RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo deste documento será disponibilizado somente a partir de 28/10/2027.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

VINÍCIUS CARRIJO DOS SANTOS

Planejamento colaborativo de layout hospitalar: um framework integrando realidade virtual imersiva e o método MACBETH

Bauru - SP
2025

VINÍCIUS CARRIJO DOS SANTOS

Planejamento colaborativo de layout hospitalar: um framework integrando realidade virtual imersiva e o método MACBETH

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como requisito para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

Orientadora: Profª. Drª. Regiane Máximo Siqueira

Bauru – SP
2025

S237p

Santos, Vinícius Carrijo dos
Planejamento colaborativo de layout hospitalar: um framework integrando realidade virtual imersiva e o método MACBETH / Vinícius Carrijo dos Santos. -- Bauru, 2025 212 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Bauru
Orientador: Regiane Máximo Siqueira

1. Planejamento de layout hospitalar. 2. Realidade Virtual Imersiva. 3. Design Science Research. 4. Framework. 5. MACBETH. I. Título.

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

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Bauru

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE VINÍCIUS CARRIJO DOS SANTOS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 27 de outubro de 2025, às 14h, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de VINÍCIUS CARRIJO DOS SANTOS, intitulada "PLANEJAMENTO COLABORATIVO DE LAYOUT HOSPITALAR: UM FRAMEWORK INTEGRANDO REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA E O MÉTODO MACBETH". A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof.ª Dr.ª REGIANE MÁXIMO SIQUEIRA (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Universidade Estadual Paulista (Unesp) - Faculdade de Engenharia - Câmpus Bauru, Prof. Dr. MOACIR GODINHO FILHO (Participação Virtual) do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Universidade Federal de São Carlos, Prof. Dr. GILBERTO MILLER DEVOS GANGA (Participação Virtual) do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR - São Carlos/SP, Prof. Dr. ARI MELO MARIANO (Participação Virtual) do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Universidade de Brasília, Prof. Dr. JÚLIO CÉSAR GARCIA DE ALENCAR (Participação Virtual) do(a) FM/Bauru - USP, Após a exposição pelo doutorando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: Aprovado . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Regiane Máximo Siqueira

Prof.ª Dr.ª REGIANE MÁXIMO SIQUEIRA

DEDICATÓRIA

Ao meu Deus, à minha esposa, Katherine, e ao meu filho, Marcos, por me motivarem ao longo de toda essa jornada.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me conceder força e apoio durante os momentos mais desafiadores deste trabalho.

À minha esposa, Katherine Kaneda Moraes, por me acompanhar e demonstrar compreensão ao longo de minha jornada de doutorado. Nos momentos mais difíceis, ela me transmitiu confiança e me encorajou a persistir na busca dos meus objetivos.

Ao meu filho, Marcos Vinícius Moraes dos Santos, que foi minha força motriz durante este último ano.

Aos meus pais, João Carlos dos Santos e Cleidemar Martins Carrijo dos Santos, pelo apoio incondicional.

À minha irmã, Gabriela Carrijo dos Santos, pela assistência e confiança. Ao meu irmão, João Batista Sarmento dos Santos Neto, por sempre ser um conselheiro e um exemplo de dedicação e sabedoria a ser seguido.

À minha orientadora e mentora, Professora Dra. Regiane Máximo Siqueira, cujas contribuições técnicas, profissionais e didáticas não apenas apoiaram o desenvolvimento desta pesquisa, mas também enriqueceram meu crescimento como profissional e educador por meio de sua orientação e ensinamentos.

Aos professores Ari, Moacir e Gilberto Ganga (Giba) por suas valiosas contribuições e sugestões que aprimoraram significativamente esta pesquisa.

A todos os professores da UNESP que contribuíram para a minha formação como pesquisador.

À equipe do HU-UFGD, especialmente à equipe da unidade cirúrgica, por sempre me acolher com grande entusiasmo.

Sou grato à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) pelo apoio durante meus estudos de doutorado.

Por fim, agradeço aos meus colegas e amigos da Engenharia de Produção da UFGD, especialmente, Carlos Camparotti, Rogério Silva e Larissa Diniz.

RESUMO

O projeto do layout hospitalar desempenha um papel fundamental na otimização da eficiência operacional, da segurança do paciente e do fluxo de trabalho da equipe. No entanto, o PLH é um problema complexo que exige colaboração interdisciplinar para conciliar os objetivos conflitantes de diversas partes interessadas. Aprimorar o codesign no PLH é frequentemente dificultado pela dificuldade que não especialistas enfrentam na interpretação de representações 2D tradicionais, além disso, o processo de tomada de decisão, muitas vezes é negligenciado, deixando de avaliar layouts pela ótica de critérios qualitativos e quantitativos. Para superar essas limitações de engajamento, este estudo propõe uma nova abordagem colaborativa para o planejamento de layout hospitalar por meio da integração de tecnologias de Realidade Virtual Imersiva (RVI). Para atingir esse objetivo, conduzimos uma pesquisa multimétodo em três etapas, cada uma resultando em um artigo específico. A primeira etapa envolveu uma revisão sistemática da literatura (RSL) para explorar qualitativamente as fases dos estudos de PLH e identificar os pontos fortes e fracos dos métodos, técnicas e ferramentas empregados nas duas principais fases de um estudo PLH (geração e avaliação de layout). Os resultados revelaram uma lacuna significativa nas abordagens que envolvem efetivamente equipes interdisciplinares, além de apontar que na maioria dos estudos o processo de avaliação dos layouts era negligenciado. A segunda etapa empregou uma pesquisa com 93 stakeholders envolvidos na unidade cirúrgica para avaliar a aceitação do ambiente de design que foi denominado em inglês como *Collaborative Layout Planning-Immersive Virtual Reality* (COLAPLAN-IVR). Nesta etapa, a pesquisa foi conduzida por meio de um modelo ampliado da Teoria Unificada da Aceitação e Uso da Tecnologia (UTAUT), incorporando construtos que representam atributos e barreiras à adoção da RV em projetos colaborativos de alta complexidade. A análise confirmatória do modelo ampliado demonstrou que a compreensão espacial, a imaginação colaborativa e a interação influenciam significativamente a expectativa de desempenho no uso do sistema de RV. A expectativa de esforço também foi confirmada como um fator determinante, além disso, tanto a expectativa de desempenho quanto a expectativa de esforço emergiram como fortes preditores da intenção comportamental de usar o sistema. Esses achados destacam o papel central dos fatores cognitivos e experienciais na formação da aceitação do usuário da realidade virtual imersiva para o planejamento do layout hospitalar. A terceira etapa concentrou-se no desenvolvimento e demonstração de um framework estruturado, fundamentada no rigor da Design Science Research (DSR). O framework proposto compreende quatro etapas: desenvolver o layout atual; visualizar e analisar o layout atual; gerar layouts alternativos; e, avaliar os layouts alternativos. O framework foi demonstrado por meio de um experimento controlado na unidade cirúrgica do Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados (HU-UFGD). Este processo resultou em um framework robusto que não apenas estrutura workshops de codesign, mas também orienta a coleta, classificação e conversão das contribuições das partes interessadas, derivadas do Pensamento Focado em Valor (ou *Value-Focused Thinking, VFT*), em propostas de layout. Essas propostas foram então avaliadas utilizando critérios quantitativos e qualitativos, conduzido pelo método de Auxílio à Decisão Multicritério (ADM) MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*). Os resultados reforçam a importância da participação da equipe da linha de frente no processo de design para gerar alternativas de layout. Além disso, comprova a necessidade de utilizar métodos MDA adequados como o VFT para definição de objetivos fundamentais e o MACBETH para avaliação estruturada e orientada. De modo geral, esta tese de doutorado contribui para a literatura de gestão de operações e pesquisa operacional em saúde ao examinar as dimensões teóricas e práticas do aprimoramento do codesign no planejamento do layout hospitalar por meio da realidade virtual imersiva, potencializando a geração de layout. E, na área de pesquisa operacional, contribui no processo de geração de layout orientado por objetivos identificados pelo VFT e avaliação estruturada das alternativas de layout pelo método MACBETH.

Palavras-chave: Planejamento de layout hospitalar; Realidade Virtual Imersiva; Design Science Research; Framework; MACBETH.

ABSTRACT

Hospital facility layout planning (HFLP) performances a pivotal role in optimizing operational efficiency, patient safety, and team workflows. Yet, HFLP is inherently complex, requiring interdisciplinary collaboration to reconcile the conflicting objectives of multiple stakeholders. Enhancing codesign within PLH is frequently hindered by the difficulty non-experts face in interpreting traditional 2D representations; moreover, the decision-making process is often neglected, failing to assess layouts through combined qualitative and quantitative criteria. To address these engagement limitations, this study proposes a novel collaborative approach to hospital layout planning through the integration of Immersive Virtual Reality (IVR) technologies. To achieve this, we conducted a three-stage multi-method investigation, each stage culminating in a specific article. The first stage comprised a Systematic Literature Review (SLR) to qualitatively explore the phases of HFLP studies and to identify the strengths and weaknesses of methods, techniques, and tools employed across the two principal phases of HFLP studies (layout generation and layout evaluation). The results revealed a substantial gap in approaches that effectively engage interdisciplinary teams and showed that, in most studies, layout evaluation processes were neglected. The third stage focused on the development and demonstration of a structured framework grounded in the rigor of Design Science Research (DSR). The proposed framework comprises four steps: develop the current layout; visualize and analyze the current layout; generate alternative layouts; and evaluate the alternative layouts. The framework was demonstrated via a controlled experiment in the surgical unit of the University Hospital of the Federal University of Grande Dourados (UH-UFGD). This process produced a robust framework that not only structures codesign workshops but also guides the collection, categorization, and conversion of stakeholder contributions, derived from Value-Focused Thinking (VFT), into layout proposals. These proposals were then evaluated using quantitative and qualitative criteria, supported by the Multicriteria Decision Aid (ADM) method MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique). The results underscore the importance of frontline team participation in the design process to generate layout alternatives. In addition, they demonstrate the need to employ appropriate MDA methods such as VFT for the definition of fundamental objectives and MACBETH for structured, guided evaluation. Overall, this PhD thesis contributes to the operations management and operations research in healthcare literature by examining the theoretical and practical dimensions of enhancing codesign in hospital layout planning through immersive virtual reality, thereby strengthening layout generation. In the field of operations research, it contributes by advancing goal-oriented layout generation guided by objectives identified via VFT and the structured evaluation of layout alternatives using the MACBETH method.

Keywords: Hospital Facility Layout Planning (HFLP); Immersive Virtual Reality (IVR); Design Science Research (DSR); Framework; MACBETH.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1- Estrutura da tese 30
Figura 2-1 – Modelo de processo de DSR 33
Figura 3-1 – O processo de revisão da RSL 45
Figura 3-2 – Fluxograma PRISMA 47
Figura 3-3 - Classificação da literatura de PLH 51
Figura 3-4 - Resultados das abordagens PLH e seus respectivos códigos 52
Figura 3-5 - Resultados das abordagens PLH 53
Figura 3-6 - Pontos fortes, pontos fracos e principais resultados das abordagens de geração e avaliação do PLH. 57
Figura 4-1 - Fluxograma PRISMA 81
Figura 4-2 - Modelo conceitual para aceitação do COLAPLAN-IVR 91
Figura 4-3 – Vistas e visão geral da experimentação do COLAPLAN-IVR 93
Figura 4-4 - Diagrama dos caminhos para o modelo estrutural 104
Figura 5-1 - Metodologia de pesquisa baseada nos estágios da pesquisa em DSR 136
Figura 5-2 - Stakeholders envolvidos no planejamento do layout das instalações hospitalares 137
Figura 5-3 - Framework para planejamento colaborativo do layout hospitalar com suporte de realidade virtual. 142
Figura 5-4 - Desenvolver o layout atual 143
Figura 5-5 - Configuração experimental do COLAPLAN-IVR 150
Figura 5-6 - Visão frontal em primeira pessoa do COLAPAN-IVR 151
Figura 5-7 - Visão superior do COLAPLAN-IVR 151
Figura 5-8 - Árvore de valor para o modelo de decisão 159
Figura 5-9 - Matriz de julgamento para adjacência 162
Figura 5-10 - Ponderação da importância inter-critério 163
Figura 5-11 - Árvore de valor com a ponderação dos PFV's 163
Figura 5-12 - Visão geral do desempenho das alternativas 167
Figura 5-13 - Tabela de pontuação 167
Figura 5-14 - Análise de sensibilidade 168

LISTA DE TABELAS

Tabela 4-1- Características do painel de especialistas 83
Tabela 4-2 - Perfil da amostra 95
Tabela 4-3 - Análise da confiabilidade e validade convergente 100
Tabela 4-4 - Valores para o critério de Fornell-Larcker 102
Tabela 4-5 - Valores de Heterotrait-monotrait (HTMT) 103
Tabela 4-6 - Valores do Fator de Inflação da Variância (VIF) 104
Tabela 4-7 - Análise do modelo estrutural 105
Tabela 5-1 - Perfil da amostra 153
Tabela 5-2 - Visão geral das contribuições das sessões experimentais do COLAPLAN-IVR 155
Tabela 5-3 - Gerar layouts alternativos usando o COLAPLAN- IVR 157
Tabela 5-4 - Características dos layouts alternativos e seus desempenhos 165

LISTA DE QUADROS

Quadro 1-1 - Questões de pesquisa, objetivos específicos e métodos de pesquisa 27
Quadro 3-1 - Direções de pesquisas futuras e Questões de pesquisas 67
Quadro 4-1 - Construtos identificados na literatura 84
Quadro 4-2 - Protocolo para o workshop experimental do COLAPLAN no HU - UFGD 92
Quadro 4-3 - Construtos e itens. 97
Quadro 5-1 - Abordagens populares de visualização de codesign para o planejamento do layout de instalações hospitalares 130
Quadro 5-2 - Protocolo para o workshop experimental do COLAPLAN no HU - UFGD - Demonstração do framework 149
Quadro 5-3 - PVF's e seus conceitos de avaliação. 160
Quadro 5-4 - Descritores para o PVF. 2.3 Relacionamento espacial (CC) 161

LISTA DE ABREVIAÇÕES

HFLP	Hospital Facility Layout Planning
PLH	Planejamento de Layout Hospitalar
IVR	Immersive Virtual Reality
RVI	Realidade Virtual Imersiva
FLP	Facility Layout Planning
PLI	Planejamento de Layout de Instalações
SLR	Systematic Literature Review
RSL	Revisão sistemática de literatura
VR	Virtual Reality
RV	Realidade Virtual
DSR	Design Science Research
UTAUT	Unified Theory of Acceptance and Use of Technology, em português, Teoria Unificada de Aceitação de Tecnologia
HU-UFGD	Hospital Universitário da Grande Dourados
QP	Questão de Pesquisa
SLP	Systematic Layout Planning, em português, Planejamento Sistemático de Layout
PRISMA	Preferred Report Items for Systematic and Meta-Reviews Analysis, em português, Itens preferenciais para relatórios de revisões sistemáticas e meta-análises
AC	Análise de Conteúdo
PM	Programação Matemática
PLIM	Programação Linear Inteira Mista
PAQ	Problema de Atribuição Quadrática
PLB	Programação Linear Binária
MGNA	Modelo de Gravitação Newtoniana Adaptado
PMT	Programação por metas
PNLIM	Programação Não Linear Inteira Multiobjetivo
PL	Programação Linear

NLP	Programação Não-Linear
OMO	Otimização Multi-Objetivo
ATG	Abordagem de Teoria dos Grafos
MH	MetaHeurística
ACS	Algoritmos de construção
EX	Exatos
LN	Linearização
PC	Particionamento de Conjunto
MAF	Mapeamento e Análise de Fluxos
ANVs	Atividades que não agregam valor
CALP	Computer-aided layout planning, em português, planejamento de layout auxiliado por computador
DRA	Diagrama de Relacionamento de Atividades
DDP	Diagrama De-Para
OL	Opções de Layout
POD	Ponto de Dispensação
LL	Layout Linear
LCN	Layout Centralizado
LDC	Layout Decentralizado
LFL	Layout flexível/Paredes móveis
LFPIC	Layout em fileiras paralelas com ilha central
CLNI	Configuração linear do núcleo interno
LSB	Layout do salão de baile
LTPC	Layout tipo pista de corrida
LCSD	Layout de corredor simples ou duplo
LPA	Layout de planta aberta
LRD	Layout Radial
MDA	Multicriteria Decision Aid
ADM	Apoio a Decisão Multicritério
FZY	Fuzzy
DES	Discrete Event Simulation

SED	Simulação de Eventos Discretos
ABS	Agent-Based Simulation
SBA	Simulação Baseada em Agentes
MBS	Simulação Baseada em Maquetes
PLANET	Planning Layout Analysis Evaluation Technique, em português, Técnica de planejamento, análise e avaliação de layout
ALDEP	Automated Layout Design Program, em português, Programa automatizado de projeto de layout
CORELAP	Computerized Relationship Layout Planning, em português, Planejamento computadorizado de layout de relacionamento
CRAFT	Computerized Relative Allocation of Facilities Technique, em português, Técnica de Alocação Relativa Computadorizada de Instalações
LEL's	lean exploration loops, em português, Loops de Explorações Enxuta
VSM	Value Stream Mapping
MFV	Mapeamento de Fluxo de Valor
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
RFID	Radio Frequency Identification, em portugês, Identificação por RadioFrequência
FCSs	Fatores Críticos de Sucesso
COLAPLAN-IVR	Collaborative Layout Planning – Immersive Virtual Reality, em português, Planejamento de Layout Colaborativo apoiado por Realidade Virtual Imersiva
HFLP-C	Hospital facility layout planning collaborative, em português, Planejamento de Layout Hospitalar Colaborativo
VFT	Value-Focused Thinking, em português, Pensamento Focado em Valor
MACBETH	Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique, em português, Técnica de avaliação baseada em categorias para medição de atratividade
VRLP	VR-supported layout planning, em português, Planejamento de

	layout apoiado por Realidade Virtual
ViCODE	Virtual Collaborative Design Environment
DT	Digital Twin, em português, Gêmeo Digital
HMD	Head-Mounted Display
AHP	Analytic Hierarchy Process, em português, Processo Hierarquico Análitico
MAUT	Multi-Attribute Utility Theory, em português, Teoria da Utilidade Multi-Atributo
SMART	Simple Multi-Attribute Rating Technique, em português, Técnica simples de classificação de múltiplos atributos
ELECTRE	Elimination et Choix Traduisant la Réalité, em português, Eliminação e Escolha: Refletindo a Realidade
PROMÉTHÉE	Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation, em português, Método de classificação de preferências para avaliação de enriquecimento
CAD	Computer-Aided Design, em português, projeto assistido por computador
BIM	Building Information Modeling, em português, Modelagem de informação da construção
SRPA	Sala de Recuperação Pós-Anestésica
PVF	Ponto de Vista Fundamental
CME	Central de Materiais Esterelizados
TAM	Technology Acceptance Model, em português, Modelo de Aceitação de Tecnologia
TPB	Theory of Planned Behavior, em português, Teoria do Comportamento Planejado
MPCU	Model of PC Utilization, em português, Modelo de utilização de computadores
DOI	Diffusion of Innovations Theory, em português, Teoria de difusão da inovação
INFO	Isonomia Informacional Colaborativa

SPAT	Compreensão Espacial
IMMR	Imersão
INTR	Interação
IMAG	Imaginação colaborativa
SICK	VR Sickness, em português, mal estar proporcionado por RV
PE	Performance Expectancy, em português, Expectativa de Performance
SINF	Social Influence, em português, Influência Social
FCON	Facilitation Conditions, em português, Condições Facilitadoras
EEXP	Effort Expectancy, em português, Expectativa de Esforço
LBI	Layout behavioral intention to use, em português, Intenção comportamental de uso do COLAPLAN-IVR
HTMT	Heterotrait-Monotrait Ratio
PLS-SEM	Partial Least Squares Structural Equation Modeling, em português, Modelagem de Equações Estruturais por Mínimos Quadrados Parciais
AVE	Average Variance Extracted, em português, Variância Média Extraída

SUMÁRIO

RESUMO 7
ABSTRACT 8
LISTA DE FIGURAS 9
LISTA DE TABELAS 10
LISTA DE QUADROS 11
LISTA DE ABREVIAÇÕES 12
SUMÁRIO 17
1 INTRODUÇÃO 19
1.1 **Contextualização e problematização** 19
1.2 Método de Pesquisa e objetivos 25
1.3 Estrutura da Tese 29
2 REFERENCIAL TEÓRICO 32
2.1 Planejamento de layout hospitalar 32
2.2 Métodos adotados em apoio ao desenvolvimento do framework 33
2.2.1 Design Science Research 33
2.2.2 Pensamento Focado em Valor 34
2.2.3 Apoio a decisão multricritério 36
2.2.4 Simulação de Eventos Discretos 38
3 ARTIGO 1: APRIMORANDO AS OPERAÇÕES DE SAÚDE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE ABORDAGENS PARA O PLANEJAMENTO DO LAYOUT DE INSTALAÇÕES HOSPITALARES. 41
Resumo 41
3.1 INTRODUÇÃO 41
3.2 Referencial Teórico 43
3.2.1 Planejamento de layout hospitalar 43
3.3 Método de pesquisa 45
3.3.1 Planejamento da revisão 46
3.3.2 Condução da revisão 46
3.3.3 Relato e divulgação da revisão 48
3.4 Resultados 48
3.4.1. Classificação das abordagens PLH 48
3.5 Discussões 53

3.5.1. As abordagens empregadas nas duas fases principais do PLH 54
3.5.2. Pontos fortes, pontos fracos e resultados das abordagens de geração e avaliação do HFLP 56
3.6 Conclusão 64
3.6.1 Considerações finais 64
3.6.2 Implicações teóricas e práticas 65
3.6.3 Limitações e direções de trabalhos futuros 66
4 Artigo 2: CAMINHANDO PELO HOSPITAL DO AMANHÃ: AVALIANDO A ADOÇÃO DE AMBIENTES DE PLANEJAMENTO IMERSIVOS PELOS STAKEHOLDERS 69
resumo 69
4.1 Introdução 70
4.2 Base teórica e conceitual 72
4.2.1 Planejamento de layout hospitalar virtual 72
4.3 Fundamentação Teórica e Desenvolvimento de Hipóteses 74
4.3.1 A Teoria Unificada da Aceitação e Uso da Tecnologia (UTAUT) 74
4.3.2 Atributos da realidade virtual imersiva 80
4.3.3 Modelo Conceitual 91
4.4. Método de pesquisa 91
4.4.1 Experimentação do ambiente COLAPLAN-IVR 91
4.4.2 Coleta de dados e amostragem 94
4.4.3 Instrumento de pesquisa 96
4.4.4 Análise de dados: Avaliação do modelo de medição e do modelo estrutural 98
4.5 Resultados 98
4.5.1 Modelo de mensuração 98
4.5.1.1 Confiabilidade e validade convergente 98
4.5.1.2 Validade discriminante 102
4.5.1.3 Modelo estrutural 103
4.6 Discussão 106
4.7 Conclusões 114
4.7.1 Considerações Finais 114
4.7.2 Implicações teóricas e práticas 115
4.7.3 Limitações e direções para pesquisas futuras 118
5 Artigo 3: UM AMBIENTE IMERSIVO PARA O PLANEJAMENTO DE LAYOUT HOSPITALAR COLABORATIVO: COLAPLAN - IVR 120
Resumo 120
5.1 Introdução 121

5.2 Referencial Teórico 124
5.2.1 Planejamento de Layout Colaborativo 124
5.2.2 Abordagens para visualização em Co-Design 125
5.2.2.1 Maquete 126
5.2.2.2 Simulação (3D) 126
5.2.2.3 Gêmeo Digital e Sombra Digital 127
5.2.2.4 Realidade Virtual Imersiva 128
5.2.3 Design Science Research 130
5.2.4 Apoio a decisão multicritério (ADM) 131
5.2.4.1 Pensamento Focado em Valor 132
5.2.4.2 MACBETH 133
5.3 Metodologia de pesquisa 134
5.3.1 Identificação do problema e a motivação 137
5.3.2 Definir os objetivos da solução 137
5.3.3 Desenvolvimento e design do artefato 138
5.3.4 Demonstração e avaliação 139
5.3.4.1 COLAPLAN-IVR: Desenvolvimento do ambiente virtual 3D 139
5.3.4.2 COLAPLAN-IVR: Experimentação do ambiente virtual 3D 140
5.3.4.3 Geração de layout 140
5.3.4.4 Avaliação do layout 141
5.4 Resultados 141
5.4.1 Desenvolvimento – O framework proposto 141
5.4.1.1 Desenvolver o layout atual 142
5.4.1.2 Visualizar e analisar o layout atual 144
5.4.1.3 Gerar layouts alternativos 145
5.4.1.4 Avaliar layouts alternativos 146
5.4.2 Demonstração do artefato – Avaliação e demonstração do framework 147
5.4.2.1 Desenvolver o layout atual 147
5.4.2.2 Visualizar e analisar o layout atual 148
5.4.2.3 Gerar layouts alternativos 152
5.4.2.4 Avaliar layouts alternativos 158
5.5 Conclusões 168
5.5.1 Considerações Finais 168
5.5.2 Implicações teóricas e práticas 170
5.5.3 Limitações e direções para pesquisas futuras 171

6 CONCLUSÃO 172
6.1 Implicações teóricas 173
6.2 Implicações práticas 175
6.3 Limitações e direções futuras 176
REFERENCES 179
APÊNDICE 202
Apêndice 1 - Uma visão geral da pesquisa HFLP 202
Apêndice 2 - Instruções para a Rodada de Definição de Objetivos Finalidade e Escopo 207
Apêndice 3 - Questionário do Workshop Colaborativo Objetivo do Estudo 210

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo introdutório fornece o contexto, os objetivos da pesquisa e a justificativa desta tese de doutorado, além de uma visão geral de sua estrutura. A contextualização aborda temas-chave relacionados ao Planejamento de Layout Hospitalar (PLH), ao codesign e à adoção da realidade virtual imersiva (RVI) para o codesign em PLH, definindo o problema de pesquisa e as questões que norteiam este estudo. Em seguida, os objetivos de cada artigo, juntamente com os métodos de pesquisa correspondentes, são apresentados para demonstrar como essas questões serão abordadas. Por fim, o capítulo descreve a estrutura geral da tese e as etapas realizadas ao longo do processo de pesquisa.

1.1 **Contextualização e problematização**

Os sistemas de saúde em todo o mundo estão sob pressão constante para fornecer serviços de alta qualidade, mantendo os custos operacionais sob controle. A demanda por cuidados continua a crescer rapidamente, mas ineficiências persistentes e lacunas de qualidade permanecem, apesar dos grandes avanços tecnológicos e da dedicação de profissionais altamente qualificados. Nesse contexto, o planejamento do layout de instalações hospitalares surge como uma alavanca estratégica para analisar e melhorar a eficiência e a eficácia das operações de saúde, alinhando a configuração espacial aos fluxos de trabalho clínicos e às prioridades organizacionais. (Cai; Jia, 2019; Henrique et al., 2016; Jacobson; Hall; Swisher, 2013; PORTER; LEE, 2013; Vimal et al., 2021). Ao mesmo tempo, muitos sistemas de saúde adotaram os princípios da gestão enxuta para reduzir o desperdício, diminuir os prazos de entrega e padronizar processos, esforços que frequentemente expõem o papel central do layout físico na viabilização de melhorias (Henrique *et al.*, 2016).

Em paralelo, a necessidade de novos edifícios hospitalares e da renovação dos existentes está a aumentar, o que transforma as decisões de localização espacial em compromissos a longo prazo com consequências operacionais de grande alcance. No entanto, os requisitos médicos e organizacionais evoluem: os departamentos expandem-se ou diminuem; a infraestrutura tecnológica e de equipamentos altera-se; as preferências dos pacientes mudam; e as políticas e regulamentações impõem novas restrições. Os hospitais funcionam, portanto, como sistemas sociotécnicos complexos e dinâmicos, onde as tecnologias, as estruturas organizacionais e os

diversos utilizadores (pacientes, cuidadores, pessoal clínico e não clínico) interagem continuamente (Arnolds; Nickel, 2013; Elf et al., 2020; Lather et al., 2020; Rismanchian; Lee, 2016). Layouts inadequados aumentam as distâncias a percorrer e contribuem para atrasos, com efeitos mensuráveis na prestação de cuidados. Por exemplo, um estudo multi-hospitalar nos Estados Unidos constatou que os enfermeiros dedicavam apenas 19,3% do seu tempo ao atendimento direto ao paciente e caminhavam, em média, quase cinco quilômetros por turno, evidenciando como o planejamento do layout influencia diretamente a carga de trabalho, a coordenação e a produtividade (Hendrich *et al.*, 2008; Ley-Chavez *et al.*, 2016). Quando o planejamento de layout é explicitamente integrado aos esforços de melhoria, as organizações podem reduzir o transporte e os atrasos, liberando recursos para atividades de maior valor agregado e melhorando o desempenho logístico (Assem; Ouda; Wahed, 2012; Boucherie; Hans; Hartmann, 2012).

Conceitualmente, o planejamento de layout de instalações tem raízes profundas na engenharia industrial como um problema de alocação e organização que equilibra requisitos de adjacência, custos de transporte e despesas de reconfiguração. No entanto, em ambientes hospitalares, essas compensações são complexas devido a objetivos centrados no paciente, como atendimento de emergência oportuno, controle e isolamento de infecções, segurança e satisfação, que não podem ser quantificados diretamente em modelos matemáticos convencionais (Cai; Jia, 2019; Chraibi; Osman; Kharraja, 2019). Hospitais grandes e complexos são compostos por inúmeros departamentos e subunidades especializadas, cuja localização determina as distâncias de deslocamento entre as unidades e os fluxos de materiais/pacientes em áreas interconectadas; como resultado, a complexidade combinatória aumenta com cada especialidade e serviço de apoio adicionado (Helber *et al.*, 2016). Na prática, espaços como salas de cirurgia são frequentemente projetados com base em parâmetros de referência e experiência profissional, em vez de sistemas inteligentes de apoio à decisão, mesmo com a evolução das tecnologias, dos riscos e das necessidades dos pacientes (Chraibi; Osman; Kharraja, 2019). Além da contenção de custos, um projeto de layout rigoroso deve integrar critérios quantitativos (por exemplo, distâncias de deslocamento, tempos de fluxo) juntamente com considerações qualitativas (por exemplo, proximidade necessária, controle de infecção, segurança, comunicação), refletindo a natureza imprecisa e incerta do PLH (Hicks et al., 2015; Lin; Wang, 2019).

Apesar da vasta produção acadêmica, a literatura oferece uma compreensão limitada sobre quais abordagens metodológicas são utilizadas nas duas fases principais do PLH, geração e avaliação do layout, e quais são os pontos fortes, as limitações e os resultados associados a cada uma delas. Uma síntese estruturada é necessária para revelar padrões, lacunas e oportunidades de integração metodológica. Essa necessidade é amplificada pelo crescente reconhecimento de que o envolvimento das partes interessadas em atividades de codesign ainda é incipiente, o que significa que mesmo métodos tecnicamente robustos podem ser insuficientes se não incorporarem o conhecimento e as perspectivas daqueles que utilizarão o ambiente (Caixeta; Fabricio, 2021).

Os hospitais são sistemas sociotécnicos complexos. A configuração espacial influencia os fluxos, a segurança e a utilização de recursos, portanto, é necessária uma síntese estruturada de métodos para compreender a melhor forma de gerar e avaliar layouts na prática (Helber et al., 2016; Hicks et al., 2015; Lin; Wang, 2019). O Artigo 1 aborda essa lacuna de conhecimento por meio de uma revisão sistemática da literatura (RSL), mapeando a variedade de abordagens aplicadas em cada fase e avaliando seus benefícios e limitações relatados em contextos hospitalares. A revisão visa esclarecer como diferentes técnicas, que variam de métodos algorítmicos e baseados em otimização a simulação e avaliação por especialistas, são empregadas e com que efeito. Guiado por esse propósito, o Artigo 1 questiona:

QP1 (Artigo 1). Quais abordagens são utilizadas nas duas principais fases do PLH?

QP2 (Artigo 1). Quais as forças, fraquezas e principais Resultados alcançados por cada abordagem em cada uma dessas fases?

Mesmo que a realidade virtual imersiva possa tecnicamente melhorar a compreensão e a colaboração, seu impacto prático depende da aceitação do usuário e do uso contínuo. Notavelmente, embora a realidade virtual tenha sido estudada para o planejamento de layout industrial, trabalhos anteriores frequentemente negligenciam as dimensões colaborativas em ambientes hospitalares e raramente avaliam as percepções dos usuários utilizando modelos de aceitação da tecnologia (por exemplo, Roupé et al., 2020; Sateei; Roupé; Johansson, 2022) limitando as afirmações sobre o valor do suporte à decisão da realidade virtual em condições de restrições do mundo real (Gong *et al.*, 2019). Para suprir essa lacuna, o Artigo 2 examina a aceitação de um ambiente virtual colaborativo de PLH por meio de um modelo baseado em UTAUT.

As ferramentas de visualização digital ajudam a superar essa lacuna. As informações da fase inicial são frequentemente codificadas em CAD 2D, o que muitas vezes é inadequado para

revisores multidisciplinares que não possuem formação em arquitetura. Em contrapartida, os modelos 3D e a realidade virtual imersiva (RVI) tornam as relações espaciais tangíveis, permitem a simulação de cenários hipotéticos e promovem um modelo mental compartilhado entre diferentes perspectivas profissionais (Gong et al., 2019; Ratib et al., 2000; Roupé et al., 2020; Shariatzadeh; Sivard; Chen, 2012). A realidade virtual imersiva, geralmente oferecida por meio de dispositivos de visualização montados na cabeça (HMDs) ou ambientes do tipo CAVE, permite a exploração em primeira pessoa dos espaços propostos, o que fortalece a cognição espacial e auxilia na detecção precoce de falhas de projeto (Nåfors; Johansson, 2021; Roupé et al., 2020). Estudos comparativos mostram que a realidade virtual melhora a compreensão de informações espaciais em relação a desenhos 2D, um ganho cognitivo que pode se traduzir em decisões de planejamento mais informadas e precisas (Portman; Natapov; Fisher-Gewirtzman, 2015; Roupé et al., 2020). As vantagens relatadas da Realidade Virtual para o Planejamento de Layout (RVPL) incluem: (i) teste rápido de layouts alternativos e cenários hipotéticos, (ii) envolvimento direto de diversas partes interessadas em decisões que as afetam e (iii) aprimoramento da qualidade das decisões, aproveitando a riqueza e a flexibilidade dos modelos virtuais para julgamentos quantitativos e qualitativos (Gong et al., 2019; Smith; Heim, 1999; Yaman, 2001). Fundamentalmente, a prototipagem virtual permite que as equipes avaliem projetos candidatos sem a interrupção e o custo de alterações físicas imediatas (Maïzi; Bendavid, 2023). Os usuários podem perceber isso como útil para tomar melhores decisões de layout (expectativa de desempenho). Se as interfaces e os fluxos de trabalho de RV forem suficientemente intuitivos, a expectativa de esforço aumenta. O Artigo 2 operacionaliza essas ideias para identificar quais construtos são mais importantes no contexto do planejamento hospitalar:

QP3 (Artigo 2). *Quais fatores influenciam a aceitação ao uso de ambientes virtuais de planejamento de layout hospitalar colaborativo?*

O investimento de capital em PLH é em grande parte definido por decisões de projeto iniciais, com implicações persistentes para operações, custos e desempenho. Essa realidade ressalta a importância de uma abordagem sociotécnica na área da saúde, onde a configuração espacial molda fluxos interligados de pessoas, equipamentos, suprimentos, medicamentos e informações (Hicks et al., 2015; Machry; Joseph; Wingler, 2020). Em muitos escritórios de arquitetura, as equipes realizam visitas técnicas e se baseiam em precedentes para orientar o projeto. No entanto, essas visitas frequentemente carecem de mecanismos estruturados para

documentar observações de múltiplos fluxos, dificultando a tradução de insights em características de projeto concretas e testáveis; consequentemente, dependências importantes podem passar despercebidas (Machry; Joseph; Wingler, 2020).

Apesar do reconhecido impacto da configuração espacial na qualidade, segurança e eficiência do atendimento, a prática predominante nas fases iniciais de projeto ainda se baseia fortemente em desenhos 2D, contribuições pontuais das partes interessadas e intuição do projetista, especialmente para critérios qualitativos, isso limita a exploração de alternativas com as pessoas que efetivamente utilizarão os espaços (Chraibi; Osman; Kharraja, 2019; Ratib et al., 2000). Revisões abrangentes dos métodos de HFLP raramente conectam as descobertas aos desafios práticos da colaboração e da tomada de decisões em hospitais, e poucos estudos propõem um modelo de processo unificado que integre a realidade virtual imersiva ao codesign de HFLP (Caixeta; Fabricio, 2021; Jamali; Leung; Verderber, 2020).

Barreiras e limitações de comunicação, orçamentos, códigos, materiais e fases de implementação podem ser difíceis de transmitir, com revisões em estágios avançados que, por vezes, tornam os planos iniciais irreconhecíveis e deixam os médicos em dúvida se suas contribuições foram relevantes (Ibrahim; Dimick; Joseph, 2017). Assim, a colaboração interprofissional significativa é essencial; no entanto, os projetos hospitalares frequentemente envolvem inúmeros especialistas com formações diversas e capacidades desiguais para interpretar informações arquitetônicas, transformando a integração das partes interessadas em um ciclo iterativo e trabalhoso (Greer; Johnson; Hsu, 2020; Helber et al., 2016; Jamali; Leung; Verderber, 2020; Keys; Silverman; Evans, 2017).

Para mitigar esses desafios, as equipes dependem cada vez mais de maquetes baseadas em simulação para informar, educar e engajar as partes interessadas, construindo um caminho orientado ao consenso para decisões colaborativas, no entanto, essas maquetes podem ser caras e demoradas, e os critérios qualitativos (como produtividade da equipe, conforto do usuário e bem-estar do paciente) ainda são frequentemente deixados à intuição dos designers (Bayramzadeh et al., 2018; Chraibi; Osman; Kharraja, 2019). Além disso, mesmo quando se chega a um acordo sobre um arranjo melhorado, a implementação física em hospitais em funcionamento pode exigir o isolamento de áreas ou a alteração de infraestruturas críticas (por exemplo, paredes, fiação), criando barreiras à implantação (Maïzi; Bendavid, 2023). Essas realidades motivam a busca por métodos que estruturem a colaboração e reduzam o custo da iteração.

Mesmo com maior consciência metodológica, o planejamento eficaz depende da construção colaborativa de significado entre as partes interessadas com diferentes conhecimentos e limitações. A realidade virtual imersiva promete reduzir as barreiras cognitivas e de comunicação, permitindo ciclos de feedback mais ricos e a detecção precoce de falhas de projeto, enquanto a prototipagem virtual minimiza o custo da iteração (Maïzi; Bendavid, 2023; Portman; Natapov; Fisher-Gewirtzman, 2015; Ratib et al., 2000; Roupé et al., 2020).

Além de incorporar a contribuição de múltiplos agentes na geração de layout, é de grande importância conduzir uma etapa de avaliação estruturada. É neste sentido, que a ADM deve ser integrada ao processo de PLH, pois permite a inclusão de critérios qualitativos e quantitativos muitas vezes conflitantes no processo de tomada de decisão, além de possibilitar a agregação de respostas de um grupo de decisores e estruturar a seleção de alternativas de layout com o objetivo de atender critérios importantes de avaliação de desempenho do ambiente hospitalar (Santos, dos, Siqueira e Godinho-Filho, 2024).

No ambiente hospitalar, a importância da Análise de Decisão Multicritério (ADM) torna-se ainda mais evidente. Diferentemente dos sistemas industriais, os hospitais configuram-se como sistemas sociotécnicos complexos, nos quais é necessário considerar não apenas a eficiência logística e o aproveitamento do espaço, mas também aspectos humanos, como conforto, segurança do paciente, bem-estar da equipe e mitigação de erros (Lin e Wang, 2019; Schaumann et al., 2016). Modelos exclusivamente matemáticos tendem a desconsiderar esses fatores, enquanto a abordagem multicritério possibilita sua inclusão explícita no processo de avaliação. Por isso, métodos multicritério vem sendo aplicados para apoiar decisões relacionadas ao planejamento do layout hospitalar, permitindo integrar critérios quantitativos e qualitativos e oferecendo aos gestores uma base mais consistente para escolher entre diferentes alternativas (Fogliatto et al., 2019; Vimal et al., 2021).

Com base nessas informações, o Artigo 3 propõe um artefato de DSR: Um framework organizado para orientar a colaboração em desenvolver alternativas de layout hospitalar, com o apoio de realidade virtual imersiva, que, após desenvolvidas, serão avaliadas de forma estruturada com utilização do método MACBETH a partir dos objetivos identificados pela VFT. O framework visa orquestrar tarefas, funções, abordagens e ferramentas em um processo de codesign coerente, rigoroso e praticamente relevante para as equipes de projeto. Busca tornar o trabalho colaborativo

mais visível e auditável: esclarecendo os pontos de decisão, documentando as justificativas e possibilitando iterações transparentes. Isso nos leva à seguinte questão de pesquisa:

QP4 (Artigo 2). Como é possível conceber um framework como um artefato de pesquisa, seguindo o rigor e a relevância prática do processo de DSR, para orientar a geração colaborativa e a avaliação de alternativas de layout hospitalar com o auxílio da realidade virtual?

Ao abordar essas questões de pesquisa, esta tese visa aprofundar o conhecimento sobre o design colaborativo em ambientes hospitalares por meio do uso da realidade virtual imersiva (RVI). As contribuições esperadas abrangem desde a teoria até a prática, oferecendo *insights* acionáveis que podem orientar acadêmicos, gestores de saúde e formuladores de políticas no projeto e implementação de instalações de saúde mais eficientes e centradas no usuário.

1.2 Método de Pesquisa e objetivos

Partindo das questões de pesquisa previamente apresentadas, o objetivo principal desta tese é desenvolver e validar um framework para o planejamento colaborativo do layout hospitalar. Para atingir esse objetivo, foram concebidas três etapas metodológicas, cada uma estruturada como um artigo. A primeira etapa consistiu em um estudo qualitativo exploratório por meio de uma revisão sistemática da literatura, com o intuito de identificar e analisar as principais abordagens empregadas no planejamento do layout hospitalar. Essa etapa buscou aprofundar a compreensão das fases de planejamento e avaliar os pontos fortes e fracos de cada abordagem, subsidiando, assim, a seleção dos métodos mais adequados. A segunda etapa consistiu em uma pesquisa quantitativa destinada a investigar a aceitação do usuário da realidade virtual imersiva (RVI) como ferramenta para aprimorar a colaboração no planejamento do layout hospitalar. Esta etapa examinou as relações dentro de um modelo conceitual que integra os construtos da UTAUT (Teoria Unificada da Aceitação e Uso da Tecnologia) com os atributos da realidade virtual imersiva. Finalmente, a terceira etapa concentrou-se no desenvolvimento e demonstração do framework proposto, fundamentado no rigor da DSR. A demonstração foi conduzida por meio de um experimento controlado na unidade cirúrgica do Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados (HU-UFGD). Todas as etapas do framework foram orientadas com o objetivo de gerar alternativas de layout pelo processo de co-design que foram avaliadas pelo método MDA

MACBETH. As questões de pesquisa, os objetivos específicos e os métodos associados a cada etapa são resumidos no Quadro 1-1.

Quadro 1-1 - Questões de pesquisa, objetivos específicos e métodos de pesquisa

Capítulo	Questão de Pesquisa (QP)	Objetivos específicos (OE)	Método de pesquisa
Artigo 01	QP1. Quais abordagens são empregadas nas duas principais fases do PLH?	OE1. Identificar as abordagens adotadas nas fases de geração e avaliação do PLH.	Revisão sistemática de literatura
	QP2. Quais as forças, fraquezas e principais resultados alcançados por cada abordagem aplicado em cada uma das fases?	OE2. Avaliar cada abordagem de acordo com suas forças e fraquezas.	
Artigo 02	QP3: Quais fatores influenciam a aceitação, por parte dos usuários, do ambiente virtual colaborativo de planejamento do layout de um hospital?	OE3. Identificar os fatores que influenciam a aceitação do usuário em relação ao ambiente virtual colaborativo de planejamento de layout hospitalar.	*Survey,* UTAUT e modelagem de equações estruturais
Artigo 03	QP4. Como é possível conceber um framework como um artefato de pesquisa, seguindo o rigor e a relevância prática do processo de DSR, para orientar a geração colaborativa e a avaliação de alternativas de layout hospitalar com o auxílio da realidade virtual?	OE4. Desenvolver um framework para planejamento de layout hospitalar colaborativo apoiado por realidade virtual.	Design Science Research

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Embora o design colaborativo, a realidade virtual e o planejamento do layout hospitalar tenham sido amplamente estudados como domínios separados, poucos estudos examinaram esses temas de forma integrada. Esta tese busca preencher essa lacuna, combinando as três áreas para abordar as questões de pesquisa delineadas em Quadro 1-1.

O desenvolvimento do artigo 1 justifica-se pela falta de estudos que revisem sistematicamente a literatura sobre as abordagens utilizadas no planejamento do layout hospitalar. Além disso, existe uma lacuna notável na pesquisa que vai além da mera identificação dessas abordagens, buscando uma discussão crítica sobre sua avaliação. Diversas técnicas são empregadas no planejamento de unidades de saúde, incluindo análises matemáticas, interpretações empíricas e projetos de maquetes em escala real (Vimal *et al.*, 2021). Neste contexto, nosso estudo busca mapear os pontos fortes e fracos de cada abordagem com o objetivo de orientar pesquisadores e profissionais na seleção do método mais apropriado para cada situação, seja para geração ou avaliação de layouts.

O desenvolvimento do Artigo 2 justifica-se pela escassez de estudos quantitativos que avaliem a aceitação do usuário da realidade virtual imersiva (RVI) como ferramenta de apoio ao

planejamento colaborativo do layout hospitalar. Em particular, há necessidade de pesquisas que incorporem tanto os atributos quanto as barreiras à adoção da RV em um modelo conceitual abrangente. Estudos anteriores sobre tecnologias de visualização imersiva demonstram que a RV aprimora significativamente a compreensão espacial, o engajamento do usuário e a tomada de decisões colaborativa em comparação com representações tradicionais em 2D ou em 3D não imersivas (Sampaio, 2015; Wenk et al., 2023).

Embora a realidade virtual tenha sido amplamente explorada em áreas como a educação (Barrett; Pack; Quaid, 2021), manufatura (Gong et al., 2019), e construção civil (Jarrin et al., 2024), na literatura, persiste uma lacuna significativa em relação à sua aplicação no planejamento do layout de instalações hospitalares. Para suprir essa lacuna, o presente estudo visa projetar e avaliar um ambiente de realidade virtual imersiva colaborativa para o planejamento do layout hospitalar, examinando os fatores que influenciam sua aceitação por meio de um modelo conceitual baseado no UTAUT. Essa abordagem responde diretamente à questão de pesquisa 3, que investiga os determinantes da adoção pelo usuário e o impacto relativo de construtos-chave no uso da realidade virtual imersiva para o planejamento colaborativo.

O desenvolvimento do artigo 3 teve como objetivo criar um artefato baseado DSR para orientar a pesquisa em Planejamento de Layout de Instalações Hospitalares (HFLP, na sigla em inglês) e aprimorar as práticas de codesign. A colaboração interdisciplinar entre engenheiros, arquitetos e profissionais da saúde é amplamente reconhecida como essencial para a adoção bem-sucedida de estratégias de design avançadas (Bayraktar Sari; Jabi, 2024). Nosso estudo aborda essa barreira à colaboração, que é particularmente crítica em projetos hospitalares, onde layouts robustos, flexíveis e eficientes dependem de contribuições significativas das partes interessadas que atuam na linha de frente.

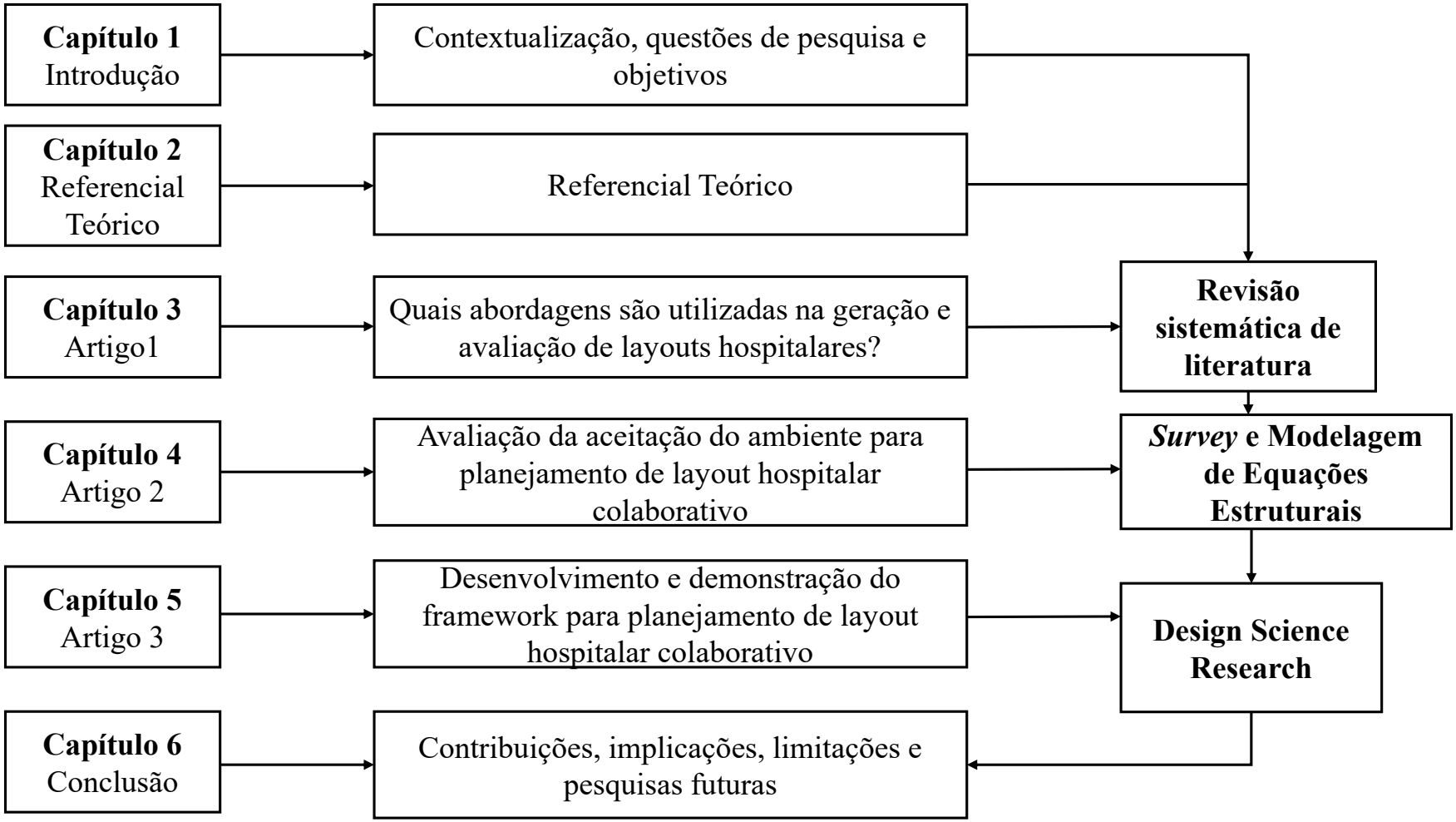
Assim, esta pesquisa foi conduzida no setor da saúde, com foco na unidade cirúrgica de um hospital universitário, um ambiente caracterizado por alto risco para clínicos e equipe. Projetar tais ambientes requer um profundo conhecimento dos fluxos de trabalho clínicos, processos de terapia intensiva, tecnologias e equipamentos, bem como das complexidades técnicas da construção em saúde (Bayramzadeh et al., 2018). Nesses contextos, a colaboração durante o processo de design é indispensável. No entanto, os métodos tradicionais baseados em desenhos 2D muitas vezes dificultam o envolvimento e a compreensão das partes interessadas. A Realidade Virtual (RV) tem sido reconhecida como uma tecnologia fundamental para superar essas limitações, permitindo

visualização e interação imersivas e intuitivas (Sateei; Roupé; Johansson, 2022; Truong et al., 2021). Para abordar esses desafios, este estudo apresenta um framework organizado que incorpora duas fases adicionais: (i) modelagem do layout atual e (ii) visualização do layout atual para as partes interessadas. Esse framework seguindo o rigor da metodologia DSR e posteriormente demonstrada por meio de um experimento controlado envolvendo sessões imersivas de realidade virtual com 93 participantes.

1.3 Estrutura da Tese

A estrutura desta tese compreende cinco capítulos, três dos quais são apresentados como artigos de pesquisa completos (Capítulos 3, 4 e 5). Os Capítulos 1, 2 e 6 servem como introdução, referencial teórico e conclusão, respectivamente, e não estão formatados como artigos independentes. A Figura 1-1 apresenta uma visão geral da estrutura da tese.

Figura 1-1- Estrutura da tese



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Este primeiro capítulo apresenta o contexto, as questões de pesquisa, bem como os objetivos, os métodos de pesquisa e a justificativa subjacentes aos artigos que compõem esta tese. O capítulo 2 apresenta um breve relato dos diversos métodos utilizados para o desenvolvimento dos artigos. O Capítulo 3 apresenta uma revisão sistemática dos métodos de PLH, respondendo às questões de pesquisa 1 e 2 (QP1–QP2) ao identificar as abordagens utilizadas na geração e avaliação de layouts e analisar seus pontos fortes, pontos fracos e resultados relatados. O Capítulo 4 avalia empiricamente a aceitação do usuário do ambiente de RV imersivo usando um modelo UTAUT, respondendo às QP3 ao identificar os construtos mais significativos que influenciam a intenção e o uso. O Capítulo 5 desenvolve e demonstra um framework baseado em DSR para PLH colaborativo e imersivo em RV, respondendo à QP4 ao especificar os estágios do processo, os papéis e os artefatos que estruturam o codesign e avaliação de layouts alternativos. Finalmente, o Capítulo 6 integra as descobertas da tese, destacando as principais contribuições, implicações teóricas e práticas, limitações e direções para pesquisas futuras.

6 CONCLUSÃO

Este capítulo consolida as conclusões de uma pesquisa com metodologia múltipla, implementada em três etapas, cada uma correspondendo a um artigo específico.

A primeira etapa, uma revisão sistemática da literatura (RSL) de 74 estudos sobre planejamento de layouts hospitalares (PLH), proporcionou uma compreensão abrangente das fases envolvidas no planejamento de layout de instalações hospitalares e revelou lacunas críticas, particularmente a ausência de abordagens que engajem efetivamente equipes interdisciplinares em estudos de PLH. Essas percepções lançaram as bases para a segunda etapa. A segunda etapa empregou uma pesquisa quantitativa com 93 participantes para avaliar a aceitação do ambiente de realidade virtual imersiva usando um modelo UTAUT estendido. A análise confirmatória demonstrou que fatores cognitivos e experienciais, como compreensão espacial, imaginação colaborativa e interação, influenciam significativamente a expectativa de desempenho e a intenção comportamental de usar o sistema, enquanto construtos tradicionais como influência social e condições facilitadoras não foram corroborados. Por fim, a terceira etapa concentrou-se no desenvolvimento e demonstração de um framework estruturado, fundamentada no rigor da DSR. Esse framework, denominado COLAPLAN-IVR, introduziu fases de visualização imersiva para fortalecer o codesign e foi demonstrado por meio de um experimento controlado na unidade cirúrgica do Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados (HU-UFGD). No framework, a aplicação do Pensamento Focado em Valor (VFT) orientou a coleta de contribuições por meio de um questionário aberto, resultando em 190 sugestões consolidadas em 76 propostas únicas. Esse processo evidenciou a capacidade do framework de promover reflexão crítica e qualificar o co-design em ambientes complexos. As propostas foram então categorizadas pelo custo de implementação, originando três alternativas de layout (pessimista, realista e otimista). A etapa avaliativa utilizou o método MACBETH, que traduz descritores qualitativos em um sistema de pontuação global, incorporando múltiplos pontos de vista fundamentais, como relação espacial e conformidade a normas, dentre outros. A análise de sensibilidade reforçou a robustez das recomendações ao avaliar a estabilidade das alternativas frente a variações nos pesos atribuídos.

Em resumo, a pesquisa contribui ao integrar visualização imersiva, definição estruturada de objetivos e análise multicritério em um único framework, ampliando a literatura sobre processos decisórios em projetos complexos e oferecendo um modelo replicável para contextos hospitalares e similares. As seções seguintes apresentam as implicações teóricas desta pesquisa.

6.1 Implicações teóricas

As conclusões desta tese contribuem para o avanço do conhecimento teórico em gestão de operações e pesquisa operacional na área da saúde, principalmente ao apresentar o primeiro estudo abrangente que examina os pontos fortes e as limitações das abordagens de planejamento de layout em saúde (Artigo 1) e identifica uma lacuna crítica na pesquisa relacionada à falta de colaboração dos envolvidos neste tipo de estudo. Essa limitação na colaboração motivou o desenvolvimento de um framework que incorpora duas fases iniciais adicionais além do processo tradicional de planejamento de layout em saúde (geração e avaliação do layout): desenvolver o layout atual em 3D e visualizar e analisar o layout atual por meio de realidade virtual imersiva. Para avaliar esse artefato, uma pesquisa quantitativa baseada no modelo UTAUT contribuiu para a discussão dos construtos originais da teoria, ao mesmo tempo que ampliou a análise para incluir atributos e barreiras inerentes à adoção da realidade virtual imersiva, que então foi demonstrado através de sua aplicação na unidade de cirurgia do HU-UFGD. Em geral, as principais implicações teóricas da dissertação são apresentadas a seguir:

- Síntese baseada em fases das abordagens de Planejamento de Layouts Hospitalares (PLH) e um guia fundamentado em teoria para a seleção de métodos: Esta revisão sistemática da literatura (RSL) sistematiza o PLH em fases de geração e avaliação, integrando as diversas abordagens utilizadas em cada uma delas. Ao explicitar os pontos fortes, as limitações e os resultados esperados das técnicas matemáticas, empíricas e baseadas em maquetes, oferece uma justificativa fundamentada em teoria para alinhar os métodos aos objetivos e restrições do estudo. A contribuição consiste em um mapa conceitual que apoia a construção cumulativa de conhecimento e aprimora a adequação metodológica em futuras pesquisas de PLH.

- Ampliando a teoria da adoção de tecnologia para contextos de planejamento imersivo: Ao aplicar e expandir a UTAUT à realidade virtual imersiva no planejamento de instalações de saúde, a pesquisa identifica a expectativa de desempenho como o principal determinante da adoção, ao mesmo tempo que especifica antecedentes específicos da realidade virtual, notadamente a compreensão espacial, a qualidade da interação e a imaginação colaborativa, que elevam os ganhos de desempenho percebidos. Por outro lado, a influência social e as condições facilitadoras não emergem como relevantes neste contexto de alta imersão e foco na tarefa. A contribuição consiste em uma extensão contextualizada da UTAUT que esclarece quais mecanismos

cognitivos e experienciais são importantes para a adoção em trabalhos de codesign imersivo.

Uma abordagem baseada em mecanismos para a cognição colaborativa no codesign imersivo: Esta pesquisa teoriza como recursos proporcionados pela imersão, como perspectivas em primeira pessoa e aéreas, manipulação em tempo real e exploração conjunta de cenários hipotéticos, fomentam modelos mentais compartilhados e a construção coletiva de significado, fortalecendo, em última instância, a expectativa de desempenho e a intenção de uso. Ao introduzir a imaginação colaborativa como um construto, o estudo aprofunda a compreensão de como ambientes imersivos transformam a dinâmica do codesign. Ele destaca que a cognição espacial, a qualidade da interação e a colaboração imaginativa operam como mecanismos críticos que conectam a visualização imersiva aos benefícios percebidos na tomada de decisões no planejamento do layout hospitalar. Essa perspectiva enriquece a teoria da adoção de tecnologia ao explicar como fatores cognitivos e experienciais convergem para moldar as expectativas e intenções comportamentais dos usuários em contextos de design altamente imersivos.

- Reconceitualização sociotécnica do planejamento de layout por meio de co-design estruturado e visualização imersiva: A pesquisa reformula o planejamento de layout, transformando-o de um problema de otimização estritamente operacional em um empreendimento sociotécnico e holístico. Ela demonstra como o codesign, operacionalizado por meio do engajamento estruturado das partes interessadas e da visualização imersiva, pode ser incorporado ao longo do ciclo de geração-avaliação para integrar variáveis qualitativas (por exemplo, segurança, qualidade do serviço de saúde) com o desempenho quantitativo (por exemplo, eficiência do fluxo). Teoricamente, a pesquisa propõe uma perspectiva de complementaridade na qual modelos analíticos e julgamentos baseados na prática são tratados como fontes de validade que se reforçam mutuamente para as decisões de projeto.

- Ampliação do Pensamento Focado em Valor (VFT): Esta pesquisa amplia a aplicação do Pensamento Focado em Valor (VFT) ao demonstrar sua eficácia não apenas na definição de objetivos estratégicos, mas também como mecanismo estruturante para processos colaborativos de co-design em ambientes complexos. A integração do VFT com ferramentas de visualização imersiva e categorização por custo evidencia sua capacidade de operacionalizar objetivos qualitativos em etapas práticas de projeto, fortalecendo a literatura sobre métodos orientados a valor em contextos

sociotécnicos. Assim, o estudo contribui para consolidar o VFT como um modelo adaptável para decisões que envolvem múltiplos stakeholders e critérios heterogêneos.

- Consolida a integração metodológica do MACBETH: A utilização do MACBETH neste estudo evidencia sua capacidade de atuar como elo entre a estruturação de objetivos (via VFT) e a avaliação multicritério, fortalecendo sua posição na literatura como ferramenta integradora. Ao converter descritores qualitativos em métricas comparáveis e incorporar múltiplos pontos de vista fundamentais, o MACBETH demonstra robustez para lidar com incertezas e preferências em projetos complexos. Teoricamente, isso amplia sua aplicação para contextos que exigem não apenas avaliação, mas também integração metodológica em processos decisórios estruturados.

6.2 Implicações práticas

Além das contribuições teóricas, esta dissertação oferece insights práticos para gestores de saúde, arquitetos, engenheiros e formuladores de políticas que buscam aprimorar o planejamento e o desempenho operacional de instalações hospitalares. Os resultados ressaltam a importância da seleção de métodos baseados em evidências no Planejamento de Layout de Hospitalar (PLH). Ao compreender os pontos fortes e as limitações das abordagens disponíveis, os tomadores de decisão podem escolher as ferramentas que melhor se alinham aos objetivos do projeto, às restrições de recursos e aos resultados desejados, sejam eles focados em métricas quantitativas de eficiência ou em indicadores qualitativos, como segurança do paciente e qualidade do serviço de saúde.

A pesquisa também fornece um caminho estruturado para o design colaborativo, demonstrando como a visualização imersiva pode superar as persistentes lacunas de comunicação entre especialistas técnicos e profissionais da linha de frente. Incorporar a realidade virtual nas fases iniciais do projeto permite que as partes interessadas visualizem propostas espaciais, antecipem as implicações no fluxo de trabalho e contribuam com feedback fundamentado. Essa abordagem reduz custos com retrabalho, acelera a construção de consenso e garante que as considerações críticas de segurança sejam abordadas antes da implementação. Embora desenvolvido para ambientes hospitalares, o modelo é adaptável a outros setores onde a colaboração multidisciplinar é essencial.

No âmbito de análise de desempenho de layout hospitalar, os objetivos identificados por meio do VFT podem ser utilizados como instrumento estruturante de políticas de melhorias de arranjo físico em empresas públicas ou privadas. A identificação precoce desses objetivos é ainda complementada pela aplicação do MACBETH, no qual a consulta dos descritores

desenvolvidos para cada PVF's e dos níveis de desempenho dos layouts alternativos fornece um guia inicial para revisões de layout e melhoria de fluxo hospitalar de forma mais ágil.

Por fim, o estudo oferece diretrizes para a implementação de tecnologias de realidade virtual imersiva em projetos de saúde. Gestores e desenvolvedores de tecnologia devem priorizar as possibilidades interativas e espaciais, visto que esses recursos influenciam fortemente a aceitação do usuário e os benefícios percebidos em termos de desempenho. Os programas de treinamento devem enfatizar o engajamento prático com ambientes imersivos, e as interfaces do sistema devem permanecer intuitivas para minimizar a carga cognitiva e aumentar a expectativa de desempenho. No âmbito das políticas públicas, essas informações podem orientar iniciativas voltadas para a melhoria do fluxo hospitalar, a redução do tempo de espera e o aumento da satisfação do paciente, por meio da incorporação do planejamento colaborativo, com suporte de realidade virtual imersiva, em estratégias de desenvolvimento de infraestrutura em projetos hospitalares. Além disso, o ambiente virtual pode ser acessado globalmente, o que significa que sua contribuição pode ser ainda maior, possibilitando a colaboração com arquitetos especializados em desempenho hospitalar e partes interessadas de diferentes partes do mundo.

6.3 Limitações e direções futuras

Este trabalho está sujeito a diversas limitações que orientam uma agenda clara para pesquisas futuras. Primeiro, o escopo empírico restringiu-se a uma única unidade organizacional dentro de um hospital universitário público e a um único contexto nacional. Essa delimitação restrita permitiu uma análise aprofundada, mas limita a validade externa; os resultados podem não ser generalizáveis para outros departamentos, como Emergência, UTI ou Ambulatórios, para sistemas de saúde privados ou para países que operam sob diferentes condições regulatórias e culturais. Segundo a base de evidências reunida na revisão foi limitada por idioma, abrangência do banco de dados, estratégia de palavras-chave e período de tempo. Embora o mapeamento de abordagens nas fases de geração e avaliação do planejamento do layout de instalações hospitalares seja abrangente, pode não capturar o conjunto completo de fatores críticos de sucesso que regem decisões de planejamento eficazes. Além disso, a orientação para seleção de métodos desenvolvida a partir dessa síntese, embora conceitualmente fundamentada, ainda não foi validada em projetos reais para demonstrar suporte à decisão sob restrições operacionais.

As limitações metodológicas também merecem atenção. O estudo de aceitação baseou-se em amostragem de conveniência não probabilística entre funcionários direta e indiretamente envolvidos com a unidade focal, o que limita a representatividade entre os grupos de partes

interessadas. Na demonstração do framework, a avaliação das alternativas de layout foi conduzida por um único tomador de decisão; alguns projetos envolvem múltiplas vozes, e os processos em grupo podem revelar tanto complementaridades quanto conflitos que julgamentos de especialistas individuais podem não detectar que pode ser apoiado por métodos de agregação de julgamento como a abordagem Fuzzy ou de obtenção de consenso como os painéis Delphi. A mensuração e a instrumentação introduzem outras ressalvas: os itens de aceitação da tecnologia foram adaptados de escalas validadas originalmente desenvolvidas para outros contextos e idiomas e, apesar dos cuidadosos procedimentos de tradução, não se pode descartar uma sutil deriva semântica. Por fim, o ambiente imersivo foi testado com dispositivos de visualização montados na cabeça sob condições controladas; a integração com as ferramentas BIM/CAD e de simulação existentes, bem como o desempenho comparativo com representações 2D ou 3D não imersivas, não foram formalmente avaliados.

Essas limitações sugerem diversas direções para pesquisas futuras. Primeiro, a validade externa deve ser fortalecida por meio de estudos multicêntricos, interdepartamentais e transnacionais que abranjam ambientes públicos e privados, bem como diferentes contextos socioculturais e regulatórios. Comparações controladas entre realidade virtual imersiva, 3D não imersivo e desenhos 2D convencionais são necessárias para isolar os efeitos na compreensão espacial, na detecção de problemas críticos de segurança, na qualidade da tomada de decisões e no engajamento das partes interessadas. Segundo, a lógica de seleção do método deve ser testada em projetos reais, refinada por meio de avaliação centrada no usuário e ancorada em um conjunto validado de fatores críticos de sucesso tanto para a geração do layout quanto para a sua avaliação. Tal trabalho poderia gerar ferramentas práticas de apoio à decisão e listas de verificação que orientem a escolha do método de acordo com os objetivos do projeto, a disponibilidade de dados e os perfis de risco.

Em terceiro lugar, estudos futuros devem buscar fluxos de trabalho integrados que hibridizem abordagens complementares, conectando otimização e simulação de eventos discretos com avaliações estruturadas das partes interessadas e incorporando sistematicamente a análise de decisão multicritério para conciliar critérios qualitativos e quantitativos inerentemente conflitantes. Essa agenda inclui tratamentos robustos de incerteza, elicitação de preferências e agregação de preferências para capturar prioridades divergentes entre as partes interessadas clínicas e gerenciais. Em quarto lugar, a tomada de decisão participativa merece um exame mais aprofundado: os pesquisadores devem projetar e testar protocolos de grupo que formalizem papéis, regras de consenso e mecanismos de resolução de conflitos e, em seguida, medir seus efeitos na qualidade do projeto, segurança e resultados de adoção. Em quinto lugar,

a pesquisa sobre adoção de tecnologia em contextos de planejamento imersivo deve avançar na mensuração, desenvolvendo e validando construtos e escalas específicos de RV (por exemplo, compreensão espacial, qualidade da interação, imaginação colaborativa), explorando a moderação por profissão, experiência e dados demográficos e empregando medidas longitudinais e comportamentais (uso real, desempenho da tarefa) para complementar as métricas baseadas em intenção. Em sexto lugar, avaliações econômicas rigorosas, incluindo análises de custo-benefício e custo-utilidade que considerem hardware, software, pessoal, treinamento e gestão de mudanças, são necessárias para avaliar a viabilidade em larga escala e identificar caminhos de integração com os processos institucionais de TI, compras e governança. Por fim, os pesquisadores devem explorar aplicações de pré-ocupação e treinamento em projetos *greenfield* (novas instalações), utilizando ambientes imersivos para testar e ensaiar fluxos operacionais antes do comissionamento; a mensuração dos impactos na aprendizagem organizacional, na prevenção de erros e na prontidão pode revelar se o codesign precoce, habilitado por IVR, reduz de forma mensurável o retrabalho e acelera o início seguro das operações.

Em conjunto, abordar essas vias fortaleceria a generalização, aprofundaria a descrição teórica do planejamento de layout imersivo e colaborativo e traduziria a pesquisa em melhorias escaláveis, economicamente viáveis e clinicamente significativas no projeto e operação de instalações de saúde.

REFERENCES

ABBASI, Ebrahim *et al.* Modelling of layout design and selection of appropriate design with a case study. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**, v. 25, n. 2, p. 251, 2017.

ABDELSAMAD, Yassin; RUSHDI, Muhammad; TAWFIK, Bassel. Functional and Spatial Design of Emergency Departments Using Quality Function Deployment. 2018.

ADAMS, Ursula; GREENBERG, Caprice C.; GALLAHER, Jared. Empowering Surgeons to Help Increase Value in Health Care Requires Better Data. **JAMA Surgery**, v. 159, n. 2, p. 159–160, 1 fev. 2024.

AHMAD, Rosmaini; AMIN, Rabiatul Fakhira Mohd; MUSTAFA, Shaliza Azreen. Value stream mapping with lean thinking model for effective non-value added identification, evaluation and solution processes. **Operations Management Research**, v. 15, n. 3, p. 1490–1509, 2022.

AJZEN, Icek. The theory of planned behavior. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, v. 50, n. 2, p. 179–211, 1991.

AL OWAD, Ali *et al.* Relationships between patient flow problems, health care services, and patient satisfaction: an empirical investigation of the emergency department. **Business Process Management Journal**, v. 28, n. 3, p. 684–712, 20 maio 2022.

ALMEIDA, Adiel Teixeira de. **Processo de Decisão nas Organizações-Construindo Modelos de Decisão Multicritério**. São Paulo: Atlas, 2013.

ALMEIDA, Adiel Teixeira de *et al.* **Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis**. Cham: Springer International Publishing, 2015. v. 231

ANGELIS, Aris; KANAVOS, Panos. Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA) for evaluating new medicines in Health Technology Assessment and beyond: The Advance Value Framework. **Social Science & Medicine**, v. 188, p. 137–156, 1 set. 2017.

ARNOLDS, Ines Verena; NICKEL, Stefan. Multi-period layout planning for hospital wards. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 47, n. 3, p. 220–237, 1 set. 2013.

ASIM, Jahanzeb *et al.* Assessing design information quality in the construction industry: evidence from building information modeling /. **Acta montanistica Slovaca.**, v. 26, n. 3, p. 235–251, 2021.

ASSEM, Mohammed; OUDA, Bassem K.; WAHED, Manal Abdel. Improving operating theatre design using facilities layout planning. **2012 Cairo International Biomedical Engineering Conference, CIBEC 2012**, p. 109–113, 2012.

BABULAK, Eduard; WANG, Ming. Discrete Event Simulation: State of the Art. **International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)**, v. 4, n. 2, p. 60–63, 2008.

BANA E COSTA, Carlos A.; DE CORTE, Jean Marie; VANSNICK, Jean Claude. MACBETH. **International Journal of Information Technology & Decision Making**, v. 11, n. 2, p. 359–387, 17 maio 2012.

BANA E COSTA, Carlos A.; VANSNICK, Jean-Claude. The MACBETH Approach: Basic Ideas, Software, and an Application. **Advances in Decision Analysis** , p. 131–157, 1999.

BARRETT, Alex James; PACK, Austin; QUAID, Ethan Douglas. Understanding learners' acceptance of high-immersion virtual reality systems: Insights from confirmatory and exploratory PLS-SEM analyses. **Computers & Education**, v. 169, p. 104214, 2021.

BASHABSHEH, Ahmad K.; ALZOUBI, Hussain H.; ALI, Mostafa Z. The application of virtual reality technology in architectural pedagogy for building constructions. **Alexandria Engineering Journal**, v. 58, n. 2, p. 713–723, 1 jun. 2019.

BAUMGART, André *et al.* How work context affects operating room processes: Using data mining and computer simulation to analyze facility and process design. **Quality Management in Health Care**, v. 18, n. 4, p. 305–314, out. 2009.

BAYRAKTAR SARI, Aysegul Ozlem; JABI, Wassim. Architectural spatial layout design for hospitals: A review. **Journal of Building Engineering**, v. 97, p. 110835, 2024.

BAYRAMZADEH, Sara *et al.* Using an integrative mock-up simulation approach for evidence-based evaluation of operating room design prototypes. **Applied Ergonomics**, v. 70, p. 288–299, 1 jul. 2018.

BENITEZ, Guilherme B.; DA SILVEIRA, Giovani J. C.; FOGLIATTO, Flavio S. Layout Planning in Healthcare Facilities: A Systematic Review. **Health Environments Research and Design Journal**, v. 12, n. 3, p. 31–44, 1 jul. 2019.

BENITEZ, Guilherme Brittes *et al.* Systematic Layout Planning of a Radiology Reporting Area to Optimize Radiologists' Performance. **Journal of Digital Imaging**, v. 31, n. 2, p. 193–200, 1 abr. 2018.

BOUCHERIE, Richard J.; HANS, Erwin W.; HARTMANN, Timo. Health care logistics and space: Accounting for the physical build environment. **Proceedings - Winter Simulation Conference**, 2012.

BOZORGI, N.; ABEDZADEH, M.; ZEINALI, M. Tabu search heuristic for efficiency of dynamic facility layout problem. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 77, n. 1–4, p. 689–703, 1 mar. 2015.

BRACQ, Marie-Stéphanie *et al.* Learning procedural skills with a virtual reality simulator: An acceptability study. **Nurse Education Today**, v. 79, p. 153–160, 2019.

BURDEA, Grigore.; COIFFET, Philippe. **Virtual reality technology**. *[S.l.]*: [Wiley-IEEE Press], 2017.

CAI, Hui; JIA, Jun. Using Discrete Event Simulation (DES) To Support Performance-Driven Healthcare Design. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 12, n. 3, p. 89–106, 25 set. 2018.

CAI, Hui; JIA, Jun. Using Discrete Event Simulation (DES) To Support Performance-Driven Healthcare Design. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 12, n. 3, p. 89–106, 25 jul. 2019.

CAIXETA, Michele Caroline Bueno Ferrari; FABRICIO, Márcio Minto. Physical-digital model for co-design in healthcare buildings. **Journal of Building Engineering**, v. 34, p. 101900, 2021.

CARR, Amelia S. *et al.* RFID Technology: Implications for Healthcare Organizations. **American Journal of Business**, v. 25, n. 2, p. 25–40, 1 jan. 2010.

CHAN, Yee Kiu; TANG, Yuk Ming; TENG, Long. A comparative analysis of digital health usage intentions towards the adoption of virtual reality in telerehabilitation. **International Journal of Medical Informatics**, v. 174, p. 105042, 1 jun. 2023.

CHANDRA SEKARAN, Sivadas *et al.* The implementation of virtual reality in digital factory—a comprehensive review. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 115, n. 5, p. 1349–1366, 2021.

CHENG, Kun-Hung; LEE, Silvia Wen-Yu; HSU, Ying-Tai. The Roles of Epistemic Curiosity and Situational Interest in Students' Attitudinal Learning in Immersive Virtual Reality Environments. **Journal of Educational Computing Research**, v. 61, n. 2, p. 494–519, 9 set. 2022.

CHRAIBI, Abdelahad *et al.* Using Discrete Event Simulation to evaluate Operating Theater Layout. **IFAC-PapersOnLine**, v. 49, n. 12, p. 95–98, 1 jan. 2016.

CHRAIBI, Abdelahad *et al.* A Multi-Agents System for Solving Facility Layout Problem: Application to Operating Theater. **Journal of Intelligent Systems**, v. 28, n. 4, p. 601–619, 2019.

CHRAIBI, Abdelahad; OSMAN, Ibrahim H.; KHARRAJA, Said. Adaptive layout for operating theatre in hospitals: different mathematical models for optimal layouts. **Annals of Operations Research**, v. 272, n. 1–2, p. 493–527, 1 jan. 2019.

CHUA, Pei Ying *et al.* Elucidating social networking apps decisions. **Nankai Business Review International**, v. 9, n. 2, p. 118–142, 1 jan. 2018.

CINELLI, Marco *et al.* How to support the application of multiple criteria decision analysis? Let us start with a comprehensive taxonomy. **Omega**, v. 96, p. 102261, 1 out. 2020.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2nd Edition ed. New York: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1988.

COLMAN, Nora *et al.* Designing for Patient Safety and Efficiency: Simulation-Based Hospital Design Testing. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 13, n. 4, p. 68–80, 5 maio 2020.

CONGÈS, A. *et al.* Crisis Management Exercises in Virtual Reality. *In*: 2020a.

CONGÈS, A. *et al.* Crisis Management Exercises in Virtual Reality. *In*: 2020b.

COPELAND, Darcy; CHAMBERS, Misty. Effects of Unit Design on Acute Care Nurses' Walking Distances, Energy Expenditure, and Job Satisfaction: A Pre–Post Relocation Study. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 10, n. 4, p. 22–36, 3 nov. 2016.

COSTA, Luana Bonome Message; GODINHO FILHO, Moacir. Lean healthcare: review, classification and analysis of literature. **Production Planning & Control**, v. 27, n. 10, p. 823–836, 26 jul. 2016.

COWAN, Kirsten L.; DAI, Bo. Who is the "Self" that Buys?: An Exploratory Examination of Imaginative Consumption and Explanation of Opinion Leadership. **Psychology & Marketing**, v. 31, n. 11, p. 1008–1023, 1 nov. 2014.

CUMMINGS, James J.; BAILENSON, Jeremy N. How Immersive Is Enough? A Meta-Analysis of the Effect of Immersive Technology on User Presence. **Media Psychology**, v. 19, n. 2, p. 272–309, 2 abr. 2016.

DAVIS, Fred D. Technology acceptance model: TAM. **Information Seeking Behavior and Technology Adoption**, v. 205, n. 219, p. 5, 1989.

DE ALMEIDA, Simone; MORAIS, Danielle Costa; TEIXEIRA DE ALMEIDA, Adiel. Agregação de pontos de vista de stakeholders utilizando o Value-Focused Thinking associado à mapeamento cognitivo. **Production**, v. 24, n. 1, p. 144–159, 2014.

DENHAM, Megan E.; BUSHEHRI, Yousef; LIM, Lisa. Through the Eyes of the User: Evaluating Neonatal Intensive Care Unit Design. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 11, n. 3, p. 49–65, 4 mar. 2018.

DI NATALE, Anna Flavia *et al.* Learning in the Metaverse: Are University Students Willing to Learn in Immersive Virtual Reality? **Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking**, v. 27, n. 1, p. 28–36, 1 jan. 2024.

DOS SANTOS, Vinícius Carrijo; SIQUEIRA, Regiane Máximo; GODINHO-FILHO, Moacir. Enhancing healthcare operations: a systematic literature review on approaches for hospital facility layout planning. **Journal of Health Organization and Management**, v. 39, n. 1, p. 22–45, 29 out. 2024.

DOUMPOS, Michael; GRIGOROUDIS, Evangelos. **Multicriteria Decision Aid and Artificial Intelligence Links, Theory and Applications**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTUNES, José Antônio Valle. Design Science Research. **Design Science Research**, p. 67–102, 2015.

DROTZ, Erik; POKSINSKA, Bozena. Lean in healthcare from employees' perspectives. **Journal of Health Organization and Management**, v. 28, n. 2, p. 177–195, 1 jan. 2014.

DURHAM, Joyce; KENYON, Ann. Decentralized Nurse Stations: A Methodology for Using Research to Guide Design Decisions. **Health Environments Research & Design Journal**, v. 12, n. 4, p. 8–21, 2019.

ELF, Marie *et al.* The built environment and its impact on health outcomes and experiences of patients, significant others and staff—A protocol for a systematic review. **Nursing Open**, v. 7, n. 3, p. 895–899, 1 maio 2020.

FAGAN, Mary; KILMON, Carol; PANDEY, Vivek. Exploring the adoption of a virtual reality simulationThe role of perceived ease of use, perceived usefulness and personal innovativeness. **Campus-Wide Information Systems**, v. 29, n. 2, p. 117–127, 23 mar. 2012.

FAY, Lindsey; CARLL-WHITE, Allison; HARRELL, James. Coming Full Cycle: Linking POE Findings to Design Application. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 10, n. 3, p. 83–98, 12 out. 2016.

FOGLIATTO, Flavio S. *et al.* Lean-Oriented Layout Design of a Health Care Facility. **Quality Management in Health Care**, v. 28, n. 1, p. 25–32, jan. 2019.

FRAMBACH, Ruud T.; SCHILLEWAERT, Niels. Organizational innovation adoption: a multi-level framework of determinants and opportunities for future research. **Journal of Business Research**, v. 55, n. 2, p. 163–176, 2002.

GAI, Ling; JI, Jiandong. An integrated method to solve the healthcare facility layout problem under area constraints. **Journal of Combinatorial Optimization**, v. 37, n. 1, p. 95–113, 2019.

GIOVANIS, Apostolos; ASSIMAKOPOULOS, Costas; SARMANIOTIS, Christos. Adoption of mobile self-service retail banking technologies. **International Journal of Retail & Distribution Management**, v. 47, n. 9, p. 894–914, 1 jan. 2019.

GOMES, Luiz Flávio Autran Monteiro. **Teoria da decisão**. São Paulo: Cengage Learning, 2007.

GONÇALVES, José Fernando; RESENDE, Mauricio G. C. A biased random-key genetic algorithm for the unequal area facility layout problem. **European Journal of Operational Research**, v. 246, n. 1, p. 86–107, 1 out. 2015.

GONG, Liang *et al.* Development of virtual reality support to factory layout planning. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)**, v. 13, n. 3, p. 935–945, 2019.

GREENROYD, Fraser L. *et al.* Using Evidence-Based Design to Improve Pharmacy Department Efficiency. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 10, n. 1, p. 130–143, 9 fev. 2016.

GREER, Valerie; JOHNSON, Emily; HSU, Josephine. Variables and Outcomes in Patient Room Design: A Study of Design Hypotheses. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 14, n. 2, p. 219–233, 15 set. 2020.

GU, MM; PIDD, M. Discrete event simulation for performance modelling in health care: a review of the literature. **Journal of Simulation**, v. 4, p. 42–51, 2010.

GUNN, Rose *et al.* Designing Clinical Space for the Delivery of Integrated Behavioral Health and Primary Care. **The Journal of the American Board of Family Medicine**, v. 28, n. Supplement 1, p. S52–S62, 1 set. 2015.

GUO, H. *et al.* Unveiling the key determinants and consequences of Virtual Reality in the immersion experience. **Management & Marketing**, v. 19, n. 2, p. 233–255, 2024.

HAIR, Joe F.; RINGLE, Christian M.; SARSTEDT, Marko. PLS-SEM: Indeed a Silver Bullet. **Journal of Marketing Theory and Practice**, v. 19, n. 2, p. 139–152, 8 abr. 2011.

HAIR, Joseph F. *et al.* **A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) Second Edition**. 2th ed. ed. Thousand Oaks, CA: *[S.n.]*.

HALABI, Osama. Immersive virtual reality to enforce teaching in engineering education. **Multimedia Tools and Applications**, v. 79, n. 3–4, p. 2987–3004, 1 jan. 2020.

HALAWA, Farouq *et al.* Advancing evidence-based healthcare facility design: a systematic literature review. **Health Care Management Science**, v. 23, n. 3, p. 453–480, 1 set. 2020.

HAMEED, Asaad Shakir *et al.* A Hybrid Method Integrating a Discrete Differential Evolution Algorithm with Tabu Search Algorithm for the Quadratic Assignment Problem: A New Approach for Locating Hospital Departments. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2021, p. 6653056, 2021.

HAMMADY, Ramy *et al.* Design and development of a spatial mixed reality touring guide to the Egyptian museum. **Multimedia Tools and Applications**, v. 79, n. 5–6, p. 3465–3494, 1 fev. 2020.

HELBER, Stefan *et al.* A hierarchical facility layout planning approach for large and complex hospitals. **Flexible Services and Manufacturing Journal**, v. 28, n. 1, p. 5–29, 2016.

HENDRICH, Ann *et al.* A 36-Hospital Time and Motion Study: How Do Medical-Surgical Nurses Spend Their Time? **The Permanente Journal**, v. 12, n. 3, p. 25–34, set. 2008.

HENRIQUE, Daniel Barberato *et al.* A new value stream mapping approach for healthcare environments. **Production Planning & Control**, v. 27, n. 1, p. 24–48, 2 jan. 2016.

HEVNER, Alan R. *et al.* Design science in information systems research. **MIS Quarterly: Management Information Systems**, v. 28, n. 1, p. 75–105, 2004.

HEW, Jun-Jie *et al.* What catalyses mobile apps usage intention: an empirical analysis. **Industrial Management & Data Systems**, v. 115, n. 7, p. 1269–1291, 1 jan. 2015.

HEYDARIAN, Arsalan *et al.* Immersive virtual environments versus physical built environments: A benchmarking study for building design and user-built environment explorations. **Automation in Construction**, v. 54, p. 116–126, 1 jun. 2015.

HICKS, Chris *et al.* Applying lean principles to the design of healthcare facilities. **International Journal of Production Economics**, v. 170, p. 677–686, 1 dez. 2015.

HOLMSTRÖM, Jan; KETOKIVI, Mikko; HAMERI, Ari Pekka. Bridging Practice and Theory: A Design Science Approach. **Decision Sciences**, v. 40, n. 1, p. 65–87, 1 fev. 2009.

HOSSEINI-NASAB, Hasan *et al.* Classification of facility layout problems: a review study. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 94, n. 1, p. 957–977, 2018.

HUANG, Hsiu Mei; LIAW, Shu Sheng; LAI, Chung Min. Exploring learner acceptance of the use of virtual reality in medical education: a case study of desktop and projection-based display systems. **Interactive Learning Environments**, v. 24, n. 1, p. 3–19, 2 jan. 2016.

HUANG, Hsiu Mei; RAUCH, Ulrich; LIAW, Shu Sheng. Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. **Computers & Education**, v. 55, n. 3, p. 1171–1182, 1 nov. 2010.

HÜBNER, Alexander *et al.* Combining clinical departments and wards in maximum-care hospitals. **OR Spectrum**, v. 40, p. 679–709, 2018.

HUNG, Lillian *et al.* Facilitators, barriers, and impacts to implementing dementia care training for staff in long-term care settings by using fully immersive virtual reality: a scoping review. **Frontiers in Virtual Reality**, v. 6, p. 1552370, 13 mar. 2025.

HUO, Jiazhen; LIU, Jing; GAO, Hong. An NSGA-II Algorithm with Adaptive Local Search for a New Double-Row Model Solution to a Multi-Floor Hospital Facility Layout Problem. **Applied Sciences 2021, Vol. 11, Page 1758**, v. 11, n. 4, p. 1758, 16 fev. 2021.

HUSSAIN, Matloub; MALIK, Mohsin. Prioritizing lean management practices in public and private hospitals. **Journal of Health Organization and Management**, v. 30, n. 3, p. 457–474, 1 jan. 2016.

IBRAHIM, Andrew M.; DIMICK, Justin B.; JOSEPH, Anjali. Building a Better Operating Room: Views from Surgery and Architecture. **Annals of surgery**, v. 265, n. 1, p. 34–36, jan. 2017.

JACOBSON, Sheldon H.; HALL, Shane N.; SWISHER, James R. Discrete-Event Simulation of Health care Systems. **International Series in Operations Research and Management Science**, v. 206, p. 273–309, 2013.

JAMALI, Navid; LEUNG, Ramsey K.; VERDERBER, Stephen. A review of computerized hospital layout modelling techniques and their ethical implications. **Frontiers of Architectural Research**, v. 9, n. 3, p. 498–513, 1 set. 2020.

JANG, Yeonju; PARK, Eunil. An adoption model for virtual reality games: The roles of presence and enjoyment. **Telematics and Informatics**, v. 42, p. 101239, 2019.

JARRIN, Fabian *et al.* Virtual reality-based site layout planning for building design. **Automation in Construction**, v. 167, p. 105690, 2024.

JAWARNEH, Malik *et al.* The Impact of Virtual Reality Technology on Jordan's Learning Environment and Medical Informatics among Physicians. **International Journal of Computer Games Technology**, v. 2023, p. 1678226, 2023.

JENNETT, Charlene *et al.* Measuring and defining the experience of immersion in games. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 66, n. 9, p. 641–661, 2008.

JENSEN, Camilla Gyldendahl. Collaboration and Dialogue in Virtual Reality. **Journal of Problem Based Learning in Higher Education**, v. 5, n. 1, p. 2017–85, 18 set. 2017.

JERALD, Jason. **The VR book : human-centered design for virtual reality**. *[S.l.]*: Association for Computing Machinery ; M & C, Morgan & Claypool, 2016.

JIMENEZ, Francesqca E. *et al.* Associations of Patient and Staff Outcomes With Inpatient Unit Designs Incorporating Decentralized Caregiver Workstations: A Systematic Review of Empirical Evidence. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 12, n. 1, p. 26–43, 1 jan. 2019.

JOHNSON, Kendra *et al.* Integrating Lean Exploration Loops Into Healthcare Facility Design: Schematic Phase. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 10, n. 3, p. 131–141, 24 out. 2016.

JONES, David *et al.* Characterising the Digital Twin: A systematic literature review. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v. 29, p. 36–52, 1 maio 2020.

JOSEPH, Anjali; RASHID, Mahbub. The architecture of safety: Hospital design. **Current Opinion in Critical Care**, v. 13, n. 6, p. 714–719, dez. 2007.

JUREWICZ, Katherina A. *et al.* Observational study of anaesthesia workflow to evaluate physical workspace design and layout. **British Journal of Anaesthesia**, v. 126, n. 3, p. 633–641, 1 mar. 2021.

KANG, Seok. Factors influencing intention of mobile application use. **International Journal of Mobile Communications**, v. 12, n. 4, p. 360–379, 1 jan. 2014.

KARI, Tuomas; KOSA, Mehmet. Acceptance and use of virtual reality games: an extension of HMSAM. **Virtual Reality**, v. 27, n. 3, p. 1585–1605, 2023.

KARP, Zaher *et al.* Influence of Environmental Design on Team Interactions Across Three Family Medicine Clinics: Perceptions of Communication, Efficiency, and Privacy. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 12, n. 4, p. 159–173, 27 mar. 2019.

KARVONEN, Sauli *et al.* The Elimination of Transfer Distances Is an Important Part of Hospital Design. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 10, n. 3, p. 142–151, 29 nov. 2016.

KEENEY, Ralph L. **Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decisionmaking** . Cambridge: Harvard University Press, 1992.

KEYS, Yolanda; SILVERMAN, Susan R.; EVANS, Jennie. Identification of Tools and Techniques to Enhance Interdisciplinary Collaboration During Design and Construction Projects. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 10, n. 5, p. 28–38, 1 out. 2017.

KIM, Hyun K. *et al.* Virtual reality sickness questionnaire (VRSQ): Motion sickness measurement index in a virtual reality environment. **Applied Ergonomics**, v. 69, p. 66–73, 2018.

KRUGMAN, Mary; SANDERS, Carolyn; KINNEY, Lisa J. Evaluation and Outcomes of an Evidence-Based Facility Design Project. **The Journal of Nursing Administration**, v. 45, n. 2, p. 84–92, 2015.

KWOK, Pak Ki *et al.* User acceptance of virtual reality technology for practicing digital twin-based crisis management. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 34, n. 7–8, p. 874–887, 3 ago. 2021.

LACERDA, Daniel Pacheco *et al.* Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção Design Science Research: a research method to production engineering. **Gest. Prod.**, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013.

LATHER, Jennifer I. *et al.* Implementation and Evaluation of Generative Layout Options Using the Graph Theoretical Approach for a Hospital Layout Problem. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 34, n. 4, p. 04020014, 17 mar. 2020.

LE, Duong X. *et al.* Lean management for improving hospital waiting times—Case study of a Vietnamese public/general hospital emergency department. **The International Journal of Health Planning and Management**, v. 37, n. 1, p. 156–170, 1 jan. 2022.

LEE, Elinda Ai-Lim; WONG, Kok Wai. Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. **Computers & Education**, v. 79, p. 49–58, 2014.

LEE, Jisun; MIRI, Marjan; NEWBERRY, Mary. Immersive Virtual Reality, Tool for Accessible Design: Perceived Usability in an Interior Design Studio Setting. **Journal of Interior Design**, v. 48, n. 4, p. 242–258, 1 dez. 2023.

LEY-CHAVEZ, Adriana *et al.* Layout improvement study to reduce staff walking distance In a large health care facility: How to not walk an extra 4740 miles. **Quality Management in Health Care**, v. 25, n. 3, p. 134–140, 2016.

LIN, Qing Lian; WANG, Duojin. Facility Layout Planning with SHELL and Fuzzy AHP Method Based on Human Reliability for Operating Theatre. **Journal of Healthcare Engineering**, v. 2019, 2019.

LIN, Qing-Lian *et al.* Integrating systematic layout planning with fuzzy constraint theory to design and optimize the facility layout for operating theatre in hospitals. v. 26, p. 87–95, 2015.

LIPSON-SMITH, Ruby *et al.* A Framework for Designing Inpatient Stroke Rehabilitation Facilities: A New Approach Using Interdisciplinary Value-Focused Thinking. **Health Environments Research & Design Journal**, v. 12, n. 4, p. 142–158, 2019.

LIU, Yuanzhao; KONDURI, Sreenidhi; PARK, Changbae. A Study on the Factors Influencing Willingness to Use Virtual Reality Systems for External Evaluation of Buildings. **Buildings**, v. 14, n. 12, p. 3714, 1 dez. 2024.

LORENZ, Wolfgang E.; BICHER, Martin; WURZER, Gabriel X. Adjacency in hospital planning. **IFAC-PapersOnLine**, v. 48, n. 1, p. 862–867, 1 jan. 2015.

MACALLISTER, Lorissa; ZIMRING, Craig; RYHERD, Erica. Exploring the Relationships Between Patient Room Layout and Patient Satisfaction. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 12, n. 1, p. 91–107, 20 jul. 2018.

MACHRY, Herminia; JOSEPH, Anjali; WINGLER, Deborah. The Fit Between Spatial Configuration and Idealized Flows: Mapping Flows in Surgical Facilities as Part of Case Study Visits. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 14, n. 1, p. 237–250, 29 maio 2020.

MAÏZI, Yasmina; BENDAVID, Ygal. Hybrid RFID-IoT simulation modeling approach for analyzing scrubs' distribution solutions in operating rooms. **Business Process Management Journal**, v. 29, n. 6, p. 1734–1761, 1 jan. 2023.

MAKRANSKY, Guido; LILLEHOLT, Lau. A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. **Educational Technology Research and Development**, v. 66, n. 5, p. 1141–1164, 2018.

MARCH, Salvatore T.; SMITH, Gerald F. Design and natural science research on information technology. **Decision Support Systems**, v. 15, n. 4, p. 251–266, 1 dez. 1995.

MARCH, Salvatore T.; STOREY, Veda C. Design science in the information systems discipline: An introduction to the special issue on design science research. **MIS Quarterly: Management Information Systems**, v. 32, n. 4, p. 725–730, 2008.

MARSHALL, Kenneth D.; IMHOFF, Bryan; ZILM, Frank. Design of the Academic Emergency Department. **Emergency Medicine Clinics**, v. 38, n. 3, p. 617–631, 1 ago. 2020.

MAYRING, PHILLIP. **Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken**. *[S.l.]*: Beltz, 2008.

MAZUR, Lukasz M. *et al.* Integrating Lean Exploration Loops Into Healthcare Facility Design: Programming Phase. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 10, n. 3, p. 116–130, 7 dez. 2016.

MCDOWELL, Alissa L.; HUANG, Yu-Li. Selecting a pharmacy layout design using a weighted scoring system. **American Journal of Health-System Pharmacy**, v. 69, n. 9, p. 796–804, 1 maio 2012.

MENGYING, Li *et al.* Pathway analysis of clinical nurse educator's intention to use virtual reality technology based on the UTAUT model. **Frontiers in Public Health**, v. 12, p. 1437699, 15 nov. 2024.

MOHER, David *et al.* Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. **Systematic Reviews**, v. 4, n. 1, p. 1, 2015a.

MOHER, David *et al.* Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. **Systematic Reviews**, v. 4, n. 1, p. 1, 1 dez. 2015b.

MUTHER, R.; HALLES, L. **Systematic Layout Planning-A total system of layout planning**. 4º Edition ed. *[S.l.: S.n.]*.

MUTHER, Richard. Systematic layout planning. **(No Title)**, 1973.

NÅFORS, Daniel; JOHANSSON, Björn. Virtual Engineering Using Realistic Virtual Models in Brownfield Factory Layout Planning. **Sustainability**, v. 13, n. 19, 2021.

NAZARIAN, Masoumeh *et al.* Design Lessons From the Analysis of Nurse Journeys in a Hospital Ward. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 11, n. 4, p. 116–129, 14 jun. 2018.

NEVES, L. P. *et al.* Structuring an MCDA model using SSM: A case study in energy efficiency. **European Journal of Operational Research**, v. 199, n. 3, p. 834–845, 16 dez. 2009.

NICHOLAS, John. An Integrated Lean-Methods Approach to Hospital Facilities Redesign. **Hospital Topics**, v. 90, n. 2, p. 47–55, 1 abr. 2012.

PAES, Daniel; IRIZARRY, Javier; PUJONI, Diego. An evidence of cognitive benefits from immersive design review: Comparing three-dimensional perception and presence between immersive and non-immersive virtual environments. **Automation in Construction**, v. 130, p. 103849, 1 out. 2021.

PALMER, Gary *et al.* Realizing Improved Patient Care through Human-centered Operating Room Design: A Human Factors Methodology for Observing Flow Disruptions in the Cardiothoracic Operating Room. **Anesthesiology**, v. 119, n. 5, p. 1066–1077, 1 nov. 2013.

PARNELL, Gregory S. *et al.* Invited Review-Survey of Value-Focused Thinking: Applications, Research Developments and Areas for Future Research. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 20, n. 1–2, p. 49–60, jan. 2013.

PATI, Debajyoti; HARVEY, Thomas E. Jr; PATI, Sipra. Physical Design Correlates of Efficiency and Safety in Emergency Departments: A Qualitative Examination. **Critical Care Nursing Quarterly**, v. 37, n. 3, p. 299–316, 2014.

PAULO, Maria Madalena *et al.* Understanding mobile augmented reality adoption in a consumer context. **Journal of Hospitality and Tourism Technology**, v. 9, n. 2, p. 142–157, 1 jan. 2018.

PEFFERS, Ken *et al.* A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. **Journal of Management Information Systems**, v. 24, n. 3, p. 45–77, 1 dez. 2007.

PELLY, Nicole *et al.* Utilizing integrated facility design to improve the quality of a pediatric ambulatory surgery center. **Pediatric Anesthesia**, v. 23, n. 7, p. 634–638, 1 jul. 2013.

PÉREZ-GOSENDE, Pablo; MULA, Josefa; DÍAZ-MADROÑERO, Manuel. Facility layout planning. An extended literature review. **International Journal of Production Research**, v. 59, n. 12, p. 3777–3816, 2021.

PHOON, Sin-Ye *et al.* Interactive solution approach for loop layout problem using virtual reality technology. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 89, n. 5, p. 2375–2385, 2017.

PILLAI, Sini V. A Novel Uni-directional Flow Circular Facility Layout for Effective Social Distancing. **Vision**, p. 1–6, 2021.

PINTO, Agostinho Sousa *et al.* Augmented Reality for a New Reality: Using UTAUT-3 to Assess the Adoption of Mobile Augmented Reality in Tourism (MART). **Journal of Information Systems Engineering and Management**, v. 7, n. 2, p. 14550, 14 abr. 2022.

PLOTZKY, Christian *et al.* Virtual Reality in Healthcare Skills Training: The Effects of Presence on Acceptance and Increase of Knowledge. i-com. v. 20, n. 1, p. 73–83, 2021.

PORTER, Michael E.; LEE, Thomas H. The Strategy That Will Fix Health Care. **Harvard business review**, v. 91, n. 12, p. 24, 2013.

PORTMAN, M. E.; NATAPOV, A.; FISHER-GEWIRTZMAN, D. To go where no man has gone before: Virtual reality in architecture, landscape architecture and environmental planning. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 54, p. 376–384, 1 nov. 2015.

RASHID, Mahbub. Two Decades (1993-2012) of Adult Intensive Care Unit Design: A Comparative Study of the Physical Design Features of the Best Practice Examples. **Critical Care Nursing Quarterly**, v. 37, n. 1, p. 3–32, 2014a.

RASHID, Mahbub. Space Allocation in the Award-Winning Adult ICUs of the Last Two Decades (1993–2012): An Exploratory Study. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 7, n. 2, p. 29–56, 1 jan. 2014b.

RATIB, Osman *et al.* Computer-aided design and modeling of workstations and radiology reading rooms for the new millennium. **Radiographics**, v. 20, n. 6, p. 1807–1816, 1 nov. 2000.

READ, Jacob M. *et al.* Provider Preference in Exam Room Layout Design and Computing. **Applied Clinical Informatics**, v. 10, n. 5, p. 972–980, 25 dez. 2019.

RECHT, Michael P. *et al.* Optimization of MRI Turnaround Times Through the Use of Dockable Tables and Innovative Architectural Design Strategies. **AJR. American journal of roentgenology**, v. 212, n. 4, p. 855–858, abr. 2019.

REIJULA, Jori *et al.* Participative facility planning for obstetrical and neonatal care processes: Beginning of life process. **Journal of Healthcare Engineering**, v. 2016, 2016.

REIJULA, Jori *et al.* Healthcare facility design development in Kuopio University Hospital. **Intelligent Buildings International**, v. 9, n. 3, p. 137–147, 3 jul. 2017.

REIJULA, Jori *et al.* Participatory facility design challenges in two university hospitals. **Intelligent Buildings International**, v. 12, n. 1, p. 3–16, 2 jan. 2020.

REIJULA, Jori; REIJULA, Emmi; REIJULA, Kari. Insight into healthcare design: lessons learned in two university hospitals. **Journal of Facilities Management**, v. 14, n. 3, p. 266–282, 2016.

REILING, J. Safe design of healthcare facilities. **Quality and Safety in Health Care**, v. 15, n. suppl 1, p. 34–40, 1 dez. 2006.

REIS, Luciana Paula *et al.* Managing inpatient bed setup: an action-research approach using lean technical practices and lean social practices. **Journal of Health Organization and Management**, v. 37, n. 2, p. 213–235, 1 jan. 2023.

RINGLE, C. M.; WENDE, S.; BECKER, J. **SmartPLS 4. Bönningstedt: SmartPLS.** Disponível em: <https://www.smartpls.com>. Acesso em: 9 ago. 2025.

RISMANCHIAN, Farhood; LEE, Young Hoon. Process Mining–Based Method of Designing and Optimizing the Layouts of Emergency Departments in Hospitals. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 10, n. 4, p. 105–120, 29 nov. 2016.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations,**. 5th ed. ed. *[S.l.]*: Free Pass, 2003.

ROHACZ, Anke; STRASSBURGER, Steffen. The Acceptance of Augmented Reality as a Determining Factor in Intralogistics Planning. **Procedia CIRP**, v. 104, p. 1209–1214, 2021.

ROUPÉ, Mattias *et al.* Virtual Collaborative Design Environment: Supporting Seamless Integration of Multitouch Table and Immersive VR. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 146, n. 12, p. 1–16, 1 dez. 2020.

ROY, Bernard. **Multicriteria methodology for decision aiding**. Netherlands: Springer Science & Business Media, 1996.

SAGNIER, Camille *et al.* User Acceptance of Virtual Reality: An Extended Technology Acceptance Model. **International Journal of Human–Computer Interaction**, v. 36, n. 11, p. 993–1007, 2 jul. 2020.

SAMPAIO, Alcínia Zita. Building Information Modelling (BIM) taught in a Civil Engineer school. **2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI 2015**, 28 jul. 2015.

SANTOS NETO, João Batista Sarmento. **Proposição de um framework para aplicação de modelos de maturidade**. Pernambuco: UFPE, 2020.

SASANFAR, Soori; BAGHERPOUR, Morteza; MOATARI-KAZEROUNI, Afrooz. Improving emergency departments: Simulation-based optimization of patients waiting time

and staff allocation in an Iranian hospital. **International Journal of Healthcare Management**, v. 14, n. 4, p. 1449–1456, 2 out. 2021.

SATEEI, SHAHIN; ROUPÉ, Mattias; JOHANSSON, Mikael. Collaborative Design Review Sessions In Virtual Reality: Multi-Scale And Multi-User. *In*: 2022.

SAYAH, Assaad *et al.* Emergency Department Expansion Versus Patient Flow Improvement: Impact on Patient Experience of Care. **The Journal of Emergency Medicine**, v. 50, n. 2, p. 339–348, 1 fev. 2016.

SCHAUMANN, Davide *et al.* A study of human behavior simulation in architectural design for healthcare facilities. **Annali dell'Istituto Superiore Di Sanità**, v. 52, n. 1, p. 24–32, 2016.

SCHOUTEN, Hannelore *et al.* Implementing lean-led hospital design; lessons gained at a pioneer. **Journal of Health Organization and Management**, v. 35, n. 1, p. 1–16, 1 jan. 2021.

SERPA, Flávio; ELOY, Sara. How non-designers understand the architecture design project: a comparative study using immersive virtual reality. **Interaction Design and Architecture(s) Journal**, n. 45, p. 287–301, 2020.

SEURING, Stefan; GOLD, Stefan. Conducting content-analysis based literature reviews in supply chain management. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 17, n. 5, p. 544–555, 3 ago. 2012.

SHARIATZADEH, N.; SIVARD, G.; CHEN, D. Software Evaluation Criteria for Rapid Factory Layout Planning, Design and Simulation. **Procedia CIRP**, v. 3, p. 299–304, 2012.

SHEN, Chien wen *et al.* Behavioural intentions of using virtual reality in learning: perspectives of acceptance of information technology and learning style. **Virtual Reality**, v. 23, n. 3, p. 313–324, 1 set. 2019.

SHULTZ, Jonas *et al.* Simulation-Based Mock-Up Evaluation of a Universal Operating Room. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 13, n. 1, p. 68–80, 16 jun. 2019.

SINGH, Vivek Kumar *et al.* The journal coverage of Web of Science, Scopus and Dimensions: A comparative analysis. **Scientometrics**, v. 126, n. 6, p. 5113–5142, 2021.

SLATER, Mel. Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1535, p. 3549–3557, 12 dez. 2009.

SLATER, Mel; SANCHEZ-VIVES, Maria V. Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality. **Frontiers in Robotics and AI**, v. 3, 2016.

SMITH, Robert P.; HEIM, Joseph A. Virtual facility layout design: The value of an interactive three-dimensional representation. **International Journal of Production Research**, v. 37, n. 17, p. 3941–3957, 1 nov. 1999.

STARK, Rainer; DAMERAU, Thomas. Digital Twin. **CIRP Encyclopedia of Production Engineering**, p. 1–8, 2019.

STRAND, Ingri. Virtual Reality in Design Processes: - a literature review of benefits, challenges, and potentials. **FormAkademisk**, v. 13, n. 6, p. 1–19, 31 dez. 2020.

STURROCK, David T.; PEGDEN, C. Dennis. RECENT INNOVATIONS IN SIMIO. *In*: 2011. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6147739>. Acesso em: 29 maio. 2022

TAN, Chee Hau *et al.* Augmented reality assisted facility layout digitization and planning. **Journal of Mechanical Science and Technology**, v. 35, n. 9, p. 4115–4123, 2021.

TAWFIK, Bassel; OUDA, Bassem K.; ABOU-ALAM, Ahmad. Optimal Design of Emergency Department in Mass Disasters. **Journal of Clinical Engineering**, v. 39, n. 4, 2014a.

TAWFIK, Bassel; OUDA, Bassem K.; ABOU-ALAM, Ahmad. Optimal design of emergency department in mass disasters. **Journal of Clinical Engineering**, v. 39, n. 4, p. 175–183, 2014b.

TONGUR, Vahit; HACIBEYOGLU, Mehmet; ULKER, Erkan. Solving a big-scaled hospital facility layout problem with meta-heuristics algorithms. **Engineering Science and Technology, an International Journal**, v. 23, n. 4, p. 951–959, 1 ago. 2020.

TOYODA, Ryo *et al.* Drivers of immersive virtual reality adoption intention: a multi-group analysis in chemical industry settings. **Virtual Reality**, v. 27, n. 4, p. 3273–3284, 2023.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management**, v. 14, n. 3, p. 207–222, 2003.

TRUONG, Phong *et al.* Multi-User Virtual Reality for Remote Collaboration in Construction Projects: A Case Study with High-Rise Elevator Machine Room Planning. **Electronics**, v. 10, n. 22, 2021.

TUKER, Cetin; TONG, Togan; SINAN, Mimar. Comparing Field Trips, VR Experiences and Video Representations on Spatial Layout Learning in Complex Buildings. 5 maio 2021.

ULUTAS, Berna; ISLIER, A. Attila. Dynamic facility layout problem in footwear industry. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 36, p. 55–61, 1 jul. 2015.

USTUN, Ahmet Berk; KARAOGLAN-YILMAZ, Fatma Gizem; YILMAZ, Ramazan. Educational UTAUT-based virtual reality acceptance scale: a validity and reliability study. **Virtual Reality**, v. 27, n. 2, p. 1063–1076, 2023.

VAHDAT, Vahab *et al.* Improving patient timeliness of care through efficient outpatient clinic layout design using data-driven simulation and optimisation. **Health Systems**, v. 8, n. 3, p. 162–183, 2 set. 2019.

VENKATESH, Viswanath *et al.* User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. **MIS Quarterly**, v. 27, n. 3, p. 425–478, 2003.

VENKATESH, Viswanath; THONG, James Y. L.; XU, Xin. Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. **MIS Quarterly**, v. 36, n. 1, p. 157–178, 2012.

VIMAL, K. E. K. *et al.* Developing a strategic sustainable facility plan for a hospital layout using ELECTRE and Apples procedure. **International Journal of Strategic Property Management**, v. 25, n. 1, p. 17–33, 13 jan. 2021.

WANG, Ellen Y. *et al.* Acceptance of Virtual Reality in Trainees Using a Technology Acceptance Model: Survey Study. **JMIR medical education**, v. 10, n. 1, p. e60767, 23 dez. 2024.

WANG, Teng-Kuan *et al.* Lean principles and simulation optimization for emergency department layout design. **Industrial Management & Data Systems**, v. 115, n. 4, p. 678–699, 2015.

WEINER, Bryan J. A theory of organizational readiness for change. **Implementation Science**, v. 4, n. 1, p. 67, 2009.

WENG, Shao-Jen *et al.* Improving the Efficiency of an Emergency Department Based on Activity-Relationship Diagram and Radio Frequency Identification Technology. **International Journal of Environmental Research and Public Health Article**, v. 16, n. 22, p. 44788, 2019.

WENK, N. *et al.* Effect of immersive visualization technologies on cognitive load, motivation, usability, and embodiment. **Virtual Reality**, v. 27, n. 1, p. 307–331, 1 mar. 2023.

WOHLIN, Claes. Guidelines for Snowballing in Systematic Literature Studies and a Replication in Software Engineering. *In*: Karlskrona: 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1145/2601248.2601268>. Acesso em: 13 mar. 2022

WURZER, Gabriel *et al.* MODYPLAN: Early-Stage Hospital Simulation based on Treatment Chains. **IFAC-PapersOnLine**, v. 48, n. 1, p. 868–873, 1 jan. 2015.

XIA, PingJun *et al.* A new type haptics-based virtual environment system for assembly training of complex products. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 58, n. 1, p. 379–396, 2012.

XU, Zheng; YANG, Tao; CHEN, Yongjian. Influence of spatial presence and flow experience in a non-immersive virtual reality upper limb training system. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 101, p. 103594, 1 maio 2024.

YAMAN, Ramazan. Establishment and use of virtual layouts for manufacturing. **Integrated Manufacturing Systems**, v. 12, n. 6, p. 400–408, 1 jan. 2001.

YANG, Taho; SU, Chao Ton; HSU, Yuan Ru. Systematic layout planning: a study on semiconductor wafer fabrication facilities. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 20, n. 11, p. 1359–1371, 1 nov. 2000.

YEH, I. Cheng. Architectural layout optimization using annealed neural network. **Automation in Construction**, v. 15, n. 4, p. 531–539, 1 jul. 2006.

YOON, So Yeon; CHOI, Yun Jung; OH, Hyunjoo. User attributes in processing 3D VR-enabled showroom: Gender, visual cognitive styles, and the sense of presence. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 82, p. 1–10, 1 out. 2015.

ZUO, Xingquan *et al.* Optimizing Hospital Emergency Department Layout via Multiobjective Tabu Search; Optimizing Hospital Emergency Department Layout via Multiobjective Tabu Search. **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering**, v. 16, n. 3, p. 1137–1147, 2019.

ZUO, Xingquan *et al.* MOEA/D With Linear Programming for Double Row Layout Problem With Center-Islands. **IEEE TRANSACTIONS ON CYBERNETICS**, v. 51, n. 7, p. 3549–3561, 2021.

APÊNDICE

Apêndice 1 - Uma visão geral da pesquisa HFLP

Veja uma visão geral da pesquisa HFLP no Quadro A.1.

Quadro A.1 - Uma visão geral da pesquisa HFPL

Autores	Geração de layout				SPL	Métodos de avaliação de layout	Resultados
	Método de geração	Modelo matemático	Abordagem de solução	Opção de layout			
(Cai; Jia, 2018)	SML					SML	R2; R9
(Colman *et al.*, 2020)	SML				ARD	SML; CD	R1
(Schouten *et al.*, 2021)	FMA					SML	R3
(Sasanfar; Bagherpour; Moatari-Kazerouni, 2021)	SML					SML	R2; R5; R6; R10
(Vahdat *et al.*, 2019)	PM; OL	PLIM	MH	POD		PM; SML	R7; R9
(Weng *et al.*, 2019)	SML				ARD	SML	R10; R21
(Zuo *et al.*, 2019)	PM	OMO	MH		ARD	PM; SML	R1; R7
(Reijula *et al.*, 2020)	FMA					SML	R5; R8
(Shultz *et al.*, 2019)	FMA					SML	R11; R12
(Greenroyd *et al.*, 2016)	FMA				FTD	CD	R7; R21
(Greer; Johnson; Hsu, 2020)	FMA					SML	R8; R10
(Schaumann *et al.*, 2016)	SML						R13; R7; R21
(Roupé *et al.*, 2020)	SML; ACSPL					SML	R14
(Lorenz; Bicher; Wurzer, 2015)	PM	MGNA	EX			ARD	R1
(Mazur *et al.*, 2016)	FMA; SML					ARD	R4; R15
(Johnson *et al.*, 2016)	FMA; SML					ARD	R11; R14
(Wang *et al.*, 2015)	SML; FMA; OL			LL; CEL			R2; R10; R16
(Wurzer *et al.*, 2015)	SML						
(Bayramzadeh *et al.*, 2018)	FMA						R3; R7; R14; R17; R18; R13; R19
(Chraibi *et al.*, 2016)	PM	PLIM	MH			ARD	R1; R7; R21; R23
(Nicholas, 2012)	SML; FMA						R20; R19; R10
(Baumgart *et al.*, 2009)	SML; OL			CNL; LCD			R4; R5; R10
(Palmer *et al.*, 2013)	SML; ACSPL					ARD	R2; R5; R24

(Continua...)

Nota: Mapeamento e Análise de Fluxo = FMA; Simulação = SML; Programação Matemática = PM; Planejamento de layout assistido por computador = ACSPL; Opção de Layout (OL); Programação Linear Inteira Mista = PLIM; Problema de Alocação Quadrática = PAQ; Programação Linear Binária = PLB; Modelo de Gravitação Newtoniana Adaptado = MGNA; Programação por metas = PMT; Programação Não Linear Inteira Multiobjetivo = PNLIM; Particionamento de Conjuntos = PC; Programação Linear = PL; Programação Não Linear = PNL; Otimização Multiobjetivo = OMO; Abordagem da Teoria dos Grafos = ATG; Metaheurísticas = MH; Algoritmos de Construção = ACS; Exato = EX; Linearização = LN; Ponto de Dispensação = POD; Layout Celular = CEL; Layout Linear = LL; Layout Centralizado = LCN; Layout Descentralizado = LCD; Layout Flexível (demanda dinâmica ou paredes móveis) = LFL; Layout de Fileiras Paralelas com Ilha Central = LFPIC; Configuração Linear do Núcleo Interno = CLNI; Layout de Salão de Baile = LSB; Layout Tipo Pista de Corrida = LTPC; Layout de Corredor Simples ou Duplo = LCSD; Layout de Planta Aberta = LPA; Layout Radial = LRD; Planejamento Sistemático de Layout = SPL; Diagrama de Relacionamento de Atividades = ARD; Diagrama De-Para = FTD; Apoio à Decisão Multicritério = ADM; Fuzzy = FZY; Comparação Direta = CD.

Quadro A.1 - Uma visão geral da pesquisa HFPL

Autores	Geração de layout				SPL	Métodos de avaliação de layout	Resultados
	Método de geração	Modelo matemático	Abordagem de solução	Opção de layout			
(Reiling, 2006)	FMA						R15
(McDowell; Huang, 2012).	SML; FMA						R8; R11; R16; R17; R22
(Pelly *et al.*, 2013)	SML; FMA					ARD	R9; R25; R26
(Ratib *et al.*, 2000)	FMA						R27; R28
(Abdelsamad; Rushdi; Tawfik, 2018)	FMA						R5; R8
(Karp *et al.*, 2019)	FMA; OL			POD		CD	R3; R29
(Hicks *et al.*, 2015)	SML					SML; CD	R2; R18; R10; R7; R21
(Reijula; Reijula; Reijula, 2016)	FMA						R15; R25
(Fogliatto *et al.*, 2019)	FMA				SPL	MCDA	R17; R25; R30; R8; R31
(Reijula *et al.*, 2016)	FMA					CD	R4; R15
(Benitez *et al.*, 2018)	FMA; OL			CEL	SPL	CD	R3; R13; R31; R32
(Karvonen *et al.*, 2016)	FMA; OL			CEL	FTD		R7; R21; R23
(Chraibi; Osman; Kharraja, 2019)	PM; OL	PLIM	LN	LFL	ARD	PM	R1; R5; R6; R22; R33
(Rismanchian; Lee, 2016)	PM; FMA					PM	R1; R7; R33
(Chraibi *et al.*, 2019)	PM; OL	PLIM; PAQ	ACS	LFL	ARD	PM	R1; R5; R6; R22; R33
(Lather *et al.*, 2020)	PM; ACSPL	ATG	MH		ARD; DFT	PM	R1; R7; R21; R23
(Abbasi *et al.*, 2017b)	PM; OL		LN		ARD; DFT		R1; R7; R21; R23
(Tongur; Hacibeyoglu; Ulker, 2020)	PM	PAQ	MH			PM	R22; R5; R7
(Helber *et al.*, 2016)	PM	PAQ	LN			PM	R5; R6
(Gai; Ji, 2019)	PM	PL; PNL	EX			FZY; MCDA	R22; R7; R21; R23
(Hübner *et al.*, 2018)	PM	PLIM; PAQ	PC			PM	R7; R21; R23; R33
(Sim, 2006)	PM	PAQ	MH		ARD	PM	R1; R7; R21; R23
(Arnolds; Nickel, 2013)	PM; OL	PLB		LFL		PM	R33; R34

(Continua...)

Nota: Mapeamento e Análise de Fluxo = FMA; Simulação = SML; Programação Matemática = PM; Planejamento de layout assistido por computador = ACSPL; Opção de Layout (OL); Programação Linear Inteira Mista = PLIM; Problema de Alocação Quadrática = PAQ; Programação Linear Binária = PLB; Modelo de Gravitação Newtoniana Adaptado = MGNA; Programação por metas = PMT; Programação Não Linear Inteira Multiobjetivo = PNLIM; Particionamento de Conjuntos = PC; Programação Linear = PL; Programação Não Linear = PNL; Otimização Multiobjetivo = OMO; Abordagem da Teoria dos Grafos = ATG; Metaheurísticas = MH; Algoritmos de Construção = ACS; Exato = EX; Linearização = LN; Ponto de Dispensação = POD; Layout Celular = CEL; Layout Linear = LL; Layout Centralizado = LCN; Layout Descentralizado = LCD; Layout Flexível (demanda dinâmica ou paredes móveis) = LFL; Layout de Fileiras Paralelas com Ilha Central = LFPIC; Configuração Linear do Núcleo Interno = CLNI; Layout de Salão de Baile = LSB; Layout Tipo Pista de Corrida = LTPC; Layout de Corredor Simples ou Duplo = LCSD; Layout de Planta Aberta = LPA; Layout Radial = LRD; Planejamento Sistemático de Layout = SPL; Diagrama de Relacionamento de Atividades = ARD; Diagrama De-Para = FTD; Apoio à Decisão Multicritério = ADM; Fuzzy = FZY; Comparação Direta = CD.

Quadro A.1 - Uma visão geral da pesquisa HFPL

Autores	Geração de layout				SPL	Métodos de avaliação de layout	Resultados
	Método de geração	Modelo matemático	Abordagem de solução	Opção de layout			
(Hameed *et al.*, 2021)	PM	PAQ	MH			PM	R7; R21; R23
(Huo; Liu; Gao, 2021)	PM	MUUU	MH; ACS		ARD	PM	R1; R7
(Zuo *et al.*, 2021)	PM; OL	PLIM	MH	LFPIC	ARD	PM	R1; R8; R22
(Nazarian *et al.*, 2018)	FMA				ARD		R21; R35
(Recht *et al.*, 2019)	FMA					CD	R9
(Durham; Kenyon, 2019)	OL			LCD			R3; R9; R10; R32; R36
(Marshall; Imhoff; Zilm, 2020)	OL			CLNI; POD; LSB			
(Sayah *et al.*, 2016)	FMA						R4; R13
(Machry; Joseph; Wingler, 2020)	FMA						R7; R21; R23
(Jimenez *et al.*, 2019)	OL			CNL; LCD			
(Fay; Carll-White; Harrell, 2016)	FMA						R2; R3; R10; R35
(Fay; Carll-White; Harrell, 2016)	FMA						R2; R3; R10; R35
(Gunn *et al.*, 2015)	FMA						R1; R11
(Copeland; Chambers, 2016)	OL; FMA			CNL; LCD			R7; R21; R23; R36
(MacAllister; Zimring; Ryherd, 2018)	FMA						R4
(Reijula *et al.* 2017)	FMA						R4; R5; R35
(Ley-Chavez *et al.*, 2016)	FMA				FTD		R21; R23
(Krugman; Sanders; Kinney, 2015)	FMA						R3
(Denham; Bushehri; Lim, 2018)	FMA						R10; R18
(Pati; Harvey; Pati, 2014)	FMA			LL; POD; LSB	ARD		R15; R35
(Palmer *et al.*, 2013)	FMA						R13

(Continua...)

Nota: Mapeamento e Análise de Fluxo = FMA; Simulação = SML; Programação Matemática = PM; Planejamento de layout assistido por computador = ACSPL; Opção de Layout (OL); Programação Linear Inteira Mista = PLIM; Problema de Alocação Quadrática = PAQ; Programação Linear Binária = PLB; Modelo de Gravitação Newtoniana Adaptado = MGNA; Programação por metas = PMT; Programação Não Linear Inteira Multiobjetivo = PNLIM; Particionamento de Conjuntos = PC; Programação Linear = PL; Programação Não Linear = PNL; Otimização Multiobjetivo = OMO; Abordagem da Teoria dos Grafos = ATG; Metaheurísticas = MH; Algoritmos de Construção = ACS; Exato = EX; Linearização = LN; Ponto de Dispensação = POD; Layout Celular = CEL; Layout Linear = LL; Layout Centralizado = LCN; Layout Descentralizado = LCD; Layout Flexível (demanda dinâmica ou paredes móveis) = LFL; Layout de Fileiras Paralelas com Ilha Central = LFPIC; Configuração Linear do Núcleo Interno = CLNI; Layout de Salão de Baile = LSB; Layout Tipo Pista de Corrida = LTPC; Layout de Corredor Simples ou Duplo = LCSD; Layout de Planta Aberta = LPA; Layout Radial = LRD; Planejamento Sistemático de Layout = SPL; Diagrama de Relacionamento de Atividades = ARD; Diagrama De-Para = FTD; Apoio à Decisão Multicritério = ADM; Fuzzy = FZY; Comparação Direta = CD.

Quadro A.1 - Uma visão geral da pesquisa HFPL

Autores	Geração de layout				SPL	Métodos de avaliação de layout	Resultados
	Método de geração	Modelo matemático	Abordagem de solução	Opção de layout			
(Rashid, 2014a)	OL			RTL; LCSD; LPA; LRD			
(Rashid, 2014b)	OL			RTL; LCSD; LPA; LRD			
(Read *et al.*, 2019)	FMA					CD	R17; R19
(Pillai, 2021)	FMA						R7; R15; R21; R23; R35
(Jurewicz *et al.*, 2021)	FMA					CD	R15; R16; R35
(Lin;Wang, 2019)	FMA				SPL	FZY; MCDA	R3; R11; R18; R35
(Lin *et al.*, 2015)	FMA				SPL	FZY; MCDA	R1
(Vimal *et al.*, 2021)	FMA				ARD	MCDA	R1; R7; R21; R23; R5; R6

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Nota: Mapeamento e Análise de Fluxo = FMA; Simulação = SML; Programação Matemática = PM; Planejamento de layout assistido por computador = ACSPL; Opção de Layout (OL); Programação Linear Inteira Mista = PLIM; Problema de Alocação Quadrática = PAQ; Programação Linear Binária = PLB; Modelo de Gravitação Newtoniana Adaptado = MGNA; Programação por metas = PMT; Programação Não Linear Inteira Multiobjetivo = PNLIM; Particionamento de Conjuntos = PC; Programação Linear = PL; Programação Não Linear = PNL; Otimização Multiobjetivo = OMO; Abordagem da Teoria dos Grafos = ATG; Metaheurísticas = MH; Algoritmos de Construção = ACS; Exato = EX; Linearização = LN; Ponto de Dispensação = POD; Layout Celular = CEL; Layout Linear = LL; Layout Centralizado = LCN; Layout Descentralizado = LCD; Layout Flexível (demanda dinâmica ou paredes móveis) = LFL; Layout de Fileiras Paralelas com Ilha Central = LFPIC; Configuração Linear do Núcleo Interno = CLNI; Layout de Salão de Baile = LSB; Layout Tipo Pista de Corrida = LTPC; Layout de Corredor Simples ou Duplo = LCSD; Layout de Planta Aberta = LPA; Layout Radial = LRD; Planejamento Sistemático de Layout = SPL; Diagrama de Relacionamento de Atividades = ARD; Diagrama De-Para = FTD; Apoio à Decisão Multicritério = ADM; Fuzzy = FZY; Comparação Direta = CD.

Apêndice 2 - Instruções para a Rodada de Definição de Objetivos Finalidade e Escopo

O planejamento ou redesenho do layout das instalações hospitalares visa otimizar o fluxo de pacientes, funcionários, equipamentos, visitantes, materiais, suprimentos e informações. O objetivo principal é alcançar a alocação e o posicionamento espacial mais eficazes dos departamentos dentro de setores hospitalares específicos. Quando realizados com rigor, esses estudos podem minimizar o tempo e a distância de deslocamento em todos os fluxos relevantes (funcionários, medicamentos, suprimentos, equipamentos, informações, pacientes e visitantes), melhorando, assim, a segurança, a eficiência e a experiência do usuário.

O objetivo principal desta fase inicial de pesquisa — e do questionário aberto que a acompanha — é identificar os fatores-chave que ajudam a avaliar o layout hospitalar ou indicam um layout eficiente. Esta avaliação é orientada pela análise dos sete fluxos hospitalares listados acima e suas inter-relações. Todas as perguntas são direcionadas a esses sete fluxos. Você receberá uma folha de respostas e, sempre que possível, deverá associar cada resposta a um ou mais dos fluxos.

Abordagem conceitual: Pensamento focado em valor (VFT)

O primeiro passo deste estudo é definir os objetivos a serem alcançados por um layout hospitalar eficiente. Esta etapa é conduzida utilizando o Pensamento Focado em Valor (PFV). O PFV inverte a tendência comum de começar com alternativas: em vez de perguntar como resolver um problema, primeiro pergunta o que deve ser alcançado no contexto de decisão em questão (Keeney, 1992). Somente após esclarecer valores e objetivos é que o processo se volta para a geração e avaliação de alternativas. O PFV é utilizado para construir uma árvore de valor hierárquica que captura as perspectivas do tomador de decisão, incluindo objetivos primários e secundários. Seguindo Keeney (1992), os objetivos podem ser organizados em três categorias:

Objetivos fundamentais: os fins que o tomador de decisões busca, em última instância, no contexto específico.
Objetivos de meio: os meios ou mecanismos pelos quais os objetivos fundamentais podem ser alcançados.
Objetivos estratégicos: os objetivos abrangentes e de longo prazo (fins finais) do tomador de decisões.

A etapa final consiste em estruturar esses objetivos hierarquicamente. Os objetivos

fundamentais identificam os valores a serem utilizados na tomada de decisões (O que queremos alcançar ou melhorar?). Os objetivos de meios e fins abordam como alcançar esses fins e podem ser usados para gerar alternativas para avaliação.

Definição de Objetivos: Exemplos

Um objetivo é uma declaração de algo a ser alcançado e é caracterizado por três elementos: um contexto de decisão, um objeto/atributo e uma direção de preferência. Exemplo de viagem de automóvel: "Maximizar a segurança". Aqui, o contexto de decisão é a viagem de automóvel, o objeto é a segurança e mais segurança é preferível a menos segurança.

Exemplo de atendimento ambulatorial: No contexto da gestão de uma unidade de saúde ambulatorial, um objetivo poderia ser "Minimizar o tempo de permanência do paciente na unidade". A minimização é a direção preferencial, e o tempo de permanência do paciente na unidade é o objeto/atributo. Este é um objetivo de meio, pois é fundamental para objetivos essenciais como "maximizar a qualidade do atendimento", "minimizar o custo do atendimento" e "minimizar o desconforto para os pacientes", que constituem razões essenciais para as operações ambulatoriais.

Procedimento

Após esta explicação sobre o VFT, o seguinte questionário será aplicado. Por favor, relacione suas respostas aos sete fluxos (equipe, medicamentos, suprimentos, equipamentos, informações, pacientes, visitantes) sempre que aplicável.

Notas para participantes e facilitadores

Sempre que possível, associe cada resposta a um ou mais dos sete fluxos.
É fundamental distinguir claramente entre objetivos essenciais e objetivos intermediários durante o processo de elicitação.
Quando pertinente, sugira medidas ou indicadores para cada objetivo, a fim de apoiar a avaliação e o monitoramento subsequentes.

Questionário para a Rodada de Definição de Objetivos

Existem indicadores de eficiência já mensurados na unidade?

1.1. Existem metas específicas associadas a esses indicadores? Se sim, quais são elas?

Existem diretrizes que definem como os recursos devem ser organizados dentro da unidade cirúrgica?

Existe alguma prioridade ou justificativa que tenha motivado o posicionamento atual dos departamentos dentro da unidade cirúrgica em relação a outros departamentos do HU-UFGD?

Quais são os objetivos da utilização do planejamento do layout hospitalar em relação aos sete fluxos (equipe, medicamentos, suprimentos, equipamentos, informações, pacientes, visitantes)?
4.1. Por que cada objetivo é importante no contexto de decisão atual?

Quais benefícios potenciais poderiam ser obtidos com a implementação do planejamento do layout hospitalar para os sete fluxos?
5.1. Como esses benefícios podem ser alcançados?
5.2. Cada benefício/objetivo pode ser mensurado? Se sim, como é mensurado?

Em que problemas você acredita que o HU-UFGD deveria melhorar após aprimorar o layout físico da unidade cirúrgica?

Com base no seu conhecimento atual, você poderia listar as vantagens e desvantagens do planejamento do layout hospitalar (HLP)?

Você considera que a relação custo-benefício da realocação de departamentos para um novo espaço físico é vantajosa? Por favor, explique.

Você acredita ser necessário avaliar as relações de proximidade entre os setores dentro da unidade? Se sim, por quê e como?

Apêndice 3 - Questionário do Workshop Colaborativo Objetivo do Estudo

O principal objetivo do projeto ou redesenho do layout hospitalar é otimizar o fluxo de pacientes, funcionários, equipamentos, visitantes, materiais e informações. Esse processo busca alcançar a alocação e o posicionamento espacial mais eficazes dos departamentos dentro de setores hospitalares específicos.

Benefícios da pesquisa

Esses estudos oferecem benefícios significativos, incluindo a minimização do tempo e da distância associados à movimentação de todos os recursos envolvidos nas operações hospitalares (pessoal, medicamentos, suprimentos, equipamentos, informações, pacientes e visitantes). Outros benefícios incluem:

- ✓ Redução de resíduos
- ✓ Aumento da eficiência operacional
- ✓ Melhor utilização dos recursos
- ✓ Capacidade hospitalar ampliada
- ✓ Redução dos tempos de espera e do tamanho das filas
- ✓ Melhoria da segurança do paciente (ex.: redução do risco de infecção)
- ✓ Melhor qualidade no atendimento ao paciente
- ✓ Redução da carga de trabalho dos funcionários
- ✓ Utilização otimizada do espaço
- ✓ Comunicação de equipe aprimorada
- ✓ Maior flexibilidade do layout físico (por exemplo, adaptabilidade a futuras alterações de configuração)
- ✓ Instruções para os participantes

Após concluir o workshop imersivo e avaliar o layout atual da unidade cirúrgica, solicitamos que você:

Avaliar e propor maneiras de **reposicionar espaços** (salas/unidades organizacionais) e/ou **alocar recursos** (equipamentos, armários de suprimentos) para melhorar a organização espacial.

Responda ao seguinte questionário com base nas suas propostas de melhoria. Exemplos de propostas de melhoria incluem:

- ✓ Reposicionar ou redimensionar um cômodo;
- ✓ Criar uma nova sala para uma função específica;
- ✓ Realocação de equipamentos;
- ✓ Ajustar a disposição de objetos ou funcionários.

Você não precisa responder a todas as perguntas. Responda apenas àquelas para as quais você tenha sugestões de melhoria relevantes. Para cada pergunta, você pode fornecer zero ou mais propostas.

Questionário

1. Identificar e descrever as alterações relacionadas ao reposicionamento ou à adição de salas/equipamentos que possam aprimorar as operações do centro cirúrgico, melhorando **a segurança do paciente** ;

2. Identificar e descrever as alterações relacionadas ao reposicionamento ou à adição de salas/equipamentos que possam melhorar a **qualidade do atendimento ao paciente** (por exemplo, garantir que o layout esteja alinhado com as melhores práticas para operações de centros cirúrgicos).

3. Identificar e descrever as alterações relacionadas ao reposicionamento ou à adição de salas/equipamentos que possam aumentar a **capacidade do centro cirúrgico** (por exemplo, número de cirurgias por mês).

4. Identificar e descrever as alterações relacionadas ao reposicionamento ou à adição de salas/equipamentos que possam aumentar a **flexibilidade do centro cirúrgico** (por exemplo, possibilitando uma maior variedade de procedimentos).

5. Identificar e descrever as alterações relacionadas ao reposicionamento ou à adição de salas/equipamentos que possam melhorar a **proximidade de áreas críticas** (por exemplo, garantir que as salas cirúrgicas estejam localizadas o mais próximo possível da UTI para reduzir o tempo de transferência do paciente).

6. Identificar e descrever as alterações relacionadas ao reposicionamento ou à adição de salas/equipamentos que poderiam **melhorar a logística do centro cirúrgico** (por exemplo, reduzir o tempo necessário para obter e transportar materiais, suprimentos,

equipamentos e pessoal).

7. Identificar e descrever as alterações relacionadas ao reposicionamento ou à adição de salas/equipamentos que possam **facilitar o acesso a materiais, suprimentos e equipamentos durante as cirurgias** (por exemplo, melhorar o acesso a itens essenciais para minimizar atrasos em procedimentos não planejados).