

INTRODUÇÃO À CIÊNCIA DE DADOS E
SISTEMAS INTERATIVOS:
Uma Abordagem Aplicada

Ana Grasielle Dionísio Corrêa
Arnaldo Rabello de Aguiar Vallim Filho
Maria Amelia Eliseo
Valéria Farinazzo Martins (orgs.)

INTRODUÇÃO À CIÊNCIA DE DADOS E
SISTEMAS INTERATIVOS:
Uma Abordagem Aplicada



Editora Livraria da Física
São Paulo — 2024

Copyright © 2024 Editora Livraria da Física

1a. Edição

Editor: VICTOR PEREIRA MARINHO e JOSÉ ROBERTO MARINHO

Projeto gráfico e diagramação: THIAGO AUGUSTO SILVA DOURADO

Capa: FABRÍCIO RIBEIRO

Texto em conformidade com as novas regras ortográficas do Acordo da Língua Portuguesa.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Introdução à ciência de dados e sistemas interativos : uma abordagem aplicada / organização Ana Grasielle Dionísio Corrêa...[et al.]. -- São Paulo : LF Editorial, 2024.

Vários autores.

Outros organizadores: Arnaldo Rabello de Aguiar Vallim Filho, Maria Amelia Eliseo, Valéria Farinazzo Martins.

Bibliografia.

ISBN 978-65-5563-434-1

1. Aprendizagem de máquina 2. Ciência da computação 3. Ciências de dados 4. Dados - Análise I. Corrêa, Ana Grasielle Dionísio. II. Vallim Filho, Arnaldo Rabello de Aguiar. III. Eliseo, Maria Amelia. IV. Martins, Valéria Farinazzo.

24-196794

CDD-005.73

Índices para catálogo sistemático:

1. Ciências de dados 005.73

Eliane de Freitas Leite – Bibliotecária – CRB 8/8415

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra poderá ser reproduzida sejam quais forem os meios empregados sem a permissão da Editora. Aos infratores aplicam-se as sanções previstas nos artigos 102, 104, 106 e 107 da Lei n. 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

Impresso no Brasil

Printed in Brazil



www.lfeditorial.com.br

Visite nossa livraria no Instituto de Física da USP

www.livrariadafisica.com.br

Telefones:

(11) 39363413 - Editora

(11) 26486666 - Livraria

SUMÁRIO

| | |
|--|----------|
| Introdução | 1 |
| 1 Organização e Arquitetura de Sistemas Interativos | 3 |
| 1.1 Introdução | 3 |
| 1.2 Processos de <i>Design</i> de Sistemas Interativos | 6 |
| 1.2.1 Design Centrado no Usuário | 9 |
| 1.2.2 Métodos Ágeis | 11 |
| 1.2.3 Arquitetura da Informação | 14 |
| 1.3 Características e estrutura de sistemas interativos | 18 |
| 1.3.1 Interações entre o usuário e o ambiente virtual | 20 |
| 1.3.1.1 Interfaces Táteis ou Hápticas | 21 |
| 1.3.1.2 Interfaces Gestuais | 22 |
| 1.3.1.3 Interfaces de Locomoção | 23 |
| 1.3.1.4 Interfaces Auditivas | 24 |
| 1.3.1.5 Interfaces de Voz | 25 |
| 1.3.2 Interfaces multimodais e interfaces multimodais- multissensor | 26 |
| 1.4 Aplicações | 28 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1.4.1 | Realidade Virtual, Aumentada e Mista | 28 |
| 1.4.2 | Internet das Coisas (IoT) | 30 |
| 1.4.3 | Sistema preditivo | 31 |
| 1.5 | Atividades | 33 |
| 1.5.1 | Atividades teóricas | 33 |
| 1.5.2 | Atividades práticas | 34 |
| 1.6 | Conclusões | 34 |
| | Referências | 35 |
| 2 | Design de Interação e Experiência do Usuário | 41 |
| 2.1 | Introdução | 41 |
| 2.2 | O que é design de interação e experiência do usuário . . . | 43 |
| 2.3 | O Processo de Design de Interação | 45 |
| 2.3.1 | Estabelecimento de Requisitos | 46 |
| 2.3.2 | Geração de Designs Alternativos | 47 |
| 2.3.3 | Prototipação de Ideias Potenciais | 49 |
| 2.3.4 | Avaliação do Produto | 50 |
| 2.4 | Pontos de Destaque | 51 |
| 2.4.1 | Metáforas de Interação | 51 |
| 2.4.2 | Personas e Cenários | 53 |
| 2.4.3 | Análise de Tarefas | 54 |
| 2.4.4 | Modelos de Ciclo de Vida de Interação Humano- Computador | 56 |
| 2.4.4.1 | Modelo de Ciclo de Vida Estrela | 56 |
| 2.4.4.2 | Modelo de Ciclo de Vida da Engenharia de Usabilidade | 58 |
| 2.5 | Estudo de Caso | 59 |
| 2.6 | Atividades | 62 |
| 2.6.1 | Atividades teóricas | 62 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.6.2 | Atividades práticas | 63 |
| 2.7 | Conclusões | 64 |
| | Referências | 64 |
| 3 | Análise de Usabilidade de Sistemas Interativos: Uma Visão Introdutória e Prática | 69 |
| 3.1 | Introdução | 69 |
| 3.2 | Fundamentos: Paradigmas de Avaliação de Usabilidade . . | 70 |
| 3.3 | Métricas de Usabilidade | 74 |
| 3.4 | Estudo de caso | 80 |
| 3.4.1 | Objeto de Estudo “Simulador de Montanha Russa para Interface Touchscreen” | 80 |
| 3.4.1.1 | Acessibilidade do Simulador de Montanha Russa | 82 |
| 3.4.1.2 | Mecanismos de Interação | 83 |
| 3.5 | Objetivo da Avaliação de Usabilidade | 84 |
| 3.5.1 | Participantes | 84 |
| 3.5.2 | Tarefas dos Participantes | 84 |
| 3.5.3 | Protocolo de Pesquisa | 85 |
| 3.5.4 | Treinamento | 86 |
| 3.5.5 | Métricas de Usabilidade | 86 |
| 3.5.6 | Resultados de Usabilidade | 86 |
| 3.6 | Atividades | 88 |
| | Referências | 90 |
| | Apêndice A: Fase de Treinamento – Montanha Russa | 92 |
| | Apêndice B: Percepção do Simulador Montanha Russa | 93 |
| | Apêndice C: Tarefas do Simulador Montanha Russa | 94 |
| | Apêndice D: Questionário de Satisfação da Interação | 95 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4 | Coleta, Armazenamento e Visualização de Dados | 97 |
| 4.1 | Introdução | 97 |
| 4.2 | Data Pipelines | 99 |
| 4.3 | Etapas do Data Pipeline | 104 |
| 4.3.1 | Coleta de Dados | 104 |
| 4.3.2 | Processamento e Armazenamento | 108 |
| 4.3.3 | Análise e Visualização de Dados | 111 |
| 4.4 | Exemplos de Aplicações | 119 |
| 4.5 | Conclusões | 124 |
| 4.6 | Proposição de Atividade | 125 |
| | Referências | 127 |
| 5 | Introdução à Aprendizagem de Máquina | 133 |
| 5.1 | Fundamentos do Aprendizado de Máquina | 133 |
| 5.2 | Aprendizagem Supervisionada | 136 |
| 5.2.1 | Algoritmos Clássicos | 139 |
| 5.2.1.1 | Árvores de Decisão (<i>Decision Tree</i>) | 139 |
| 5.2.1.2 | K Vizinhos mais próximos (<i>K nearest neighbor</i>) | 141 |
| 5.2.1.3 | Avaliação de Modelos | 145 |
| 5.2.2 | Exercícios de Aplicação | 148 |
| 5.3 | Aprendizagem Não-Supervisionada | 150 |
| 5.3.1 | Fundamentos | 150 |
| 5.3.2 | Algoritmos Clássicos | 153 |
| 5.3.2.1 | Algoritmos Hierárquicos | 153 |
| 5.3.2.2 | Algoritmo Particional | 157 |
| 5.3.2.3 | Validação de Agrupamento | 160 |
| 5.3.3 | Exercícios de Aplicação | 162 |
| | Referências | 162 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 6 | Meta-Heurísticas e Técnicas de Otimização Aplicadas | 167 |
| 6.1 | Introdução | 167 |
| 6.2 | Programação Matemática | 170 |
| 6.2.1 | Modelagem em Programação Matemática | 170 |
| 6.2.1.1 | Pesquisa Operacional e as Técnicas de Otimização | 171 |
| 6.2.2 | Programação Linear | 173 |
| 6.2.3 | Atividades de Modelos Exatos | 184 |
| 6.2.3.1 | Atividades Conceituais | 184 |
| 6.2.3.2 | Atividades de Modelagem – Problemas Clássicos de Otimização | 185 |
| 6.3 | Meta-Heurísticas | 189 |
| 6.3.1 | Conceitos e Visão Geral de Meta-heurísticas | 189 |
| 6.3.2 | Taxonomias das Meta-heurísticas | 196 |
| 6.3.3 | Meta-heurísticas Baseadas em Trajetória (solução única) | 201 |
| 6.3.3.1 | <i>Simulated Annealing</i> – SA | 201 |
| 6.3.3.2 | Busca Tabu (<i>Tabu Search</i> – TS) | 206 |
| 6.3.3.3 | GRASP – <i>Greedy Randomized Adaptive Search Procedure</i> (Procedimento de Busca Adaptativa Aleatória Gulosa) | 211 |
| 6.3.4 | Meta-heurísticas Baseadas em População de Soluções | 216 |
| 6.3.4.1 | Algoritmo Genético (<i>Genetic Algorithm</i> – GA) | 217 |
| 6.3.4.2 | Otimização por Colônia de Formigas (<i>Ant Colony Optimization</i> – ACO) | 223 |
| 6.3.4.3 | Colônia Artificial de Abelhas (<i>Artificial Bee Colony</i> – ABC) | 227 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 6.3.4.4 | Otimização por Enxame de Partículas [PSO – Particle Swarm Optimization] | 232 |
| 6.3.5 | Atividades Meta-heurísticas | 235 |
| 6.3.5.1 | Atividades Conceituais | 235 |
| 6.3.5.2 | Atividades de Modelagem – Aplicações de Meta-heurísticas | 237 |
| | Referências | 239 |
| 7 | Governança de Dados | 243 |
| 7.1 | Introdução | 243 |
| 7.2 | Pilares Fundamentais da Governança de Dados | 246 |
| 7.2.1 | Alinhamento estratégico | 246 |
| 7.2.1.1 | Conceitos | 246 |
| 7.2.1.2 | Estruturas Organizacional | 247 |
| 7.2.2 | Evolução Arquitetural de Dados e Soluções | 249 |
| 7.2.2.1 | Evolução na plataforma de Dados | 249 |
| 7.2.2.2 | Qualidade de Dados | 251 |
| 7.2.2.3 | Gestão de Metadados | 252 |
| 7.2.2.4 | Catálogo de Dados | 256 |
| 7.2.3 | Risco, Segurança, Privacidade e Compliance | 257 |
| 7.2.3.1 | Segurança de Dados | 257 |
| 7.2.3.2 | Leis de proteção de dados | 259 |
| 7.3 | Governança como agente de valor para negócios | 262 |
| 7.4 | Exemplo de Aplicações | 264 |
| 7.4.1 | Criação de um Repositório de Termos de Negócios | 264 |
| 7.4.2 | Gestão de consentimento para manipulação de dados | 265 |
| 7.5 | Proposição de Atividades | 265 |
| | Referências | 266 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 8 | Pesquisa Aplicada, Inovação e Produção Tecnológica em Mestrados Profissionais | 269 |
| 8.1 | Introdução | 269 |
| 8.2 | Pesquisa básica e pesquisa aplicada | 271 |
| 8.3 | Inovação | 275 |
| 8.3.1 | Processos de Inovação | 277 |
| 8.3.2 | Ecosistemas de Inovação | 278 |
| 8.4 | Da Pesquisa à Inovação | 279 |
| 8.5 | Formação e Produção por Mestrados Profissionais | 281 |
| 8.6 | Tipos de Produção Técnica/Tecnológica esperados para a Computação, segundo a CAPES | 285 |
| 8.6.1 | Produto Bibliográfico | 286 |
| 8.6.2 | Ativos de Propriedade Intelectual | 289 |
| 8.6.3 | Software/Aplicativo | 302 |
| 8.6.4 | Tecnologia Social | 303 |
| 8.6.5 | Curso de Formação Profissional | 305 |
| 8.6.6 | Produto de Editoração | 305 |
| 8.6.7 | Evento Organizado | 306 |
| 8.6.8 | Norma ou Marco Regulatório | 306 |
| 8.6.9 | Base de dados técnico-científica | 307 |
| 8.6.10 | Empresa ou Organização Social Inovadora | 308 |
| 8.6.11 | Participação em comissão técnico-científica, membro de conselho gestor ou comitê técnico | 308 |
| 8.6.12 | Considerações importantes! | 309 |
| 8.7 | Levantamento de conhecimento tecnológico | 309 |
| 8.7.1 | Entendo um pouco mais sobre patentes | 311 |
| 8.7.2 | Estrutura de um Documento de Patente | 313 |
| 8.7.3 | Bases de informação sobre propriedade intelectual | 314 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 8.7.4 | Processo de Busca de Informação Tecnológica em Bases de Patentes | 315 |
| 8.7.4.1 | Planejamento | 316 |
| 8.7.4.2 | Execução | 320 |
| 8.7.4.3 | Análise | 321 |
| 8.7.4.4 | Relato | 321 |
| 8.8 | Conclusões | 322 |
| | Agradecimentos | 324 |
| | Referências | 324 |

INTRODUÇÃO

Esta é uma obra que teve por objetivo desenvolver um texto didático, que apresentasse conceitos, fundamentos e soluções tecnológicas sobre temas voltadas para Ciência de Dados, Métodos Analíticos Aplicados e Sistemas Interativos, assuntos destinados a pesquisadores, professores e alunos de cursos de pós-graduação na área de Computação Aplicada e afins.

Na abordagem de Ciência de Dados e Métodos Analíticos Aplicados, o livro tratou de assuntos relacionados à análise de massas de dados, como *Data/Analytics*, e a otimização de problemas combinatórios complexos, envolvendo Inteligência Artificial, Aprendizagem de Máquina, técnicas de otimização da área de Pesquisa Operacional.

Em relação a Sistemas Interativos, o livro abordou a arquitetura e desenvolvimento de sistemas interativos, questões ligadas à Interação Humano-Computador, como design de interface, usabilidade e experiência do usuário.

O livro está estruturado em oito capítulos:

Na área de Sistemas Interativos, tem-se capítulos tratando de Organização e Arquitetura de Sistemas Interativos; Desenvolvimento de Sistemas Interativos e Design de Interação e Experiência de Usuário, e Análise de Usabilidade de Sistemas Interativos.

Em Ciência de Dados e Métodos Analíticos Aplicados, tem-se capítulos envolvendo Armazenamento e Visualização de Dados;

Aprendizagem de Máquina; Meta-Heurísticas e Técnicas de Otimização Aplicadas; Governança de Dados.

E tem-se ainda, um capítulo que trata de Pesquisa e Inovação em Computação Aplicada

Os capítulos têm uma estrutura similar, que contempla uma introdução ao tema; seguida pelo desenvolvimento de fundamentos, conceitos e técnicas; complementando-se com exemplos de aplicações e atividades com exercícios conceituais e práticos.

ORGANIZAÇÃO E ARQUITETURA DE SISTEMAS INTERATIVOS

Maria Amelia Eliseo

Valéria Farinazzo Martins

1.1 Introdução

Sistemas interativos são compostos por *hardware*, *software* que oferecem maneiras eficientes de processar e trocar informações para atender os mais variados objetivos, envolvendo a interação com os humanos. Diz respeito a tecnologias digitais que fazem parte do cotidiano da maioria das pessoas em diferentes contextos de uso: escrever e editar textos e planilhas, escrever e-mails e trocar mensagens, realizar reuniões *online*, tirar e editar fotos, realizar pagamentos eletrônicos, verificar o melhor caminho nos sistemas de navegação, chamar um carro por meio de um aplicativo de transporte, utilizar serviços digitais governamentais (CNH – Carteira Nacional de Habilitação ou carteira de vacinação), jogar jogos eletrônicos, obter monitoramento de dispositivos eletrônicos inteligentes (exemplo: monitoramento cardíaco enquanto realiza uma atividade física), visualizar indicadores de desempenho em *dashboards*, navegar na Web, etc.

Além disso, há usos em áreas específicas, como em Medicina, onde a tecnologia controla aparelhos como ressonância magnética, tomografia computadorizada e radioterapia, além dos prontuários eletrônicos que compartilham o histórico do paciente entre médicos, permitindo um exame mais acurado. Na Engenharia e na Arquitetura é possível elaborar desenhos técnicos e 3D com sistemas CAD-CAM (*Computer Aided Design-Computer Aided Manufacture*). Na Computação utiliza-se os ambientes de desenvolvimento integrados (IDEs) para auxiliar o desenvolvimento de um *software*. Tecnologias de Realidade Virtual, Aumentada e Mista têm contribuído para complementar o conteúdo de disciplinas na Educação, simular ambientes para o treinamento de futuros motoristas e pilotos de avião, auxiliar a reabilitação de pacientes e tratamentos de fobia na Medicina, treinamentos em situações de perigo na área Militar, além da produção de jogos no Entretenimento, dentre outras aplicações. Destacam-se ainda os ambientes virtuais 3D que enfatizam e promovem a interação coletiva e colaborativa como o Metaverso e o Second Life.

Diante dos exemplos de distintos sistemas interativos, organizar e planejar tais sistemas é uma tarefa complexa que envolve fatores como análise de tecnologias de implementação, modalidades de interação, navegação, desenho de interfaces, capacidade e limitação humanas, definições de tarefas a serem executadas. Dependendo das funcionalidades que o sistema deverá cumprir, poderá incluir interfaces específicas para atender seus requisitos, como interfaces táteis, gestuais, de voz, de locomoção, cérebro-computador, multimodais, multissensores, aumentando ainda mais a complexidade de sua arquitetura.

A concepção destes sistemas deve ser pensada para que sejam eficientes, seguros, confortáveis e até mesmo agradáveis para uso do ser humano. Assim, cada fase do projeto do sistema envolve desafios a serem solucionados adequadamente para garantir sua qualidade, seja do ponto de vista do *software*, seja do ponto de vista da interação. Além disso, deve-se considerar, no projeto do sistema, os diferentes pontos de vista das pessoas envolvidas (*stakeholders*). Neste sentido, há “uma diferença sutil, porém importante, entre o que um sistema interativo deve permitir fazer (visão do cliente, responsável pela aquisição do sistema), o que ele de fato permite fazer (visão de quem produz, focada nas funcionalidades do *software*) e a maneira como ele é utilizado (visão dos usuários, focada

no impacto do *software* no seu trabalho ou na sua vida)” (Barbosa et al. 2021).

Diferentes abordagens surgiram com a intenção de garantir a qualidade dos sistemas interativos, o que implica em estabelecer não apenas o que o *software* faz, mas inclui o seu comportamento enquanto está sendo executado, sua estrutura e a organização dos programas do sistema e a documentação associada. Com esta intenção, as áreas de IHC (Interação Humano-Computador) e ES (Engenharia de Software) seguem seus próprios métodos com perspectivas específicas no desenvolvimento de sistemas.

A ES aborda as especificações, o projeto e a evolução do *software*, além dos processos de gerenciamento. Seu foco está na construção de sistemas interativos mais eficientes, robustos, livres de erros, e de fácil manutenção (Sommerville, 2018). A IHC, no entanto, está preocupada com o uso e a interação dos usuários com o sistema e os dispositivos utilizados nesta interação. IHC aborda o *design*, a avaliação e a implementação de sistemas computacionais interativos para uso humano e com o estudo dos principais fenômenos ao redor deles (Rocha e Baranauskas, 2003). Isso se reflete nos atributos como o tempo de resposta do sistema a uma consulta do usuário, a compreensão de seu funcionamento, formas de interação, dentre outros.

Apesar disso, os modelos comumente utilizados em ES não oferecem suporte para o *design* de interação entre o usuário e o sistema (Costa et al., 2006). Da mesma forma, os artefatos produzidos para alcançar as soluções de *design* no contexto de IHC são informais se comparados àqueles elaborados pela ES. Assim, ambas as áreas se complementam na produção de sistemas interativos com alto grau de qualidade. Apesar de fortemente relacionadas, a construção e o uso de um artefato ocorrem em contextos distintos e seguem lógicas diferentes, envolvendo pessoas diversas. Essas diferenças permitem que um sistema interativo com alta qualidade de construção possa ter baixa qualidade de uso, e vice-versa.

Neste contexto, este capítulo discute a organização e arquitetura de sistemas interativos a partir da apresentação e análise de tecnologias de implementação de blocos funcionais (gráficos, simulação física, eventos, dispositivos de entrada/saída, comunicação, armazenamento), visando aspectos de portabilidade, extensibilidade e eficiência de processamento,

armazenamento e comunicação local e distribuída. O objetivo é compreender as características e estrutura específicas para cada sistema interativo, as diferentes modalidades de interação, a arquitetura e os elementos construtivos para a produção de sistemas interativos com qualidade do ponto de vista de sua construção e uso. Além disso, analisa tecnologias de implementação a partir de exemplos de sistemas interativos existentes.

Este capítulo está dividido em cinco seções, além desta introdução. A seção 2 apresenta a arquitetura, os métodos de *design* de interação e os processos de desenvolvimento de sistemas interativos. A seção 3 aborda os fundamentos para a organização de sistemas interativos a partir de diferentes características e estrutura, conforme suas funcionalidades. Apresenta a natureza das interações entre o usuário e o ambiente virtual e as diferentes interfaces para estabelecer a comunicação entre ambos. A seção 4 apresenta diferentes aplicações com sistemas interativos. A seção 5 disponibiliza exercícios para fixação e aplicação do conhecimento.

1.2 Processos de *Design* de Sistemas Interativos

Há várias definições para o termo “Arquitetura de *Software*” no desenvolvimento de sistemas computacionais, com diferentes abordagens e perspectivas (Richards e Ford, 2021; Baabad et al., 2020; Tvedt et al., 2004). De forma geral, enquanto alguns se referem à arquitetura com um plano que analisa e define requisitos, necessidades, cronograma para a concepção de um sistema, outros vão além disso, especificando mais detalhes para a “construção” do sistema até seu pleno funcionamento: gerenciamento, sequenciamento, dependências, reutilizações, avaliações, implementação, implantação e manutenção (Van Vliet, 2008; Taylor et al., 2010).

A arquitetura de *software* consiste na estrutura do sistema combinada com as características da arquitetura que o sistema deve suportar, decisões de arquitetura e princípios de design final (Richards e Ford, 2021). A estrutura do sistema se refere ao tipo de estilo de arquitetura em que ele é implementado, como microsserviços, camadas ou microkernel. Uma outra dimensão da definição de arquitetura de software, segundo

Richards e Ford (2021) são as características da arquitetura, que definem os critérios de sucesso de um sistema, os quais são ortogonais à funcionalidade do sistema. Ainda nesta definição de Richards e Ford (2021), as decisões de arquitetura definem as regras para os quais o sistema deveria ser construído. Considera as restrições do sistema e direciona a equipe de desenvolvimento a ter foco no que é permitido. A última dimensão da definição de arquitetura são os princípios de *design*. Um princípio de *design* difere de uma decisão de arquitetura por ser uma diretriz em vez de uma regra rígida e rápida.

Complementando com a definição de Tvedt et al. (2004), a arquitetura de *software* lida com a estrutura e as interações de um sistema de *software*. Deve-se considerar os componentes dos blocos de construção e suas inter-relações, além do comportamento do sistema. Restrições e regras descrevem como os componentes arquiteturais se comunicam entre si e como os usuários se comunicam com o sistema.

“A arquitetura de *software* tornou-se um assunto central para engenheiros de *software* ..., ou seja, o conjunto das principais decisões de projeto sobre o sistema” (Taylor et al., 2010). Pode-se incluir na arquitetura de *software* aspectos inerentes à Interação Humano-Computador. Ambas as disciplinas se preocupam com a qualidade do *software*, mas, a IHC foca na interação e comunicação do usuário com o sistema.

Neste contexto, de forma resumida, o projeto de sistemas interativos deve levar em consideração os objetivos do sistema, as necessidades do usuário, identificação e definição de requisitos funcionais e não funcionais, ambiente de produção. Passa-se pela criação de soluções alternativas e entendimento das expectativas dos usuários em relação ao sistema. Elaboração de protótipos testáveis para as avaliações com usuários e *experts*, enfim definir os detalhes da implementação, num processo baseado no *design* centrado no usuário, que será detalhado mais adiante.

Assim, em termos gerais, a arquitetura de um sistema interativo deverá considerar:

- a estrutura do sistema em termos dos elementos, componentes e peças;
- os relacionamentos entre esses elementos;

- as restrições que afetam os elementos e seus relacionamentos;
- o comportamento mostrado pelo sistema e as interações que ocorrem entre os elementos para produzir esse comportamento;
- os princípios, regras e análise que caracterizam o sistema (e controlam sua evolução);
- as características e propriedades físicas e lógicas do sistema;
- a finalidade do sistema;
- as interações humano-computador;
- a responsividade e portabilidade.

Para garantir a coerência entre a arquitetura implementada e a pretendida, evitando a degradação da arquitetura (Baabad et al., 2020), tanto a Engenharia de *Software* quanto a Interação Humano-Computador oferecem modelos e processos de *design* de sistemas computacionais interativos. *Design* é um processo iterativo que envolve atividades básicas como (Barbosa et al., 2021):

- a análise da situação atual (identificação do problema);
- a síntese de uma intervenção;
- a avaliação dessa intervenção projetada ou já aplicada à situação atual.

As características da arquitetura definidas por Richards e Ford (2021) permeiam o processo de *design* e podem ser implícitas ou explícitas. Implícitas quando raramente aparecem nos requisitos, mas são necessários para o projeto, por exemplo, disponibilidade, confiabilidade e segurança. Explícitas quando estão declaradas nos documentos de especificação. As características da arquitetura geralmente interagem umas com as outras. As características da arquitetura são divididas nas seguintes categorias (Richards e Ford, 2021):

- Operacional: disponibilidade, continuidade, desempenho, recuperabilidade, confiabilidade/segurança, robustez, escalabilidade/elasticidade.