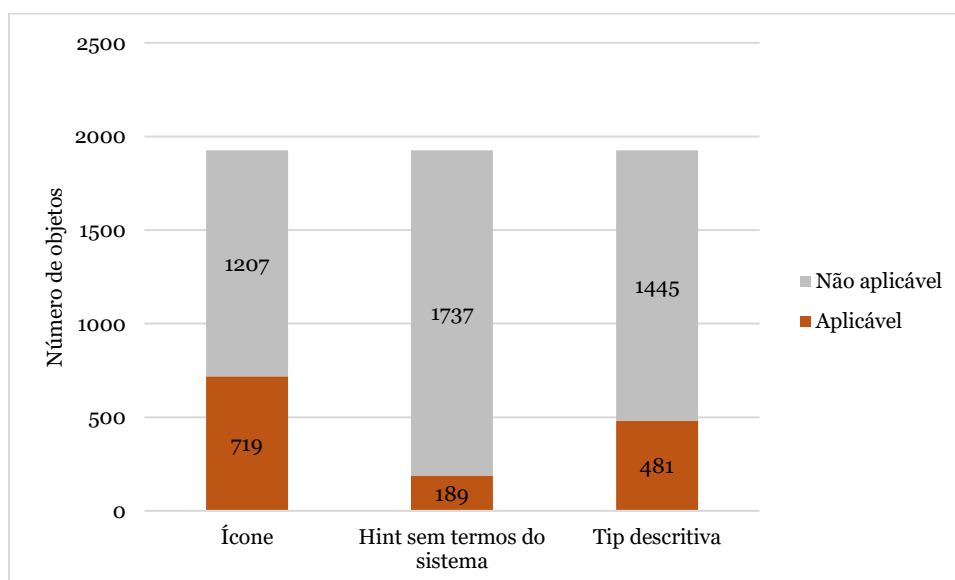


Fig. 54: Número de objetos contabilizados no processo de avaliação para cada parâmetro.

De acordo com o espaço amostral de ações identificadas, obtiveram-se os resultados discriminados na Fig. 55. Os resultados obtidos realçam o uso escasso na interface de *tooltips* para descrever o objetivo da ação inerente ao objeto discriminado, e *hints* na descrição do tipo de dados requeridos pelos campos de *input* de cada ecrã da interface.

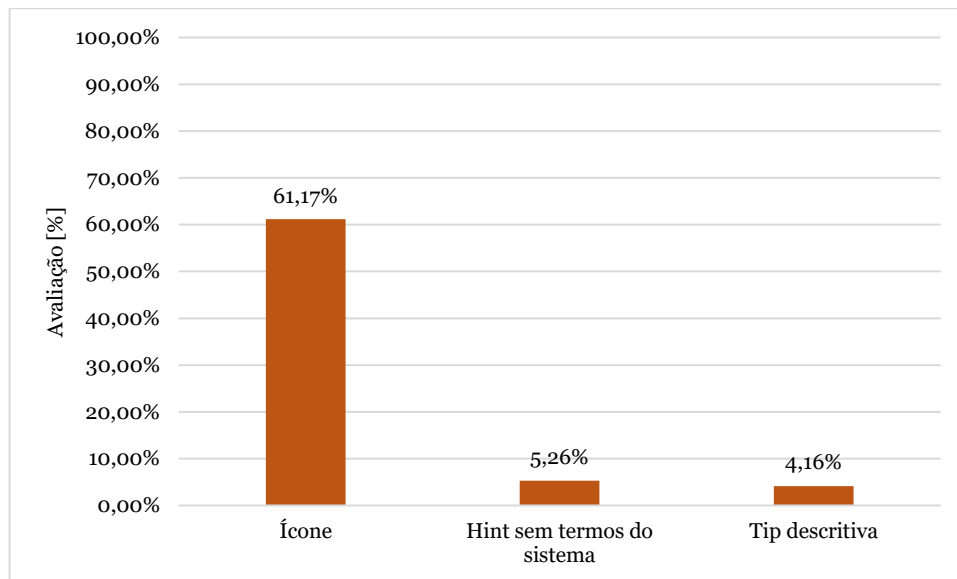


Fig. 55: Avaliação dos parâmetros associados à adequação do sistema ao ambiente real.

(3) Nível de controlo sobre as ações do utilizador

A corroboração do parâmetro realça lacunas no nível de reversibilidade das ações identificadas na interface. De entre a totalidade de ações identificadas a aplicação do parâmetro focou-se sobre as ações não subjacentes a diálogos de confirmação de uma determinada ação. Como consequência, das 523 ações, foram contabilizadas pelo processo avaliativo 514 ações. Nesse universo amostral o parâmetro registou um nível de conformidade de 59.18% para a totalidade de ações identificadas. Para colmatar a lacuna identificada, aconselha-se a adoção de diálogos de confirmação para clarificar as intenções do utilizador e contextualizá-lo sobre as consequências da ação antes da sua execução.

(5) Prevenção de erros

De entre os parâmetros definidos, os que contribuíram para o valor quantitativo discriminado foram a inexistência de um diálogo de confirmação para a operação a executar, de uma resolução para o problema identificado no corpo da mensagem de erro, de um meio para cancelar a ação executada e de um mecanismo explícito de *autocomplete*. Note-se que a abrangência aplicacional de cada parâmetro influencia o processo avaliativo, e, consequentemente, os resultados obtidos. Nesse sentido, impõe-se identificar os critérios usados na sua aplicação:

- **Diálogo de confirmação e mecanismo de *autocomplete*** - Os critérios identificados no capítulo 5.3.1;
- **Mensagem de erro com apresentação de uma resolução** – A sua utilização restringiu-se a ações, que pela natureza das suas operações internas (operações de leitura ou escrita sobre o servidor remoto) são passíveis de retornar um erro. Neste âmbito, ações de submissão de informação de um formulário preenchido pelo utilizador são aplicáveis;

- **Meio de cancelar a ação** – A sua contabilização restringiu-se a ações com consequências inerentes no trabalho efetuado pelo utilizador na interface.

Considerando os critérios definidos, a viabilidade da aplicação dos parâmetros avaliativos para a totalidade de ações identificadas estão discriminadas nos gráficos seguintes:

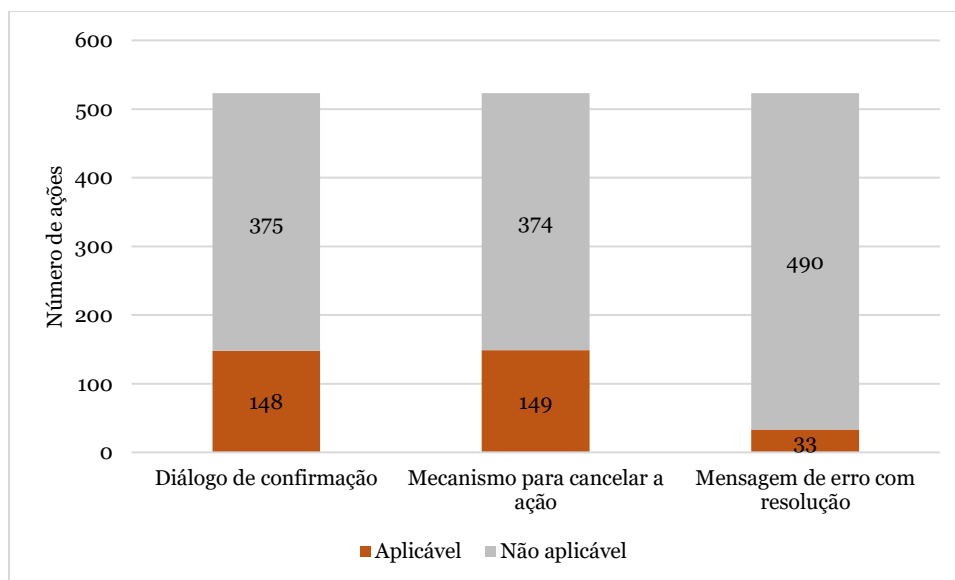


Fig. 56: Número de ações contabilizadas no processo de avaliação para cada parâmetro.

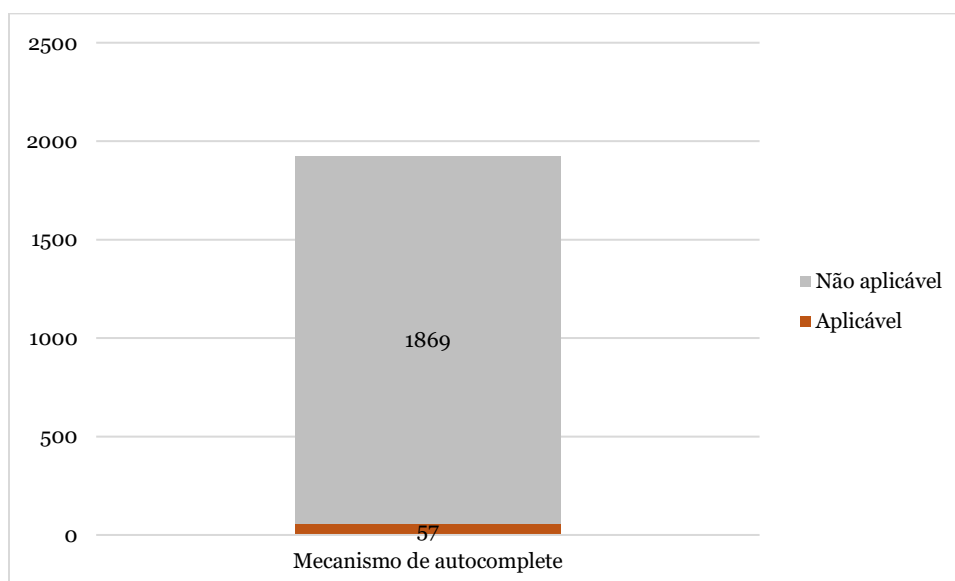


Fig. 57: Número de objetos contabilizados na avaliação do mecanismo de *autocomplete*.

Os resultados obtidos apresentados na Fig. 58 realçam lacunas ao nível de três etapas da execução de ações na interface:

- **Pré-execução** - Etapa de recolha de informação do utilizador cujo processamento é passível de despoletar um erro. Assim, aconselha-se a fornecer mecanismos ao utilizador que previnam a ocorrência de um erro por introdução de informação inválida (mecanismos de *autocomplete*) e que salvaguardem o trabalho executado (por exemplo,

toda a informação introduzida no formulário), por forma a caso um erro seja despoletado seja possível restaurar a informação compilada;

- **Execução** – Etapa em que a ação está em execução. Nesse âmbito, aconselha-se o fornecimento de um meio para cancelar a ação realizada, caso o utilizador assim o deseje, conferindo-lhe um controlo absoluto sobre todas as ações realizadas na interface;
- **Pós-execução** – Etapa após a ocorrência de um erro. Note-se que a forma como a interface gere a ocorrência de erros divide-se em duas componentes: prevenção e resolução. Na ocorrência de um evento anómalo, impõe-se que a interface forneça mensagens de erro cujo corpo de texto apresente uma resolução para o erro identificado de forma legível e compreensível para o utilizador. A capacidade de apresentar a informação discriminada é um ponto crítico no contexto das mensagens de erro identificadas na interface.

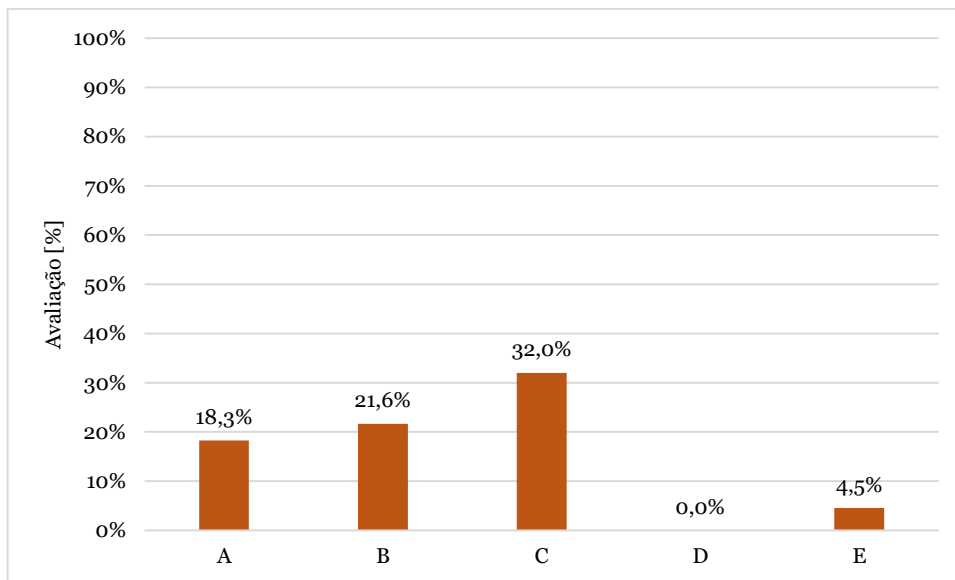


Fig. 58: Avaliação dos parâmetros associados à prevenção de erros.

Legenda

- A – Diálogo de confirmação da operação a executar.
- B – Apresentação de uma resolução para o erro detetado.
- C – Fornecer um meio de cancelar a ação.
- D – Existência de um mecanismo que salvaguarda o trabalho do utilizador na ocorrência de um evento anómalo.
- E – Existência de um mecanismo de *autocomplete*.

(6) Reconhecer em detrimento de recordar

De entre os parâmetros definidos, os que contribuíram para o valor quantitativo discriminado foram a inadequada utilização de *hints*, *tooltips* e ícones autoexplicativos associados à totalidade de objetos identificados na interface. A similaridade dos parâmetros aplicados com os descritos no segundo princípio de Jakob Nielsen impõe a aplicação do mesmo tipo de critérios no processo avaliativo. Critérios que delimitam o número de objetos passíveis de utilizar no processo avaliativo (vide Fig. 59).

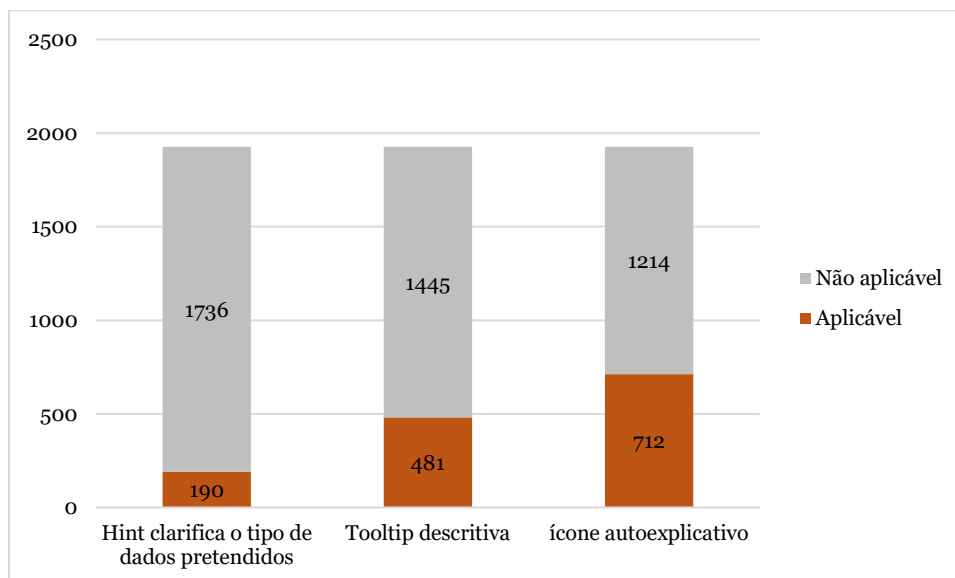


Fig. 59: Número de objetos contabilizados na avaliação dos parâmetros identificados.

Considerando o universo amostral delineado, obtiveram-se os seguintes resultados:

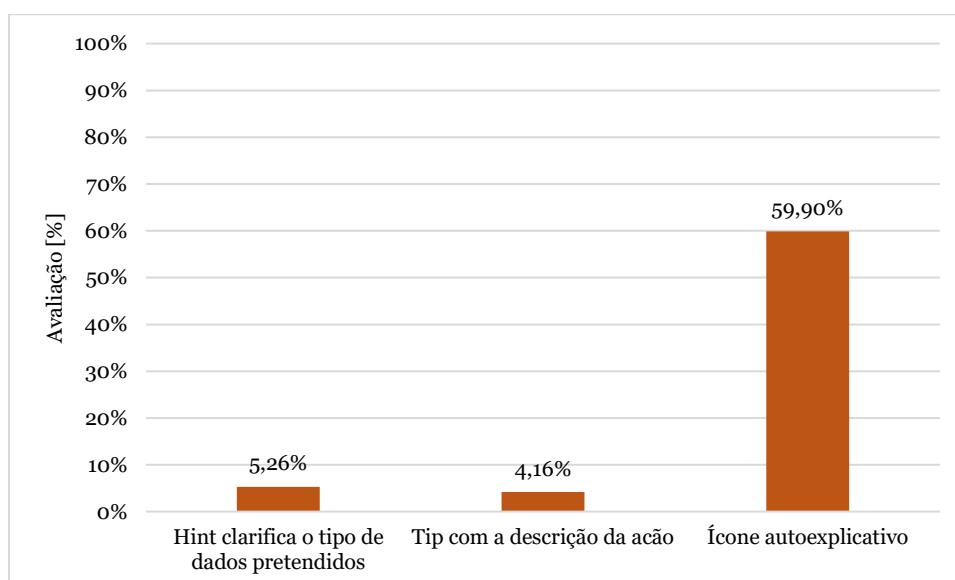


Fig. 60: Avaliação dos parâmetros associados ao reconhecimento em detrimento do uso de memória.

(7) Flexibilidade e eficiência de utilização

Para corroborar o parâmetro - fornecimento de atalhos para execução de ações - impõe-se definir o critério adotado na sua aplicação. Durante o processo avaliativo a inclusão de uma *tooltip* descritiva restringiu-se a ações de natureza global, que permitem manusear informação apresentada na interface. Considerando o critério estabelecido o parâmetro aplicou-se para 255 das 523 ações identificadas.

Dentro do universo amostral definido, o parâmetro registou um nível de conformidade de 0,5%, valor que salienta a ausência de foco da implementação atual no fornecimento de atalhos de

utilização da interface. Note-se que a inexistência de especificação na interface ou na sua documentação de suporte de um modo de utilização avançado suporta a premissa apresentada.

(9) Suporte no reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros

A corroboração dos parâmetros – existência de mensagens de erro sem conteúdo técnico e com descrição de ações para recuperação do evento anômalo – realça lacunas na forma como as mensagens de erro adotadas na interface foram definidas. Note-se que a abrangência aplicacional dos parâmetros no contexto da interface influencia o seu processo avaliativo, e, conseqüentemente, os resultados obtidos. Nesse sentido, impõe-se definir os critérios utilizados para quantificar a viabilidade da aplicação dos parâmetros dentro da totalidade de ações identificadas. Como ambos os critérios se centram na estrutura das mensagens de erro, adotaram-se os critérios definidos para o mesmo princípio no capítulo 5.3.1.

Considerando as restrições estabelecidas, a viabilidade de aplicação dos parâmetros definidos para a totalidade das ações identificadas está discriminada no gráfico seguinte:

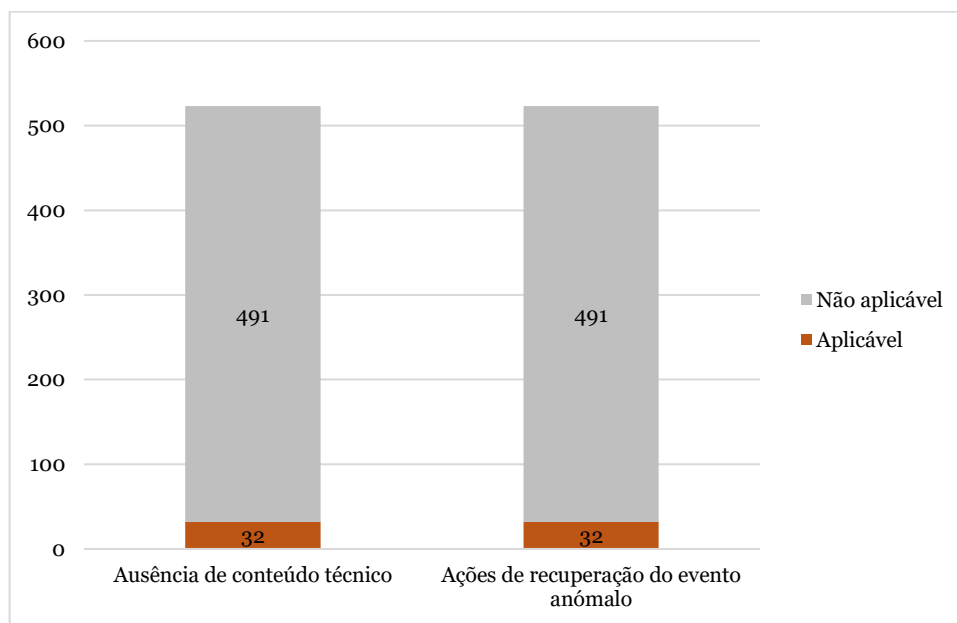


Fig. 61: Número de ações contabilizadas na avaliação dos parâmetros identificados.

Dentro do universo amostral especificado, obtiveram-se os seguintes resultados:

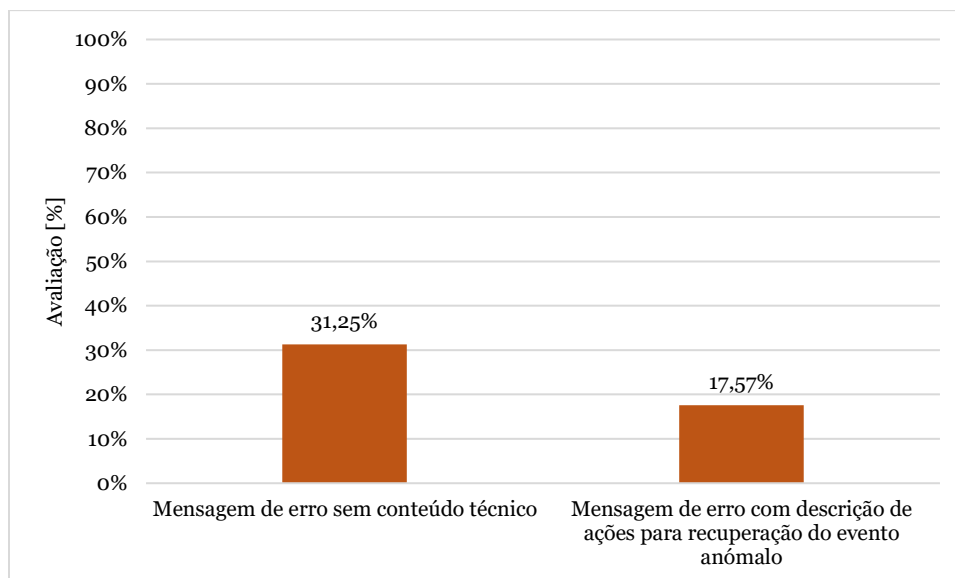


Fig. 62: Avaliação dos parâmetros associados ao reconhecimento e recuperação de erros.

Aconselha-se a reestruturar o corpo das mensagens fornecidas para as múltiplas ações identificadas, para que o conteúdo apresentado auxilie de forma consistente o utilizador na ocorrência de eventos anómalos.

(10) Documentação de suporte

De entre os parâmetros definidos, o que contribuiu para o valor quantitativo discriminado foi a inclusão de uma opção de ajuda nos diferentes ecrãs e secções da interface, que atingiu um nível de conformidade de 0%. A dimensão e multiplicidade de funcionalidades da interface impõe a criação de tutoriais por cada contexto definido no menu lateral de navegação para as duas tipologias de utilizadores, pacientes e profissionais médicos, por forma a minimizar a curva de aprendizagem. Em termos de suporte, a interface fornece um manual de utilização, que visa dotá-lo de toda a informação necessária ao manuseamento do sistema.

5.4. Discussão

Baseado na formulação das métricas os parâmetros únicos associados a cada subconjunto de linhas orientadoras contabilizados foram identificados e enquadrados num conjunto de recomendações para programadores, *designers* e especialistas na área de usabilidade discriminados nas tabelas seguintes:

Tabela 82: Modelo avaliativo com os parâmetros associados a cada princípios contabilizados.

Índice	Âmbito	Parâmetros
JN1	OB	<ul style="list-style-type: none"> Fornecimento de <i>feedback</i> para cada um dos estados do componente.
	AB	<ul style="list-style-type: none"> Apresentação de um indicador de progresso durante a execução de uma ação; Fornecimento de uma taxa de concretização da tarefa; Apresentação de um diálogo de confirmação da ação; Apresentação de um diálogo de conclusão.

Tabela 83: Modelo avaliativo com os parâmetros associados a cada princípios contabilizados (cont.).

Índice	Âmbito	Parâmetros
JN2	OB	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de um ícone no componente, que clarifique o objetivo implícito do componente através de uma representação visual de um elemento familiar; • Ausência de terminologia do sistema no texto, <i>hints</i> ou <i>tooltips</i> do componente.
JN3	AB	<ul style="list-style-type: none"> • Reversibilidade das ações executadas.
JN4	OB	<ul style="list-style-type: none"> • Conformidade da estrutura do componente e as propriedades estéticas com valores pré-definidos.
JN5	OB	<ul style="list-style-type: none"> • Restrição do input introduzido pelo utilizador; • Fornecimento de valores por defeito nos campos de escolha múltipla; • Condicionamento da navegação na interface em função da informação fornecida pelo utilizador; • Apresentação de uma mensagem de aviso para informar o utilizador das inconformidades detetadas na informação fornecida antes da execução da ação; • Fornecimento de um mecanismo de <i>autocomplete</i>.
	AB	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecimento de um meio de cancelar a ação.
	SeB	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecimento de um mecanismo que salvaguarda o trabalho do utilizador na ocorrência de um evento anómalo.
JN6	OB	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de uma <i>hint</i> que clarifica o tipo de informação aceite pelo componente; • Apresentação de uma <i>tooltip</i> com a descrição da ação a executar; • Apresentação de uma <i>label</i> que clarifica o objetivo da ação associada ao componente discriminado; • Apresentação de um ícone que auxilia o utilizador na identificação do seu objetivo implícito;
JN7	OB	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização de atalhos com <i>tab</i> e <i>arrow keys</i> permitem navegar por cada um dos componentes da secção; • Conformidade da ação de pressionar da tecla <i>enter</i> com o clique do rato ou <i>touchpad</i> em termos de execução da ação.
JN8	OB	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de <i>highlights</i>, <i>shadows</i>, <i>glossy effects</i> e <i>3D effects</i>; • Fornecimento de um contraste que esteja em conformidade com as linhas orientadoras de acessibilidade da tipologia da interface focada.
JN9	AB	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de uma mensagem de erro sem termos técnicos; • Apresentação de conselhos construtivos no que respeita a recuperação da ocorrência de um erro; • Apresentação da razão que originou o erro.
JN10	AB	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecimento de uma opção no menu principal para aceder à documentação ou requisitar ajuda.
GP1	OB	<ul style="list-style-type: none"> • Processo de introdução da informação pelo utilizador é intuitivo; • Fornecimento de um mecanismo de alteração da disposição da informação;
GP2	OB	<ul style="list-style-type: none"> • Inexistência de conteúdo com erros ortográficos, gramaticais ou factuais; • Apresentação do conteúdo de forma perceptível e precisa.
GP3	OB	<ul style="list-style-type: none"> • Combinação da informação aplicada quando aplicável; • Apresentação do conteúdo de forma perceptível e precisa.
GP5	OB	<ul style="list-style-type: none"> • Adoção de uma terminologia adequada.
GP6	SeB	<ul style="list-style-type: none"> • Existência de um mecanismo que agrupa a informação.

Tabela 84: Modelo avaliativo com os parâmetros associados a cada princípios contabilizados (cont.).

Índice	Âmbito	Parâmetros
GP8	SeB	<ul style="list-style-type: none"> Indicação da secção da aplicação atual com descrição da estrutura hierárquica, que permitiu aceder à secção discriminada; Apresentação de informação adequada ao contexto do ecrã; Fornecimento do menu geral de navegação; Fornecimento das opções específicas ao ecrã.
GP9	OB	<ul style="list-style-type: none"> Apresentação de um sumário da informação apresentada sob a forma de uma <i>label</i> ou de uma <i>tip</i>.
WB1	AB	<ul style="list-style-type: none"> Reversibilidade das ações executadas;
WB2	AB	<ul style="list-style-type: none"> Tempos de resposta na execução de ações na interface inferiores a 10s; Modificação da aparência dos componentes após a sua utilização Por exemplo em determinados sites após o utilizador clicar sobre um <i>hyperlink</i> existe uma mudança de cor para que o utilizador seja consciencializado que já acedeu ao link anteriormente.
WB2	SeB	<ul style="list-style-type: none"> Mínimização informação irrelevante apresentada na interface por: fornecimento de opções de assistência no contexto discriminado, ausência de floreados no tipo de letra adotado, ausência de links redundantes e ausência de imagens irrelevantes para o contexto.
WB5	OB	<ul style="list-style-type: none"> Ausência de estrangeirismos; Ausência de erros ortográficos; Ausência de abreviações e acrónimos.
WB6	OB	<ul style="list-style-type: none"> Similaridade entre objetos do mesmo grupo; Continuidade entre objetos do mesmo grupo; Promoção da introdução de informação em falta; Proximidade entre objetos do mesmo grupo.
WB7	SeB	<ul style="list-style-type: none"> Existência de um mecanismo de apresentação gradual das funcionalidades.
WB9	SeB	<ul style="list-style-type: none"> Existência de mecanismos que inferem as intenções do utilizador no decorrer da utilização da interface.
WB11	SeB	<ul style="list-style-type: none"> Apresentação de conteúdos fidedignos em termos do domínio a modelar pela interface dimensionada.
WB12	SeB	<ul style="list-style-type: none"> Inclusão de mecanismos que confirmam ao utilizador forma de modificar o design e a aparência da interface dimensionada.
WB18	AB	<ul style="list-style-type: none"> Resultados obtidos conforme as expectativas do utilizador.
WB19	AB	<ul style="list-style-type: none"> Fornecimento de um mecanismo de recuperação; Fornecimento de um mecanismo para reverter a ação executada.
T3	ScB	<ul style="list-style-type: none"> Existência de um mecanismo para visualização das tarefas em <i>background</i>; Existência de ações para manuseamento das tarefas em <i>background</i>.
T6	OB	<ul style="list-style-type: none"> Comunicação do efeito da utilização do valor por defeito na ação; Inexistência da utilização de um termo genérico para quantificar o valor atribuído por defeito.
T7	SeB	<ul style="list-style-type: none"> Existência de diagramas visuais para comunicação de vocabulário gestual ao utilizador quando aplicável. Inexistência de controlos dispostos no centro do ecrã, exceto no contexto de aplicações mobile.
T8	AB	<ul style="list-style-type: none"> Execução da ação não é bloqueante.

Tabela 85: Modelo avaliativo com os parâmetros associados a cada princípios contabilizados (cont.).

Índice	Âmbito	Parâmetros
T9	AB	<ul style="list-style-type: none"> Existência de um tutorial explicativo.
	ScB	<ul style="list-style-type: none"> Fornecimento de um meio de retornar à última atividade realizada; Utilizador questionado sobre a sua intenção em continuar com a última ação realizada; Fornecimento de um histórico de atividades realizadas.
T14	OB	<ul style="list-style-type: none"> Utilização de um conceito ou objeto para representação do que é pretendido.
T16	OB	<ul style="list-style-type: none"> Utilização de um tamanho de letra com unidades que contemplem a adaptação implícita a ecrãs de múltiplas resoluções.; Utilização de um tamanho de letra que esteja em conformidade com as regras de acessibilidade da tipologia da interface dimensionada; <i>Label</i> do menu ou componente é única. Verificação se a família da fonte selecionada está em conformidade com os standards da plataforma onde a interface está enquadrada.
T18	ScB	<ul style="list-style-type: none"> Fornecimento de perceção ao utilizador se é a primeira vez que usa o sistema; Reencaminhamento após a entrada no sistema do utilizador para a última secção visitada Identificação se o estado atual da interface é persistido e encriptado pelo sistema por utilizador.
	SeB	<ul style="list-style-type: none"> Apresentação de uma notificação a informar que os dados fornecidos são encriptados.

Legenda

JN1 – 1º princípio de Jakob Nielsen;
JN2 – 2º princípio de Jakob Nielsen;
JN3 – 3º princípio de Jakob Nielsen;
JN4 – 4º princípio de Jakob Nielsen;
JN5 – 5º princípio de Jakob Nielsen;
JN6 – 6º princípio de Jakob Nielsen;
JN7 – 7º princípio de Jakob Nielsen;
JN8 – 8º princípio de Jakob Nielsen;
JN9 – 9º princípio de Jakob Nielsen;
JN10 – 10º princípio de Jakob Nielsen;
GP1 – 1º princípio de Gerhardt-Powals;
GP2 – 2º princípio de Gerhardt-Powals;
GP3 – 3º princípio de Gerhardt-Powals;
GP5 – 5º princípio de Gerhardt-Powals;
GP6 – 6º princípio de Gerhardt-Powals;
GP8 – 8º princípio de Gerhardt-Powals;
GP9 – 9º princípio de Gerhardt-Powals;
WB1 – 1º princípio de Weinschenk e Barker;
WB2 – 2º princípio de Weinschenk e Barker;
WB5 – 5º princípio de Weinschenk e Barker;
WB6 – 6º princípio de Weinschenk e Barker;
WB7 – 7º princípio de Weinschenk e Barker;
WB9 – 9º princípio de Weinschenk e Barker;
WB11 – 11º princípio de Weinschenk e Barker;
WB12 – 12º princípio de Weinschenk e Barker;
WB18 – 18º princípio de Weinschenk e Barker;
WB19 – 19º princípio de Weinschenk e Barker;
T3 – 3º princípio de Tognazzini;
T6 – 6º princípio de Tognazzini;
T7 – 7º princípio de Tognazzini;
T8 – 8º princípio de Tognazzini;
T9 – 9º princípio de Tognazzini;
T12 – 12º princípio de Tognazzini;
T14 – 14º princípio de Tognazzini;
T16 – 16º princípio de Tognazzini;
T18 – 18º princípio de Tognazzini.

Considerando as recomendações fornecidas o principal contributo da tese consiste no fornecimento de um modelo de avaliação de usabilidade com parâmetros definidos a partir de múltiplos subconjuntos de linhas orientadoras discriminadas na literatura. Note-se que a parametrização não se restringiu apenas a princípios bem estabelecidos no meio académico, como os princípios de Jakob Nielsen. A revisão da literatura efetuada visou identificar por ordem cronológica todos os subconjuntos definidos até à data a parametrizar os de maior destaque, de modo a maximizar o nível de aplicabilidade e taxa de deteção do modelo avaliativo.

5.5. Arquitetura proposta

Note-se que os resultados associados às duas aplicações *e-health* obtiveram-se através da execução manual do processo avaliativo. A morosidade do processo inviabiliza a sua adoção em contexto empresarial, como consequência impõe-se criar uma ferramenta que corrobore de forma automática os parâmetros definidos no modelo avaliativo. Nesse sentido impõe-se a utilização de uma *framework* que confira um determinado nível de automatização sobre a interação com a interface definida. No contexto de desenvolvimento *web* existe uma multiplicidade de *frameworks* utilizadas para o propósito em causa, destacando-se o Selenium [450] pelo seu nível de maturidade e massificação de utilização a nível empresarial. Em termos de desenvolvimento *mobile*, destacar-se-á o Appium [451], uma *framework* construída sobre o Selenium.

Em termos arquiteturais, a ferramenta a dimensionar dividir-se-á em três camadas: (1) infraestrutura, (2) data e (3) domínio.

(1) Infraestrutura

Nesta camada definir-se-ão as classes acopladas à *framework* de testes ou a bibliotecas de terceiros utilizadas (vide Fig. 63). Classes que implementarão operações singulares no contexto de cada princípio de usabilidade definido:

- **Estrutura hierárquica de objetos do ecrã** - Extração de todos os objetos e da sua estrutura hierárquica associados a um determinado ecrã na interface, segregação dos objetos por família (botões, *tooltips*, imagens, *input tags* entre outros);
- **Look and feel dos objetos** – Quantificação do contraste aplicado, identificação de efeitos que não corroboram a aplicação de um *design* minimalista (sombras, *highlights*, *glossy effects*, entre outros) e diferenciação estética entre os múltiplos estados admissíveis pelos objetos (ativo, *checked*, *focus*, *hover* entre outros);
- **Texto dos objetos** – Extração, identificação da língua aplicada e verificação ortográfica do conteúdo textual;
- **Atalhos** – Identificação de uma descrição de um atalho no conteúdo de texto da *tooltip*;
- **Evidências** – Criação de captura de ecrãs sobre os objetos ou ecrãs específicos para recolha de evidências necessárias à contextualização dos valores quantificados para cada parâmetro.

(2) Data

Nesta camada definir-se-ão as classes que avaliarão cada princípio de usabilidade. Classes implementadas de acordo com o padrão de repositório, um aglomerado de fontes de informação, cuja combinação visa quantificar cada parâmetro associado ao princípio de usabilidade em foco (vide Fig. 63). Por exemplo, um repositório dentro do contexto do pacote de Jacob Nielsen, que visa avaliar a utilização de um *design* minimalista por análise dos parâmetros definidos. Nesse sentido impor-se-á fornecer à classe as fontes de informação necessárias à quantificação de cada parâmetro discriminado: *highlights*, sombras, *glossy effects*, contraste, gradiente entre outros associados aos objetos identificados.

(3) Domínio

Nesta camada definir-se-ão as classes que estipularão os ecrãs e o fluxo de navegação a testar. Classes cujo nível de acoplamento à camada de apresentação maximiza a especificidade da sua implementação, uma vez que são direcionadas ao caso de uso a analisar. O seu nível de especificidade torná-las-á os elementos da arquitetura definida não reutilizáveis, e cuja implementação efetuar-se-á caso a caso, de acordo com as características singulares do ecrã e das ações subjacentes (vide Fig. 63).

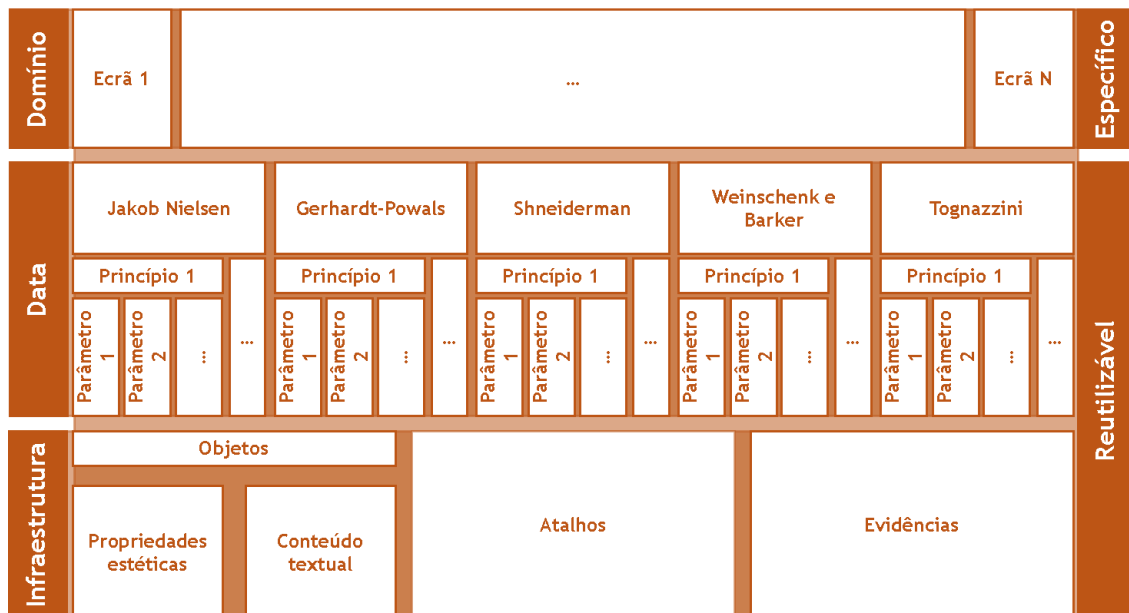


Fig. 63: Camadas da arquitetura da ferramenta a dimensionar.

De acordo com a natureza dos princípios cobertos pela ferramenta a análise da interface focar-se-á sobre os objetos e ações executáveis. Como consequência a ferramenta será uma solução híbrida, uma vez que alia a corroboração da componente estética e estrutural dos objetos da interface por aplicação de métricas definidas à corroboração do processo de navegação sem a intervenção explícita de um agente externo, característica típica de abordagens baseadas na corroboração de

um modelo de interação definido artificialmente. A sua implementação visa suportar interfaces *web* e *mobile*.

Adicionalmente impor-se-á testar a ferramenta em ambiente real com múltiplas interfaces, por forma a identificar a validade das lacunas identificadas. Nesse sentido, a participação dos utilizadores finais na validação do output da ferramenta impor-se-á para determinar até que ponto contribuirá para maximizar a usabilidade das interfaces visadas.

Capítulo 6

Conclusões

6.1. Sumário

Apesar do esforço por parte da comunidade científica e industrial no desenvolvimento dos ecossistemas AAL, existe um número significativo de desafios que comprometem a sua adoção enquanto solução de excelência no contexto de saúde. Note-se que foram realizados múltiplos estudos focados exclusivamente sobre a mitigação das limitações de natureza técnica, negligenciando o utilizador final e a sua perceção sobre as lacunas que inviabilizam a utilização do sistema.

O estudo realizado focou-se inicialmente sobre a usabilidade no contexto dos ecossistemas AAL e gradualmente, dada a abrangência da propriedade multidimensional, direcionou-se para uma análise das linhas orientadoras e metodologias vigentes para a formulação de um modelo que conferisse ao utilizador forma de quantificar a usabilidade de um determinado produto/serviço independentemente do contexto aplicacional. Nesse sentido o modelo definido foi aplicado em dois casos de uso: um protótipo desenvolvido em contexto académico, sem conhecimento prévio das boas práticas de usabilidade, “DoctorHelper” e uma aplicação empresarial desenvolvida pela Altice, “SmartAL”, e permitiu a identificação de múltiplas lacunas de usabilidade que espelham a ausência de foco aplicado sobre esta propriedade multidimensional pelas equipas de desenvolvimento seja por ausência de conhecimento na área ou por restrições temporais associados ao projeto.

6.2. Principais contribuições

A compilação do conhecimento discriminado na literatura potenciou a quantificação proposta e a consequente formulação de um modelo avaliativo que considerou os subconjuntos de linhas orientadoras de *design* proeminentes em contexto académico. Modelo que surgiu da necessidade de objetivar o processo de interpretação de linhas orientadoras adotadas no processo de avaliação de usabilidade através da aplicação da metodologia heurística e contabilizou um número significativo de boas práticas por forma a maximizar a taxa de deteção de lacunas de usabilidade.

A sua adoção em dois contextos distintos visou corroborar a sua aplicabilidade, por forma a identificar potenciais lacunas que comprometam a sua escalabilidade e inviabilizam a sua aplicação em contexto empresarial.

6.3. Limitações

Contudo existem limitações no processo atual que comprometem a sua escalabilidade:

- Análise manual – O nível de conformidade das interfaces com as métricas definidas é verificado por um avaliador. A multiplicidade de elementos a analisar de contextos distintos (componentes, ações e secções), combinados com a complexidade inerente da interface em estudo aumenta de forma significativa o tempo necessário para o avaliador efetuar uma análise completa. Como consequência é imperativo a alocação de esforço de desenvolvimento para a automação do processo;
- Ausência de adequação ao contexto aplicacional – A abordagem atual criou a base para o processo de parametrização das linhas orientadoras vigentes na literatura. Contudo a abrangência dos parâmetros definidos torna-os demasiado genéricos. Como consequência impõe-se recolher *feedback* de utilizadores finais através da avaliação de múltiplos ecossistemas AAL com diferentes funcionalidades, por forma a otimizar os parâmetros definidos na deteção de lacunas de usabilidade críticas no contexto em teste. A otimização exigirá uma comparação efetiva entre as lacunas de usabilidade identificadas por utilizadores finais e pelo processo de avaliação atual.

6.4. Trabalho futuro

Considerando o trabalho realizado no atual contexto, em futuras iterações visar-se-á:

- Validar e otimizar os parâmetros definidos através da realização de múltiplas entrevistas com utilizadores finais. A sua perceção é necessária para quantificar a criticidade das lacunas identificadas pelo processo avaliativo em termos práticos e identificar medidas corretivas adequadas para maximizar a taxa de deteção do modelo avaliativo;
- Realizar múltiplas entrevistas com especialistas na área de usabilidade para quantificar o atual nível de acessibilidade do modelo avaliativo definido e de que forma a sua utilização facilita o processo de avaliação;
- Transpor a parametrização dos princípios de usabilidade identificados em *software*, que permita automatizar a atual análise manual efetuada. Nesse âmbito, visar-se-á criar uma ferramenta similar em termos conceptuais a ferramentas existentes no mercado focadas sobre a análise estática de código, para identificação de lacunas arquiteturais ou de segurança no código produzido, como, por exemplo, o SonarCube [452], ou a um *linter*, contudo, direcionada à análise de usabilidade de uma interface gráfica, através da avaliação dos parâmetros dos princípios de usabilidade identificados na literatura. Note-se que com a sua utilização não se vai excluir a participação de um elemento humano no processo avaliativo, uma vez que de forma similar ao SonarCube caberá ao utilizador clarificar quais das lacunas identificadas pela ferramenta são falsos positivos.

Capítulo 7

Anexos

A.1 Boas práticas de *design*

Os **princípios heurísticos de Jakob Nielsen e Rolf Molich** estão ilustrados na tabela seguinte:

Tabela 86: Lista de princípios heurísticos de Jakob Nielsen e Rolf Molich.

#	Nome	Descrição	Exemplos
1	Visibilidade do estado do sistema.	Proporcionar a utilizadores um <i>feedback</i> perceptível sobre o estado do sistema dentro de um intervalo de tempo admissível.	<ul style="list-style-type: none">• Garantir que componentes da interface fornecem <i>feedback</i> visual quando são clicados;• Apresentar um <i>loading spinner</i> após a execução de uma ação por parte do utilizador.
2	Adequação do sistema ao ambiente real.	Comunicar com linguagem do utilizador, através de termos ou conceitos familiares.	<ul style="list-style-type: none">• Evitar a utilização de termos do sistema na comunicação com o utilizador, por exemplo “Utilizador 2110 não existe”;• Adotar uma terminologia ou ícones que auxiliem a ligação dos componentes da interface do sistema com o mundo real.
3	Nível de controlo sobre as ações do utilizador.	Fornecer ao utilizador ações de “retroceder” ou “refazer”, por forma a assegurar que todas as ações executadas são reversíveis. Note-se que a reversibilidade das ações fomenta a exploração e experimentação. Fatores que minimizam a curva da aprendizagem na utilização da aplicação.	<ul style="list-style-type: none">• Cancelar uma transferência de um ficheiro.
4	Consistência e <i>standards</i> .	Assegurar que todos os componentes, ações e conteúdos apresentados corroboram o estipulado em toda a extensão da interface.	<ul style="list-style-type: none">• Garantir consistência na terminologia adotada dos componentes da interface, isto é, o botão para salvar as alterações efetuadas terá o mesmo nome em toda a interface;• Garantir a consistência da disposição dos componentes dos <i>layouts</i> nos <i>designs</i>;• Garantir que o processo de funcionamento se enquadra com as expectativas do utilizador.

Tabela 87: Lista de princípios heurísticos de Jakob Nielsen (cont.).

#	Nome	Descrição	Exemplos
5	Prevenção de erros.	Mitigar ocorrência de erros através da criação de um <i>design</i> que contabilize as áreas problemáticas na interface e forneça <i>feedback</i> explícito das consequências associadas a cada ação tomada pelo utilizador.	<ul style="list-style-type: none"> • Impor restrições no <i>input</i> fornecido, que impossibilitem a introdução de informação inválida, como idades negativas entre outros; • Notificar o utilizador da validade dos parâmetros introduzidos. Por exemplo a validade do endereço <i>email</i> introduzido; • Solicitar ao utilizador uma confirmação de todas as ações executadas com risco associado, por exemplo, o cancelamento da transferência de um ficheiro.
6	Reconhecer em detrimento de recordar.	Assegurar que o processo de navegação não impõe a memorização de informação pelo utilizador. A visibilidade das ações, opções e instruções que auxiliem no manuseamento do sistema deverá ser assegurado pela interface dimensionada.	-
7	Flexibilidade e eficiência de uso.	Garantir que o manuseamento do sistema é independente da tipologia de utilizador - básico ou avançado , e dotar o utilizador de mecanismos para controlar a execução de tarefas repetitivas.	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar de <i>keyboard shortcuts</i>; • Dotar o utilizador de mecanismos de personalização da interface.
8	<i>Design</i> estético e minimalista.	Descartar a informação irrelevante ou sem aplicação prática para o contexto em uso dos diálogos utilizados para comunicar com o utilizador. Note-se que a abordagem a adotar no seu dimensionamento deverá ser conservadora, no que respeita a quantidade e qualidade da informação apresentada, uma vez que é um fator que condiciona a visibilidade do que se pretende comunicar ao utilizador.	-
9	Suporte no reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros.	Apresentar mensagens que forneçam ao utilizador instruções para recuperar de um erro, em detrimento de códigos de erro do sistema.	-

Tabela 88: Lista de princípios heurísticos de Jakob Nielsen (cont.).

#	Nome	Descrição	Exemplos
10	Documentação de suporte.	Fornecer documentação de suporte e uma forma simples de navegar até ao menu de ajuda. Tipicamente o <i>design</i> minimalista adota-se por forma a mitigar a sua utilização, contudo, a inclusão de documentação deverá considerar-se caso a caso.	-

As **regras de Constantine** estão ilustradas na tabela seguinte:

Tabela 89: Lista de regras de usabilidade de Constantine.

#	Nome	Descrição
1	Acesso	Garantir que o sistema é manuseável por utilizadores iniciantes ao sistema, mas com um grau de experiência no domínio de atuação da aplicação visada.
2	Eficácia	Garantir que o sistema não condiciona o seu manuseamento por utilizadores experientes.
3	Progressão	Garantir uma curva de aprendizagem pouco acentuada e apresentar as funcionalidades avançadas da aplicação dimensionada numa base progressiva, que contabilize a experiência assimilada pelo utilizador.
4	Suporte	Fornecer suporte às tarefas do utilizador através da sua simplificação, redução do tempo de execução e da sua complexidade.
5	Contexto	Adaptar o sistema às condicionantes e ambiente do contexto de atuação visado.
6	Estrutura	Organizar a interface para que ações e objetos relacionados e não relacionados sejam agrupados e desagrupados em conformidade baseada em modelos consistentes identificáveis pelo utilizador.
7	Simplicidade	Simplificar a execução de tarefas comuns na interface, comunicar com a linguagem do utilizador e fornecer atalhos à execução de tarefas extensas.
8	Visibilidade	Apresentar unicamente os materiais e opções relacionadas com a tarefa em execução pelo utilizador.
9	Reutilização	Minimizar o recurso à memória de curto prazo através da reutilização de objetos e comportamentos na interface.
10	<i>Feedback</i>	Manter os utilizadores informados relativamente a ações executadas, mudanças de estado ou de condições, e de erros e exceções despoletadas de forma concisa na linguagem do utilizador.
11	Tolerância	Prevenir a ocorrência de erros permitindo a introdução de múltiplos <i>inputs</i> e assegurando a reversibilidade das ações executadas pelo utilizador.

Os **princípios cognitivos de Gerhardt-Powals** estão ilustrados na tabela seguinte:

Tabela 90: Lista de princípios cognitivos de Gerhardt-Powals.

#	Nome	Descrição
1	Automatização de tarefas desnecessárias.	Reservar os recursos cognitivos para tarefas prioritárias e relevantes e eliminar cálculos, estimativas, comparações ou esforço cognitivo a ser executado pelo utilizador.
2	Minimização de informação dúbia.	Apresentar a informação de uma forma clara e precisa.
3	Fusão de informação.	Minimizar a carga cognitiva por sumarização da informação de baixo nível.
4	Apresentação de nova informação com mecanismos de suporte que auxiliem na sua interpretação.	Usar uma <i>framework</i> ou uma terminologia familiar para facilitar a assimilação por parte do utilizador da interface de comunicação.
5	Uso de nomes adequados às opções apresentadas na interface.	Maximizar a familiarização do utilizador com a terminologia adotada.
6	Formação consistente de blocos de informação para minimização do tempo de pesquisa na interface.	Agrupar a informação a apresentar ao utilizador de forma lógica e consistente internamente e externamente entre os múltiplos ecrãs da interface.
7	Minimização do número de tarefas de recolha de dados.	Reduzir o tempo de recolha de informação para apresentação na interface e efetuar um uso apropriado das cores e gráficos utilizados.
8	Inclusão na interface de informação necessária para o utilizador.	Concentrar o foco dos utilizadores sobre informação crítica e excluir informação sem significância/significado para as tarefas atuais/a realizar.
9	Fornecimento de informação em múltiplos formatos.	Fornecer a informação em múltiplas opções para os formatos adotados e níveis de detalhes acessíveis, para que a interface esteja em conformidade com as preferências e necessidades do utilizador.
10	Redundância.	Efetuar para resolver conflitos entre os parâmetros 6 e 8.

Os **princípios de Dix, Finlay, Abowd e Beale** estão descritos na tabela seguinte:

Tabela 91: Lista de princípios de Dix, Finlay, Abowd e Beale.

#	Nome	Descrição
1	Previsibilidade	Fornecer suporte ao utilizador na identificação das consequências associadas a uma ação a executar baseado no histórico de interações efetuadas.
2	Sistematização	Fornecer suporte para o utilizador identificar as consequências inerentes a operações passadas no estado atual da interface.
4	Familiarização	Assegurar que o conhecimento adquirido pelo utilizador em contextos específicos do mundo real ou de outras plataformas é reutilizável para manusear o sistema visado.
5	Generalização	Estender a aplicação do conhecimento adquirido numa interação de carácter específico para a generalidade da aplicação.
6	Consistência	Assegurar a similaridade no comportamento associado ao fornecimento de <i>output/input</i> em situações ou ações com objetivos semelhantes.
7	Iniciativa no diálogo	Fornecer liberdade ao utilizador ao nível do <i>input</i> requerido pelo sistema.
8	<i>Multi-threading</i>	Assegurar que a interação com o Sistema não é comprometida na execução de uma tarefa e permitir a execução de múltiplas tarefas em paralelo.
9	Migração de tarefas	Dotar o utilizador de uma forma de atribuir o controlo da execução da tarefa a seu cargo, para o sistema ou para ambos.
10	Substituibilidade	Permitir que os valores associados aos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> possam ser arbitrariamente trocados.
11	Customização	Dotar o utilizador de mecanismos para modificar a interface do sistema de acordo com as suas necessidades.
12	Observação	Dotar o utilizador de feedback apropriado que lhe permita inferir o estado interno sistema.
13	Recuperação	Dotar o utilizador de mecanismos para a aplicação de ações corretivas quando um erro é identificado.
14	Capacidade de resposta	Assegurar a estabilidade na linha de comunicação com o sistema.
15	Conformidade das tarefas com as necessidades do utilizador	Assegurar a corroboração dos serviços fornecidos pelo sistema com as necessidades reais do utilizador.

As **regras de ouro de Shneiderman** estão ilustradas na tabela seguinte:

Tabela 92: Lista de regras de ouro de Shneiderman.

#	Nome	Descrição
1	Imposição de consistência.	Garantir consistência na sequência de ações, na terminologia adotada em menus e ecrãs de ajuda e nas cores, <i>layouts</i> , tipos de letra entre outros adotados na interface.
2	Utilização de atalhos por utilizadores frequentes.	Habilitar a utilização de atalhos na interface, por recurso a macros, sequências específicas de teclas, abreviaturas entre outros.
3	Fornecimento de <i>feedback</i> informativo.	Fornecer <i>feedback</i> ao utilizador com conteúdo informativo em função da criticidade da ação efetuada.
4	<i>Design</i> de diálogos para fornecer uma perceção de conclusão da ação.	Fornecer conteúdo informativo ao utilizador que o notifique que a ação foi concluída.
5	Fornecimento de mecanismos de tratamento de erros.	Dimensionar o sistema para mitigar a geração de erros críticos pelo utilizador: por exemplo, impossibilitar a introdução de caracteres alfabéticos em campos numéricos. Na sua ocorrência, a interface deverá detetá-lo e fornecer instruções simples, construtivas e específicas de recuperação: por exemplo, no preenchimento de um formulário de morada, na introdução de um código postal inválido, o utilizador deverá ser notificado do campo inválido.
6	Fornecimento de uma forma simples para reverter uma ação na interface.	Fornecer uma forma de reverter uma ação na interface, por forma a habilitar o utilizador a retornar ao estado anterior. Note-se que a funcionalidade promove a exploração da interface e minimiza a ansiedade do utilizador, uma vez que erros cometidos podem ser revertidos.
7	Controlo das operações efetuadas do lado do utilizador.	Dimensionar a interface para que dê a perceção a utilizadores experientes de controlo efetivo e que todas as ações têm um objetivo específico. Note-se que modificações em comportamentos típicos, sequências de ações massivas de introdução de dados, dificuldades na obtenção da informação necessária e inaptidão a produzir o resultado expectável maximiza a entropia dos utilizadores relativamente a interface.
8	Minimização da memória consumida no processo de interação.	Eliminar a dependência da memória de curto prazo do utilizador para operar com a interface. O ser humano tem uma capacidade de processamento de informação em memória a curto prazo limitada, o que impõe que no dimensionamento da interface seja evitado que o utilizador use informação de um ecrã anterior noutro.

Os **princípios cognitivos de Weinschenk e Barker** estão ilustrados na tabela seguinte:

Tabela 93: Lista de princípios cognitivos de Weinschenk e Barker.

#	Nome	Descrição
1	Controlo do utilizador	Criar a perceção que o utilizador tem controlo efetivo sobre a interface.
2	Limitações humanas	Contemplar as limitações humanas cognitivas e sensoriais no <i>design</i> da interface, para evitar sobrecarregar o utilizador com <i>feedback</i> visual.
3	Integridade modal	Adequar a tarefa realizada em função da abordagem adotada (visual, auditiva, motora entre outras).
4	Comodidade	Adequar o <i>design</i> adotado às necessidades e comportamentos do público-alvo.
5	Clareza linguística	Usar uma linguagem para comunicar com o utilizador eficiente e adequada.
6	Integridade estética	Usar um <i>design</i> visualmente apelativo e customizado em função do público-alvo.
7	Simplicidade	Minimizar a complexidade associada ao <i>design</i> da interface.
8	Previsibilidade	Dimensionar o sistema de modo que os utilizadores criem um mapa mental do comportamento expectável em função das ações na interface.
9	Interpretação	Dotar o sistema de mecanismos de apoio à decisão que infiram/antecipem as intenções do utilizador e as ações necessárias à sua concretização.
10	Exatidão	Garantir a inexistência de erros na interface, para que os resultados das ações do utilizador reflitam os seus objetivos.
11	Clareza técnica	Corresponder de forma clara os conceitos representados na interface com o domínio a modelar.
12	Flexibilidade	Flexibilizar o <i>design</i> da interface por forma a adaptar-se em função das necessidades e comportamentos de cada utilizador.
13	Realização	Fornecer uma experiência de utilização adequada.
14	Adequação cultural	Satisfazer as expectativas socioculturais do público-alvo.
15	Ritmo de interação	Dimensionar a interface por forma a operar a um ritmo adequado ao utilizador.
16	Consistência	Minimizar o número de formas de representação da mesma informação ou comportamento na interface.
17	Suporte	Fornecer uma opção de ajuda ao utilizador, por forma a auxiliá-lo caso necessite.
18	Precisão	Garantir que os passos e os resultados associados à execução de uma ação estão de acordo com as expectativas do utilizador.
19	Amigável	Dotar a interface de um mecanismo que permita ao utilizador recuperar de um erro na sua ocorrência.
20	Capacidade de resposta	Fornecer <i>feedback</i> ao utilizador relativo ao estado do sistema e à taxa de concretização da tarefa.

Os **princípios de design de Tognazzini** estão ilustrados na tabela seguinte:

Tabela 94: Lista de princípios de *design* de Tognazzini.

#	Nome	Descrição
1	Componente estética	<ol style="list-style-type: none"> 1. O <i>design</i> deverá ficar reservado para os profissionais competentes na área – <i>designers</i> gráficos; 2. Tendências estéticas não devem suplantam usabilidade da interface dimensionada.
2	Previsibilidade	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fornecer ao utilizador toda a informação e ferramentas necessárias a cada etapa do processo.
3	Autonomia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dotar o utilizador de controlo sobre a interface e todas as tarefas que correm em <i>background</i>. Contudo autonomia não é um sinónimo de ausência de regras no manuseamento da interface; 2. Possibilitar o utilizador a tomar as suas decisões, mesmo as que em termos comportamentais são pouco eficientes; 3. Adotar uma política de controlo responsável, por forma a não restringir de forma invasiva as ações do utilizador; 4. Usar mecanismos que mantenham o utilizador informado acerca do estado atual do sistema de forma simples e precisa.
4	Cores na interface	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usar pistas secundárias com a informação transmitida nas cores adotadas na interface dimensionada para os utilizadores incapazes de diferenciar cores; 2. Testar a interface dimensionada com utilizadores de teste daltónicos, para determinar como é que percebem a interface dimensionada; 3. Minimizar as restrições impostas às cores adotadas motivadas pela incapacidade de determinados utilizadores não diferenciaram cores; 4. Garantir que modificações estéticas na interface não impactam com a performance e eficiência da interface.
5	Consistência	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adaptar o nível de consistência em função do nível visado no produto dimensionado. Note-se que consistência em termos de ícones e <i>splash screens</i> difere da consistência em termos de plataforma da interface dimensionada; 2. Contabilizar as diferenças funcionais durante o processo de uniformização visual da interface dimensionada; 3. Garantir continuidade em termos funcionais do produto dimensionado em detrimento de consistência durante o seu ciclo de vida; 4. Garantir consistência da interface dimensionada com as expectativas do utilizador final.
6	Valores por defeito	<ol style="list-style-type: none"> 1. Garantir que o manuseamento dos valores por defeito adotados é simples e intuitivo; 2. Adotar a sua utilização de forma inteligente na interface dimensionada. Note-se que nem todos os casos são permissivos à sua adoção; 3. Substituir “default” por um termo familiar para os utilizadores finais; 4. Garantir que os termos e o <i>design</i> a interface dimensionada transmitem as consequências que advêm da colocação da interface no seu estado por defeito.

Tabela 95: Lista de princípios de *design* de Tognazzini (cont.).

#	Nome	Descrição
7	Visibilidade	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evitar obscurecer qualquer tipo de complexidade implícita à interface dimensionada, uma vez que cair-se-á no erro de abstrair o utilizador de funcionalidades nucleares na interface dimensionada; 2. Minimizar a necessidade de procura do utilizador final pelas opções disponíveis em cada ecrã da interface; 3. Colocar os controlos e componentes necessários à execução da tarefa a executar na linha de acesso do utilizador final; 4. Evitar a colocação dos controlos da interface no centro do ecrã, com exceção dos <i>smartphones</i>; 5. Utilizar diagramas visuais para a comunicação ao utilizador de vocabulário gestual; 6. Garantir o equilíbrio entre a quantidade de informação fornecida ao utilizador por cada controlador apresentado na interface; 7. Verificar por execução de testes que informação e controlos devem ser apresentados ao utilizador no imediato.
8	Eficiência do utilizador	<ol style="list-style-type: none"> 1. Focar sobre a eficiência com que o utilizador executa as tarefas implícitas à interface dimensionada, em detrimento da eficiência da aplicação; 2. Manter o utilizador ocupado durante a execução da cada tarefa; 3. Ter identificado que a eficiência em termos de <i>software</i> está ligada à arquitetura base do sistema e não o design da interface; 4. Apresentar mensagens de erro ao utilizador, que contenham informação útil para a sua resolução.
9	Interfaces exploráveis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Providenciar ao utilizador final múltiplas alternativas para efetuar ou aceder a um novo ecrã na interface, por forma a fomentar a sua exploração; 2. Fornecer <i>wizards</i> para auxiliar os utilizadores com tarefas complexas, cuja execução impõe a execução de um conjunto significativo de passos intermédios; 3. Fornecer pistas ao utilizador que o permitam identificar quando está no ecrã principal da aplicação; 4. Garantir que todas as ações executáveis na interface são reversíveis; 5. Fornecer o ponto de escape em qualquer operação executada na interface dimensionada.
10	Lei de Fitts	-
11	Objetos da interface	<ol style="list-style-type: none"> 1. Garantir que os objetos da interface dimensionada são percecionados pelo utilizador; 2. Garantir que a sua manipulação e comportamentos implícitos se rege por um <i>standard</i> pré-definido; 3. Adotar um objeto em função do tipo de comportamento e interação estipulada.
12	Redução da latência	<ol style="list-style-type: none"> 1. Manter os utilizadores atualizados durante a execução de uma operação que corre em <i>background</i> ou que pode sofrer de <i>delay</i>.
13	Curva de aprendizagem	<ol style="list-style-type: none"> 1. Limitar os <i>trade-offs</i> entre a curva de aprendizagem de manuseamento da interface e usabilidade; 2. Evitar limitar o âmbito dos testes efetuados à curva de aprendizagem implícita à interface dimensionada.
14	Metáforas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selecionar metáforas que maximizem a perceção dos detalhes do modelo conceptual da interface dimensionada, e que estimulem o uso do sistema sensorial e das memórias do utilizador final; 2. Evitar a adoção de metáforas que são interpretações literais de exemplos existentes no mundo real.
15	Proteção do trabalho do utilizador final	<ol style="list-style-type: none"> 1. Garantir que as tarefas do utilizador nunca são comprometidas, por ocorrência de algum erro durante a utilização da interface.

Tabela 96: Lista de princípios de *design* de Tognazzini (cont.).

#	Nome	Descrição
16	Legibilidade	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicar contraste em texto a ser lido pelo utilizador; 2. Adaptar os tamanhos de letra adotados em função da tipologia de displays no qual serão visualizados; 3. Usar caracteres com tamanho significativo para informação a apresentar; 4. Utilizar <i>labels</i> com uma palavras-chave com os componentes da interface; 5. Testar os <i>designs</i> adotados com utilizadores idosos; 6. Escolher a fonte dos caracteres considerando a relação inversa entre legibilidade e beleza estética.
17	Simplicidade	<ol style="list-style-type: none"> 1. Assegurar que existe um equilíbrio entre a facilidade associada ao processo de instalação e de utilização da aplicação dimensionada; 2. Evitar a simplificação que impõe a eliminação de funcionalidades; 3. Apresentar as funcionalidades avançadas da aplicação dimensionada numa base progressiva, por forma a não expor o utilizador final a operações complexas até que tenham solidificado os seus conhecimentos nas operações primárias.
18	Estado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Manter o utilizador informado do estado atual do sistema de acordo com as suas necessidades; 2. Encriptar e armazenar o estado do sistema na base de dados quando os utilizadores finalizam a sua sessão; 3. Notificar o utilizador que informação será protegida e armazenada pelo sistema.
19	Navegação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Limitar o número de ecrãs da interface por adoção de <i>overlays</i> e dar visibilidade ao utilizador final do processo de navegação.

A.2 Protocolos

As tabelas seguintes ilustram características técnicas e estabelecem um paralelismo entre os múltiplos protocolos de comunicação utilizados no contexto de AAL.

Tabela 97: Especificações técnicas dos protocolos de comunicação típicos em AAL.

Protocolo de comunicação		Características físicas			Frequência [MHz]		Bitrate [Mbps]		Característica da rede		
Nome	Versão	Especificação	Alcance [m]	Técnica de modulação	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Nº máximo de nós	Topologias	Segurança
ANT	-	-	5	GFSK	-	2400	-	1	65533	P2P, Star, Tree e Mesh	64 bit key
Bluetooth	N/S	IEEE 802.15.1	100	GFSK $\pi/4$ -DQPSK 8DPSK	2400	2483,5	-	-	7	P2P e Scatternet	56-128 bits key
	2.0	IEEE 802.15.1	100		2400	2483,5	-	2,1	7	P2P e Scatternet	56-128 bits key
	2.1	IEEE 802.15.1	100		2400	2483,5	-	2,1	7	P2P e Scatternet	56-128 bits key
	3.0	IEEE 802.15.1	100		2400	2483,5	-	24	7	P2P e Scatternet	56-128 bits key
	4.0	IEEE 802.15.1	50	GFSK	2400	2483,5	-	1	7	P2P e Star	AES-128
Wi-Fi	-	IEEE 802.11b	100	DSSS	2400	2483,5	1	11	-	P2P, Star, Tree e Mesh	WPA, WPA2 ou WEP
ZigBee	-	IEEE 802.15.4	20	BPSK O-QPSK	868	2400	0,02	0,25	65536	Star, Tree e Mesh	AES-128
Z-Wave	-	-	100	BFSK	868,00	908,00	0,01	0,04	255	Star e Mesh	AES-128

Tabela 98: Estudo de um conjunto de dispositivos no mercado em termos protocolares.

Dispositivo		Protocolo de comunicação								
Modelo	Tipo	ANT	Bluetooth	Bluetooth v2.0	Bluetooth v2.1	Bluetooth v3.0	Bluetooth v4.0	Wi-Fi	ZigBee	NFC
Allmedicus Gluco AGM300	Dispositivo de medição da glucose no sangue		X							
Nonim 9560	Oxímetro			X						
iHealth IH-BP7	Dispositivo de medição da tensão arterial					X				
A&D UA-767 PBT-C	Dispositivo de medição da tensão arterial				X					
Omron BP792IT	Dispositivo de medição da tensão arterial				X					
Fora DUO D40 a/b/g	Dispositivo de medição da glucose no sangue e pressão arterial		X							
Fora IR2ob	Termómetro auricular		X							
SDI Astra 300	Espirómetro			X						
MIR SpiroBank II	Espirómetro e oxímetro		X							
Corscience A M1 + BT	Dispositivo de medição do fluxo respiratório		X							
Vitalgraph Asma-1 BT	Dispositivo de medição do fluxo respiratório		X							
Corscience BT-12	ECG 12ch		X							
Corscience CorBELT	ECG 1ch		X							
SECA CT321	ECG 6ch		X							

Tabela 99: Estudo de um conjunto de dispositivos no mercado em termos protocolares (cont.).

Dispositivo		Protocolo de comunicação								
Modelo	Tipo	ANT	Bluetooth	Bluetooth v2.0	Bluetooth v2.1	Bluetooth v3.0	Bluetooth v4.0	Wi-Fi	ZigBee	NFC
VESAG Health Watch	Dispositivo de monitorização								X	
Zephyr BioHarness 3	Dispositivo de monitorização				X					
Isansys LifeTouch HRV011	Dispositivo de medição do ritmo cardíaco e respiratório	X								
Polar H7 HR	Dispositivo de medição do ritmo cardíaco						X			
Omron HJ-721IT	Pedómetro				X					
Omron BF-206BT	Balança				X					
Fora W310b	Balança		X							
iHealth Scale	Balança		X							
Firbit Aria	Balança							X		
A&D UC-321PBT	Balança				X					
Runtastic Heart Rate Combo Monitor	Dispositivo de medição do ritmo cardíaco						X			
Runtastic LIBRA	Balança						X			

Tabela 100: Estudo de um conjunto de dispositivos no mercado em termos protocolares (cont.).

Dispositivo		Protocolo de comunicação								
Modelo	Tipo	ANT	Bluetooth	Bluetooth v2.0	Bluetooth v2.1	Bluetooth v3.0	Bluetooth v4.0	Wi-Fi	ZigBee	NFC
Onyx® II 9560 Wireless Finger Pulse Oximeter	Oxímetro			X						
Gengat NFC diagnostic skin patches	Dispositivo de monitorização									X
MetaSensors	Dispositivo de monitorização						X			
Lumo Lift	Dispositivo de monitorização da postura						X			
Prana	Dispositivo de monitorização da postura						X			
Up-right	Dispositivo de monitorização da postura						X			
ZIKTO	Dispositivo de monitorização da postura						X			
SHIMMER3 GSR UNIT	Dispositivo de medição da GSR						X			
SHIMMER3 EMG UNIT	Dispositivo de medição de EMG						X			
Fitbit ChargeHR	Dispositivo de monitorização						X			
Jawbone UP3	Dispositivo de monitorização						X			

A.3 Dispositivos móveis

Os gráficos seguintes ilustram a evolução ao nível das principais marcas de *smartphones* em termos de frequência de processamento e número de cores.

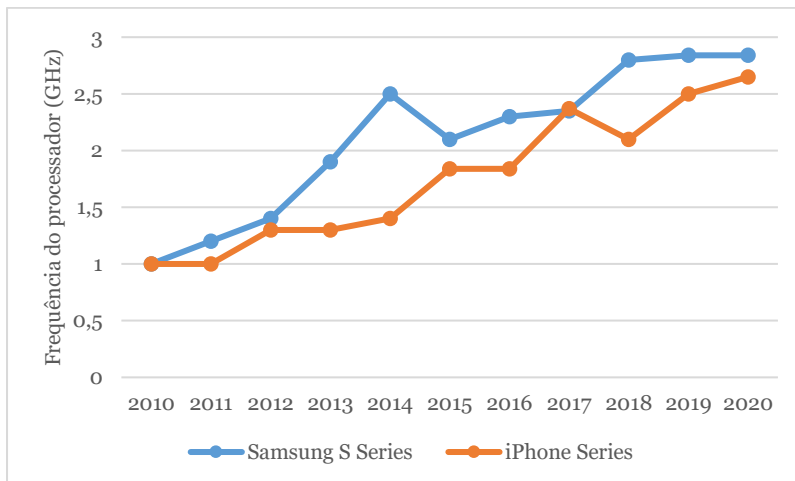


Fig. 64: Evolução da frequência de funcionamento dos processadores.

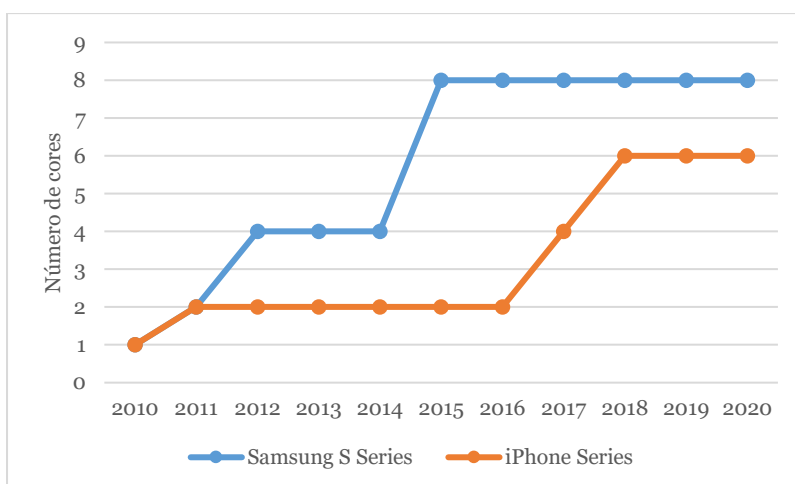


Fig. 65: Evolução do número de cores do processador.

A.4 Usabilidade em contexto académico

A tabela seguinte apresenta soluções desenvolvidas em contexto académico que aplicaram metodologias para otimizar a usabilidade.

Tabela 101: Lista de soluções na literatura que efetuam uma análise de usabilidade.

#	Descrição funcional	Metodologias	Escalas
1	Estudo da viabilidade do desenvolvimento de plataformas AAL abertas para o fornecimento de serviços e teste da sua aceitabilidade e usabilidade. Os testes envolveram a participação de pessoas idosas e entidades cuidadoras; e os resultados obtidos revelaram o potencial da adoção do sistema no ecossistema dos pacientes analisados [118].	N/S	N/S
2	Sistema multiagente que proporciona assistência durante o dia através de uma interface flexível de AAL (<i>Ambient Assisted Living Flexible Interface – AALFI</i>). Note-se que a interface se personalizou de acordo com o <i>profile</i> de requisitos do paciente e visa mitigar as lacunas atuais dos sistemas AAL. A validação do sistema em termos de flexibilidade precedida das interfaces e dos requisitos impôs a recolha de <i>feedback</i> de um grupo específico de utilizadores [453].	N/S	N/S
3	Testes de usabilidade a duas aplicações de referência na literatura, ALLFred e SmartCompanion. Neste sentido foi adotada a abordagem Living Lab [58], na qual um conjunto de utilizadores são colocados a utilizar as aplicações num ambiente controlado para replicação das condições do seu quotidiano [454].	N/S	ICF
4	Estudo da definição tradicional de usabilidade e a aplicabilidade das suas métricas no âmbito de AAL. Note-se que a integração de tecnologia médica no quotidiano do utilizador impõe pré-disposição na sua adoção, considerando o contexto sensível e privado de enquadramento, e a contabilização da multiplicidade crescente de utilizadores. Como consequência a aceitabilidade destes ecossistemas impõe a conjugação de métricas tradicionais de usabilidade com um conjunto adicional - nível de confiança, privacidade, fiabilidade do sistema e entretenimento do utilizador [455].	<i>Focus-group</i> e questionário	Linkert
5	<i>Design</i> , implementação e avaliação de um sistema de <i>smart kitchen</i> , que fornece um conjunto de serviços AAL e um ambiente inteligente (AI), que maximiza a autonomia de pessoas idosas nas suas atividades na cozinha através de funcionalidades de <i>context awareness</i> , de uma interação otimizada e de inteligência artificial. O sistema foi avaliado por um número significativo de utilizadores e cuidadores em dois Living Labs (Espanha e Reino Unido) e revela-se promissor em termos de usabilidade e acessibilidade cognitiva, física e sensorial [6].	Questionário e entrevistas	N/S

Tabela 102: Lista de soluções na literatura que efetuam uma análise de usabilidade (cont.).

#	Descrição funcional	Metodologias	Escalas
6	<i>Design</i> , desenvolvimento e teste de um sistema AAL <i>wearable</i> , baseado na integração de múltiplas ferramentas e plataformas dedicadas à monitorização de sinais fisiológicos. Note-se que a solução inclui a monitorização de eletrocardiogramas (ECG), taxa de oxigenação, batimentos por minuto, temperatura e quedas. Durante o piloto em ambiente real o sistema foi devidamente testado e analisaram-se os resultados relativos à experiência do utilizador [456].	Questionário	N/S
7	Estudo de um ecossistema AAL de monitorização de sensores de movimento, que visa caracterizar a perceção de utilidade do uso de informação recolhida e desenvolver uma forma visual de apresentar a informação recolhida pelo ecossistema baseada no <i>feedback</i> obtido de entrevistas aos participantes no estudo durante 3 a 6 meses. Os participantes. Em termos tecnológicos foi utilizada um <i>gateway</i> fixa e uma plataforma <i>web</i> para administração e acesso à informação recolhida da residência dos participantes [457].	Questionário e entrevistas	N/S
8	<i>Design</i> , conceção e avaliação de uma interface de voz de <i>smart home</i> para pessoas idosas no âmbito do projeto SWEET-HOME. O projeto visa dimensionar um novo sistema no paradigma de <i>smart home</i> focado sobre três funcionalidades: proporcionar assistência por uma interação entre homem-máquina, minimizar a exclusão social e assegurar a segurança do paciente através da deteção de situações comportamentais anómalas. Nesse sentido os participantes avaliam, com base em métricas de usabilidade, os comandos de voz, o processo de comunicação com o exterior, as interrupções de atividades do participante pelo sistema e agenda eletrónica [458].	Entrevistas e <i>Wizard of Oz</i>	N/A
9	Desenvolvimento de uma aplicação escalável de telemonitorização de saúde, integrada com o ambiente de comunicação residencial IPTV. Note-se que a aplicação habilita a monitorização da pressão arterial e do peso do utilizador e suporta consultas médicas remotas. O seu elemento-chave é a interface gráfica, manuseável por um comando de TV, que dota o utilizador com mecanismos de monitorização dos equipamentos e de comunicação com os sistemas de <i>backend</i> . Adicionalmente efetuou-se a sua avaliação em termos de usabilidade, que demonstrou resultados promissores [459].	SUS	SUS

Tabela 103: Lista de soluções na literatura que efetuam uma análise de usabilidade (cont.).

#	Descrição funcional	Metodologias	Escalas
10	Dimensionamento de um sistema de estimação do risco de doenças cardiovasculares em ambientes AAL. A estimação do risco obtém-se pela combinação de uma monitorização efetiva da pressão arterial com outros fatores clínicos e aplicação de técnicas de racionalização baseadas em dados compilados do projeto de Avaliação de Risco Coronário Sistemático. A interação com o sistema faz-se por uma aplicação <i>mobile</i> , suportada por um motor de regras e um sistema de apoio à decisão que auxilia o utilizador nas suas atividades diárias a partir da informação extrapolada do seu contexto de enquadramento físico e de técnicas de racionalização. Adicionalmente a plataforma é avaliada em termos de usabilidade para otimização do processo de interação [460].	MoBiS-Q	Linkert
11	Exposição e análise das condicionantes da problemática de privacidade no âmbito de AAL por aplicação de três métodos: <i>focus group</i> , questionários e um estudo experimental. Os resultados obtidos para os três métodos revelaram uma minimização na importância atribuída ao parâmetro em análise e um aumento da variabilidade da informação. Como consequência concluiu-se que de forma a adquirir um conhecimento exaustivo sobre a perceção do utilizador impõe-se o uso de múltiplos métodos de análise [461].	<i>Focus-group</i> e questionário	N/S
12	Descrição dos princípios e componentes de sistema para navegação e manipulação em ambiente doméstico, do paradigma de interação dimensionado na interface multimodal, das funcionalidades e dos resultados obtidos durante os estudos realizados em termos de conclusões extrapoladas úteis para a área de investigação no projeto Hobbit. Note-se que o projeto de investigação combina áreas de robótica, gerontologia e interação humano-máquina, o Hobbit, para desenvolver um robô capaz de prevenir, detetar e gerir eventos anómalos. A interação com o utilizador é feita por uma interface multimodal, que inclui <i>speech recognition</i> automático, <i>text-to-speech</i> , reconhecimento de gestos e uma interface gráfica tátil [462].	SUS	SUS

Tabela 104: Lista de soluções na literatura que efetuam uma análise de usabilidade (cont.).

#	Descrição funcional	Metodologias	Escalas
13	Desenvolvimento de uma aplicação que auxilia funcionários na instituição hospitalar e maximiza a eficiência no processo de distribuição de medicação pelos pacientes, o Smart Dosing. Note-se que a aplicação mantém um histórico da medicação distribuída e dos pacientes dispensados durante o processo e otimiza o processo por maximização da segurança dos pacientes. Durante a fase de testes efetuou-se um <i>survey</i> junto das enfermeiras para validação da usabilidade do protótipo dimensionado [463].	Questionário	N/S
14	Dimensionamento de um sistema de <i>mobile health</i> baseado na utilização de um <i>smartphone</i> e <i>wearables</i> para monitorização dos parâmetros fisiológicos, e de um <i>backoffice</i> para os profissionais de saúde monitorizarem o estado do paciente e configurarem planos de monitorização de uma forma granular. O protótipo foi desenvolvido segundo uma arquitetura <i>Service-oriented Architecture</i> (SOA) e integrado com sensores disponíveis para uso comercial. Adicionalmente efetuou-se um estudo para analisar a usabilidade do sistema, por utilização da metodologia SUS [464].	SUS	SUS
15	Execução de um estudo que visa identificar os desafios associados ao <i>design</i> de tecnologias de <i>speech recognition</i> e as áreas de atuação no contexto de AAL. Note-se que as múltiplas formas de linguagem natural são bem aceites pela comunidade científica, em contextos em que as formas de interação convencionais não são aplicáveis [465].	<i>Wizard of Oz</i>	N/A

A.5 Resultados obtidos

Doctor Helper

Os objetos e ações da interface tem a seguinte distribuição:

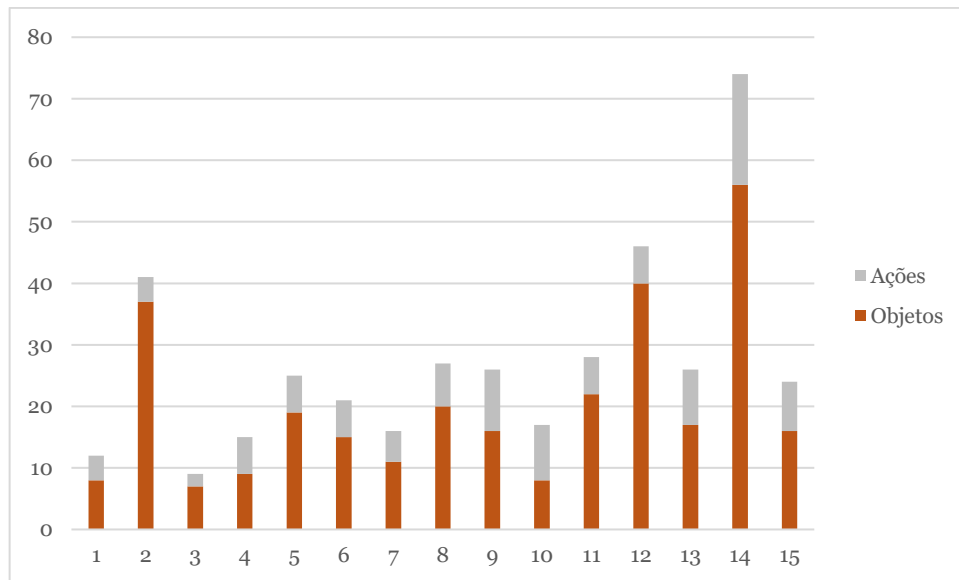


Fig. 66: Distribuição dos elementos da interface por ecrã e secção.

Legenda

- | | |
|--|---|
| 1 – Ecrã de autenticação do utilizador | 2 – Ecrã de criação da conta |
| 3 - Ecrã de recuperação da senha | 4 - Ecrã da <i>timeline</i> |
| 5 - Ecrã de sensores e secção de visão geral | 6 - Ecrã de sensores e secção de visão tabelar |
| 7 - Ecrã de sensores e secção de visão gráfica | 8 - Ecrã de sensores e secção de modificação de dados |
| 9 - Ecrã de sensores e secção de resolução de problemas | 10 - Ecrã de sensores e secção de execução de medições |
| 11 - Ecrã de configurações e secção de <i>layout</i> | 12 - Ecrã de configurações e secção do perfil |
| 13 - Ecrã de configurações e secção do equipamento | 14 - Ecrã de configurações e secção das notificações |
| 15 - Ecrã de configurações e secção de dados | |

Os capítulos seguintes apresentam a análise da interface dimensionada por aplicação do processo de parametrização efetuado às restantes linhas orientadores identificadas na literatura.

A.5.1.1 Princípios cognitivos de Gerhardt-Powals

Em termos dos princípios cognitivos de Gerhardt-Powals os resultados enaltecem lacunas no contexto de (1) Automatização de tarefas desnecessárias, (6) Formação consistente de blocos de informação para minimização do tempo de pesquisa e (7) Minimização do número de tarefas de recolha de dados (vide Tabela 105).

Tabela 105: Avaliação da interface de acordo com os princípios cognitivos de Gerhardt-Powals.

#	Descrição	Avaliação
1	Automatização de tarefas desnecessárias.	D
2	Minimização de informação dúbia.	A
3	Fusão de informação.	B
4	Apresentação de nova informação com mecanismos de suporte que auxiliem na sua interpretação.	B
5	Uso de nomes adequados às opções apresentadas na interface.	A
6	Formação consistente de blocos de informação para minimização do tempo de pesquisa na interface.	F
7	Minimização do número de tarefas de recolha de dados.	C
8	Inclusão na interface de informação necessária para o utilizador.	A
9	Fornecimento de informação codificada quando necessário.	B
10	Redundância.	B

(1) Automatização de tarefas desnecessárias

De entre os parâmetros definidos o que contribuiu para o valor quantitativo discriminado foi a ausência de fornecimento de um valor por defeito para a totalidade de objetos identificados, que atingiu um nível de conformidade de 40%.

(6) Formação consistente de blocos de informação para minimização do tempo de pesquisa

A corroboração do parâmetro - existência de um mecanismo que agrupa a informação – consiste na identificação por secção da interface da existência nos mecanismos de pesquisa de um sistema de *tags*. Na atual implementação o conceito de *tag* não existe, o que conferiu a pontuação discriminada ao princípio identificado.

(7) Minimização do número de tarefas de recolha de dados

De acordo com o apresentado no capítulo 5.2.1.2 os mesmos parâmetros são aplicados para quantificar o primeiro princípio de Jakob Nielsen e o sétimo de Gerhardt-Powals. Como consequência a análise efetuada no capítulo 5.2.1.1 aplicar-se-á de igual forma.

A.5.1.2 Regras de ouro de Shneiderman

Em termos das regras de ouro de Shneiderman os resultados enaltecem lacunas no contexto de (2) Utilização de atalhos por utilizadores frequentes, (4) Design de diálogos para fornecer uma perceção de conclusão da ação, (5) Fornecimento de mecanismos de tratamento de erros, (7) Controlo das operações efetuadas do lado do utilizador e (8) Minimização da memória consumida no processo de interação (vide Tabela 106)

Tabela 106: Avaliação da interface de acordo com as regras de ouro de Shneiderman.

#	Descrição	Avaliação
1	Imposição de consistência.	A
2	Utilização de atalhos por utilizadores frequentes.	F
3	Fornecimento de <i>feedback</i> informativo.	B
4	Design de diálogos para fornecer uma percepção de conclusão da ação.	C
5	Fornecimento de mecanismos de tratamento de erros.	F
6	Fornecimento de uma forma simples para reverter uma ação na interface.	B
7	Controlo das operações efetuadas do lado do utilizador.	D
8	Minimização da memória consumida no processo de interação.	D

(1) Utilização de atalhos por utilizadores frequentes

De acordo com o apresentado no capítulo 5.2.1.3 os mesmos parâmetros são aplicados para quantificar o segundo princípio de Schneiderman e o sétimo princípio de Jakob Nielsen. Como consequência a análise efetuada no capítulo 5.2.1.1 aplicar-se-á de igual forma.

(4) Design de diálogos para fornecer uma percepção de conclusão da ação

A análise efetuada a cada ação da interface identificou uma utilização inadequada ou uma inexistência de utilização de diálogos de conclusão para notificar o utilizador da finalização de uma determinada operação. O parâmetro regista um nível de conformidade de 76.30% para a totalidade de ações identificadas.

(5) Fornecimento de mecanismos de tratamento de erros

De acordo com o apresentado no capítulo 5.2.1.3 os mesmos parâmetros são aplicados para quantificar o quinto princípio de Schneiderman e o quinto princípio de Jakob Nielsen. Como consequência a análise efetuada no capítulo 5.2.1.1 aplicar-se-á de igual forma.

(7) Controlo das operações efetuadas do lado do utilizador

De entre os parâmetros definidos o que contribui para o valor quantitativo discriminado foi a inadequada utilização de diálogos de confirmação para clarificar o intuito do utilizador e mantê-lo ciente das consequências inerentes à ação discriminada. O parâmetro regista um nível de conformidade de 34.88% para a totalidade de ações identificadas. Note-se que a análise identifica as ações em que a aplicação do componente discriminado é aplicável. De uma forma imediata a sua aplicação restringiu-se a todas as ações que despoletem uma operação de escrita sobre o sistema dimensionado.

(8) Minimização da memória consumida no processo de interação

De acordo com o apresentado no capítulo 5.2.1.3 os mesmos parâmetros são aplicados para quantificar o oitavo princípio de Schneiderman e o nono princípio de Jakob Nielsen. Como consequência a análise efetuada no capítulo 5.2.1.1 aplicar-se-á de igual forma.

A.5.1.3 Princípios cognitivos de Weinschenk e Barker

Em termos dos princípios cognitivos de Weinschenk e Barker os resultados enaltecem lacunas no contexto de (2) Limitações humanas, (7) Simplicidade, (9) Interpretação, (10) Exatidão, (17) Suporte, (19) Amigável e (20) Capacidade de resposta (vide Tabela 107).

Tabela 107: Avaliação da interface de acordo com os princípios cognitivos de Weinschenk e Barker.

#	Descrição	Avaliação
1	Controlo do utilizador	B
2	Limitações humanas	D
3	Integridade modal	N/Q
4	Comodidade	B
5	Clareza linguística	A
6	Integridade estética	A
7	Simplicidade	C
8	Previsibilidade	A
9	Interpretação	F
10	Exatidão	F
11	Clareza técnica	B
12	Flexibilidade	A
13	Realização	N/Q
14	Adequação cultural	N/Q
15	Ritmo de interação	N/Q
16	Consistência	A
17	Suporte	F
18	Precisão	B
19	Tolerância a erros	C
20	Capacidade de resposta	D

Legenda

N/Q – Não quantificável, pelo que a sua avaliação não efetuar-se-á.

(2) Limitações humanas

De entre os parâmetros definidos o que contribui para o valor quantitativo discriminado foi o que destaca a necessidade do *look and feel* dos objetos ter de depender da sua utilização. Note-se que atualmente o sistema não salvaguarda o estado do objeto após a primeira interação, o que

condiciona a corroboração do parâmetro e conseqüentemente motiva a inconformidade detetada ao nível dos objetos identificados.

(7) Simplicidade

De entre os parâmetros definidos o que contribui para o valor quantitativo discriminado foi a ausência de fornecimento de um valor por defeito por parte dos objetos identificados na interface. O parâmetro registra um nível de conformidade de 40% para a totalidade dos objetos identificados.

(9) Interpretação

A corroboração do parâmetro - existência de mecanismos que inferem as intenções do utilizador no decorrer da utilização da interface – na totalidade dos objetos identificados evidenciou a ausência por parte da interface na antecipação das intenções do utilizador. Por exemplo as *input tags* identificadas são desprovidas de qualquer tipo de mecanismo de *autocomplete*. Note-se que ausência do mecanismo discriminado motivou a avaliação atribuída.

(10) Exatidão

De acordo com o apresentado no capítulo 5.2.1.2 os mesmos parâmetros são aplicados para quantificar o quinto princípio de Jakob Nielsen e o décimo de Weinschenk e Barker. Como consequência a análise efetuada no capítulo 5.2.1.1 aplicar-se-á de igual forma.

(17) Suporte

De acordo com o apresentado no capítulo 5.2.1.2 os mesmos parâmetros são aplicados para quantificar o décimo princípio de Jakob Nielsen e o décimo sétimo de Weinschenk e Barker. Como consequência a análise efetuada no capítulo 5.2.1.1 aplicar-se-á de igual forma.

(19) Tolerância a erros

De acordo com o apresentado no capítulo 5.2.1.2 os mesmos parâmetros são aplicados para quantificar o nono princípio de Jakob Nielsen e o décimo nono de Weinschenk e Barker. Como consequência a análise efetuada no capítulo 5.2.1.1 aplicar-se-á de igual forma.

(20) Capacidade de resposta

De acordo com o apresentado no capítulo 5.2.1.2 os mesmos parâmetros são aplicados para quantificar o primeiro princípio de Jakob Nielsen e o vigésimo de Weinschenk e Barker. Como consequência a análise efetuada no capítulo 5.2.1.1 aplicar-se-á de igual forma.

A.5.1.4 Princípios de *design* de interação de Tognazzini

Em termos dos princípios cognitivos de Weinschenk e Barker os resultados enaltecem lacunas no contexto de Componente estética (1.1 e 1.2), Autonomia (3.1 e 3.4), Cores da interface (4.1 e 4.2), Valores por defeito (6), Eficiência do utilizador (8.2), Interfaces exploráveis (9.2 e 9.5), Metáforas (14.1), Protecção do trabalho do utilizador (15), Legibilidade (16.5), Simplicidade (17.3) e Estado (18.1, 18.2, 18.3).

Tabela 108: Avaliação da interface de acordo com os princípios de *design* de Tognazzini.

#	Descrição	Ponto	Avaliação
1	Componente estética	1	F
1	Componente estética	2	F
2	Previsibilidade	1	A
3	Autonomia	1	F
3	Autonomia	2	N/Q
3	Autonomia	3	N/Q
3	Autonomia	4	C
4	Cores na interface	1	C
4	Cores na interface	2	F
4	Cores na interface	3	N/Q
4	Cores na interface	4	N/Q
5	Consistência	-	A
6	Valores por defeito	-	F
7	Visibilidade	1	N/Q
7	Visibilidade	2	N/Q
7	Visibilidade	3	N/Q
7	Visibilidade	4	A
7	Visibilidade	5	N/Q
7	Visibilidade	6	N/Q
7	Visibilidade	7	N/Q
8	Eficiência do utilizador	1	N/Q
8	Eficiência do utilizador	2	C
8	Eficiência do utilizador	3	N/Q
8	Eficiência do utilizador	4	A
9	Interfaces exploráveis	1	N/Q
9	Interfaces exploráveis	2	F
9	Interfaces exploráveis	3	A
9	Interfaces exploráveis	4	B
9	Interfaces exploráveis	5	F
10	Lei de Fitts	-	A
11	Objetos da interface	1	N/Q
11	Objetos da interface	2	N/Q
11	Objetos da interface	3	N/Q
12	Redução da latência	1	A
12	Redução da latência	2	A
13	Curva de aprendizagem	1	N/Q
13	Curva de aprendizagem	2	N/Q

Tabela 109: Avaliação da interface de acordo com os princípios de *design* de Tognazzini (cont.).

#	Descrição	Ponto	Avaliação
14	Metáforas	1	F
14	Metáforas	2	N/A
15	Proteção do trabalho do utilizador final	-	F
16	Legibilidade	1	A
16	Legibilidade	2	A
16	Legibilidade	3	A
16	Legibilidade	4	B
16	Legibilidade	5	F
16	Legibilidade	6	A
17	Simplicidade	1	N/Q
17	Simplicidade	2	N/Q
17	Simplicidade	3	F
18	Estado	1	F
18	Estado	2	F
18	Estado	3	F
19	Navegação	1	A
19	Navegação	2	N/A

Legenda

N/Q – Não quantificável, pelo que a sua avaliação não efetuar-se-á.

(1.1 e 1.2) Componente estética

A avaliação da componente estética da interface baseia-se na análise de duas regras, a definição do *design* por profissionais na área e a ênfase sobre a sua usabilidade em detrimento do seu *look and feel*. De acordo com o definido no capítulo A.5.1.4 a parametrização das regras identificadas não foi aplicada, pelo que a sua análise baseou-se na identificação se durante o dimensionamento da interface foram corroboradas. Neste caso específico não existiu corroboração das regras definidas pelo que atribui-se um nível de conformidade de 0%.

(3.1) Autonomia

A corroboração dos parâmetros - existência de um mecanismo para visualização e gestão das tarefas em *background* – enalteceu a ausência de controlo sobre as operações efetuadas pela interface. Factor que motivou a atribuição do nível de conformidade de 0% para ambos os parâmetros dentro da categoria definida.

(3.4) Autonomia

De acordo com o apresentado no capítulo 5.2.1.3 os mesmos parâmetros são aplicados para quantificar o quarto princípio de Tognazzini no contexto discriminado e o primeiro princípio de Jakob Nielsen. Como consequência a análise efetuada no capítulo 5.2.1.1 aplicar-se-á de igual forma.

(4.1) Cores da interface

De entre os parâmetros definidos o que contribuiu para o valor quantitativo discriminado foi a ausência de utilização de um *text style* no conteúdo de texto dos objetos identificados na interface. O parâmetro regista um nível de conformidade de 38.09% para a totalidade de objetos identificados em que a sua utilização é aplicável.

(4.2) Cores da interface

De acordo com o definido no capítulo 5.2.1.5 a corroboração do princípio impõe a identificação se os designs dimensionados foram testados por pessoas daltónicas. Como a validação não foi contemplada durante a fase de *design* o princípio registou um nível de conformidade de 0%.

(6) Valores por defeito

De entre os parâmetros definidos os que contribuíram para o valor quantitativo discriminado foram a ausência de comunicação das consequências associadas à utilização do valor por defeito nos objetos identificados para a execução da ação discriminada e a utilização inapropriada da palavra “default” para notificar o utilizador do uso do valor por defeito. Note-se que a ausência de informação alheia o utilizador das regras de manuseamento da interface, condicionando a sua curva de aprendizagem. Os níveis de conformidade registados para ambos os parâmetros estão discriminados no gráfico seguinte:

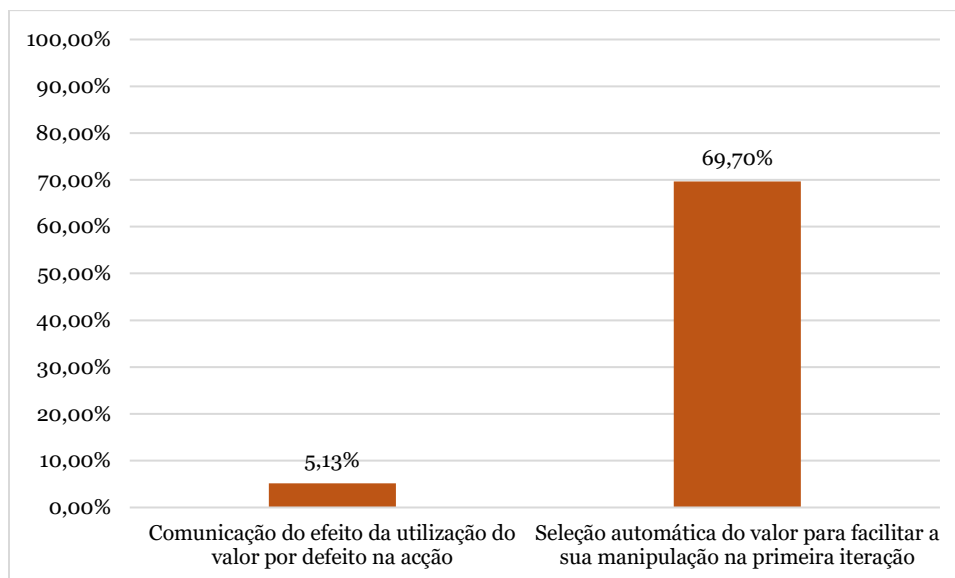


Fig. 67: Avaliação dos parâmetros associados à utilização de valores por defeito na interface.

(8.2) Eficiência do utilizador

A sua corroboração impõe a identificação da natureza de ações executadas na interface, de modo a clarificar se a sua execução impede o utilizador de prosseguir com o seu trabalho até ser concluída. Como consequência a análise identificou a existência de 69.23% de ações não bloqueantes na interface dimensionada.

(9.2) Interfaces exploráveis

A corroboração do parâmetro impõe a identificação por ecrã da interface dimensionada de um tutorial que clarifique/contextualize o utilizador relativamente ao objetivo inerente ao ecrã discriminado. O parâmetro registou um nível de conformidade de 18.75% para a totalidade de ecrãs identificados.

(9.5) Interfaces exploráveis

De entre os parâmetros definidos o que contribui para o valor quantitativo discriminado foi a ausência de um mecanismo que clarificasse junto do utilizador se seria a sua intenção continuar a executar a última ação despoletada na interface. Note-se que como a sua inclusão não foi contemplada durante a implementação da interface o parâmetro registou um nível de conformidade de 0% para a totalidade dos ecrãs identificados.

(14.1) Metáforas

A corroboração do parâmetro - utilização de um conceito ou objeto como representação do que é pretendido – realça lacunas ao nível da utilização de metáforas nos objetos da interface. A sua quantificação baseou-se na identificação de ícones, representações gráficas que permitissem criar uma associação entre o mundo real e o tipo de informação ou ação subjacente ao objeto

discriminado. O parâmetro registou um nível de conformidade de 40.47% para a totalidade de objetos identificados na interface.

(15) Proteção do trabalho do utilizador

A corroboração do parâmetro - existência de um mecanismo que salvaguarda o trabalho do utilizador na ocorrência de um evento anómalo – efetuou-se por ecrã da interface dimensionada. Note-se que como a sua inclusão não foi contemplada durante a implementação da interface o nível de conformidade registado foi de 0% para a totalidade de ecrãs identificados.

(16.5) Legibilidade

De acordo com o discriminado no capítulo 5.2.1.5 a natureza do princípio discriminado inviabiliza a sua parametrização. Como consequência a sua quantificação resumiu-se à clarificação se os designs foram testados por utilizadores idosos. Como a validação não foi contemplada durante a criação dos designs o princípio registou um nível de conformidade de 0% para a totalidade de ecrãs identificados.

(17.3) Simplicidade

De acordo com o apresentado no capítulo 5.2.1.5 os mesmos parâmetros são aplicados para quantificar o terceiro ponto do décimo sétimo princípio de Tognazzini no contexto discriminado e o sétimo princípio de Weinschenk e Barker. Como consequência a análise efetuada no capítulo A.5.1.3 aplicar-se-á de igual forma.

(18.1) Estado

A corroboração dos parâmetros - existência de um mecanismo para visualização do histórico de ações do utilizador, fornecimento de perceção ao utilizador se é a primeira vez que usa o sistema e reencaminhamento após a entrada no sistema do utilizador para a última secção visitada – evidenciou que a interface dimensionada não contemplou as funcionalidades inerentes aos parâmetros identificados. A identificação do histórico de ações efetuou-se por ecrã da interface, enquanto que os restantes parâmetros, devido ao seu nível de transversabilidade, analisaram-se sobre a interface como um todo. Note-se que como não foram contemplados durante a fase de desenvolvimento registaram um nível de conformidade de 0%.

(18.2) Estado

A informação fornecida ao sistema pelo utilizador dever-se-ia de acordo com as boas práticas ser encriptada. Principalmente a informação de natureza sensível, que confira a possibilidade de identificar o utilizador de forma explícita. Note-se que do ponto de vista do servidor a medida não foi contemplada, pelo que o parâmetro registou um nível de conformidade de 0%.

(18.3) Estado

O ponto discriminado foca-se sobre a notificação do utilizador que toda a informação requerida é persistida e encriptado no servidor remoto. Note-se que a natureza da notificação impõe que seja apresentada pelos termos de utilização durante o processo de registo ou durante o login do utilizador. Como durante a fase de implementação a funcionalidade não foi contemplada o parâmetro registou um nível de conformidade de 0% para a totalidade de ecrãs identificados.

SmartAL

A distribuição dos objetos e ações da interface pelos múltiplos ecrãs varia em função da tipologia do utilizador – paciente e cuidador (vide Fig. 68 e Fig. 69). As discrepâncias na distribuição advêm do número de funcionalidades e estrutura hierárquica inerentes a cada tipo de utilizador.

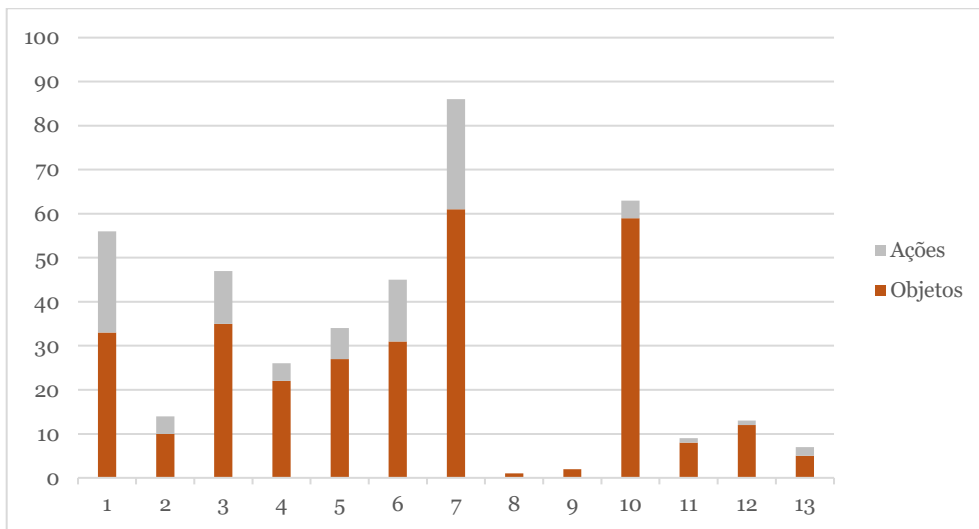


Fig. 68: Distribuição dos elementos da interface nas áreas específicas do paciente.

Legenda

- | | |
|--|---|
| 1 – Ecrã principal | 2 - Ecrã principal e secção do monitor |
| 3 - Ecrã principal e secção de saúde | 4 - Ecrã principal e secção de listagem |
| 5 - Ecrã principal e secção de contactos | 6 - Ecrã principal e secção de avisos |
| 7 - Ecrã principal e secção de calendário | 8 - Ecrã principal e secção de vídeos de ajuda |
| 9 - Ecrã principal e secção de inquéritos | 10 - Ecrã principal e secção de perfil |
| 11 - Ecrã principal e secção de configuração de contactos | 12 - Ecrã principal e secção de alteração de senha |
| 13 – Diálogo de confirmação do <i>logout</i> | |

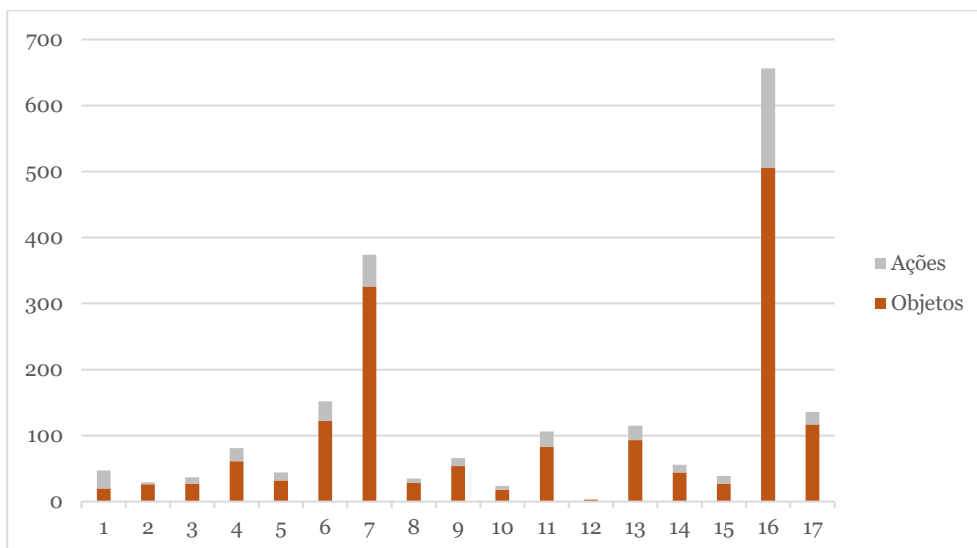


Fig. 69: Distribuição dos elementos da interface nas áreas específicas do cuidador.

Legenda

- | | |
|--|---|
| 1 – Ecrã principal | 2 - Ecrã principal e secção do monitor |
| 3 - Ecrã principal e secção de contactos | 4 - Ecrã principal e secção de calendário |
| 5 - Ecrã principal e secção de utilizadores | 6 - Ecrã principal e secção planeamento para gestão de planos |
| 7 - Ecrã principal e secção de planeamento para gestão de tarefas | 8 - Ecrã principal e secção de planeamento do histórico de tarefas |
| 9 - Ecrã principal e secção de relatórios simples | 10 - Ecrã principal e secção de relatórios agrupados |
| 11 - Ecrã principal e secção de gestão de inquéritos | 12 - Ecrã principal e secção de configuração de limites |
| 13 - Ecrã principal e secção de configuração de lotes | 14 - Ecrã principal e secção de configuração dos vídeos de ajuda |
| 15 - Ecrã principal e secção de notificações gerais | 16 - Ecrã principal e secção de detalhes dos pacientes |
| 17 - Ecrã principal e secção de opções adicionais | |

Os ecrãs comuns a ambos os utilizadores têm a seguinte distribuição:

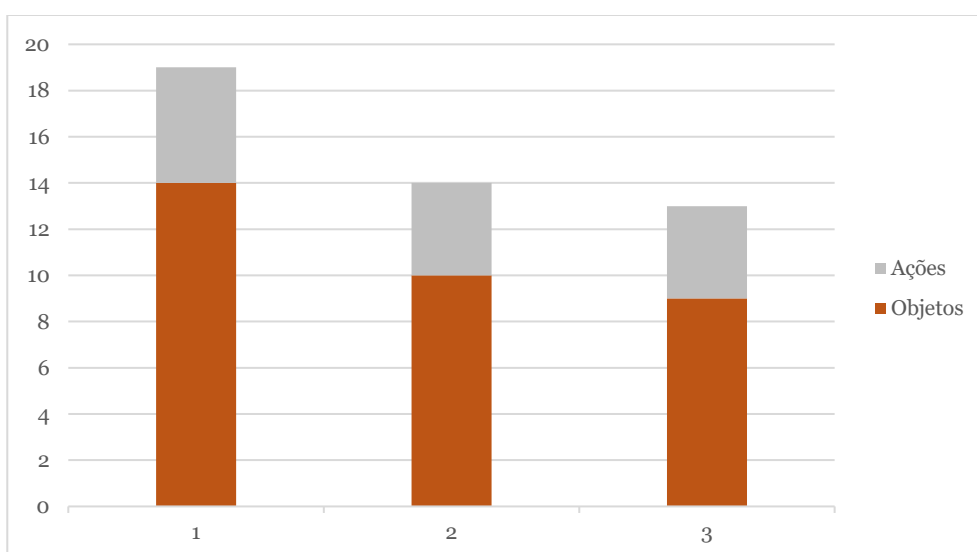


Fig. 70: Distribuição dos elementos da interface nas áreas agnósticas por utilizador.

Legenda

1 – Ecrã de *login*

2 - Ecrã de obtenção da aplicação *mobile*

3 - Ecrã de recuperação da senha

Todos os resultados obtidos foram extrapolados através do processo de avaliação executado e descrito nas tabelas de avaliação existentes na pasta de apêndices.

A.6 Publicações e certificados de participação

No contexto da tese foram redigidos três artigos científicos para as conferências ICEUBI 2019 [466], ICICT 2022 [467] e ICEIS 2022 [468] e adicionalmente foi criado um artigo para a revista “Human Behaviour and Emerging Technologies” ainda com a aprovação pendente [469]. Note-se que o artigo foi igualmente submetido em revistas como a revista de “Visual Informatics” e “Computational Design and Engineering”, contudo a submissão não foi aceite por estar fora do âmbito da revista. No caso específico da revista “Computational Design and Engineering” foi fornecido o seguinte *feedback*:

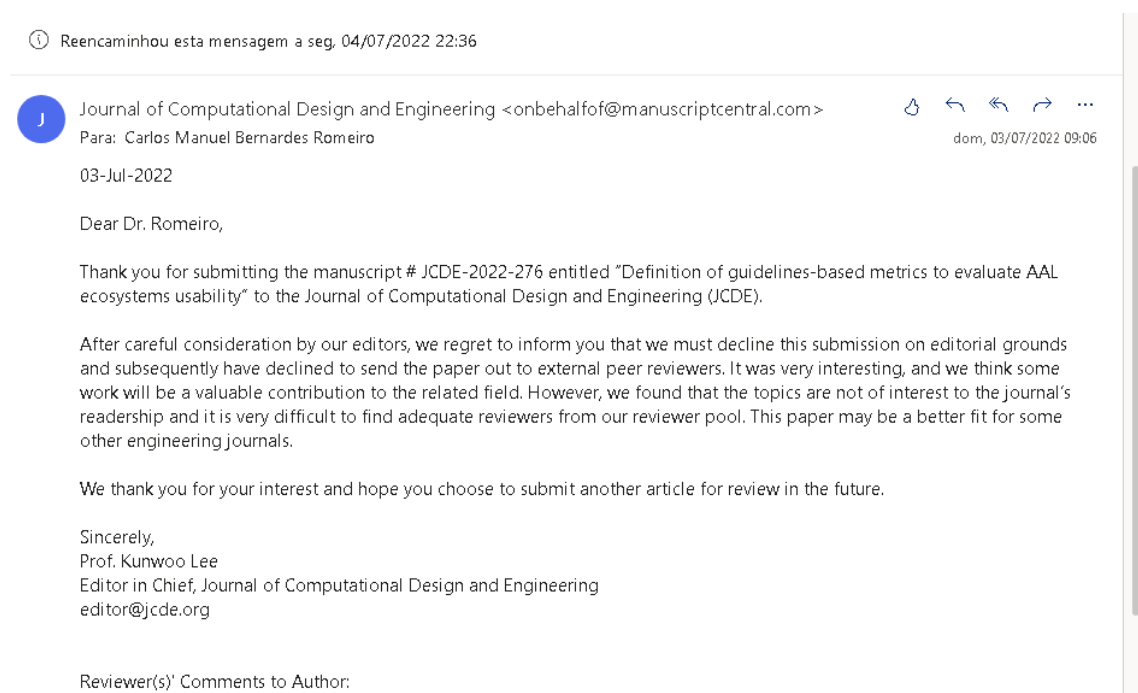


Fig. 71: Feedback fornecido pelos editores da revista “Computational Design and Engineering”.

Como consequência foram obtidos através da participação do discente nas conferências ICICT 2022 e ICEIS 2022 dois certificados.

Official Certificate

Carlos Romeiro

Universidade da Beira Interior, Portugal

attended the

**24th International Conference on Enterprise
Information Systems
(ICEIS 2022)**

held online from April 25 to 27, 2022

and presented a paper entitled

*Guidelines' Parametrization to Assess AAL
Ecosystems' Usability*

as Conference Speaker.

On behalf of the Organizing Committee,



Joaquim Filipe
ICEIS Program Co-chair

Fig. 72: Certificado da conferência ICEIS 2022.



ICICT 2022
International Congress & Excellence Awards

**7th INTERNATIONAL CONGRESS ON
INFORMATION & COMMUNICATION TECHNOLOGY**

Certificate

This is to certify that

Carlos Romeiro, Pedro Araujo

has contributed a paper titled

Principles' Parametrization to Assert the Usability Compliance Level of AAL Ecosystems

in 7th International Congress on Information & Communication Technology (ICICT 2022)
held during 21-24 February, 2022. The conference was held through Digital Platform ZOOM.

The paper has also been selected for publication in the (ICICT) conference as per fulfilment of guidelines issued by Springer.

We wish the authors all the very best for future endeavors.

R. Simon Sherratt
University of Reading
United Kingdom

Xin-She Yang
Middlesex University
United Kingdom

Nilanjan Dey
JIS University
India

Amit Joshi
Organising Secretary
ICICT 2022



Fig. 73: Certificado da conferência ICICT 2022.

Capítulo 8

Bibliografia

- [1] K. Curran, *Recent Advances in Ambient Intelligence and Context-Aware Computing*, 1ª Edição. IGI Global, 2014.
- [2] C. van den Broek, G., Cavallo, F., Wehrmann, *AALLIANCE Ambient Assisted Living Roadmap*. IOS Press, 2010.
- [3] S. T. M. Peek, E. J. M. Wouters, J. van Hoof, K. G. Luijkx, H. R. Boeije, and H. J. M. Vrijhoef, “Factors influencing acceptance of technology for aging in place: A systematic review,” *Int J Med Inform*, vol. 83, no. 4, pp. 235–248, 2014, doi: 10.1016/j.ijmedinf.2014.01.004.
- [4] T. Greenhalgh, J. Wherton, P. Sugarhood, S. Hinder, R. Procter, and R. Stones, “What matters to older people with assisted living needs? A phenomenological analysis of the use and non-use of telehealth and telecare,” *Soc Sci Med*, vol. 93, pp. 86–94, 2013, doi: 10.1016/j.socscimed.2013.05.036.
- [5] A. Queirós *et al.*, “ICF inspired Personas to improve development for usability and accessibility in Ambient Assisted Living,” 2014.
- [6] R. Blasco, Á. Marco, R. Casas, D. Cirujano, and R. Picking, “A smart kitchen for ambient assisted living,” *Sensors (Basel)*, vol. 14, no. 1, pp. 1629–1653, 2013, doi: 10.3390/s140101629.
- [7] A. S. Hwang, K. N. Truong, J. I. Cameron, E. Lindqvist, L. Nygård, and A. Mihailidis, “Co-Designing Ambient Assisted Living (AAL) Environments: Unravelling the Situated Context of Informal Dementia Care,” *Biomed Res Int*, vol. 2015, pp. 1–12, 2015, doi: 10.1155/2015/720483.
- [8] V. S. Ribeiro, A. I. Martins, A. Queirós, A. G. Silva, and N. P. Rocha, “Usability Evaluation of a health care application based on IPTV,” 2015.
- [9] S. Blomkvist, “Towards a Model for Bridging Agile Development and User-Centered Design,” in *Human-Centered Software Engineering --- Integrating Usability in the Software Development Lifecycle*, A. Seffah, J. Gulliksen, and M. C. Desmarais, Eds., Dordrecht: Springer Netherlands, 2005, pp. 219–244. doi: 10.1007/1-4020-4113-6_12.
- [10] L. Constantine and L. Lockwood, “Process agility and software usability: Toward lightweight usage-centered design,” *Information Age*, vol. 8, no. 8, pp. 1–10, 2002.
- [11] J. Armitage, “Are agile methods good for design?,” *Interactions*, vol. 11, no. 1, pp. 14–23, 2004, doi: 10.1145/962342.962352.
- [12] J. Sun, “Usability Evaluation Approach of Educational Resources Software Using Mixed Intelligent Optimization,” *Math Probl Eng*, vol. 2017, p. 2926904, 2017, doi: 10.1155/2017/2926904.
- [13] X. Ferre, E. Villalba, H. Julio, and H. Zhu, “Extending Mobile App Analytics for Usability Test Logging,” in *Human-Computer Interaction – INTERACT 2017*, R. Bernhaupt, G.

- Dalvi, A. Joshi, D. K. Balkrishan, J. O'Neill, and M. Winckler, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 114–131.
- [14] R. Parente Da Costa, E. D. Canedo, R. T. De Sousa, R. De Oliveira Albuquerque, and L. J. García Villalba, “Set of Usability Heuristics for Quality Assessment of Mobile Applications on Smartphones,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 116145–116161, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2910778.
- [15] R. Veral and J. A. Macías, “Supporting user-perceived usability benchmarking through a developed quantitative metric,” *Int J Hum Comput Stud*, vol. 122, pp. 184–195, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.09.012>.
- [16] R. F. Ribeiro, M. de Meneses Campanhã Souza, P. A. M. de Oliveira, and P. de Alcântara dos Santos Neto, “Usability Problems Discovery Based on the Automatic Detection of Usability Smells,” in *Proceedings of the 34th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing*, in SAC '19. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019, pp. 2328–2335. doi: 10.1145/3297280.3299747.
- [17] M. Virtanen, “Applying test automation in usability testing,” Turku University of Applied Sciences, 2019.
- [18] M. Bures, M. MacIk, B. S. Ahmed, V. Rechtberger, and P. Slavik, “Testing the Usability and Accessibility of Smart TV Applications Using an Automated Model-Based Approach,” *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 66, no. 2, pp. 134–143, 2020, doi: 10.1109/TCE.2020.2986049.
- [19] D. Ripalda, C. Guevara, and A. Garrido, “Gestalt Prototyping Framework - Evaluation Tool,” pp. 747–752, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-68017-6_111.
- [20] A. Kaya, C. A. Gumussoy, B. Ekmen, and A. E. Bayraktaroglu, “Usability heuristics for the set-top box and TV interfaces,” *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, vol. 31, no. 3, pp. 270–290, 2021, doi: <https://doi.org/10.1002/hfm.20885>.
- [21] M. Muhanna, A. Masoud, and A. Qusef, “Usability Heuristics for Evaluating Arabic Mobile Games,” *International Journal of Computer Games Technology*, vol. 2022, p. 5641486, 2022, doi: 10.1155/2022/5641486.
- [22] Eurostat, “Increase in the share of the population aged 65 years or over between 2008 and 2018,” 2019. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Population_structure_and_ageing (accessed Aug. 10, 2021).
- [23] United Nations, *[World population prospects 2019]*, no. 141. 2019. [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12283219>
- [24] Age UK, “Later life in the United Kingdom 2019,” no. May, 2019, [Online]. Available: <https://www.ageuk.org.uk/our-impact/policy-research/policy-positions/>
- [25] The World Bank, “Population ages 65 and above (% of total population),” 2017. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.65UP.TO.ZS> (accessed Sep. 15, 2019).
- [26] GNR, “Operação Censos Sénior 2017 – Resultados,” 2017. <https://www.gnr.pt/comunicado.aspx?linha=4206> (accessed Sep. 17, 2019).

- [27] P. W. W. Sermeus, P.M. Procter, Ed., *Nursing Informatics 2016: EHealth for All: Every Level Collaboration – From Project to Realization*. IOS Press, 2016.
- [28] G. Eysenbach, “What is e-health?,” 2001. doi: 10.2196/jmir.3.2.e20.
- [29] Y. K. Molham Darwish , Eric Senn, Christophe Lohr, “Smart Homes and Health Telematics,” C. Bodine, S. Helal, T. Gu, and M. Mokhtari, Eds., Springer International Publishing, 2014, pp. 231–233. doi: 10.1007/978-3-319-14424-5_26.
- [30] S. Thakur and S. N. Rao, “Ambient Assisted Living Roadmap,” *Igarss 2014*, no. 1, pp. 1–5, 2014, doi: 10.1007/s13398-014-0173-7.2.
- [31] S. Adibi, *mHealth Multidisciplinary Verticals*, 1ª Edição. CRC Press, 2014.
- [32] R. A. Whittaker R, Merry S, Stasiak K, McDowell H, Doherty I, Shepherd M, Dorey E, Parag V, Ameratunga S, “MEMO—A Mobile Phone Depression Prevention Intervention for Adolescents: Development Process and Postprogram Findings on Acceptability From a Randomized Controlled Trial,” 2012. doi: 10.2196/jmir.1857.
- [33] S. F. e M. M. E. L. Donaldson, “A text message based weight management intervention for overweight adults.,” *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, vol. 27, no. Suplemento S2, pp. 90–97, 2014, doi: 10.1111/jhn.12096.
- [34] S. Han, C. A. Crowther, P. Middleton, and E. Heatley, “Different types of dietary advice for women with gestational diabetes mellitus.,” *Cochrane Database Syst Rev*, vol. 3, no. 3, p. CD009275, 2013, doi: 10.1002/14651858.CD009275.pub2.
- [35] M. Patrick D. Savage *et al.*, “Clinical Research in Cardiac Rehabilitation and Secondary Prevention: Looking Back and Moving Forward,” *J Cardiopulm Rehabil Prev*, vol. 31, no. 6, pp. 333–341, 2011, doi: 10.1097/HCR.ob013e318222fof79.Clinical.
- [36] M. L. van der Kop *et al.*, “The effect of weekly short message service communication on patient retention in care in the first year after HIV diagnosis: study protocol for a randomised controlled trial (WelTel Retain),” *BMJ Open*, vol. 3, no. 6, pp. e003155–e003155, 2013, doi: 10.1136/bmjopen-2013-003155.
- [37] A. de L. Pérez, E. Brugués, and A. Leiva, “Prevention of T2DM: eHealth,” 2014. <http://www.diapedia.org/type-2-diabetes-mellitus/prevention-of-t2dm-ehealth> (accessed Oct. 20, 2015).
- [38] “New Electronic Health Record app to reduce patient risk of stroke and coronary heart disease,” 2014. <http://cph.osu.edu/news/2014/02/new-electronic-health-record-app-reduce-patient-risk-stroke-and-coronary-heart-diseas-o> (accessed Oct. 20, 2015).
- [39] T. E. Kottke and C. J. Baechler, “An Algorithm That Identifies Coronary and Heart Failure Events in the Electronic Health Record,” *Prev Chronic Dis*, vol. 10, p. 120097, 2013, doi: 10.5888/pcd10.120097.
- [40] A. F. Otoom, E. E. Abdallah, Y. Kilani, A. Kefaye, and M. Ashour, “Effective diagnosis and monitoring of heart disease,” *International Journal of Software Engineering and its Applications*, vol. 9, no. 1, pp. 143–156, 2015, doi: 10.14257/ijseia.2015.9.1.12.
- [41] R. N. Kannankutty, “Innovating Independent Living,” pp. 1–3, 2014.
- [42] A. L. Facilities, “Internet of Things. User-Centric IoT,” vol. 150, pp. 1–4, 2015, doi: 10.1007/978-3-319-19656-5.

- [43] The Statistics Portal, "Internet of Things (IoT): number of connected devices worldwide from 2012 to 2020 (in billions)." <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/> (accessed Mar. 08, 2017).
- [44] J. S. Kumar, "A Survey on Internet of Things : Security and Privacy Issues," vol. 90, no. 11, pp. 20–26, 2014.
- [45] S. De Miguel-bilbao, J. García, M. D. Marcos, and V. Ramos, "Short Range Technologies for Ambient Assisted Living Systems in Telemedicine : New Healthcare Environments," 2013.
- [46] V. Ramos, "XIII Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing 2013," vol. 41, no. SEPTEMBER, 2014, doi: 10.1007/978-3-319-00846-2.
- [47] S. Khssibi, H. Idoudi, A. van den Bossche, T. Val, and L. Saidane, "Presentation and analysis of a new technology for low-power wireless sensor network," *International Journal of Digital Information and Wireless Communications (IJDIWC)*, vol. 3, pp. 75–86, 2013.
- [48] K. I. Alley, "Defining the Industrial Designer ' s Role in the ISO / IEC 62366 Standard".
- [49] T. Nottingham and N. E. User, "Jennifer L . and Young , Terry (2014) How many testers are needed to assure the usability of medical devices ? Expert Review of Medical Devices , 11 (5) . pp . 513-525 . ISSN 1743-4440," vol. 11, pp. 513–525, 2014.
- [50] N. L. Vincent G. Duffy, Ed., "Advances in Human Factors and Ergonomics in Healthcare: Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors and Ergonomics in Healthcare," Florida, 2016, pp. 268–269. doi: 10.1007/978-3-319-41652-6.
- [51] E. Shaver, "IEC 62366-1:2015 - More than a checkbox," *Ideas, News*, 2015. <http://www.humanfactorsmd.com/iec-62366-1-2015-more-than-a-checkbox/> (accessed Mar. 10, 2017).
- [52] SGS, "IEC 62366 DEVELOPING PRODUCT USABILITY AND CREATING OPPORTUNITIES FOR COMPETITIVE ADVANTAGE," 2012. <http://www.sgs.com/en/news/2012/08/iec-62366-developing-product-usability> (accessed Mar. 10, 2017).
- [53] C. Michaud, "IEC/FDIS 62366-1 released in November 2014," 2015. <http://blog.cm-dm.com/post/2015/01/09/IEC/FDIS-62366-1-released-in-November-2014> (accessed Mar. 10, 2017).
- [54] W. Karlen, Ed., *Mobile Point-of-Care Monitors and Diagnostic Device Design Devices, Circuits, and Systems*. CRC Press, 2014.
- [55] C. Michaud, "IEC 82304-1 - latest news about the standard on Health Software," 2016. <http://blog.cm-dm.com/post/2016/01/15/IEC-82304-1-latest-news-about-the-standard-on-Health-Software> (accessed Mar. 20, 2016).
- [56] ISO, "IEC 62304:2006 Medical device software — Software life cycle processes," 2006. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iec:62304:ed-1:v1:en> (accessed Mar. 20, 2017).

- [57] F. M. C. Lepmets, "A Lightweight Assessment Method for Medical Device Software Processes," *Software Process Improvement and Capability Determination*, no. January 2012, pp. 144–156, 2014, doi: 10.1007/978-3-319-13036-1_13.
- [58] F. McCaffery, M. Lepmets, and P. Clarke, "Medical Device Software as a Subsystem of an Overall Medical Device," vol. 15504, no. c, pp. 17–22, 2015.
- [59] Ö. Özcan-Top and F. McCaffery, "How does scrum conform to the regulatory requirements defined in MDevSPICE®?," *Communications in Computer and Information Science*, vol. 770, no. 2017, pp. 257–268, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-67383-7_19.
- [60] Ö. Özcan-Top and F. McCaffery, "A hybrid assessment approach for medical device software development companies," *Journal of Software: Evolution and Process*, vol. 30, no. 7, 2018, doi: 10.1002/smr.1929.
- [61] Ö. Özcan-Top and F. McCaffery, *To what extent the medical device software regulations can be achieved with agile software development methods? XP—DSDM—Scrum*, no. 0123456789. Springer US, 2019. doi: 10.1007/s11227-019-02793-x.
- [62] M. Soylemez and A. Tarhan, "A Review and Comparison of Maturity / Capability Frameworks for Healthcare Process Assessment and Improvement," *Software Quality Professional*, vol. 19, no. 2, pp. 28–34, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-38980-6.
- [63] E. a Ferro *et al.*, "The UniversAAL Platform for AAL (Ambient Assisted Living)," *Journal of Intelligent Systems*, vol. 24, no. 3, pp. 301–319, 2015, doi: 10.1515/jisys-2014-0127.
- [64] P. Sernani, F. Dalpiaz, A. F. Dragoni, and S. Brinkkemper, "Smart tales: An awareness game for ambient assisted living," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 9425, pp. 187–204, 2015, doi: 10.1007/978-3-319-26005-1_13.
- [65] M. Kantardzic, "Data-Mining Concepts," in *Data Mining*, John Wiley & Sons, Ltd, 2011, pp. 1–25. doi: <https://doi.org/10.1002/9781118029145.ch1>.
- [66] S. Mazilu and M. Hardegger, "Online detection of freezing of gait with smartphones and machine learning techniques," *Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), 2012 6th International Conference on*, 2012.
- [67] M. Yordanova, Y. Evstatieva, G. Chernev, S. Ilieva, R. Denkova, and D. Nikolova, "Enhancement of xylanase production by sol-gel immobilization of *Aspergillus awamori* K-1," *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, vol. 19, no. SUPPL. 2, pp. 117–119, 2013.
- [68] J. Bravo, R. Hervás, and V. Villarreal, Eds., *Ambient Assisted Living: Third International Workshop, IWAAL 2011, Held at IWANN 2011, Torremolinos-Málaga, Spain, June 8-10, 2011, Proceedings*. 2011.
- [69] A. M. Otebolaku and M. T. Andrade, "Context-Aware Multimedia Content Recommendations for Smartphone Users," *Encyclopedia of Information Science and Technology, Third Edition*, pp. 5658–5666, 2015, doi: 10.4018/978-1-4666-5888-2.ch559.
- [70] T. Le Vinh, S. Bouzeffrane, J. M. Farinone, A. Attar, and B. P. Kennedy, "Middleware to integrate mobile devices, sensors and cloud computing," *Procedia Comput Sci*, vol. 52, no. 1, pp. 234–243, 2015, doi: 10.1016/j.procs.2015.05.061.

- [71] R. Wilmar, D. S. Hoffmann, M. Domenech, and M. S. Wingham, “Um Ambiente Seguro de Vida Assistida na Web das Coisas (WoT) para Assistência Médica e Monitoramento Remoto de Paciente,” no. 1, pp. 519–521, 2015.
- [72] A. M. Bhatti and M. Masud, “Context Aware Intelligent Wallet for Healthcare,” vol. 96, no. 15, pp. 31–36, 2014.
- [73] F. Alexandre and D. S. Pereira, “DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE PACIENTES ACAMADOS Filipe Alexandre de Sousa Pereira Dissertação Para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Eletrônica e,” 2014.
- [74] Digi, “Módulo XBee.” <http://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions/modules/xbee-zigbee> (accessed Feb. 14, 2016).
- [75] Nuno Garcia and Joel José Rodrigues, “Ambient Assisted Living,” C. Press, Ed., 1ª Edição. 2015, pp. 8–13, 481–486, 488–491.
- [76] Aleksi Lintuvuori, “Using tablet devices to control complex home appliances,” Universidade de Tampere, 2015.
- [77] J. D. P. Ribeiro Filho, F. J. Da Silva e Silva, L. R. Coutinho, and B. D. T. P. Gomes, “MHARS: A mobile system for human activity recognition and inference of health situations in ambient assisted living,” *Journal of Applied Computing Research*, vol. 5, no. 1, pp. 44–58, 2016, doi: 10.4013/jacr.2016.51.04.
- [78] Apple, “Compare iPhone models.” <https://www.apple.com/iphone/compare/> (accessed Feb. 18, 2021).
- [79] Samsung, “Samsung Galaxy.” <https://www.samsung.com/global/galaxy/> (accessed Feb. 18, 2021).
- [80] K. Davis *et al.*, “Activity Recognition Based on Inertial Sensors for Ambient Assisted Living,” 2016.
- [81] G. Marques and R. Pitarma, “An indoor monitoring system for ambient assisted living based on internet of things architecture,” *Int J Environ Res Public Health*, vol. 13, no. 11, 2016, doi: 10.3390/ijerph13111152.
- [82] M. Habib, M. Mohktar, S. Kamaruzzaman, K. Lim, T. Pin, and F. Ibrahim, “Smartphone-Based Solutions for Fall Detection and Prevention: Challenges and Open Issues,” *Sensors*, vol. 14, no. 4, pp. 7181–7208, 2014, doi: 10.3390/s140407181.
- [83] E. Casilari and C. A. Silva, “An analytical comparison of datasets of Real-World and simulated falls intended for the evaluation of wearable fall alerting systems,” *Measurement*, vol. 202, p. 111843, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.111843>.
- [84] Smarter, “Smarter Coffee.” <http://smarter.am/coffee/> (accessed Mar. 29, 2016).
- [85] Mr. Coffee, “Mr. Coffee® Smart Optimal Brew.” <http://www.mrcoffee.com/coffee-makers/mr.-coffee-smart-optimal-brew-10-cup-programmable-coffee-maker-with-wemo-bvmc-pstx91we/BVMC-PSTX91WE.html> (accessed Mar. 29, 2016).
- [86] LG, “Smart ThinQ™ Super-Capacity 3 Door French Door Refrigerator with 8" Wi-Fi LCD Screen.” <http://www.lg.com/us/refrigerators/lg-LFX31995ST-french-3-door-refrigerator> (accessed Mar. 29, 2016).

- [87] Samsung, “Samsung RF22K9581SG/AA.” <http://www.samsung.com/us/appliances/refrigerators/RF22K9581SG/AA> (accessed Mar. 29, 2016).
- [88] LG, “High Efficiency-Inverter.” <http://www.lg-dfs.com/high-efficiency-inverter.aspx/LS090HSV4>
- [89] W. Paper, J. Hui, and A. R. Corporation, “Executive Summary.” 2009.
- [90] Tado, “Smart Thermostat.” <https://www.tado.com/pt/thermostat-setup> (accessed Mar. 29, 2016).
- [91] A. Aijaz and A. H. Aghvami, “Cognitive Machine-to-Machine Communications for Internet-of-Things: A Protocol Stack Perspective,” *IEEE Internet Things J*, vol. 2, no. 2, pp. 103–112, 2015, doi: 10.1109/JIOT.2015.2390775.
- [92] B. G. John L. Semmlow, *Biosignal and Medical Image Processing*, Third Edit. 2014.
- [93] A. Vogiatzaki, Emmanouela, Krukowski, *Modern Stroke Rehabilitation through e-Health-based Entertainment*, 1^a Edição. Springer, 2015.
- [94] B. Wichert, Reiner, Eberhardt, Ed., *Ambient Assisted Living: 4. AAL-Kongress 2011 Berlin, Germany, January 25-26, 2011 (Advanced Technologies and Societal Change)*. Springer, 2011.
- [95] R. Wichert and H. Klausning, Eds., *Ambient Assisted Living 6. AAL-Kongress 2013 Berlin, Germany, January 22. - 23. , 2013*, First Edit. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. doi: 10.1007/978-3-642-37988-8.
- [96] A. M. Roy, Nirmalya and Cook Diane, “Ambient and smartphone sensor assisted ADL recognition in multi-inhabitant smart environments,” *J Ambient Intell Humaniz Comput*, pp. 1–19, 2015, doi: 10.1007/s12652-015-0294-7.
- [97] L. Atallah and B. Lo, “4th International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN 2007),” vol. 13, no. Outubro de 2015, 2007, doi: 10.1007/978-3-540-70994-7.
- [98] P. Toumpaniaris, D. Iliopoulou, A. Lazakidou, and N. Katevas, “A Survey for Chronic Diseases Management and the Related Sensors in the Ambient Assisted Living Environment,” vol. 2, no. 1, pp. 65–84, 2014.
- [99] C.-H. Hsiao, K.-Y. Tang, and M.-C. Chen, “Examining a model of mobile healthcare technology acceptance by the elderly,” 2013.
- [100] F. Wu, H. Zhao, Y. Zhao, and H. Zhong, “Development of a wearable-sensor-based fall detection system.,” *Int J Telemed Appl*, vol. 2015, p. 576364, 2015, doi: 10.1155/2015/576364.
- [101] S. Macis, D. Loi, D. Pani, W. Rijnen, and L. Raffo, “A TV-based ICT Platform for Active Ageing , Tele-care and Social Networking,” pp. 219–227, 2013, doi: 10.5220/0005448802190227.
- [102] “Heart support, Holtin™.” <http://www.lqtechnology.net/portal/?Section=Holtin> (accessed Dec. 01, 2015).
- [103] W. Kassab and K. A. Darabkh, “A–Z survey of Internet of Things: Architectures, protocols, applications, recent advances, future directions and recommendations,” *Journal of*

- Network and Computer Applications*, vol. 163, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.jnca.2020.102663.
- [104] T. Silva, M. Mota, and C. Silva, “Development and UI/UX testing of an ITV companion application for seniors,” in *ICT4AWE 2019 - Proceedings of the 5th International Conference on Information and Communication Technologies for Ageing Well and e-Health*, SciTePress, 2019, pp. 124–134. doi: 10.5220/0007744601240134.
- [105] P. R. Veeramuthu Venkatesh, V. Vaithyanathan, and R. Amirtharajan, “A New Approach for Enabling Context-Awareness Towards People-centric and Smarter Applications,” 2014. doi: 10.3923/itj.2014.2602.2610.
- [106] H. Huang, J. Lin, B. Zheng, Z. Zheng, and J. Bian, “When Blockchain Meets Distributed File Systems: An Overview, Challenges, and Open Issues,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 50574–50586, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2979881.
- [107] N. Passas, M. Fried, and E. S. Manolakos, “PeerAssist: A P2P platform supporting virtual communities to assist independent living of senior citizens,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 7657 LNCS, pp. 25–32, 2012, doi: 10.1007/978-3-642-35395-6_4.
- [108] S. Hasan, S. O’Riain, and E. Curry, “Approximate Semantic Matching of Heterogeneous Events,” *6th ACM International Conference on Distributed Event-Based Systems (DEBS 2012)*, pp. 252–263, 2012, doi: <http://dx.doi.org/10.1145/2335484.2335512>.
- [109] H. Singh Lallie, K. Debattista, and J. Bal, “A Review of Attack Graph and Attack Tree Visual Syntax in Cyber Security,” 2019. [Online]. Available: <http://wrap.warwick.ac.uk/131160>
- [110] L. Lun, X. Chi, and H. Xu, “Coverage Criteria for Component Path-oriented in Software Architecture,” 2019.
- [111] J. M. Gascueña, E. Navarro, and A. Fernández-Caballero, “Model-driven engineering techniques for the development of multi-agent systems,” *Eng Appl Artif Intell*, vol. 25, no. 1, pp. 159–173, 2012, doi: 10.1016/j.engappai.2011.08.008.
- [112] C. Roda, “A Multi-Agent System in Ambient Intelligence for the Physical Rehabilitation of Older People A Multi-Agent System in Ambient Intelligence for the Physical,” no. May 2016, 2015, doi: 10.1007/978-3-319-19629-9.
- [113] I. Pinyol and J. Sabater-Mir, “Computational trust and reputation models for open multi-agent systems: A review,” *Artif Intell Rev*, vol. 40, no. 1, pp. 1–25, 2013, doi: 10.1007/s10462-011-9277-z.
- [114] D. N. Mekuria, P. Sernani, N. Falcionelli, and A. F. Dragoni, “Reasoning in multi-agent based smart homes: A systematic literature review,” in *Lecture Notes in Electrical Engineering*, Springer Verlag, 2018, pp. 161–179. doi: 10.1007/978-3-030-05921-7_13.
- [115] Silas Alves and H. Ferasoli Filho, “Intelligent Control Architecture for Assistive Mobile Robots,” *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*, vol. 27, no. 5, pp. 515–526, Oct. 2016, doi: 10.1007/s40313-016-0249-z.
- [116] A. Yazdinejad, B. Zolfaghari, A. Dehghantanha, H. Karimipour, G. Srivastava, and R. M. Parizi, “Accurate threat hunting in industrial internet of things edge devices,” *Digital Communications and Networks*, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2022.09.010>.

- [117] W. O. de Moraes, J. Lundström, and N. Wickström, “Active in-database processing to support ambient assisted living systems,” *Sensors (Basel)*, vol. 14, no. 8, pp. 14765–14785, 2014, doi: 10.3390/s140814765.
- [118] A. Ibarz, J. L. Falco, E. Vaquerizo, L. Lain, J. I. Artigas, and A. Roy, “MonAMI: Mainstream on Ambient Intelligence. E-inclusion Living Scaled Field Trial Experience in Spain,” *Journal of Research and Practice in Information Technology*, vol. 45, no. 2, pp. 133–149, 2012.
- [119] J. L. Falcó, E. Vaquerizo, L. Lain, J. I. Artigas, and A. Ibarz, “AmI and deployment considerations in AAL services provision for elderly independent living: the MonAMI project,” *Sensors (Basel)*, vol. 13, no. 7, pp. 8950–8976, 2013, doi: 10.3390/s130708950.
- [120] P. Antón, A. Muñoz, and A. Maña, “Authentication and Authorization in Ambient Assisted Living Application: An Approach for UniversAAL,” in *Ambient Assisted Living and Home Care: 4th International Workshop, IWAAL 2012, Vitoria-Gasteiz, Spain, December 3-5, 2012, Proceedings*, J. Bravo, R. Hervás, and M. Rodríguez, Eds., Springer International Publishing, 2012, p. 137.
- [121] E. G. Tsardoulias *et al.*, “Merging Robotics and AAL Ontologies: The RAPP Methodology,” in *Progress in Automation, Robotics and Measuring Techniques: Volume 2 Robotics*, R. Szewczyk, C. Zieliński, and M. Kaliczyńska, Eds., Springer International Publishing, 2015, pp. 289–290.
- [122] M. Klein, A. Schmidt, and R. Lauer, “Ontology-Centred Design of an Ambient Middleware for Assisted Living: The Case of SOPRANO,” *Context*, vol. 10, p. 2007, 2007.
- [123] I. Bierhoff *et al.*, “Ambient Assisted Living Systems in Real-Life Situations: Experiences from the SOPRANO Project,” in *Technologies for Active Aging*, A. Sixsmith and G. Gutman, Eds., Springer Science & Business Media, 2013, pp. 138–150.
- [124] M. D. Janse, “Amigo--Ambient Intelligence for the Networked Home Environment,” *Philips Research*, August, 2008.
- [125] M. Dragone, S. Abdel-Naby, D. Swords, G. M. P. O’Hare, and M. Broxvall, “A Programming Framework for Multi-agent Coordination of Robotic Ecologies,” in *Programming Multi-Agent Systems: 10th International Workshop, ProMAS 2012, Valencia, Spain, June 5, 2012, Revised Selected Papers*, M. Dastani, J. F. Hübner, and B. Logan, Eds., Springer International Publishing, 2012, pp. 72–73.
- [126] E-inclusion, “Open architecture for Accessible Services Integration and Standardisation.” <http://www.oasis-project.eu/index.php/lang-en/presenting-oasis-topmenu-39> (accessed May 24, 2016).
- [127] D. Zmuda, J. Psiuk, and M. Psiuk, “Seamless semantic enrichment of services in assistive environments,” *Univers Access Inf Soc*, vol. 15, no. 1, pp. 85–99, 2014.
- [128] V. Jiménez-Mixco *et al.*, “Application of virtual reality technologies in rapid development and assessment of ambient assisted living environments,” *Proceedings of the 1st ACM SIGMM international workshop on Media studies and implementations that help improving access to disabled users - MSIADU ’09*, p. 7, 2009, doi: 10.1145/1631097.1631101.

- [129] LifeSTech, “VAALID.” <http://www.lst.tfo.upm.es/es/research-areas/inclusion/vaalid/> (accessed May 24, 2016).
- [130] F. Bichet, H. Daembkes, M. Danek, E. Schoitsch, A. Berg, and T. Koljonen, “Artemis autumn event & co-summit 2009,” no. 5, 2009.
- [131] M. Mikalsen, S. Hanke, T. Fuxreiter, S. Walderhaug, and L. Wienhofen, “Interoperability services in the MPOWER ambient assisted living platform,” *Stud Health Technol Inform*, vol. 150, no. May 2016, pp. 366–370, 2009, doi: 10.3233/978-1-60750-044-5-366.
- [132] M. Amoretti, S. Copelli, F. Wientapper, F. Furfari, S. Lenzi, and S. Chessa, “Sensor data fusion for activity monitoring in the PERSONA ambient assisted living project,” *J Ambient Intell Humaniz Comput*, vol. 4, no. 1, pp. 67–84, 2013, doi: 10.1007/s12652-011-0095-6.
- [133] R. Li, B. Lu, and K. D. McDonald-Maier, “Cognitive assisted living ambient system: a survey,” *Digital Communications and Networks*, vol. 1, pp. 229–252, 2015.
- [134] F. Palumbo, D. La Rosa, and S. Chessa, “GP-m: Mobile middleware infrastructure for Ambient Assisted Living,” *Proceedings - International Symposium on Computers and Communications*, vol. Workshops, no. May, 2014, doi: 10.1109/ISCC.2014.6912623.
- [135] E. Ferro *et al.*, “The UniversAAL Platform for AAL (Ambient Assisted Living),” *Journal of Intelligent Systems*, vol. 24, no. 3, pp. 301–319, 2015, doi: 10.1515/jisys-2014-0127.
- [136] S. Wagner, O. W. Bertelsen, and T. S. Toftegaard, “APPLICABILITY OF THE RELIABLE EVALUATION SELF-CARE RESEARCH,” no. 8, 2015.
- [137] A. Schmidt, “openAAL,” 2010. <http://openaal.org/documentation> (accessed May 24, 2016).
- [138] D. Z. A.V. Gundlapalli, M.-C. Jaulent, Ed., *MEDINFO 2017: Precision Healthcare Through Informatics: Proceedings of the 16th World Congress on Medical and Health Informatics*. 2018. [Online]. Available: [https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=xsFVDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA166&dq=ambient+assisted+living+challenges+security&ots=c-bLrnWAOU&sig=BGFUVQYc-45DEYWjEHDALABInqo&redir_esc=y#v=onepage&q=ambient assisted living challenges security&f=false](https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=xsFVDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA166&dq=ambient+assisted+living+challenges+security&ots=c-bLrnWAOU&sig=BGFUVQYc-45DEYWjEHDALABInqo&redir_esc=y#v=onepage&q=ambient%20assisted%20living%20challenges%20security&f=false)
- [139] P. A. S. Duarte, F. M. Barreto, P. A. C. Aguilar, J. Boudy, R. M. C. Andrade, and W. Viana, “AAL Platforms challenges in IoT era: A tertiary study,” *2018 13th System of Systems Engineering Conference, SoSE 2018*, pp. 106–113, 2018, doi: 10.1109/SYSOSE.2018.8428745.
- [140] A. Mkpa, J. Chin, and A. Winckles, “Holistic Blockchain Approach to Foster Trust, Privacy and Security in IoT based Ambient Assisted Living Environment,” no. January, 2019.
- [141] V. Vimarlund and S. Wass, “Big data, smart homes and ambient assisted living.,” *Yearb Med Inform*, vol. 9, no. 1, pp. 143–9, 2014, doi: 10.15265/IY-2014-0011.
- [142] A. Ismail and A. Shehab, *Security in Smart Cities: Models, Applications, and Challenges*, no. November. Springer International Publishing, 2019. doi: 10.1007/978-3-030-01560-2.

- [143] J. van Hoof, H. S. M. Kort, P. G. S. Rutten, and M. S. H. Duijnste, "Ageing-in-place with the use of ambient intelligence technology: Perspectives of older users," *Int J Med Inform*, vol. 80, no. 5, pp. 310–331, 2011, doi: 10.1016/j.ijmedinf.2011.02.010.
- [144] C. Jaschinski and S. ben Allouch, "An Extended View on Benefits and Barriers of Ambient Assisted Living Solutions," ... *Journal on Advances ...*, pp. 40–48, 2015, [Online]. Available: http://www.iariajournals.org/life_sciences/lifsci_v7_n12_2015_paged.pdf#page=60
- [145] S. T. M. Peek *et al.*, "Older Adults' Reasons for Using Technology while Aging in Place," *Gerontology*, vol. 62, no. 2, pp. 226–237, 2016, doi: 10.1159/000430949.
- [146] J. L. Helbostad *et al.*, "Mobile health applications to promote active and healthy ageing," *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 3, pp. 1–13, 2017, doi: 10.3390/s17030622.
- [147] W. YK. Steele R, Lo A, Secombe C, "Elderly persons' perception and acceptance of using wireless sensor networks to assist healthcare," 2009.
- [148] S. Abdi, A. Spann, J. Borilovic, L. de Witte, and M. Hawley, "Understanding the care and support needs of older people: a scoping review and categorisation using the WHO international classification of functioning, disability and health framework (ICF)," *BMC Geriatr*, vol. 19, no. 1, p. 195, 2019, doi: 10.1186/s12877-019-1189-9.
- [149] R. Hoque and G. Sorwar, "Understanding factors influencing the adoption of mHealth by the elderly: An extension of the UTAUT model," *Int J Med Inform*, vol. 101, no. May 2018, pp. 75–84, 2017, doi: 10.1016/j.ijmedinf.2017.02.002.
- [150] L. T. Vassli and B. A. Farshchian, "Acceptance of Health-Related ICT among Elderly People Living in the Community: A Systematic Review of Qualitative Evidence," *Int J Hum Comput Interact*, vol. 34, no. 2, pp. 99–116, 2018, doi: 10.1080/10447318.2017.1328024.
- [151] S. Macis *et al.*, "Design and usability assessment of a multi-device SOA-based telecare framework for the elderly," *IEEE J Biomed Health Inform*, vol. PP, no. c, pp. 1–1, 2019, doi: 10.1109/jbhi.2019.2894552.
- [152] A. I. Martins and M. Cerqueira, "Ambient Assisted Living – A Multi-method Data Collection Approach to Evaluate the Usability of AAL Solutions," pp. 65–74, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-91226-4_5.
- [153] J. D. Hallewell Haslwanter, K. Neureiter, and M. Garschall, "User-centered design in AAL: Usage, knowledge of and perceived suitability of methods," *Univers Access Inf Soc*, vol. 0, no. 0, p. 0, 2018, doi: 10.1007/s10209-018-0626-4.
- [154] J. D. Hallewell Haslwanter, G. Fitzpatrick, and K. Miesenberger, "Key factors in the engineering process for systems for aging in place contributing to low usability and success," *J Enabling Technol*, vol. 12, no. 4, pp. 186–196, 2018, doi: 10.1108/JET-12-2017-0053.
- [155] T. Holthe, L. Halvorsrud, D. Karterud, K. A. Hoel, and A. Lund, "Usability and acceptability of technology for community-dwelling older adults with mild cognitive impairment and dementia: A systematic literature review," *Clin Interv Aging*, vol. 13, pp. 863–886, 2018, doi: 10.2147/CIA.S154717.
- [156] A. Teixeira, A. Queirós, and N. P. Rocha, "Laboratório Vivo de Usabilidade," no. 1, 2013.

- [157] J. T. Matthews *et al.*, “Usability of a Wearable Camera System for Dementia Family Caregivers,” *J Healthc Eng*, vol. 6, p. 120149, 2015, doi: 10.1260/2040-2295.6.2.213.
- [158] M. Isaković, U. Sedlar, M. Volk, and J. Bešter, “Usability Pitfalls of Diabetes mHealth Apps for the Elderly,” *J Diabetes Res*, vol. 2016, p. 1604609, 2016, doi: 10.1155/2016/1604609.
- [159] S. Lersilp, S. Putthinoi, P. Lerttrakarnnon, and P. Silsupadol, “Development and Usability Testing of an Emergency Alert Device for Elderly People and People with Disabilities,” *The Scientific World Journal*, vol. 2020, p. 5102849, 2020, doi: 10.1155/2020/5102849.
- [160] M. Sili, M. Gira, and C. Mayer, “Usability Matters,” in *Human-Computer Interaction. User Interface Design, Development and Multimodality*, M. Kurosu, Ed., Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 384–394.
- [161] R. Bastardo, A. I. Martins, J. Pavão, A. G. Silva, and N. P. Rocha, “Methodological quality of user-centered usability evaluation of ambient assisted living solutions: A systematic literature review,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 18, no. 21, MDPI, Nov. 01, 2021. doi: 10.3390/ijerph182111507.
- [162] Z. Agha, C. R. Weir, and Y. Chen, “Usability of Telehealth Technologies,” *Int J Telemed Appl*, vol. 2013, p. 834514, 2013, doi: 10.1155/2013/834514.
- [163] A. Queirós, A. Silva, J. Alvarelhão, N. P. Rocha, and A. Teixeira, “Usability, accessibility and ambient-assisted living: a systematic literature review,” *Univers Access Inf Soc*, vol. 14, no. 1, pp. 57–66, 2015, doi: 10.1007/s10209-013-0328-x.
- [164] ISO 9241-11, “Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) -- Part 11: Guidance on usability,” 1998. http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=16883 (accessed Apr. 19, 2016).
- [165] J. Pitkänen and M. Bouters, “Mobile Application Usability Research Case Study of a Video Recording and Annotation Application,” 2016.
- [166] S. Saeed, *Human Factors in Software Development and Design Advances in Systems Analysis, Software Engineering, and High Performance Computing*: 2014.
- [167] A. I. Martins, A. F. Rosa, A. Queirós, A. Silva, and N. P. Rocha, “European Portuguese Validation of the System Usability Scale (SUS),” in *Proceedings of the 6th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion*, 2015, pp. 293–300. doi: 10.1016/j.procs.2015.09.273.
- [168] T. T. William Albert, *Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics*, 2nd ed. Morgan Kaufmann, 2013.
- [169] H. S. Naeini and S. Mostowfi, “Using QUIS as a Measurement Tool for User Satisfaction Evaluation (Case Study : Vending Machine),” vol. 5, no. 1, pp. 14–23, 2015, doi: 10.5923/j.ijis.20150501.03.
- [170] H. Sharp, J. Preece, and Y. Rogers, *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. Wiley; 5 edition, 2019.
- [171] S. Lauesen and H. Younessi, “Six Styles for Usability Requirements,” *Refsq*, pp. 1–12, 1988.

- [172] J. D. Gould and C. Lewis, “Designing for Usability: Key Principles and What Designers Think,” *Commun ACM*, vol. 28, no. 3, pp. 300–311, 1985, doi: 10.1145/3166.3170.
- [173] L. A. Suchman, *Plans and Situated Actions: The Problem of Human-Machine Communication*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- [174] T. Winograd and F. Flores, *Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design*, 61997°. Addison-Wesley Professional, 1986.
- [175] G. Cockton, “Revisiting usability’s three key principles,” in *CHI EA ’08 CHI ’08 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, ACM Digital Library, 2008, pp. 2473–2484. doi: 10.1145/1358628.1358704.
- [176] R. Molich and J. Nielsen, “Communications of the ACM,” 3, Nova Iorque, pp. 338–348, Mar. 1990. doi: 10.1145/77481.77486.
- [177] J. Nielsen, “Enhancing the explanatory power of usability heuristics,” in *CHI ’94 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Nova Iorque: ACM Digital Library, 1994, pp. 152–158. doi: 10.1145/191666.191729.
- [178] A. P. G. D. Carrare, C. C. Hernandez, C. Kochi, I. F. Silveira, and C. A. Longui, “Usability Heuristics for Clinical Case-Based Learning Assessment Systems applied to Medical Education,” 2015.
- [179] L. Salgado, “Investigating performance characteristics of novice evaluators in heuristic usability evaluations,” Federal University of Lavras (UFLA) , 2014.
- [180] L. Constantine, “What do users want? Engineering usability into software,” *Windows Tech Journal*, vol. 1, no. December 1995, pp. 1–13, 1995.
- [181] J. G. Powalsa, “Cognitive engineering principles for enhancing human-computer performance,” *Int J Hum Comput Interact*, vol. 8, no. 2, pp. 189–211, 1996, doi: 10.1080/10447319609526147.
- [182] E. P. Rozanski and A. R. Haake, *Human–computer interaction*, Third Edition. 2017. doi: 10.1201/9781420037043.
- [183] F. K. Mazumder and U. K. Das, “Usability Guidelines for usable user interface,” *Int J Res Eng Technol*, vol. 3, no. 9, pp. 2319–2322, 2014.
- [184] B. Shneiderman, “The Eight Golden Rules of Interface Design,” 2010. <https://www.cs.umd.edu/users/ben/goldenrules.html> (accessed Sep. 20, 2019).
- [185] E. Oskarsson, “Institutionen för datavetenskap Post-Deployment Usability Opportunities : Gaining User Insight From UX-Related Support Cases Final thesis Post-Deployment Usability Opportunities : Gaining User Insight From UX-Related Support Cases,” Linköpings universitet, 2016.
- [186] J. Nielsen and R. Molich, “Heuristic evaluation of user interfaces,” *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, no. April, pp. 249–256, 1990, doi: 10.1145/97243.97281.
- [187] M. MacKenzie, “Fitts’ Law as a Research and DesignTool in Human-Computer Interaction,” *HUMAN-COMPUTERINTERACTION*, vol. 7, pp. 91–139, 1992.

- [188] B. Tognazzini, “First Principles of Interaction Design (Revised & Expanded),” 2014. <http://asktog.com/atc/principles-of-interaction-design/#readability> (accessed Apr. 12, 2017).
- [189] M. Costabile *et al.*, “Universal Access in Human Computer Interaction. Coping with Diversity,” *Universal Access in Human Computer Interaction Coping with Diversity*, vol. 4554, no. August, pp. 46–55, 2007, doi: 10.1007/978-3-540-73279-2.
- [190] P. A. Silva, K. Holden, and P. Jordan, “Towards a list of heuristics to evaluate smartphone apps targeted at older adults: A study with apps that aim at promoting health and well-being,” *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, vol. 2015-March, pp. 3237–3246, 2015, doi: 10.1109/HICSS.2015.390.
- [191] P. Calak, “Smartphone Evaluation Heuristics for Older Adults by,” 2013.
- [192] R. Inostroza, C. Rusu, S. Roncagliolo, V. Rusu, and C. A. Collazos, “Developing SMASH: A set of SMArtphone’s uSability Heuristics,” *Comput Stand Interfaces*, vol. 43, pp. 40–52, 2016, doi: 10.1016/j.csi.2015.08.007.
- [193] M. A. D. Dourado and E. D. Canedo, “Usability heuristics for mobile applications: A systematic review,” *ICEIS 2018 - Proceedings of the 20th International Conference on Enterprise Information Systems*, vol. 2, pp. 483–494, 2018, doi: 10.5220/0006781404830494.
- [194] B. A. Kumar and M. S. Goundar, “Usability heuristics for mobile learning applications,” *Educ Inf Technol (Dordr)*, vol. 24, no. 2, pp. 1819–1833, 2019, doi: 10.1007/s10639-019-09860-z.
- [195] A. Labrie and J. Cheng, “Adapting Usability Heuristics to the Context of Mobile Augmented Reality,” *UIST 2020 - Adjunct Publication of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 4–6, 2020, doi: 10.1145/3379350.3416167.
- [196] N. Tuli and A. Mantri, “Usability principles for augmented reality based kindergarten applications,” *Procedia Comput Sci*, vol. 172, no. 2019, pp. 679–687, 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.05.089.
- [197] Y. Lee and J. Lee, “A checklist for assessing blind users’ usability of educational smartphone applications,” *Univ Access Inf Soc*, vol. 18, no. 2, pp. 343–360, 2019, doi: 10.1007/s10209-017-0585-1.
- [198] T. Darin, R. Andrade, and J. Sánchez, “Principles for Evaluating Usability in Multimodal Games for People Who Are Blind BT - Universal Access in Human-Computer Interaction. Multimodality and Assistive Environments,” M. Antona and C. Stephanidis, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 209–223.
- [199] V. F. Martins, A. G. D. Corrêa, and M. de P. Guimarães, “Inspeção de Usabilidade de uma Smart TV,” *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI*, no. June, 2014, doi: 10.1109/CISTI.2014.6877010.
- [200] K. Flaherty, “Smart-TV Usability: Accessing Content is Key,” 2015. <https://www.nngroup.com/articles/smart-tv-usability/> (accessed May 02, 2016).

- [201] B. Awale and P. Murano, "A preliminary usability and universal design evaluation of a television app user interface," *Baltic Journal of Modern Computing*, vol. 8, no. 3, pp. 433–443, 2020, doi: 10.22364/BJMC.2020.8.3.03.
- [202] F. Paz, F. A. Paz, J. A. Pow-Sang, and L. Collantes, "Usability heuristics for transactional web sites," *ITNG 2014 - Proceedings of the 11th International Conference on Information Technology: New Generations*, pp. 627–628, 2014, doi: 10.1109/ITNG.2014.81.
- [203] F. Paz, F. A. Paz, J. J. Arenas, and C. Rosas, "A perception study of a new set of usability heuristics for transactional web sites," *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 722, pp. 620–625, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-73888-8_96.
- [204] A. I. Martins, A. Queirós, N. P. Rocha, and B. S. Santos, "Avaliação de usabilidade: Uma revisão sistemática da literatura," *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, vol. 2013, no. 11, pp. 63–66, 2013, doi: 10.4304/risti.11.31-43.
- [205] J. Nielsen, "10 Usability Heuristics for User Interface Design," 1994. <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/> (accessed Oct. 07, 2019).
- [206] R. Molich and J. Nielsen, "Heuristic Evaluations and Expert Reviews." <http://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/heuristic-evaluation.html> (accessed May 02, 2016).
- [207] Federal Aviation Administration, "Heuristic Evaluation." <http://www.hf.faa.gov/workbenchtools/default.aspx?rPage=Tooldetails&subCatId=13&oolID=78> (accessed May 02, 2016).
- [208] I. Poltronieri, "Heuristic Evaluation Checklist for Domain-specific Languages," vol. 2, no. Visigrapp, pp. 978–989, 2021, doi: 10.5220/0010239400370048.
- [209] J. Nielsen, "Summary of Usability Inspection Methods," 1995. <https://www.nngroup.com/articles/summary-of-usability-inspection-methods/> (accessed Sep. 21, 2019).
- [210] J. A. Jacko and C. Stephanidis, *Human-Computer Interaction: Theory and Practice*. CRC Press, 2003.
- [211] R. Nacheva and A. Jansone, "Usability evaluation of business process modelling tools through software quality metrics," *Baltic Journal of Modern Computing*, vol. 8, no. 4, pp. 534–542, 2021, doi: 10.22364/BJMC.2020.8.4.04.
- [212] K. Nordby, P. Helmersen, D. Gilmore, and S. Arnesen, *Human-Computer Interaction: Interact '95*, 1st ed. 1995. doi: 10.1007/978-1-5041-2896-4.
- [213] J. Nielsen, *Coordinating User Interfaces for Consistency*. Elsevier, 2014.
- [214] UsabilityFirst, "Consistency inspection." <http://www.usabilityfirst.com/glossary/consistency-inspection/> (accessed May 02, 2016).
- [215] J. Hom, "Standards Inspections," 1995. <http://usability.jameshom.com/stdinsp.htm> (accessed Sep. 21, 2019).
- [216] P. Weichbroth, "Usability of mobile applications: A systematic literature study," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 55563–55577, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2981892.

- [217] J. Nielsen, "Usability inspection methods," *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, vol. 1994-April, pp. 413–414, 1994, doi: 10.1145/259963.260531.
- [218] Federal Aviation Administration, "Formal Usability Inspection." <http://www.hf.faa.gov/workbenchtools/default.aspx?rPage=Tooldetails&subCatId=13&oolID=78> (accessed May 02, 2016).
- [219] N. Ghasemifard, M. Shamsi, A. Kenar, and V. Ahmad, "A New View at Usability Test Methods of Interfaces for Human Computer Interaction," *Global Journal of Computer Science and Technology*, vol. 15, no. 1, 2015, [Online]. Available: <http://computerresearch.org/index.php/computer/article/view/1126>
- [220] N. Samrgandi, "User Interface Design & Evaluation of Mobile Applications," no. January, 2021.
- [221] L.-O. Bligård and O. Anna-Lisa, "Enhanced Cognitive Walkthrough: Development of the Cognitive Walkthrough Method to Better Predict, Identify, and Present Usability Problems," *Advances in Human-Computer Interaction*, vol. 2013, p. 17, 2013.
- [222] C. Lewis, P. G. Polson, C. Wharton, and J. Rieman, "Testing a walkthrough methodology for theory-based design of walk-up-and-use interfaces," in *CHI '90 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Nova Iorque: ACM Digital Library, 1990, pp. 235–242. doi: 10.1145/97243.97279.
- [223] P. G. Polson, C. Lewis, J. Rieman, and C. Wharton, "Cognitive walkthroughs: a method for theory-based evaluation of user interfaces," *Int J Man Mach Stud*, vol. 6, no. 5, pp. 741–773, 1992, doi: 10.1016/0020-7373(92)90039-N.
- [224] C. Wharton, J. Rieman, C. Lewis, and P. Polson, "The cognitive walkthrough method: a practitioner's guide," in *Usability inspection methods*, Nova Iorque: ACM Digital Library, 1994, pp. 195–140.
- [225] S. Riihiaho, "Usability testing," *The Wiley Handbook of Human Computer Interaction*, vol. 1, pp. 255–275, 2018.
- [226] R. G. Bias, "The Pluralistic Usability Walkthrough: Coordinated Empathies," in *Usability Inspection Methods*, USA: John Wiley & Sons, Inc., 1994, pp. 63–76.
- [227] B. Beckert, S. Grebing, and F. Bohl, "A Usability Evaluation of Interactive Theorem Provers Using Focus Groups," in *Software Engineering and Formal Methods SEFM 2014 Collocated Workshops: HOFM, SAFOME, OpenCert, MoKMaSD, WS-FMDS, Grenoble, France, September 1-2, 2014, Revised Selected Papers*, C. Canal and A. Idani, Eds., Springer International Publishing, 2015, pp. 4–5. doi: 10.1007/978-3-319-15201-1.
- [228] S. A. Kelkar, *Usability and Human-Computer Interaction: A Concise Study*. Prentice-Hall of India Pvt.Ltd, 2015.
- [229] J. Kontio, L. Lehtola, and J. Bragge, "Using the focus group method in software engineering: Obtaining practitioner and user experiences," *Proceedings - 2004 International Symposium on Empirical Software Engineering, ISESE 2004*, pp. 389–399, 2004, doi: 10.1109/ISESE.2004.1334914.
- [230] L. S. Katz, *Evolution in Reference and Information Services: The Impact of the Internet*, 1ª Edição. 2013.

- [231] A. I. Martins and M. Cerqueira, “Ambient Assisted Living – A Multi-method Data Collection Approach to Evaluate the Usability of AAL Solutions,” 2018, pp. 65–74. doi: 10.1007/978-3-319-91226-4_5.
- [232] J. Sauro and J. R. Lewis, “Standardized Usability Questionnaires,” in *Quantifying the User Experience: Practical Statistics for User Research*, Elsevier, Ed., 1ª Edição. Morgan Kaufmann, 2012, pp. 185–186.
- [233] F. Calisir, E. Cevikcan, and H. C. Akdag, *Industrial Engineering in the Big Data Era: Selected Papers from the Global Joint Conference on Industrial Engineering and Its Application Areas, GJCIE 2018 ...*, no. January. 2019. doi: 10.1007/978-3-030-03317-0.
- [234] M. F. Rizal, A. P. Widodo, K. Adi, D. E. R. Riyanto, and O. D. Nurhayati, “Usability testing mozita application based on use questionnaire model,” *J Phys Conf Ser*, vol. 1524, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1524/1/012104.
- [235] W. Hou, J. Yang, F. Lyu, and T. Li, “User Satisfaction Evaluation Model Based on Blink Interval,” in *Human Centered Computing: First International Conference, HCC 2014, Phnom Penh, Cambodia, November 27-29, 2014, Revised Selected Papers*, Q. Zu, B. Hu, N. Gu, and S. Seng, Eds., Springer International Publishing, 2015, p. 477.
- [236] M. Unsöld and J. Schobel, “Measuring Learnability in Human-Computer Interaction,” 2018.
- [237] E. Buie and D. Murray, *Usability in Government Systems: User Experience Design for Citizens and Public Servants*, 1ª Edição. Morgan Kaufmann, 2012.
- [238] A. Niels and M. Janneck, “Computer-Related Attribution Styles: Typology and Data Collection Methods,” in *Human-Computer Interaction – INTERACT 2015: 15th IFIP TC 13 International Conference, Bamberg, Germany, September 14-18, 2015, Proceedings, Parte 2*, J. Abascal, S. Barbosa, M. Fetter, T. Gross, P. Palanque, and M. Winckler, Eds., Springer International Publishing, 2015, p. 287.
- [239] B. Martin, B. Hanington, and B. M. Hanington, *Universal Methods of Design: 100 Ways to Research Complex Problems, Develop Innovative Ideas, and Design Effective Solutions*. 2012.
- [240] L. Barbieri, A. Angilica, F. Bruno, and M. Muzzupappa, “Mixed prototyping with configurable physical archetype for usability evaluation of product interfaces,” *Comput Ind*, vol. 64, no. 3, pp. 310–323, 2013, doi: 10.1016/j.compind.2012.11.010.
- [241] User Experience Professionals’ Association, “Rapid Prototyping,” 2010. <http://www.usabilitybok.org/rapid-prototyping> (accessed May 06, 2016).
- [242] O. Kennedy, J. Ajay, G. Challen, and L. Ziarek, “Pocket Data: The Need for TPC-Mobile,” in *Performance Evaluation and Benchmarking: Traditional to Big Data to Internet of Things: 7th TPC Technology Conference, TPCTC 2015, Kohala Coast, HI, USA, August 31 - September 4, 2015. Revised Selected Papers*, R. Nambiar and M. Poess, Eds., 1ª Edição. Springer International Publishing, 2016, p. 8. doi: 10.1007/978-3-319-31409-9.
- [243] T. Di Mascio, L. Tarantino, and G. De Gasperis, “If Usability Evaluation and Software Performance Evaluation Shook Their Hands: A Perspective,” in *Product-Focused Software Process Improvement: 16th International Conference, PROFES 2015, Bolzano,*

- Italy, December 2-4, 2015, Proceedings*, P. Abrahamsson, L. Corral, M. Oivo, and B. Russo, Eds., 1ª Edição. Springer International Publishing, 2015, p. 483.
- [244] S. Saeed, *Human Factors in Software Development and Design Advances in Systems Analysis, Software Engineering, and High Performance Computing*. IGI Global, 2014.
- [245] S. Roy and P. K. Pattnaik, “Some Popular Usability Evaluation Techniques for Websites,” in *Proceedings of the International Conference on Frontiers of Intelligent Computing: Theory and Applications (FICTA) 2013*, S. C. Satapathy, S. K. Udgate, and B. N. Biswal, Eds., 2014, pp. 535–543. doi: 10.1007/978-3-319-02931-3_61.
- [246] S. Desai and A. Srivastava, *Software Testing : A Practical Approach*. PHI Learning, 2016.
- [247] K. C. Kathy Baxter, Catherine Courage, *Understanding Your Users: A Practical Guide to User Research Methods*, 2ª Edição. 2015.
- [248] M. E. Wiklund, P.E., J. Kendler, and A. Y. Strohlic, *Usability Testing of Medical Devices*, 2ª Edição. CRC Press, 2015.
- [249] L. Harrington and C. Harrington, *Usability Evaluation Handbook for Electronic Health Records*. HIMSS, 2014.
- [250] L. S. Figueiredo *et al.*, “In-Place Natural and Effortless Navigation for Large Industrial Scenarios,” in *Design, User Experience, and Usability: User Experience Design for Diverse Interaction Platforms and Environments*, A. Marcus, Ed., Springer International Publishing, 2014, p. 552. doi: 10.1007/978-3-319-07626-3_52.
- [251] A. Khannur, *Structured Software Testing: The Discipline of Discovering*. PartridgeIndia, 2014.
- [252] J. A. Jacko, *Human Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications*, 3ª Edição. CRC Press, 2012.
- [253] A. I. Martins, A. F. Rosa, A. Queirós, A. Silva, and N. P. Rocha, “Definition and Validation of the ICF - Usability Scale,” *Procedia Comput Sci*, vol. 67, no. Dsai, pp. 132–139, 2015, doi: 10.1016/j.procs.2015.09.257.
- [254] J. F. Proença, “Famous people participation in social marketing programs: a research focusing on public health,” E. Iyer and R. Coulter, Eds., ResearchGate, 2010.
- [255] J. Sauro, “MEASURING USABILITY WITH THE SYSTEM USABILITY SCALE (SUS),” 2011. <https://measuringu.com/sus/> (accessed Feb. 20, 2020).
- [256] G. L. Jamil, J. P. Rascão, F. Ribeiro, and A. M. da Silva, *Handbook of Research on Information Architecture and Management in Modern Organizations*. IGI Global, 2015.
- [257] J. Nielsen, “Severity Ratings for Usability Problems,” 1995. <https://www.nngroup.com/articles/how-to-rate-the-severity-of-usability-problems/> (accessed May 13, 2016).
- [258] J. S. Dumas and J. Redish, *A Practical Guide to Usability Testing*. Intellect Books, 1999.
- [259] J. Sauro, “Rating The Severity Of Usability Problems,” 2013. <http://www.measuringu.com/blog/rating-severity.php> (accessed May 13, 2016).
- [260] J. Rubin and D. Chisnell, *Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests*. John Wiley & Sons, 2011.

- [261] R. Molich and R. Jeffries, “Comparative expert reviews,” *Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1060–1061, 2003, doi: 10.1145/765891.766148.
- [262] M. I. Limaylla Lunarejo, P. de A. dos Santos Neto, G. Avelino, and R. de S. Britto, “Automatic Detection of Usability Smells in Web Applications Running in Mobile Devices,” in *XVI Brazilian Symposium on Information Systems*, in SBSI’20. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020. doi: 10.1145/3411564.3411653.
- [263] J. W. Jeong, N. H. Kim, and H. P. In, “GUI information-based interaction logging and visualization for asynchronous usability testing,” *Expert Syst Appl*, vol. 151, p. 113289, 2020, doi: 10.1016/j.eswa.2020.113289.
- [264] M. S. Liew, J. Zhang, J. See, and Y. L. Ong, “Usability Challenges for Health and Wellness Mobile Apps: Mixed-Methods Study Among mHealth Experts and Consumers,” *JMIR Mhealth Uhealth*, vol. 7, no. 1, p. e12160, Jan. 2019, doi: 10.2196/12160.
- [265] B. Oliinyk and V. Oleksiuk, “Automation in software testing, can we automate anything we want?,” *CEUR Workshop Proc*, vol. 2546, pp. 224–234, 2019.
- [266] M. Bakaev, T. Mamysheva, and M. Gaedke, “Current trends in automating usability evaluation of websites: Can you manage what you can’t measure?,” *Proceedings - 2016 11th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2016*, no. June, pp. 510–514, 2017, doi: 10.1109/IFOST.2016.7884307.
- [267] E. Chang and T. Dillon, *Automated Usability Testing*. 1997. doi: 10.1007/978-0-387-35175-9_13.
- [268] M. Y. Ivory and M. A. Hearst, “The state of the art in automating usability evaluation of user interfaces,” *ACM Comput Surv*, vol. 33, no. 4, pp. 470–516, 2001, doi: 10.1145/503112.503114.
- [269] C. Trahms, S. Möller, and J.-N. Voigt-Antons, “Estimating Quality Ratings from Touch Interactions in Mobile Games,” in *2018 Tenth International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX)*, 2018, pp. 1–6. doi: 10.1109/QoMEX.2018.8463419.
- [270] M. Bakaev, V. Khvorostov, and T. Laricheva, “Assessing Subjective Quality of Web Interaction with Neural Network as Context of Use Model,” *Communications in Computer and Information Science*, vol. 745, pp. 185–195, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-69784-0_16.
- [271] I. Type and B. Chapter, “Evaluation of Software Usability,” *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors - 3 Volume Set*, pp. 1978–1981, 2021, doi: 10.1201/9780849375477-396.
- [272] J. Grigera, A. Garrido, J. M. Rivero, and G. Rossi, “Automatic detection of usability smells in web applications,” *International Journal of Human Computer Studies*, vol. 97, pp. 129–148, 2017, doi: 10.1016/j.ijhcs.2016.09.009.
- [273] F. Paternò, A. G. Schiavone, and A. Conte, “Customizable automatic detection of bad usability smells in mobile accessed web applications,” *Proceedings of the 19th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, MobileHCI 2017*, 2017, doi: 10.1145/3098279.3098558.

- [274] K. Todi, G. Bailly, L. Leiva, and A. Oulasvirta, “Adapting User Interfaces with Model-based Reinforcement Learning,” pp. 1–13, 2021, doi: 10.1145/3411764.3445497.
- [275] J. Abascal, M. Arrue, and X. Valencia, “Tools for Web Accessibility Evaluation,” in *Web Accessibility: A Foundation for Research*, Y. Yesilada and S. Harper, Eds., London: Springer London, 2019, pp. 479–503. doi: 10.1007/978-1-4471-7440-0_26.
- [276] C. Vendome, D. Solano, S. Linan, and M. Linares-Vasquez, “Can Everyone use my app? An Empirical Study on Accessibility in Android Apps,” *Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution, ICSME 2019*, pp. 41–52, 2019, doi: 10.1109/ICSME.2019.00014.
- [277] European Commission, “A Digital Agenda for Europe,” *Communication*, vol. 5, no. 245 final/2, p. 42, 2010, [Online]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0245:FIN:EN:PDF>
- [278] M. Pădure and S. Independentei, “Exploring the differences between five accessibility evaluation tools Costin Pribeanu Academy of Romanian Scientists,” pp. 87–90, 2019, [Online]. Available: www.totalvalidator.com
- [279] DYNO Mapper, “DYNO Mapper,” 2020. <https://dynamapper.com/> (accessed Jul. 11, 2020).
- [280] AChecker, “AChecker,” 2020. <https://achecker.ca/checker/index.php> (accessed Jul. 11, 2020).
- [281] PayPal, “Automated Accessibility Testing Tool (AATT),” 2019. <https://github.com/paypal/AATT> (accessed Jul. 11, 2020).
- [282] TAW, “TAW (Web Accessibility Test).” <https://www.tawdis.net/> (accessed Jul. 11, 2020).
- [283] Google, “Get started with Accessibility Scanner,” 2020. <https://support.google.com/accessibility/android/answer/6376570?hl=en> (accessed Jul. 11, 2020).
- [284] Google, “UI Automator viewer,” 2019. <https://developer.android.com/training/testing/ui-automator#ui-automator-viewer> (accessed Jul. 11, 2020).
- [285] Google, “Improve your code with lint checks,” 2020. <https://developer.android.com/studio/write/lint> (accessed Jul. 11, 2020).
- [286] Google, “Use pre-launch reports to identify issues,” 2020. <https://support.google.com/googleplay/android-developer/answer/7002270%0D> (accessed Jul. 11, 2020).
- [287] Apple, “Testing for Accessibility on OS X,” 2015. <https://developer.apple.com/library/archive/documentation/Accessibility/Conceptual/AccessibilityMacOSX/OSXAXTestingApps.html> (accessed Jul. 12, 2020).
- [288] Emerge Interactive, “WCAG Accessibility Checklist,” 2016. <https://apps.apple.com/us/app/wcag-accessibility-checklist/id1130086539> (accessed Jul. 12, 2020).
- [289] P. Strain, “Color Contrast,” 2017. <https://apps.apple.com/us/app/color-contrast/id1095478187> (accessed Jul. 12, 2020).

- [290] UBank, “UBKAccessibilityKit,” 2019. <https://github.com/NAB/UBKAccessibilityKit> (accessed Jul. 12, 2020).
- [291] JS Foundation, “Appium - Automation for Apps.” <https://appium.io/> (accessed Feb. 23, 2021).
- [292] Robotium Tech, “Robotium.” <https://github.com/RobotiumTech/robotium> (accessed Feb. 23, 2021).
- [293] D. Dar, L. Inman-Semeran, and E. Plaster, “Selendroid.” <http://selendroid.io/> (accessed Feb. 23, 2021).
- [294] Google, “monkeyrunner,” 2020. <https://developer.android.com/studio/test/monkeyrunner> (accessed Feb. 28, 2021).
- [295] “Welcome to Calabash for Android,” 2012. <https://github.com/calabash/calabash-android> (accessed Feb. 28, 2021).
- [296] “KIF iOS Integration Testing Framework,” 2012. <https://github.com/kif-framework/KIF> (accessed Feb. 28, 2021).
- [297] K. S. Arif and U. Ali, “Mobile application testing tools and their challenges: A comparative study,” *2019 2nd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies, iCoMET 2019*, no. January 2019, 2019, doi: 10.1109/ICOMET.2019.8673505.
- [298] Google, “Espresso,” 2019. <https://developer.android.com/training/testing/espresso> (accessed Jul. 11, 2020).
- [299] Robolectric, “Robolectric test-drive your Android code,” 2019. <http://robolectric.org/> (accessed Jul. 11, 2020).
- [300] S. Barra, R. Francese, and M. Risi, “Automating Mockup-Based Usability Testing on the Mobile Device,” in *Green, Pervasive, and Cloud Computing*, R. Miani, L. Camargos, B. Zarpelão, E. Rosas, and R. Pasquini, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 128–143.
- [301] B. E. de Souza Vianna, P. K. R. Leite, E. Butterworth, R. Taiar, and C. B. Machado, *Preliminary results on the assessment of temperature distribution on hands after typing on ergonomic and non-ergonomic postures*, vol. 1018, no. 1hiet. 2020. doi: 10.1007/978-3-030-25629-6_91.
- [302] S. Zenker and S. Hobert, “Design and Implementation of a Usability-Framework for Smartwatches,” *Proceedings of the 53rd Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 6631–6640, 2020, doi: 10.24251/hicss.2020.812.
- [303] J. Marenkov, T. Robal, and A. Kalja, “A tool for design-time usability evaluation of web user interfaces,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 10509 LNCS, no. September, pp. 394–407, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-66917-5_26.
- [304] Gabriel Elías Chanchí Golondrino, Daniela Pérez Oliveros, and Wilmar Yesid Campo Muñoz, “Automation of Usability Inspections for Websites,” 2019. doi: 10.1007/978-3-030-37386-3.

- [305] F. Trojahn, "Improving the Usability of UI Prototypes by Incorporating an Automated Evaluation in the Design Process," 2020. doi: 10.13140/RG.2.2.26202.77767.
- [306] N. Mathur, S. A. Karre, and Y. Raghu Reddy, "Usability evaluation framework for mobile apps using code analysis," *ACM International Conference Proceeding Series*, vol. Part F1377, no. June, 2018, doi: 10.1145/3210459.3210480.
- [307] A. A. SOLOMON, O. O. ISHAQ, B. A. MUHAMMAD, and A. M. ADAMU, "Integrated Usability Evaluation Framework for University Websites," *i-manager's Journal on Information Technology*, vol. 8, no. 1, p. 40, 2019, doi: 10.26634/jit.8.1.15713.
- [308] M. Bures, M. Macik, B. Ahmed, V. Rechtberger, and P. Slavik, *Testing the Usability and Accessibility of Smart TV Applications Using an Automated Model-based Approach*. 2020.
- [309] A. H. Kronbauer, C. A. S. Santos, and V. Vieira, "Smartphone applications usability evaluation: A hybrid model and its implementation," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 7623 LNCS, pp. 146–163, 2012, doi: 10.1007/978-3-642-34347-6_9.
- [310] A. M. El-Halees, "Software usability evaluation using opinion mining," *Journal of Software*, vol. 9, no. 2, pp. 343–349, 2014, doi: 10.4304/jsw.9.2.343-349.
- [311] N. Harrati, I. Bouchrika, A. Tari, and A. Ladjailia, "Automating the evaluation of usability remotely for web applications via a model-based approach," *NTIC 2015 - 2015 1st International Conference on New Technologies of Information and Communication, Proceeding*, 2015, doi: 10.1109/NTIC.2015.7368757.
- [312] A. Dingli and S. Cassar, "An Intelligent Framework for Website Usability," *Advances in Human-Computer Interaction*, vol. 2014, p. 479286, 2014, doi: 10.1155/2014/479286.
- [313] S. Feuerstack *et al.*, "Automated usability evaluation during model-based interactive system development," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 5247 LNCS, pp. 134–141, 2008, doi: 10.1007/978-3-540-85992-5-12.
- [314] J. Vanderdonckt, A. Beirekdar, and M. Noirhomme-Fraiture, "Automated evaluation of web usability and accessibility by guideline review," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 3140, pp. 17–30, 2004, doi: 10.1007/978-3-540-27834-4_4.
- [315] A. M. Tarta and G. S. Moldovan, "Automatic Usability Evaluation Using AOP," in *2006 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics*, 2006, pp. 84–89. doi: 10.1109/AQTR.2006.254605.
- [316] A. Beirekdar, J. Vanderdonckt, and M. Noirhomme-fraiture, "Computer-Aided Design of User Interfaces III," *Computer-Aided Design of User Interfaces III*, no. April, 2002, doi: 10.1007/978-94-010-0421-3.
- [317] M. Quade, "Automation in model-based usability evaluation of adaptive user interfaces by simulating user interaction," 2015. doi: 10.14279/depositonce-4918.
- [318] L. Collina, P. Di Sabatino, L. Galluzzo, C. Mastrantoni, and M. Mazzocchi, "Collina, L., Di Sabatino, P., Galluzzo, L., Mastrantoni, C., & Mazzocchi, M. (2018, July). Spatial and

- Service Design: Guidelines Defining University Dormitories. In International Conference of Design, User Experience, and Usability (pp. 14-26). Springer,” vol. 10918, no. June, pp. 14–26, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-91797-9.
- [319] A. Rukshan and A. Baravalle, “Automated Usability Testing: Analysing Asia Web Sites,” pp. 1–13, 2012.
- [320] B. Schuller, F. Althoff, G. McGlaun, M. Lang, and G. Rigoll, “Towards automation of usability studies,” *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 5, pp. 230–235, 2002, doi: 10.1109/icsmc.2002.1176360.
- [321] J. Mifsud and A. Dingli, “USEFul: A Framework to Mainstream Web Site Usability through Automated Evaluation,” *International Journal of Human Computer Interaction*, pp. 2010–2011, Jan. 2011.
- [322] K. Muhi, G. Szóke, L. J. Fülöp, R. Ferenc, and Á. Berger, “A Semi-automatic Usability Evaluation Framework BT - Computational Science and Its Applications – ICCSA 2013,” B. Murgante, S. Misra, M. Carlini, C. M. Torre, H.-Q. Nguyen, D. Taniar, B. O. Apduhan, and O. Gervasi, Eds., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 529–542.
- [323] S. Barra, R. Francese, and M. Risi, “Automating Mockup-Based Usability Testing on the Mobile Device BT - Green, Pervasive, and Cloud Computing,” R. Miani, L. Camargos, B. Zarpelão, E. Rosas, and R. Pasquini, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 128–143.
- [324] P. G. da S. e S. e E. D. Canedo and R. B. de Almeida, “Automation of standardized usability questionnaire for iOS mobile platform,” in *2017 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2017, pp. 1–6. doi: 10.23919/CISTI.2017.7975768.
- [325] J. Grigera, A. Garrido, and G. Rossi, “Kobold: Web usability as a service,” *ASE 2017 - Proceedings of the 32nd IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering*, no. November, pp. 990–995, 2017, doi: 10.1109/ASE.2017.8115717.
- [326] G. E. Chanchí Golondrino, D. Pérez Oliveros, and W. Y. Campo Muñoz, “Automation of Usability Inspections for Websites BT - Human-Computer Interaction,” P. H. Ruiz and V. Agredo-Delgado, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 124–137.
- [327] N. L. Liyanage and K. Vidanage, “Site-ability: A website usability measurement tool,” *16th International Conference on Advances in ICT for Emerging Regions, ICTer 2016 - Conference Proceedings*, no. September 2016, pp. 257–265, 2017, doi: 10.1109/ICTER.2016.7829929.
- [328] E. Shawgi and N. A. Noureldien, “Usability Measurement Model (UMM): A New Model for Measuring Websites Usability,” *International Journal of Information Science*, vol. 5, no. 1, pp. 5–13, 2015, doi: 10.5923/j.ijis.20150501.02.
- [329] L. ben Ammar and A. Mahfoudhi, “Early usability evaluation in model driven framework,” *ICEIS 2013 - Proceedings of the 15th International Conference on Enterprise Information Systems*, vol. 3, pp. 23–30, 2013, doi: 10.5220/0004411200230030.
- [330] R. Atterer, “Model-based automatic usability validation - A tool concept for improving web-based UIs,” *ACM International Conference Proceeding Series*, vol. 358, pp. 13–22, 2008, doi: 10.1145/1463160.1463163.

- [331] A. Deicke, "Masterarbeit Automatic Usability Evaluation of Task Models," no. 1612, 2013, [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/091a/89972de496ec838f4b1644808771ff9762dc.pdf>
- [332] T. S. Andre, S. M. Belz, F. A. McCrearys, and H. R. Hartson, "Testing a Framework for Reliable Classification of Usability Problems," *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, vol. 44, no. 37, pp. 573–576, Jul. 2000, doi: 10.1177/154193120004403707.
- [333] J. S. Sottet, G. Calvary, J. Coutaz, and J. M. Favre, "A model-driven engineering approach for the usability of plastic user interfaces," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 4940 LNCS, pp. 140–157, 2008, doi: 10.1007/978-3-540-92698-6_9.
- [334] B. Shivade and M. Sharma, "Usability Analyer Tool: A Usability Evaluation Tool for Android Based Mobile Application," *International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science (IJETTCS)*, vol. 3, no. 3, pp. 247–252, 2014, [Online]. Available: <http://www.ijettcs.org/Volume3Issue3/IJETTCS-2014-06-25-137.pdf>
- [335] K. M. Malan, J. H. P. Eloff, and J. A. de Bruin, "Semi-automated Usability Analysis through Eye Tracking," *South African Computer Journal*, vol. 30, pp. 66–84, 2018, [Online]. Available: http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-78352018000100004&nrm=iso
- [336] J. Xu, X. Ding, K. Huang, and G. Chen, "A pilot study of an inspection framework for automated usability guideline reviews of mobile health applications," *Proceedings - Wireless Health 2014, WH 2014*, 2014, doi: 10.1145/2668883.2669585.
- [337] Z. Aliyu, L. A. Rahim, and E. E. Mustapha, "A combine usability framework for IMCAT evaluation," *2014 International Conference on Computer and Information Sciences, ICCOINS 2014 - A Conference of World Engineering, Science and Technology Congress, ESTCON 2014 - Proceedings*, no. October, 2014, doi: 10.1109/ICCOINS.2014.6868449.
- [338] J. Hahn and R. J. Kauffman, "Automatically Identifying Usability Problems," *Simulation*, 2005.
- [339] M. Soui, M. Chouchane, I. Gasmi, and M. W. Mkaouer, "PLAIN: Plugin for predicting the usability of mobile user interface," *VISIGRAPP 2017 - Proceedings of the 12th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications*, vol. 1, no. Visigrapp, pp. 127–136, 2017, doi: 10.5220/0006171201270136.
- [340] A. Fernández, "A Usability Inspection Method for Model-driven Web Development Processes," no. November, p. 371, 2012, [Online]. Available: riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/17845/tesisUPV3981.pdf?
- [341] A. Edmonds, "Uzilla: A new tool for Web usability testing," *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, vol. 35, no. 2, pp. 194–201, 2003, doi: 10.3758/BF03202542.

- [342] K. W. Ma, S. Park, and S. Park, "Automatic Detection of Usability Issues on Mobile Applications," *KIPS Transactions on Software and Data Engineering*, vol. 5, no. 7, pp. 319–326, 2016, doi: 10.3745/ktsde.2016.5.7.319.
- [343] I. Гученко, "MATHEMATICAL MODEL FOR SOFTWARE USABILITY AUTOMATED EVALUATION AND ASSURANCE," *Proceedings of National Aviation University*, vol. 49, Apr. 2011, doi: 10.18372/2306-1472.49.86.
- [344] E. Ballarini, L. Ciabattini, D. Domenichelli, M. Domenichelli, G. Foresi, and A. Monteriù, *An Automated Procedure to Evaluate Usability of eHealth Platforms In The Wild*. 2019. doi: 10.1109/ZINC.2019.8769352.
- [345] W. Kluth, K.-H. Krempels, and C. Samsel, *Automated Usability Testing for Mobile Applications*, vol. 2. 2014. doi: 10.5220/0004985101490156.
- [346] K. Sergieieva, T. M. N. Bitchou, and G. Meixner, "Task Identification Framework to Automatically Detect Anomalies in Users' Interactions with Mobile Application to Support Usability Evaluation BT - Human Interaction and Emerging Technologies," T. Ahram, R. Taiar, S. Colson, and A. Choplin, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 421–427.
- [347] S. L. Keenan, H. R. Hartson, D. G. Kafura, and R. S. Schulman, "The Usability Problem Taxonomy: A Framework for Classification and Analysis," *Empir Softw Eng*, vol. 4, no. 1, pp. 71–104, 1999, doi: 10.1023/A:1009855231530.
- [348] P. Harms and J. Grabowski, "Usage-Based Automatic Detection of Usability Smells BT - Human-Centered Software Engineering," S. Sauer, C. Bogdan, P. Forbrig, R. Bernhaupt, and M. Winckler, Eds., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014, pp. 217–234.
- [349] K. Coninx, E. Cuppens, J. de Boeck, and C. Raymaekers, "Integrating Support for Usability Evaluation into High Level Interaction Descriptions with NiMMiT BT - Interactive Systems. Design, Specification, and Verification," G. Doherty and A. Blandford, Eds., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007, pp. 95–108.
- [350] K. Phetcharakarn and T. Senivongse, "Heuristic-Based Usability Evaluation Tool for Android Applications BT - Applied Computing & Information Technology," R. Lee, Ed., Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 161–175. doi: 10.1007/978-3-319-64051-8_10.
- [351] T. Carta, F. Paternò, and V. F. de Santana, "Web Usability Probe: A Tool for Supporting Remote Usability Evaluation of Web Sites BT - Human-Computer Interaction – INTERACT 2011," P. Campos, N. Graham, J. Jorge, N. Nunes, P. Palanque, and M. Winckler, Eds., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, pp. 349–357.
- [352] J. Marenkov, T. Robal, and A. Kalja, "A Tool for Design-Time Usability Evaluation of Web User Interfaces BT - Advances in Databases and Information Systems," M. Kirikova, K. Nørvåg, and G. A. Papadopoulos, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 394–407.
- [353] P. Géczy, N. Izumi, S. Akaho, and K. Hasida, "Usability Analysis Framework Based on Behavioral Segmentation BT - E-Commerce and Web Technologies," G. Psaila and R. Wagner, Eds., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007, pp. 35–45.

- [354] P. Burzacca and F. Paternò, “Remote Usability Evaluation of Mobile Web Applications BT - Human-Computer Interaction. Human-Centred Design Approaches, Methods, Tools, and Environments,” M. Kurosu, Ed., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 241–248.
- [355] J. M. López, I. Fajardo, and J. Abascal, “Towards Remote Empirical Evaluation of Web Pages’ Usability BT - Human-Computer Interaction. Interaction Design and Usability,” J. A. Jacko, Ed., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007, pp. 594–603.
- [356] M. Quade, G. Lehmann, K.-P. Engelbrecht, D. Roscher, and S. Albayrak, “Automated Usability Evaluation of Model-Based Adaptive User Interfaces for Users with Special and Specific Needs by Simulating User Interaction BT - User Modeling and Adaptation for Daily Routines: Providing Assistance to People with Special Needs,” E. Martín, P. A. Haya, and R. M. Carro, Eds., London: Springer London, 2013, pp. 219–247. doi: 10.1007/978-1-4471-4778-7_9.
- [357] A. M. Memon, “Using Reverse Engineering for Automated Usability Evaluation of Gui-Based Applications BT - Human-Centered Software Engineering: Software Engineering Models, Patterns and Architectures for HCI,” A. Seffah, J. Vanderdonckt, and M. C. Desmarais, Eds., London: Springer London, 2009, pp. 335–355. doi: 10.1007/978-1-84800-907-3_16.
- [358] J. Xiong, M. Diouf, C. Farenc, and M. Winckler, “Automating Guidelines Inspection BT - Computer-Aided Design of User Interfaces V,” G. Calvary, C. Pribeanu, G. Santucci, and J. Vanderdonckt, Eds., Dordrecht: Springer Netherlands, 2007, pp. 273–286.
- [359] W. Chen, T. Lin, L. Chen, and P. Yuan, “Automated comprehensive evaluation approach for user interface satisfaction based on concurrent think-aloud method,” *Univers Access Inf Soc*, vol. 17, no. 3, pp. 635–647, 2018, doi: 10.1007/s10209-018-0610-z.
- [360] M. J. M. da Ponte and A. M. da Silveira, “A Methodology for Evaluation the Usability of Software for Industrial Automation Using Artificial Neural Networks: Case Study--Eletrobrás,” in *2008 International Conference on Computational Intelligence for Modelling Control & Automation*, 2008, pp. 430–435. doi: 10.1109/CIMCA.2008.18.
- [361] J. F. Filho, W. Prata, and J. Oliveira, “Affective-Ready, Contextual and Automated Usability Test for Mobile Software,” in *Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct*, in *MobileHCI ’16*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2016, pp. 638–644. doi: 10.1145/2957265.2961834.
- [362] J. F. Filho, T. Valle, and W. Prata, “Automated Usability Tests for Mobile Devices through Live Emotions Logging,” in *Proceedings of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct*, in *MobileHCI ’15*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2015, pp. 636–643. doi: 10.1145/2786567.2792902.
- [363] J. Harty, “Finding usability bugs with automated tests,” *Commun ACM*, vol. 54, no. 2, pp. 44–49, 2011, doi: 10.1145/1897816.1897836.

- [364] M. Schulz, “Demographic User Characteristic Sampling for Model-Based Usability Evaluation,” in *Proceedings of the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Fun, Fast, Foundational*, in NordiCHI '14. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2014, pp. 171–174. doi: 10.1145/2639189.2639196.
- [365] R. Atterer, “Model-Based Automatic Usability Validation: A Tool Concept for Improving Web-Based UIs,” in *Proceedings of the 5th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Building Bridges*, in NordiCHI '08. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2008, pp. 13–22. doi: 10.1145/1463160.1463163.
- [366] H. Okada and R. Fujiok, “Automated Methods for Webpage Usability & Accessibility Evaluations,” *Advances in Human Computer Interaction*, 2008, doi: 10.5772/5920.
- [367] D. Bader and D. Pagano, “Towards automated detection of mobile usability issues,” *Lecture Notes in Informatics (LNI), Proceedings - Series of the Gesellschaft für Informatik (GI)*, vol. P-215, pp. 341–354, 2013.
- [368] Y. Tao, “Automated Data Collection for Usability Evaluation in Early Stages of Application Development,” *7th International Conference on Applied Computer & Applied Computational Science (ACACOS '08)*, pp. 135–140, 2008.
- [369] T. N. Kiprotich, S. Kimani, and W. Cheruiyot, “Remote Evaluation Of An Interface Usability Using Asynchronous Auto-Logging Methodology,” *Remote Evaluation Of An Interface Usability Using Asynchronous Auto-Logging Methodology*, vol. 4, no. 11, pp. 133–136, 2015.
- [370] J. Vanderdonckt and A. Beirekdar, “Automated web evaluation by guideline review,” *Journal of Web Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 102–117, 2005.
- [371] A. Fourney, R. Mann, and M. Terry, “Characterizing the usability of interactive applications through query log analysis,” in *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 2011, pp. 1817–1826. doi: 10.1145/1978942.1979205.
- [372] S. Kaur, “An Automated Tool for Web Site Evaluation,” *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, vol. 3, no. 0975–9646, p. 4, 2012, [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/7235/8615740da86038e531f8ce1c6c12fo24def3.pdf>
- [373] I. Pretel and A. B. Lago, “Mobile-Human Interaction Monitoring System BT - Mobile Lightweight Wireless Systems,” J. del Ser, E. A. Jorswieck, J. Miguez, M. Matinmikko, D. P. Palomar, S. Salcedo-Sanz, and S. Gil-Lopez, Eds., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012, pp. 198–205.
- [374] L. M. Tobar, P. M. L. Andrés, and E. L. Lapena, “WebA: A tool for the assistance in design and evaluation of websites,” *Journal of Universal Computer Science*, vol. 14, no. 9, pp. 1496–1512, 2008.
- [375] K. Engelbrecht, M. Kruppa, S. Möller, and M. Quade, “MeMo Workbench for Semi-Automated Usability Testing Deutsche Telekom Laboratories , Berlin University of Technology , Germany DAI-Labor , Berlin University of Technology , Germany,” in *Artificial Intelligence*, 2008, pp. 1662–1665.

- [376] F. Lettner and C. Holzmann, "Automated and Unsupervised User Interaction Logging as Basis for Usability Evaluation of Mobile Applications," in *Proceedings of the 10th International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia*, in MoMM '12. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2012, pp. 118–127. doi: 10.1145/2428955.2428983.
- [377] P. Harms, "Automated Usability Evaluation of Virtual Reality Applications," *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, vol. 26, no. 3, Apr. 2019, doi: 10.1145/3301423.
- [378] P. Harms, "Automated Field Usability Evaluation Using Generated Task Trees," Institute of Computer Science, University of Göttingen, Göttingen, Germany, 2016. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/11858/00-1735-0000-0028-8684-1>
- [379] H. Okada and R. Fujiok, "Automated Methods for Webpage Usability & Accessibility Evaluations," *Advances in Human Computer Interaction*, 2008, doi: 10.5772/5920.
- [380] C. David and R. U. S. A. Data, "(12) Patent Application Publication (10) Pub. No.: US 2015/0259773 A1," vol. 1, no. 19, 2015.
- [381] F. Lettner and C. Holzmann, "Usability Evaluation Framework: Automated Interface Analysis for Android Applications," in *Proceedings of the 13th International Conference on Computer Aided Systems Theory - Volume Part II*, in EUROCAST'11. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2011, pp. 560–567. doi: 10.1007/978-3-642-27579-1_72.
- [382] L. L. Hurtado, O. D. Castrillón, and G. Olivar, "Una metodología automatizada para la evaluación de usabilidad de interfaces de supervisión industrial," *Informacion Tecnologica*, vol. 24, no. 4, pp. 95–104, 2013, doi: 10.4067/S0718-07642013000400011.
- [383] M. Kiura, M. Ohira, and K.-I. Matsumoto, "Webjig: An Automated User Data Collection System for Website Usability Evaluation," *HCI (1)*, pp. 277–286, 2009.
- [384] K. Sagar and A. Saha, "Enhancing Usability Inspection Through Data-Mining Techniques: An Automated Approach for Detecting Usability Problem Patterns of Academic Websites BT - Intelligent Human Computer Interaction," A. Basu, S. Das, P. Horain, and S. Bhattacharya, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 229–247.
- [385] E. M. Pivetta, D. S. Saito, C. da Silva Flor, V. R. Ulbricht, and T. Vanzin, "Automated Accessibility Evaluation Software for Authenticated Environments BT - Universal Access in Human-Computer Interaction. Design for All and Accessibility Practice," C. Stephanidis and M. Antona, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2014, pp. 77–88.
- [386] L. S. Zettlemoyer, R. st. Amant, and M. S. Dulberg, "IBOTS: agent control through the user interface," *International Conference on Intelligent User Interfaces, Proceedings IUI*, pp. 31–37, 1999.
- [387] B. Helfrich and J. A. Landay, "QUIP: Quantitative User Interface Profiling," 1999.
- [388] G. Al-Qaimari and D. McRostie, "KALDI: A CAUsE Tool for Supporting Testing and Analysis of User Interaction BT - People and Computers XV—Interaction without Frontiers," A. Blandford, J. Vanderdonckt, and P. Gray, Eds., London: Springer London, 2001, pp. 153–169.

- [389] F. Paternò and G. Ballardin, “RemUSINE: a bridge between empirical and model-based evaluation when evaluators and users are distant,” *Interact Comput*, vol. 13, no. 2, pp. 229–251, Dec. 2000, doi: 10.1016/S0953-5438(00)00039-4.
- [390] L. Galko and M. Bačíková, *Experiments with automated evaluation of domain usability*. 2016. doi: 10.1109/HSI.2016.7529640.
- [391] J. W. Thatchew, “Evaluation and Repair: LIFT from UsableNet,” 2011. <https://www.jimthatcher.com/lifteval.htm> (accessed Jan. 18, 2021).
- [392] S. Matalonga, F. Rodrigues, and G. H. Travassos, “Characterizing testing methods for context-aware software systems: Results from a quasi-systematic literature review,” *Journal of Systems and Software*, vol. 131, pp. 1–21, Sep. 2017, doi: 10.1016/j.jss.2017.05.048.
- [393] Q. Wang *et al.*, “Usability evaluation of mHealth apps for elderly individuals: a scoping review,” *BMC Med Inform Decis Mak*, vol. 22, no. 1, Dec. 2022, doi: 10.1186/s12911-022-02064-5.
- [394] R. Alexander, “Usability themes in high and low context cultures: A comparative study,” 2019.
- [395] S. S. Khasnis, S. Raghuram P., A. Aditi, R. S. Samrakshini, and M. Namratha, “Analysis of automation in the field of Usability Evaluation,” in *2019 1st International Conference on Advanced Technologies in Intelligent Control, Environment, Computing & Communication Engineering (ICATIECE)*, 2019, pp. 85–91. doi: 10.1109/ICATIECE45860.2019.9063859.
- [396] M. Bačíková, J. Porubän, M. Sulír, S. Chodarev, W. Steingartner, and M. Madeja, “Domain usability evaluation,” *Electronics (Switzerland)*, vol. 10, no. 16, Aug. 2021, doi: 10.3390/electronics10161963.
- [397] N. Bessghaier, M. Soui, C. Kolski, and M. Chouchane, “On the detection of structural aesthetic defects of android mobile user interfaces with a metrics-based tool,” *ACM Trans Interact Intell Syst*, vol. 11, no. 1, 2021, doi: 10.1145/3410468.
- [398] M. I., C. A., and N. C., “Methods of usability testing in the development of eHealth applications: A scoping review,” *Int J Med Inform*, vol. 126, pp. 95–104, 2019.
- [399] A. Del Campo, E. Gambi, L. Montanini, D. Perla, L. Raffaeli, and S. Spinsante, “MQTT in AAL systems for home monitoring of people with dementia,” *IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC*, 2016, doi: 10.1109/PIMRC.2016.7794566.
- [400] G. Marques and R. Pitarma, “IAQ Evaluation Using an IoT CO₂ Monitoring System for Enhanced Living Environments,” *Advances in Information Systems and Technologies*, vol. 206, pp. 1169–1177, 2018, doi: 10.1007/978-3-642-36981-0.
- [401] M. Chen, Y. Ma, J. Song, C. F. Lai, and B. Hu, “Smart Clothing: Connecting Human with Clouds and Big Data for Sustainable Health Monitoring,” *Mobile Networks and Applications*, vol. 21, no. 5, pp. 825–845, 2016, doi: 10.1007/s11036-016-0745-1.
- [402] M. Al-Khafajiy *et al.*, “Multimedia Tools and Applications Remote health monitoring of elderly through wearable sensors,” 2019, doi: 10.1007/s11042-018-7134-7.

- [403] J. L. B. Monton, A. Martinez-Millana, W. Han, C. Fernandez-Llatas, Y. Sun, and V. Traver, "Wearable sensors integrated with internet of things for advancing ehealth care," *Sensors (Switzerland)*, vol. 18, no. 6, pp. 1–18, 2018, doi: 10.3390/s18061851.
- [404] Ö. Yilmaz, "An ambient assisted living system for dementia patients," *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, vol. 27, no. 3, pp. 2361–2378, 2019, doi: 10.3906/elk-1806-124.
- [405] C. Chang, A. Hinze, J. Bowen, L. Gilbert, and N. Starkey, "Mymemory: A mobile memory assistant for people with traumatic brain injury," *International Journal of Human Computer Studies*, vol. 117, pp. 4–19, 2018, doi: 10.1016/j.ijhcs.2018.02.006.
- [406] A. Khan and S. Khusro, "Smart Assist: Smartphone-Based Drug Compliance for Elderly People and People with Special Needs," pp. 99–108, 2019, doi: 10.1007/978-3-319-96139-2_10.
- [407] J. Pavlas, O. Krejcar, P. Maresova, and A. Selamat, "Prototypes of user interfaces for mobile applications for patients with diabetes," *Computers*, vol. 8, no. 1, pp. 1–14, 2019, doi: 10.3390/computers8010001.
- [408] D. B. B, "New Knowledge in Information Systems and Technologies," vol. 931, pp. 829–838, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-16184-2.
- [409] AliveCor, "Kardia." <https://www.alivecor.com/kardiamobile/> (accessed Jun. 20, 2022).
- [410] Azumio Inc., "Glucose Buddy Diabetes Tracker." <https://apps.apple.com/app/id294754639> (accessed Sep. 22, 2019).
- [411] GreatCall, "GreatCall." <https://www.greatcall.com/services-apps/link> (accessed Sep. 21, 2019).
- [412] "FibriCheck," 2019. <https://www.fibrichk.com/> (accessed Nov. 17, 2019).
- [413] "mySugr," 2019. <https://mysugr.com/en> (accessed Nov. 17, 2019).
- [414] Altice, "SmartAL," 2019. <https://www.altice-empresas.pt/solucoes/sectoriais/saude/smartal> (accessed Oct. 24, 2020).
- [415] W. O. Galitz, *The Essential Guide to User Interface Design: An Introduction to GUI Design*, Second. Toronto: Robert Ipsen, 2002.
- [416] A. Harley, "Visibility of System Status (Usability Heuristic #1)," 2018. <https://www.nngroup.com/articles/visibility-system-status/> (accessed Oct. 07, 2019).
- [417] A. Kaley, "Match Between the System and the Real World: The 2nd Usability Heuristic Explained," 2018. <https://www.nngroup.com/articles/match-system-real-world/> (accessed Oct. 07, 2019).
- [418] J. Nielsen, "Do Interface Standards Stifle Design Creativity?," 1999. <https://www.nngroup.com/articles/do-interface-standards-stifle-design-creativity/> (accessed Oct. 07, 2019).
- [419] P. Laubheimer, "Preventing User Errors: Avoiding Unconscious Slips," 2015. <https://www.nngroup.com/articles/slips/> (accessed Oct. 07, 2019).
- [420] R. Budiu, "Memory Recognition and Recall in User Interfaces," 2014. <https://www.nngroup.com/articles/recognition-and-recall/> (accessed Oct. 07, 2019).

- [421] K. Moran, “The Characteristics of Minimalism in Web Design,” 2015. <https://www.nngroup.com/articles/characteristics-minimalism/> (accessed Oct. 07, 2019).
- [422] J. Nielsen, “Error Message Guidelines,” 2001. <https://www.nngroup.com/articles/error-message-guidelines/> (accessed Oct. 07, 2019).
- [423] Material Design, “States.” <https://material.io/design/interaction/states.html#usage> (accessed Oct. 07, 2019).
- [424] Bootstrap, “Buttons.” <https://getbootstrap.com/docs/4.0/components/buttons/#active-state> (accessed Oct. 07, 2019).
- [425] B. Shneiderman, C. Plaisant, M. Cohen, and S. Jacobs, *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Pearson Education, 2017. [Online]. Available: <https://books.google.pt/books?id=FvzoDQAAQBAJ>
- [426] E. Liyanage, “10 Usability heuristics explained,” 2016. <https://medium.com/@erangatl/10-usability-heuristics-explained-c7a363e671a7> (accessed Dec. 01, 2019).
- [427] V. de M. L. P. de Carvalho, “Usabilidade na Web e Usabilidade na Televisão Interactiva,” 2005.
- [428] X. Chen, “Signal-to-Noise Ratio,” 2018. <https://www.nngroup.com/articles/signal-noise-ratio/%0D> (accessed Dec. 07, 2019).
- [429] A. S. F. Souza, “Design de Usabilidade em Interfaces Conversacionais Híbridas,” p. 132, 2017.
- [430] Zuri, “Adaptation,” 2015. <http://zuri.mx/creation-process/> (accessed Oct. 07, 2019).
- [431] M. Sohl, “Comparing two heuristic evaluation methods and validating with usability test methods - Applying usability evaluation on a simple website A study at Nordiska Entreprenadsystem AB,” 2017.
- [432] J. Grudin, “The Case Against User Interface Consistency,” *Commun ACM*, vol. 32, no. 10, pp. 1164–1173, 1989, doi: 10.1145/67933.67934.
- [433] CRC Press, Ed., “International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors,” 2006, pp. 2273–2274.
- [434] L. Harrington and C. Harrington, *Usability Evaluation Handbook for Electronic Health Records*. 2014.
- [435] J. Gerhardt-Powals, “Cognitive Engineering Principles for Enhancing Human-Computer Performance,” *Plastics, Rubber and Composites Processing and Applications*, vol. 8, no. 2, pp. 189–211, 1996, doi: 10.1080/10447319609526147.
- [436] C. Butera, “The usability of OSF: Problems and solutions,” 2018.
- [437] F. Nayebi, J. M. Desharnais, and A. Abran, “An expert-based framework for evaluating iOS application usability,” *Proceedings - Joint Conference of the 23rd International Workshop on Software Measurement and the 8th International Conference on Software Process and Product Measurement, IWSM-MENSURA 2013*, no. January 2014, pp. 147–155, 2013, doi: 10.1109/IWSM-Mensura.2013.30.

- [438] K. Whitenon, “Minimize Cognitive Load to Maximize Usability,” 2013. <https://www.nngroup.com/articles/minimize-cognitive-load/> (accessed Oct. 12, 2019).
- [439] J. Nielsen, “Website Response Times,” 2010. <https://www.nngroup.com/articles/website-response-times/> (accessed Oct. 12, 2019).
- [440] G. Rempel, “Defining standards for web page performance in business applications,” *ICPE 2015 - Proceedings of the 6th ACM/SPEC International Conference on Performance Engineering*, pp. 245–252, 2015, doi: 10.1145/2668930.2688056.
- [441] T. Kvasnicová, I. Kremeňová, and J. Fabuš, “The use of heuristic method to assess the usability of university website,” *Congress Proceedings EUNIS*, 2015, [Online]. Available: http://www.eunis.org/download/2015/papers/EUNIS2015_submission_65.pdf
- [442] J. Nielsen, “Short-Term Memory and Web Usability,” 2009. <https://www.nngroup.com/articles/short-term-memory-and-web-usability/> (accessed Oct. 20, 2019).
- [443] S. W. Dean T. Barker, “Designing Effective Speech Interfaces.” <https://www.oreilly.com/library/view/designing-effective-speech/9780471375456/chap09-sec005.html> (accessed Dec. 23, 2019).
- [444] “Gestalt principles and examples.” <https://www.usertesting.com/blog/gestalt-principles/> (accessed Dec. 23, 2019).
- [445] J. M. Carroll and C. Carrithers, “Training Wheels in a User Interface,” *Commun ACM*, vol. 27, no. 8, pp. 800–806, 1984, doi: 10.1145/358198.358218.
- [446] PennState University, “Font Size on the Web.” <https://accessibility.psu.edu/fontsizehtml/> (accessed Oct. 24, 2019).
- [447] WCAG 2.0, “Understanding WCAG 2.0,” 2016. <https://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/visual-audio-contrast-scale.html> (accessed Oct. 24, 2019).
- [448] WCAG 2.0, “Contrast (Minimum),” 2016. <https://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/visual-audio-contrast-contrast.html> (accessed Oct. 24, 2019).
- [449] PennState University, “General Recommendations.” <https://accessibility.psu.edu/legibility/fontface/> (accessed Oct. 24, 2019).
- [450] Selenium, “Selenium.” <https://www.selenium.dev/> (accessed Nov. 07, 2020).
- [451] Appium, “Appium.” <https://appium.io/> (accessed Nov. 07, 2020).
- [452] SonarSource, “SonarQube Documentation.” <https://docs.sonarqube.org/latest/> (accessed Nov. 07, 2020).
- [453] J. McNaull, J. Augusto, M. Mulvenna, and P. McCullagh, “Flexible context aware interface for ambient assisted living,” *Human-centric Computing and Information Sciences*, vol. 4, no. 1, pp. 1–41, 2014, doi: 10.1186/2192-1962-4-1.
- [454] M. S. Dias *et al.*, “Living labs approach for usability testing of ambient assisted living technologies,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 9186, pp. 167–178, 2015, doi: 10.1007/978-3-319-20886-2_17.

- [455] M. Ziefle and W. Wilkowska, “Why traditional usability criteria fall short in Ambient Assisted Living Environments,” *Proceedings of the Pervasive Health 2014*, p. (in press), 2014, doi: 10.4108/icst.pervasivehealth.2014.255481.
- [456] S. E. P. Costa, J. J. P. C. Rodrigues, B. M. C. Silva, J. N. Isento, and J. M. Corchado, “Integration of Wearable Solutions in AAL Environments with Mobility Support,” *J Med Syst*, vol. 39, no. 12, 2015, doi: 10.1007/s10916-015-0342-z.
- [457] B. Reeder, J. Chung, T. Le, H. J. Thompson, and G. Demiris, “Environments : An Exploratory Study,” *Methods Inf Med*, vol. 53, no. 3, pp. 152–159, 2014, doi: 10.3414/ME13-02-0009.Assessing.
- [458] F. Portet, M. Vacher, C. Golanski, C. Roux, and B. Meillon, “Design and evaluation of a smart home voice interface for the elderly: Acceptability and objection aspects,” *Pers Ubiquitous Comput*, vol. 17, no. 1, pp. 127–144, 2013, doi: 10.1007/s00779-011-0470-5.
- [459] M. a Pustišek, L. a Zebec, E. b Stojmenova, and D. a Kervina, “Bringing health telemonitoring into IPTV based AMI environment,” *Proceedings of the 4th International Workshop on Semantic Ambient Media Experience, SAME 2011, in Conjunction with the 5th International Convergence on Communities and Technologies*, pp. 7–11, 2014.
- [460] R. Hervás, J. Fontecha, D. Ausín, F. Castanedo, J. Bravo, and D. López-de-Ipiña, “Mobile monitoring and reasoning methods to prevent cardiovascular diseases.,” *Sensors (Basel)*, vol. 13, no. 5, pp. 6524–6541, 2013, doi: 10.3390/s130506524.
- [461] E. Sherif, S. Furnell, and N. Clarke, “Human Aspects of Information Security, Privacy, and Trust,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 9190, pp. 436–448, 2015, doi: 10.1007/978-3-319-20376-8.
- [462] D. Fischinger *et al.*, “Hobbit, a care robot supporting independent living at home: First prototype and lessons learned,” *Rob Auton Syst*, vol. 75, no. October 2014, pp. 60–78, 2014, doi: 10.1016/j.robot.2014.09.029.
- [463] N. A. Khan, D. Natalia, H. Pirinen, L. Kauhanen, S. Salanter, and J. Majors, “Smart Dosing : A mobile application for tracking the medication tray-filling and dispensation processes in hospital wards,” no. November, 2014.
- [464] A. K. Triantafyllidis, V. G. Koutkias, I. Chouvarda, and N. Maglaveras, “Development and usability of a personalized sensor-based system for pervasive healthcare,” *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, vol. 2014, no. August 2014, pp. 6623–6626, 2014, doi: 10.1109/EMBC.2014.6945146.
- [465] S. Schlögl, M. Garschall, and M. Tscheligi, “Designing Natural Language User Interfaces with Elderly Users,” *Workshop on Designing Speech and Language Interactions at the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–4, 2014.
- [466] C. Romeiro and P. Araújo, “Usability Heuristic Evaluation in AAL Ecosystems,” *KnE Engineering*, Jun. 2020, doi: 10.18502/keg.v5i6.7050.
- [467] C. Romeiro and P. Araújo, “Principles’ Parametrization to Assert the Usability Compliance Level of AAL Ecosystems,” in *Proceedings of Seventh International Congress on*

- Information and Communication Technology*, X.-S. Yang, S. Sherratt, N. Dey, and A. Joshi, Eds., Singapore: Springer Nature Singapore, 2023, pp. 99–107.
- [468] C. Romeiro and P. Araújo, “Guidelines’ Parametrization to Assess AAL Ecosystems’ Usability.,” in *ICEIS (2)*, 2022, pp. 309–316.
- [469] C. Romeiro and P. Araújo, “Definition of Guideline-Based Metrics to Evaluate AAL Ecosystem’s Usability,” *Human Behavior and Emerging Technologies*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/8939072.