

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ESTUDO DE LAYOUT E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO NA
ÁREA HOSPITALAR**

GUILHERME BRITTES BENITEZ

Porto Alegre

2017

GUILHERME BRITTES BENITEZ

**ESTUDO DE LAYOUT E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO NA ÁREA
HOSPITALAR**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção na Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Acadêmico, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Prof. Flávio Sanson Fogliatto, *Ph.D.*

Porto Alegre

2017

Guilherme Brittes Benitez

**ESTUDO DE LAYOUT E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO NA ÁREA
HOSPITALAR**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Acadêmica e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Flávio Sanson Fogliatto, *Ph.D.*

Orientador PPGE/UFGRS

Prof. Flávio Sanson Fogliatto, *Ph.D.*

Coordenador PPGE/UFGRS

Banca Examinadora:

José Miguel Dora, Dr. (Vice-presidência médica/HCPA)

Felipe Soares Torres, Dr. (Divisão de Radiologia/HCPA)

Prof. Michel José Anzanello, *Ph.D.* (PPGE/UFGRS)

Dedicatória

*Dedico esta dissertação a todas
as pessoas que contribuíram de
alguma forma durante esses 2 anos.*

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos,

A Deus, pois sem ele, eu não seria nada.

Aos meus pais, Lisianne Brittes Benitez e Elpidio Oscar Benitez Nara pelo amor, apoio incondicional, transferência de conhecimento e valores para superar as adversidades.

A Mariana Crespo Pires, o amor da minha vida, pela paciência, companheirismo e “ouvidos” sempre dispostos.

Ao meu tio João Antônio Agostini Rott e tia Marilise Brittes Rott por me acolherem por 1 ano na sua casa e sempre estarem dispostos a me ajudar.

Aos meus primos Eduardo e Felipe Brittes Rott pela parceria e irmandade.

Aos meus avós Carlos Ney Azambuja Brittes, Tania Ramos Brittes, Yaeka Nara e Atanacildo Benitez.

Aos meus demais familiares e amigos que ajudaram torcendo por mim.

Ao professor ph.D. Flávio Sanson Fogliatto pela paciência e ensinamentos ao longo desses 2 anos.

Ao Celso Fritsch por sempre estar disposto a ajudar em problemas referentes a TI.

Aos meus colegas e professores do PPGEP.

À secretaria do PPGEP.

Ao dr. José Miguel Dora pela atenção e colaboração nos trabalhos.

Ao Corpo Clínico da Radiologia do HCPA.

A banca examinadora pelas considerações.

À CAPES.

RESUMO

Esta dissertação apresenta o uso de técnicas para o estudo de *layout* e avaliação de desempenho do setor de radiologia de um hospital universitário. A dissertação foi elaborada em formato de três artigos científicos, cujos temas e objetivos são: (i) aplicar a análise de conglomerados como etapa preliminar do planejamento sistemático de *layout* (*Systematic Layout Planning* – SLP) para planejar o *layout* do setor de radiologia de um hospital universitário; (ii) realizar uma revisão sistemática das técnicas e conceitos adotados para planejar *layouts* em ambientes hospitalares; e (iii) usar cartas de controle para avaliar o desempenho dos médicos do setor de radiologia de um hospital universitário. Os métodos desenvolvidos para os itens (i) e (iii) foram avaliados através da aplicação de estudos de caso, em exemplos com dados reais. Os métodos propostos para o item (i) foram adaptados especificamente para este caso. Para o item (ii) a metodologia proposta foi de pesquisa exploratória e descritiva, buscando referências na literatura para estudar e discorrer acerca do tema. Para o item (iii), o método foi implementado na prática em um ambiente onde existem apenas estudos de caráter conceitual. Os métodos apresentaram resultados satisfatórios em todos os casos. No primeiro artigo, chegou-se a um *layout* considerado ideal, separando zonas de ruído e de silêncio, e potencialmente melhorando a produtividade do setor de radiologia. Já no segundo artigo, conceitos, premissas e técnicas sobre o planejamento de *layout* em hospitais foram apresentados e difundidos, e lacunas e direcionamentos da pesquisa foram apontados. No terceiro artigo, foi possível avaliar o desempenho dos radiologistas através das cartas de controle e calcular a capacidade do processo usando os índices C_p e C_{pk} .

Palavras-chave: *Layout*, avaliação de desempenho, radiologia, cartas de controle, hospital universitário.

ABSTRACT

This study presents the use of techniques for the layout study and performance evaluation in a radiology sector of an university hospital. The study was performed in the form of three scientific articles, whose themes and objectives are: (i) to apply clustering analysis as the preliminary step of Systematic Layout Planning (SLP) to plan the layout of the radiology sector of a university hospital; (ii) to carry out a systematic review of the techniques and concepts adopted to plan layouts in hospital settings; and (iii) to use control charts to evaluate the performance of radiologists in a university hospital. The methods developed for items (i) and (iii) were evaluated through the application of case studies in examples with real data. The proposed methods for item (i) were adapted specifically for this case. For item (ii), the methodology proposed was exploratory and descriptive, seeking references in the literature to study and discuss the subject. For item (iii), the method was performed in a case study in an environment where there are only conceptual studies. The methods presented satisfactory results in all cases. In the first article, we reached an ideal layout, separating zones by noise and silence, and potentially improving the productivity of the radiology sector. In the second article, concepts, premises and techniques about layout planning in healthcare were presented and disseminated, gaps and directions of the research were pointed out. In the third article, it was possible to evaluate the performance of the radiologists through the control charts and to calculate the capacity of the process using the indexes C_p and C_{pk} .

Keywords: Layout, performance evaluation, radiology, control charts, university hospital.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e operações	17
Figura 1.2 – Estrutura das etapas da pesquisa desenvolvida	18
Figura 2.1 – Métodos da análise de conglomerados.....	26
Figura 2.2 – Método SLP	31
Figura 2.3 – Diagrama de inter-relações das áreas do setor de radiologia	38
Figura 2.4 – Proposta 1 de <i>layout</i>	40
Figura 2.5 – Proposta 5 de <i>layout</i>	41
Figura 2.6 – Proposta 8 de <i>layout</i>	42
Figura 2.7 – <i>Layout</i> em uso do setor de radiologia	43
Figura 2.8 – Proposta 8 em <i>SolidWorks</i>	44
Figura 3.1 – Resultados da seleção dos trabalhos para a revisão sistemática	54
Figura 3.2 – Agrupamentos dos trabalhos encontrados na revisão sistemática.....	55
Figura 3.3 – Principais fatores para <i>layouts</i> em hospitais	58
Figura 4.1 – Cartas I-AM – desempenho individual de M8.....	101
Figura 4.2 – Carta I – desempenho de M8 em relação à média do grupo	102
Figura 4.3 – Cartas I-AM – desempenho individual de M30.....	103
Figura 4.4 – Desempenho de M30 em relação à média do grupo.....	104
Figura 4.5 – Cartas I-AM – desempenho individual de M11.....	105
Figura 4.6 – Desempenho de M11 em relação à média do grupo.....	106
Figura 4.7 – Cartas I-AM – desempenho individual de M24.....	107
Figura 4.8 – Desempenho de M24 em relação à média do grupo.....	108
Figura 4.9 – Gráficos da análise de capacidade	110

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Análise de conglomerados para determinação de <i>clusters</i>	36
Quadro 3.1 – Relação de autores e escopos	56
Quadro 3.2 – Relação de autores e escopos	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Palavras pesquisadas na busca por trabalhos	53
Tabela 4.1 – Índices de capacidade do processo	109

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 TEMA E OBJETIVOS.....	15
1.2 JUSTIFICATIVA	16
1.3 DELINEAMENTO DO ESTUDO	17
1.3.1 Método de pesquisa	17
1.3.2 Método de Trabalho	18
1.4 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO	19
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	19
1.6 Referências	20
2. ARTIGO 1 - Planejamento de layout no setor de radiologia de um hospital	22
2.1 Introdução	23
2.2 Referencial Teórico	25
2.2.1 Análise de Conglomerados	26
2.2.2 Aplicações da Análise de Conglomerados	28
2.2.3 Planejamento Sistemático de <i>Layout</i>	29
2.2.4 Aplicações no Planejamento Sistemático de <i>Layout</i>	31
2.3 Metodologia.....	33
2.3.1 Fase de análise	33
2.3.2 Fase de pesquisa	34
2.3.3 Fase de seleção	34
2.4 Resultados	35
2.5 Conclusão	45
2.6 Referências.....	46
3. ARTIGO 2 – Planejamento de layout em ambientes de saúde: uma revisão sistemática	

.....	50
3.1 Introdução	51
3.2 Método de Pesquisa.....	52
3.3 Resultados	55
3.3.1 Conceitos e diretrizes	56
3.3.2 Técnicas e ferramentas.....	61
3.3.2.1 SLP e seus elementos.....	63
3.3.2.2 Programação matemática.....	65
3.3.2.3 Simulação.....	68
3.3.2.4 Análise de decisão multicriterial	70
3.3.2.5 Manufatura enxuta.....	70
3.4 Oportunidades e tendências de pesquisa	72
3.5 Conclusão	74
3.6 Referências	75
4. ARTIGO 3 – Desenvolvimento de cartas de controle estatístico de processo para avaliar o tempo de interpretação de exames de tomografia computadorizada	
.....	83
4.1 Introdução	84
4.2 Métodos.....	88
4.2.1 Cenário.....	88
4.2.2 Coleta de dados	88
4.2.3 Cartas de controle para monitoramento da produtividade.....	89
4.2.4 Índices de capacidade.....	91
4.3 Resultados	92
4.3.1 Cartas de controle	92
4.3.2 Índices de capacidade.....	94
4.4 Discussão.....	95

4.5 Conclusão	96
4.6 Referências	97
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
5.1 CONCLUSÕES	111
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	112

1. INTRODUÇÃO

A Gestão de Operações tem por objetivo investigar, analisar e implementar sistemas considerados necessários às operações das indústrias, fazendo uso racional dos recursos para atingir metas que tornem a organização competitiva e sustentável. No caso de hospitais, é interessante o uso de técnicas oriundas de outras áreas, dentre elas a Engenharia de Produção, que permitam automatizar e acelerar os processos, para auxiliar na redução de custos e maximização da eficiência nos serviços (BUTLER, LEONG e EVERETT, 1996; LANGABEER II e HELTON, 2015). Dentre os problemas presentes em hospitais, evidenciados na literatura, encontram-se o (i) planejamento de *layout* e a (ii) medição e avaliação de desempenho dos processos.

O primeiro consiste em uma forma de encontrar o melhor arranjo físico possível, que otimize e flexibilize os processos operacionais da área em estudo (HANS, VAN HOUDENHOVEN e HULSHOF, 2012). Shayan e Chittilappily (2004) definem o problema de *layout* como um problema de otimização, cujo objetivo é determinar *layouts* mais eficientes que levem em conta as interações entre instalações, fluxo de materiais, pessoas e qualquer informação relevante do ambiente desejado. No caso do setor da saúde, a maior dificuldade encontrada refere-se ao mau planejamento da disposição de setores, influenciando nos atendimentos, organização de equipamentos e fluxo de pessoas (HANNE, MELO e NICKEL, 2009).

O segundo problema se refere ao uso de meios que permitam medir e avaliar o desempenho de determinados processos dentro de hospitais. A medição de desempenho de algum processo começa a partir da decisão do que medir, da identificação das medidas consideradas adequadas e da seleção das técnicas para análise, compreensão e disseminação dos resultados (LOEB, 2004; PORTER, 2010). Cada processo possui suas particularidades e podendo ter seu desempenho medido através da observação de diferentes variáveis (CONRAD, 2010); entre elas, o tempo é considerado crucial para a prestação do serviço. O tempo é um fator que pode aumentar ou diminuir a flexibilidade, produtividade e custos dos processos (BERWICK e HACKBARTH, 2012; DRUMMOND et al., 2015).

Neste trabalho, o cenário selecionado para o estudo dos dois problemas apresentados anteriormente foi o setor de radiologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA). O HCPA é um hospital escola localizado na região sul do Brasil, integrante da rede de hospitais universitários do Ministério da Educação e vinculado academicamente à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Possui aproximadamente 850 leitos, realizando cerca de 600.000 consultas/ano e 3.000.000 exames/ano, atendendo majoritariamente pacientes através do Sistema Único de Saúde (SUS). O setor de radiologia do HCPA conta atualmente com 35 médicos, além de intervencionistas e residentes, realizando aproximadamente 150.000 interpretações/ano, dos quais 28.500 foram coletados para a pesquisa.

A presente dissertação utiliza técnicas integradas para auxiliar no planejamento de *layout* do setor de radiologia, objetivando melhorar a produtividade e eliminar ruídos no ambiente. Também faz uso de ferramentas estatísticas para medir e avaliar o desempenho dos radiologistas nesse ambiente. O objetivo é melhorar o ambiente de trabalho para otimizar a produtividade do setor e avaliar o atual desempenho dos radiologistas.

1.1 TEMA E OBJETIVOS

O tema da presente dissertação está inserido na área de Sistemas da Produção, fundamentada na Gestão de Operações na Engenharia de Produção, com foco no estudo de *layout* e avaliação de desempenho na área hospitalar. O objetivo geral é otimizar processos no setor de radiologia do HCPA. Para isso, é necessário cumprir os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar conceitos fundamentais para o planejamento de *layout* em ambientes hospitalares;
- b) Verificar técnicas/ferramentas utilizadas no planejamento de *layout* e identificar em quais casos estas se aplicam;
- c) Identificar principais técnicas/métricas utilizadas para monitorar a produtividade de radiologistas;
- d) Identificar principais elementos para o planejamento de *layout* e avaliação da produtividade para os estudos de caso do trabalho;
- e) Usar técnicas que permitam planejar *layout* e medir/avaliar o desempenho dos processos dentro do setor hospitalar.

1.2 JUSTIFICATIVA

O planejamento de *layout* é uma prática fundamental para que haja eficiência e eficácia nos processos. Ele busca encontrar a melhor alternativa de *layout* após investigar as características do ambiente sob condições reais de tempo, espaço e informação (TORTORELLA e FOGLIATTO, 2008). No caso de hospitais, é de extrema importância encontrar meios que melhorem o fluxo de pessoas e informações e que possibilitem maior flexibilidade nos processos; o planejamento de *layout* pode possibilitar atingir estes objetivos (SHAYAN e CHITILAPPILY, 2004; JOSEPH e RASHID, 2007). Portanto, técnicas fundamentadas e difundidas na Engenharia de Produção, como o Planejamento Sistemático de *Layout* (SLP – *Systematic Layout Planning*) podem auxiliar na solução do problema de *layout* no ramo hospitalar.

A relevância do tema na área acadêmica se fundamenta na escassez de material referente ao uso de técnicas para o planejamento de *layout* em ambientes hospitalares. Ficou evidenciada a necessidade de adaptação das técnicas de planejamento de *layout* da Engenharia de Produção para os casos aplicados em hospitais, a partir da literatura analisada (BARRETT, 2008; ASSEM, OUDA e WAHED, 2012; LORENZ, BICHER e WURZER, 2015). A dissertação aborda casos práticos e conceitos básicos sobre planejamento de *layout* em ambientes hospitalares, apontando também tendências de pesquisa sobre o tema. Também é apresentado um estudo de caso, com técnicas adaptadas para um caso em específico.

No caso da avaliação de desempenho, a presente dissertação utilizou como proposta o uso de ferramentas estatísticas que permitissem o controle de processos. O que torna o assunto pertinente é o fato de que na literatura há uma grande escassez de estudos sobre aplicação de ferramentas estatísticas para medir e avaliar o desempenho no setor de radiologia, sendo o tema limitado a análises conceituais e exemplos teóricos. Desse modo, foi proposto um estudo de caso que contemplasse a avaliação de desempenho do setor de radiologia com dados reais, a partir de ferramentas estatísticas.

No âmbito social, a contribuição da presente dissertação é flexibilizar e acelerar os processos dentro do setor de radiologia, gerando menor tempo de espera dos pacientes no atendimento e maior rapidez na divulgação dos resultados dos

exames. Por fim, no âmbito corporativo, haverá uma melhora substancial na operação dos processos, na produtividade, na troca de informações e na redução de custos (KELLY, MULLAN e GRUPPEN, 2016).

1.3 DELINEAMENTO DO ESTUDO

Uma vez definidos os objetivos deste trabalho e apresentada a justificativa e importância desta pesquisa, é necessário estabelecer o delineamento do estudo pelo qual esses objetivos serão alcançados, apresentando o método de pesquisa e de trabalho propostos.

1.3.1 Método de pesquisa

A concepção metodológica do tema é de natureza indutiva. O método indutivo é o raciocínio que após considerar um número suficiente de casos, conclui uma verdade geral (MARCONI e LAKATOS, 2010). A pesquisa realizada por este trabalho segue tanto uma abordagem qualitativa quanto quantitativa, sendo conhecida como combinada (DALFOVO, LANA e SILVEIRA, 2008). A Figura 1.1 apresenta a metodologia de pesquisa.

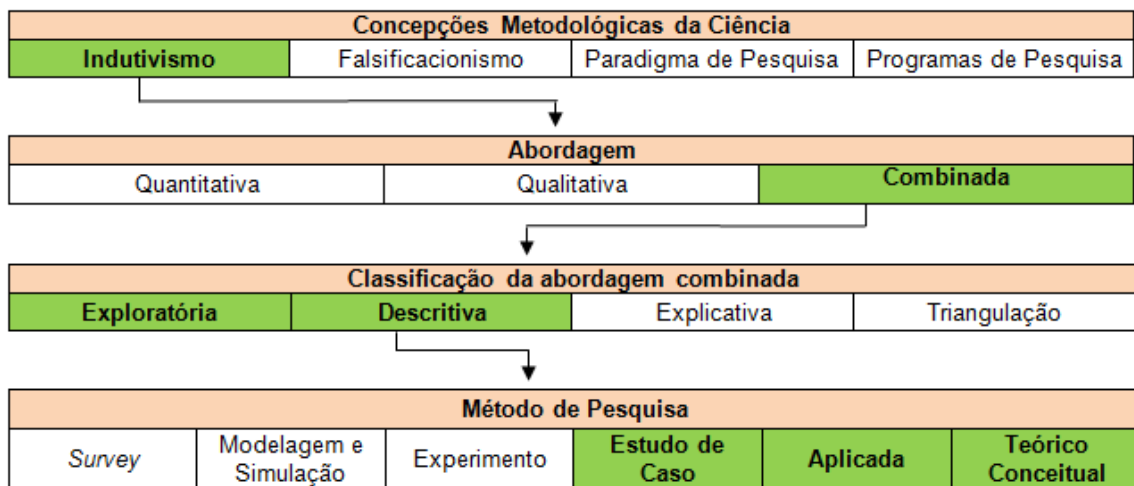


Figura 1.1 - Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e operações

Fonte: MARCONI e LAKATOS, 2010.

A classificação da abordagem é exploratória e descritiva. Segundo Gil (2002), as pesquisas exploratórias têm como meta proporcionar maior familiaridade com o problema, a fim de deixá-lo mais explícito. Já a pesquisa descritiva tem como objetivo a descrição das características de determinada população ou fenômeno, ou então, o estabelecimento de relações entre variáveis (GIL, 2002).

O método é classificado como estudo de caso por investigar fenômenos contemporâneos dentro de um contexto da vida real, quando a fronteira entre o fenômeno e o contexto não é claramente evidente (YIN, 2001). O método de pesquisa pode ser classificado como de natureza aplicada, que gera conhecimentos na prática com o intuito de solucionar problemas concretos (CERVO e BERVIAN, 2002). Por fim, o estudo é de caráter teórico conceitual por apresentar na sua essência estudos e análises acerca da pesquisa.

1.3.2 Método de Trabalho

O desenvolvimento do trabalho e execução das atividades a fim de alcançar os objetivos propostos ocorre através de três etapas, que são apresentadas em formato de artigos. Os artigos representam os meios para atingir o objetivo geral da dissertação. A estrutura da dissertação, com os artigos, seus objetivos, questões e métodos é apresentada na Figura 1.2.

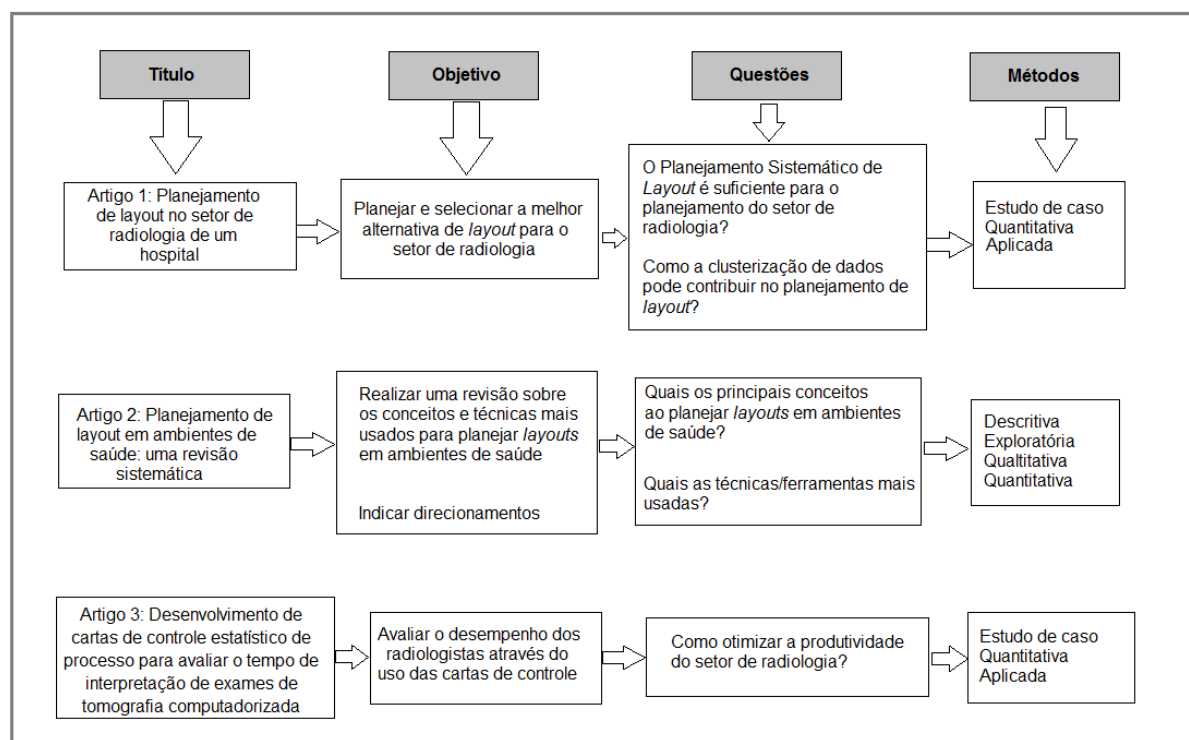


Figura 1.2 – Estrutura das etapas da pesquisa desenvolvida

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

O Artigo 1 – “Planejamento de layout no setor de radiologia de um hospital” – usou a clusterização de dados como etapa preliminar do Planejamento Sistemático de *Layout* (SLP) para planejar o *layout* do setor de radiologia do HCPA. O objetivo desse artigo é posicionar estações de trabalho na área física disponível no setor de

radiologia para otimizar o fluxo de informações e minimizar interferências indesejáveis entre elas.

O Artigo 2 – “Planejamento de layout em ambientes de saúde: uma revisão sistemática” – realizou uma revisão sistemática dividida em duas partes. A primeira consiste nos principais conceitos para o planejamento de *layout* em ambientes de saúde. A segunda parte mostra as técnicas/ferramentas usadas com maior frequência para planejar *layouts* em ambientes de saúde. O objetivo do artigo é verificar o estado da arte, discutir lacunas e apontar direcionamentos para o planejamento de *layout* em ambientes de saúde.

O Artigo 3 – “Desenvolvimento de cartas de controle estatístico de processo para avaliar o tempo de interpretação de exames de tomografia computadorizada” – usou as cartas de controle para analisar a variável tempo no setor de radiologia e avaliar o desempenho dos radiologistas. O objetivo do artigo é avaliar a produtividade de setores de radiologia através do uso de ferramentas estatísticas de controle de processo.

1.4 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO

Uma das limitações do presente estudo é que os dados coletados e analisados para aplicação das técnicas e ferramentas são provenientes apenas de uma única fonte, o setor de radiologia do HCPA. Os métodos apresentados no primeiro artigo foram adaptados especificamente para o estudo de caso, podendo não ser replicáveis para outros casos.

Já no segundo artigo, a principal limitação foi a escassez de material sobre o assunto. Finalmente, no terceiro artigo, a principal limitação é o fato de apenas a variável tempo ser contemplada na análise, desconsiderando demais fatores que possam afetar o desempenho dos radiologistas.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos. Neste primeiro capítulo foram apresentadas a contextualização do trabalho e os objetivos, justificando a importância desta pesquisa no ponto de vista acadêmico, social e corporativo. Este capítulo também apresentou o método de trabalho, a estrutura e as delimitações do estudo.

Os capítulos posteriores, de 2 a 4, apresentam os artigos contendo os desenvolvimentos propostos conforme a estrutura apresentada anteriormente na Figura 2. O quinto capítulo, de fechamento, apresenta as conclusões da dissertação e pesquisas futuras a serem desenvolvidas a partir dos resultados já obtidos.

1.6 Referências

ASSEM, M.; OUDA, B. K.; WAHED, M. A. Improving operating theatre design using facilities layout planning. In: **Biomedical Engineering Conference (CIBEC)**, 2012 Cairo International. IEEE, 2012. p. 109-113.

BARRETT, A. **Optimization of Facility Design and Workflow Processes at the Phlebotomy Clinic of Toronto General Hospital**. 2008. Tese de Doutorado. University of Toronto.

BERWICK, D. M.; HACKBARTH, A. D. Eliminating waste in US health care. **Jama**, v. 307, n. 14, p. 1513-1516, 2012.

BUTLER, T. W.; LEONG, G. K.; EVERETT, L. N. The operations management role in hospital strategic planning. **Journal of Operations Management**, v. 14, n. 2, p. 137-156, 1996.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002, 242 P.

CONRAD, Douglas A. Incentives for health-care performance improvement. In: **Cambridge University Press**. 2010.

DALFOVO, M. S.; LANA, R. A.; SILVEIRA, A. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, v. 2, n. 3, p. 1-13, 2008.

DRUMMOND, M. F.; SCULPHER, M. J.; CLAXTON, K.; STODDART, G. L.; TORRANCE, G. W. Methods for the economic evaluation of health care programmes. **Oxford university press**, 2015.

GIL, A. C. Como classificar as pesquisas. **Como elaborar projetos de pesquisa**, v. 4, p. 44-45, 2002.

GILL, P.; STEWART, K.; TREASURE, E.; CHADWICK, B. Methods of data collection in qualitative research: interviews and focus groups. **British dental journal**, v. 204, n. 6, p. 291-295, 2008.

HANNE, T.; MELO, T.; NICKEL, S. Bringing robustness to patient flow management through optimized patient transports in hospitals. **Interfaces**, v. 39, n. 3, p. 241-255, 2009.

HANS, E. W.; VAN HOUDENHOVEN, M.; HULSHOF, P. J. H. A framework for healthcare planning and control. In: **Handbook of healthcare system scheduling**. Springer US, 2012. p. 303-320.

JOSEPH, A.; RASHID, M. The architecture of safety: hospital design. **Current opinion in critical care**, v. 13, n. 6, p. 714-719, 2007.

KELLY, A. M.; MULLAN, P. B.; GRUPPEN, L. D. The evolution of professionalism in medicine and radiology. **Academic radiology**, v. 23, n. 5, p. 531-536, 2016.

LANGABEER II, J. R.; HELTON, J. **Health care operations management**. Jones & Bartlett Publishers, 2015.

LOEB, J. M. The current state of performance measurement in health care. **International Journal for Quality in Health Care**, v. 16, n. 1, p. 15-19, 2004.

LORENZ, W. E.; BICHER, M.; WURZER, G. X. Adjacency in hospital planning. **IFAC-PapersOnLine**, v. 48, n. 1, p. 862-867, 2015.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. In: Fundamentos de metodologia científica. Atlas, 2010.

PORTER, M. E. What is value in health care?. **New England Journal of Medicine**, v. 363, n. 26, p. 2477-2481, 2010.

SHAYAN, E.; CHITILAPPILLY, A. Genetic algorithm for facilities layout problems based on slicing tree structure. **International Journal of Production Research**, v. 42, n. 19, p. 4055-4067, 2004.

TORTORELLA, G. L.; FOGLIATTO, F. S. Planejamento sistemático de layout com apoio de análise de decisão multicritério. **Revista Produção**, v. 18, n. 3, p. 609-624, 2008.

YIN, Roberto K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2ª Ed. Porto Alegre. Editora: Bookmam. 2001

2. ARTIGO 1 – Planejamento de layout no setor de radiologia de um hospital

Guilherme Brittes Benitez

Flávio Sanson Fogliatto

Artigo submetido ao periódico *Quality Management in Healthcare* (ISSN: 1550-5154)

Resumo

A definição adequada do *layout* do local de trabalho a partir do emprego de técnicas analíticas adequadas é de grande importância para a flexibilidade e velocidade dos processos de produção. Objetivando um arranjo físico ideal, métodos para planejamento do espaço, como Planejamento Sistemático de *Layout*, contribuem na construção de soluções para problemas de *layout*. Porém, quando se buscam estudos referentes ao planejamento de *layout* em ambientes de prestação de serviços de saúde, há pouco material disponível na literatura. Esse fato está diretamente relacionado aos diferentes critérios adotados para planejar o espaço físico das áreas destinadas a esse tipo de serviço: enquanto na prestação de serviços de saúde prioriza-se o fluxo de pessoas e informações, em ambientes fabris o que costuma ser priorizado é o fluxo de materiais. Estudos de *layout* são particularmente escassos quando o foco são setores de radiologia em clínicas e hospitais. Tais setores têm por objetivo gerar laudos médicos e interpretá-los, com vistas a apoiar o diagnóstico dos pacientes. Nesses casos, a análise de *layout* deve ser fortemente orientada pelo fluxo de informações. O objetivo deste artigo é posicionar estações de trabalho na área física disponível em um setor de radiologia para otimizar o fluxo de informações e minimizar interferências indesejáveis entre elas. A análise é feita em dois níveis: micro e macro. A análise do problema deve ser iniciada em nível micro, já que a definição das células de trabalho é necessária para que, em nível macro, sejam caracterizados os seus posicionamentos. As proposições são ilustradas através de um estudo de caso realizado no setor de radiologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, localizado no sul do Brasil.

Palavras-chave: Planejamento sistemático de *layout*, radiologia, interpretação, serviços de saúde.

Abstract

The proper definition of workplace layout from the use of appropriate analytical techniques is very important for the flexibility and velocity of production processes. Aiming an ideal physical layout, methods for space planning, such as Systematic Layout Planning, contribute in building solutions for layout issues. However, when we seek for studies relating to the layout planning in health care environments, there is little available material in the literature. This fact is directly related to the different criteria used to plan the physical space of areas for this type of service: as in health services prioritizes the flow of people and information, in industrial environments which is often prioritized is the material flow. Layout studies are particularly scarce

when the focus is radiology services in clinics and hospitals. These sectors aim to generate medical reports and interpret them in order to support the diagnosis of patients. In these cases, the layout analysis should be strongly driven by the flow of information. The purpose of this article is to position workstations in the available physical area in a radiology sector to optimize the flow of information and minimize undesirable interference between them. The analysis is done on two levels: micro and macro. The problem analysis should be initiated at the micro level, since the definition of work cells is necessary so that, at the macro level, their positions are characterized. The propositions are illustrated through a case study in the radiology sector of the Hospital de Clínicas from Porto Alegre, located in southern Brazil.

Keywords: Systematic layout planning, radiology, reporting, health services.

2.1 Introdução

O problema de *layout* é caracterizado através da busca da melhor maneira de posicionar as instalações em determinada área especificada no projeto, pois o espaço físico fabril ou hospitalar afeta diretamente no desempenho do processo ou operação destinado ao local. Por esse motivo, ter um *layout* adequado é considerada a condição básica para a produção de bens ou prestação de serviços (KULKARNI, BHATWADEKAR e THAKUR, 2015). Shayan e Chittilappily (2004) definem o problema de *layout* como um problema de otimização, cujo objetivo é determinar *layouts* mais eficientes que levem em conta as interações entre instalações, fluxo de materiais, pessoas e qualquer informação relevante do ambiente desejado. Assim, para resolver o problema de *layout*, faz-se uso do planejamento sistemático.

O planejamento sistemático de *layout* consiste de um conjunto de procedimentos a serem seguidos para a confecção do *layout* de uma determinada área (MUTHER e WHEELER, 2000). O planejamento do espaço físico tem por objetivo buscar uma maior flexibilidade e facilidade na condução dos processos; tal planejamento tem sua qualidade determinada pelo nível das informações utilizadas (MEYERS, STEPHENS, 2006). A partir desse planejamento é possível prover a organização essencial do ambiente de trabalho, determinando os fluxos dos processos e a forma como estes devem ser operados. Apesar do planejamento de *layout* em fábricas considerar prioritário o fluxo de materiais, enquanto hospitais priorizam o fluxo de pessoas e informações, as premissas do SLP (*Systematic Layout Planning* – Planejamento Sistemático de *Layout*) devem ser levadas em conta em ambos os casos quando se deseja planejar o arranjo físico.

Para as empresas, falhas no planejamento do espaço físico implicam em aumento nos custos da operação, seja pela necessidade de estudos adicionais dos *layouts* produtivos, seja por afetarem negativamente o desempenho dos trabalhadores (ALLEGRI, 1984; TOMPKINS et al., 1996; YANG, SU e HSU, 2000). No caso do setor da saúde, a maior dificuldade encontrada refere-se ao mau planejamento da disposição das alas, influenciando nos atendimentos, organização de equipamentos e fluxo de pessoas (HANNE, MELO e NICKEL, 2009). Isso ocorre, por exemplo, quando setores com alto grau de interação não são posicionados na proximidade adequada, gerando atrasos no processo devido ao transporte de pessoas, informações e materiais. Em geral, quando se busca planejar os setores de alas hospitalares deve-se analisar as características das pessoas, sejam pacientes ou funcionários, que transitam pelos setores e, também, os tipos de equipamentos utilizados.

No presente artigo analisa-se o problema do *layout* do setor de radiologia de um hospital localizado no sul do Brasil. O setor opera gerando laudos médicos que são interpretados para servir de apoio no diagnóstico de pacientes. Para tanto, conta com 40 profissionais treinados para elaborar laudos sobre 7 categorias de exames, e processa cerca de 28.500 exames em aproximadamente 20 meses. Os problemas de *layout* presentes no setor de radiologia analisado consistem principalmente de estações de trabalho mal distribuídas, não separadas por especialidades, além do alto nível de ruído e fluxo excessivo de pessoas. Para atuar na melhoria do *layout* no setor, a análise foi planejada em dois níveis: micro e macro.

No nível micro, foi empregada a análise de conglomerados, técnica estatística de agrupamento de indivíduos por similaridade que visa a identificar grupos de médicos com perfis similares de realização de laudos. Já no nível macro, para que exista uma boa resposta na construção do *layout*, deve-se trabalhar com as etapas do SLP. É importante salientar que a análise do nível micro deve ser elaborada anteriormente em relação à macro para organizar os grupos de médicos, pois somente assim seria possível montar as estações de trabalho para a elaboração do *layout* através do uso do SLP.

O artigo apresenta duas importantes contribuições para a literatura sobre estudos de *layouts* em sistemas de saúde. A primeira é a utilização da análise de conglomerados como etapa preliminar ao planejamento sistemático de *layout* com o objetivo de organizar as estações de trabalho a serem trabalhadas no SLP. A

aplicação dos princípios da análise de conglomerados na formação de células de trabalho em sistemas de saúde, em particular, não encontra paralelo na literatura, bem como seu uso como etapa de apoio ao planejamento sistemático de *layout*. A segunda contribuição consiste na apresentação de um caso onde é analisado o problema de *layout* em um setor de radiologia, até então não disponível na escassa literatura sobre estudos de *layout* em sistemas de saúde. Na maioria dos estudos encontrados (Lin et al., 2015; Hua et al., 2012; Joseph e Rashid, 2007; Rashid, 2015; Brogmus, 2007), o problema de *layout* é caracterizado através do fluxo de pacientes e funcionários dos ambientes hospitalares ou dos materiais e equipamentos utilizados nos procedimentos cirúrgicos e atendimentos em geral. Além das contribuições teóricas listadas acima, o trabalho traz também uma contribuição prática, melhorando o ambiente de trabalho e proporcionando um melhor fluxo de informações dentro do setor de radiologia de um hospital de referência, que atende prioritariamente a pacientes do Sistema Único de Saúde.

O restante do artigo foi organizado em quatro seções, além da presente introdução. A segunda seção traz o referencial teórico sobre análise de conglomerados e SLP, e suas aplicações em sistemas de saúde. A terceira seção apresenta os materiais e métodos utilizados na pesquisa. A quarta seção apresenta o ambiente de aplicação dos métodos propostos, resultados e discussões. Na quinta seção são apresentadas conclusões e desdobramentos futuros da pesquisa.

2.2 Referencial Teórico

As próximas seções têm como objetivo definir e detalhar duas técnicas que serão trabalhadas em conjunto para solucionar o problema de *layout* do setor de radiologia de um hospital do sul do Brasil. Para tanto, a seção foi dividida em duas partes, uma dedicada à análise de conglomerados (ou clusterização) e outra dedicada ao SLP. Também são apresentados trabalhos que utilizam essas ferramentas, ainda que isoladamente, para solucionar o problema de *layout* em sistemas de saúde. Não foram encontrados na literatura estudos que mencionem a integração de análise de conglomerados e SLP para resolver esse tipo de problema.

2.2.1 Análise de Conglomerados

Saber com que tipo de dados trabalhar, quais são necessários ou descartáveis, quais suas similaridades ou dissimilaridades, particularidades ou generalidades, entre outros aspectos, traz benefícios para a melhor compreensão da área em estudo, quando se deseja resolver um problema de *layout* (WIYARATN e WATANAPA, 2010). Nesse sentido, a análise de conglomerados é uma técnica estatística que pode ser útil, já que permite agrupar indivíduos em grupos homogêneos, com base em sua similaridade (FÁVERO et al., 2009).

A análise de conglomerados visa encontrar padrões em um grupo de indivíduos de acordo com alguma medida de similaridade, fazendo com que indivíduos similares sejam alocados em um mesmo grupo e os diferentes em grupos distintos (OCHI, DIAS e SOARES, 2004). Como ilustra a Figura 2.1, a análise de conglomerados é dividida em duas famílias de métodos.

Os métodos hierárquicos podem estar baseados em métricas de similaridade ou dissimilaridade entre indivíduos, que utilizam a menor ou maior distância entre pares de indivíduos, a distância média, a menor distância entre centroides ou o critério de Ward. A segunda família é composta pelos métodos não hierárquicos, sendo o principal deles o *k-means*. Ambas as famílias de métodos utilizam como dados de entrada indivíduos (ou objetos) caracterizados por variáveis de clusterização.

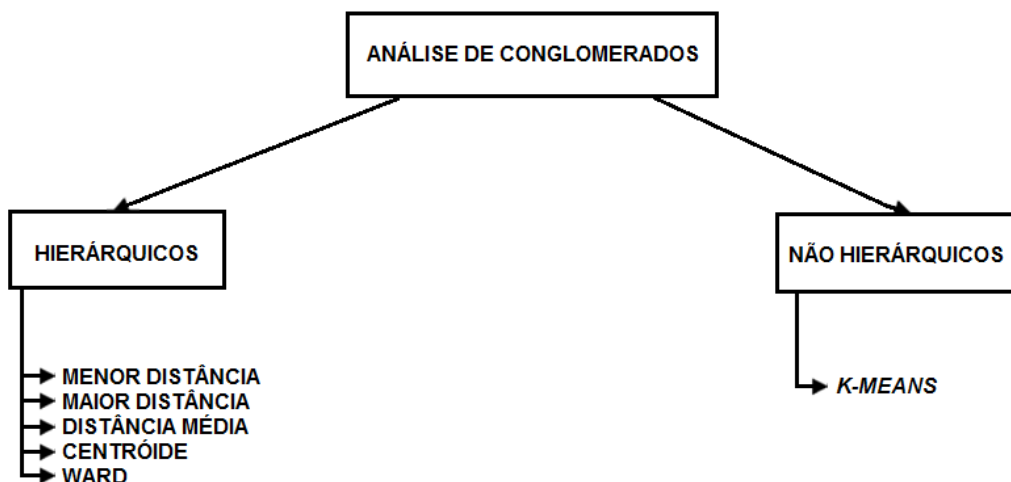


Figura 2.1 – Métodos da análise de conglomerados

Fonte: Adaptado de Fávero et al., 2009.

Os métodos hierárquicos podem ser do tipo aglomerativo ou divisivo. No primeiro tipo, os indivíduos são inicialmente alocados em *clusters* individuais. A cada interação do método, o par mais próximo de *clusters* é agrupado. A evolução do

método pode ser acompanhada através de um diagrama denominado dendograma. O segundo tipo evolui em uma lógica inversa, partindo de um único *cluster* contendo todos os indivíduos, evoluindo, a cada interação, a um cenário em que cada *cluster* é composto por um único indivíduo. A partir da análise do dendograma, é possível selecionar o número ideal de *clusters* para a amostra em análise, independente do tipo de método (DA SILVA e DOS SANTOS, 2007). Uma característica importante dos métodos hierárquicos é que os resultados de uma interação anterior são sempre aninhados com os resultados de uma interação posterior, tornando a sua estrutura semelhante à de uma árvore (HAIR et al., 2005). A evolução da formação de *clusters* nos métodos hierárquicos pode ser baseada em diferentes métricas de distância entre indivíduos.

O critério da menor distância agrupa, inicialmente, pares de indivíduos separados pela menor distância; já o critério da maior distância agrupa, inicialmente, pares de indivíduos apresentando a menor entre as distâncias máximas calculadas. O critério da distância média consiste no cálculo da média das distâncias entre todos os pares de indivíduos em dois grupos, agrupando os grupos com menor distância média. O critério do centroide baseia-se na distância euclidiana ou quadrática entre centroides de pares de grupos, agrupando aqueles que apresentarem a menor distância. Por fim, o critério de Ward baseia-se na soma dos quadrados das distâncias entre pares de indivíduos em dois grupos, agrupando aqueles que apresentarem a menor soma (FÁVERO et al., 2009; MIRKIN, 2012).

O método não hierárquico não estabelece uma relação de hierarquia entre os indivíduos e os grupos, pois o número de *clusters* é especificado *a priori*. Com o conhecimento prévio do número de *clusters*, não há a necessidade de rever a composição e número de *clusters* através de suas distâncias em cada etapa, tornando o processo mais simples e rápido (FÁVERO et al., 2009). O método não hierárquico baseado no algoritmo *k-means* é o mais popular, por sua simplicidade, facilidade de implementação e flexibilidade (JAIN, 2009). O algoritmo *k-means* é composto de três passos. Primeiramente é realizada a partição inicial dos indivíduos em *K clusters* definidos pelo analista; o segundo passo calcula os centróides para cada um do *K clusters* e calcula a distância euclidiana dos centróides a cada indivíduo na base de dados; por fim, agrupa os indivíduos aos *clusters* cujos centróides se encontram mais próximos, e volta ao segundo passo até que não

ocorra variação significativa na distância mínima de cada indivíduo da base de dados a cada um dos centróides do *K clusters* (MAROCO, 2007).

Uma análise de conglomerados geralmente inicia com a utilização de um método hierárquico para determinação, através da análise do dendograma, do número ideal de *clusters* que caracteriza a amostra. Na sequência, com o número de *clusters* conhecidos, parte-se para a utilização de um método não hierárquico, que refina o processo de alocação de indivíduos a *clusters* (FÁVERO et al., 2009). A aplicação da análise de conglomerados em problemas de *layout* em ambientes de saúde é reportada de forma escassa na literatura. Os trabalhos encontrados são apresentados na sequência.

2.2.2 Aplicações na Análise de Conglomerados

Van Essen, Van Houdenhoven e Hurink (2015) utilizaram a análise de conglomerados em um problema de programação linear inteira, visando agrupar setores clínicos em um hospital de forma a diminuir o número de leitos hospitalares necessários nos *clusters* de setores e otimizar o trabalho das enfermarias, reduzindo a probabilidade de não dar ingresso a novos pacientes. Van Merode et al. (1998) já haviam integrado a análise de conglomerados à programação matemática para buscar o número de estações de trabalho necessárias em um laboratório clínico. Através da aplicação, foi possível minimizar o tempo ocioso total, determinando o número ótimo de estações de trabalho no laboratório.

Cegłowski, Churilov e Wasserthiel (2005) utilizaram o método de Ward para agrupar pacientes de acordo com o tipo de tratamento recebido. Através dos agrupamentos foi possível reduzir as incertezas associadas às operações dos setores de emergência e sugerir melhorias, entre elas a mudança da localização de setores para maior agilidade nas rotas.

Stummer et al. (2004) buscaram determinar a localização e o tamanho de setores médicos de uma rede hospitalar, usando exemplos numéricos de uma rede de hospitais da Alemanha. A abordagem dos autores foi elaborada em duas etapas, sendo a primeira o uso de uma heurística de programação inteira, a busca tabu. A busca tabu foi utilizada para determinar possíveis alocações eficientes. A segunda etapa usou a técnica *k-means* para explorar o espaço de soluções encontradas, como meio de suporte aos gestores para selecionar a melhor alternativa de localização-alocação. Esse estudo contribuiu com o planejamento estratégico do

hospital proporcionando diversos cenários e possibilitando escolher qual renderia o padrão mais atrativo de atendimento para o hospital em questão. A seção seguinte é devotada ao tema planejamento sistemático de *layout* e suas aplicações em organizações de saúde.

2.2.3 Planejamento Sistemático de Layout

Definir o arranjo físico mais eficiente e estrategicamente interessante é o objetivo quando se deseja resolver um problema de *layout* (TORTORELLA e FOGLIATTO, 2008). Para tanto, existe um conjunto de procedimentos, estruturado por etapas operacionais, que integram o chamado planejamento sistemático de *layout* ou SLP (*Systematic Layout Planning*; MUTHER, 1978; MUTHER e WHEELER, 2000). O SLP visa identificar, dentre várias alternativas de *layout*, a que mais se adéqua às necessidades, procedimentos operacionais e estratégias da empresa (YANG, SU e HSU, 2000). O SLP foi originalmente proposto por Muther (1973) e aprofundado por autores como Francis, McGinnis e White (1992), Tompkins et al. (1996) e Meyers e Stephens (2006).

As etapas operacionais do SLP estão apresentadas no fluxograma da Figura 2.2, sendo divididas em três fases: *Análise*, *Pesquisa* e *Seleção* (TORTORELLA e FOGLIATTO, 2008). O SLP inicia com uma etapa de coleta de dados feita através da análise PQRST (produto, quantidade, roteiro, serviços de suporte e tempo), que traz questionamentos acerca dos princípios nos quais se baseiam as soluções do problema de *layout*. Com relação ao produto, questiona-se o que produzir; com relação à quantidade, o número de itens a ser fabricado; com relação ao roteiro, como serão produzidos os itens; com relação aos serviços de suporte, em quais serviços se apoiarão a produção; com relação ao tempo, quando serão produzidos os itens (MUTHER, 1978; COSTA, 2004). Outros dados de entrada no SLP são as atividades ou elementos considerados partes do arranjo físico, tais como operações, funções, áreas, setores e características dos prédios (COSTA, 2004). Todos esses dados estão sumarizados na Figura 2.2 e fazem parte do início da aplicação do SLP para solucionar um problema de *layout*.

Após a coleta inicial de dados, tem-se a fase de *Análise* do SLP, que parte da avaliação do fluxo de materiais, através de uma planilha *De-Para* das áreas envolvidas, de acordo com a intensidade e sequência do deslocamento do material (SANTOS, GOHR e URIO, 2014). As inter-relações de atividades são analisadas de

forma qualitativa, aos pares, buscando identificar a importância de proximidade relativa entre as áreas para a construção do diagrama de inter-relações ou relacionamentos. Através da caracterização dos espaços necessários e disponíveis, é determinada a quantidade de espaço destinada a cada setor da planta (TORTORELLA e FOGLIATTO, 2008).

Na fase de *Pesquisa*, a informação sobre as áreas físicas dos setores é incorporada ao diagrama de relacionamentos, que passa a ser tratado como um diagrama de inter-relações de espaços ou de relacionamento de espaços. Inicialmente obtém-se um arranjo físico prévio, considerando-se que o espaço requerido já foi devidamente balanceado com o espaço disponível (SANTOS, GOHR e URIO, 2014). Logo após, são consideradas mudanças que incorporem limitações práticas como custos, segurança e restrições técnicas para avaliar a viabilidade das alternativas de *layout* geradas (YANG, SU e HSU, 2000; SANTOS GOHR e URIO, 2014).

Após a geração das alternativas de *layout*, inicia-se a etapa de *Seleção*, que avalia a viabilidade e aprovação entre os setores envolvidos das diferentes alternativas geradas. Essa fase do SLP deve garantir que todos os critérios do projeto sejam devidamente cumpridos e satisfeitos (KERNS, 1999; TORTORELLA e FOGLIATTO, 2008), possibilitando a participação e colaboração dos usuários e gerência nas tomadas de decisões do ambiente desejado. Através dessa fase é possível fornecer detalhes suficientes para possibilitar a correta instalação e alocação das máquinas e/ou equipamentos, divisórias, estações de trabalho, entre outros aspectos (MUTHER e WHEELER, 2000).

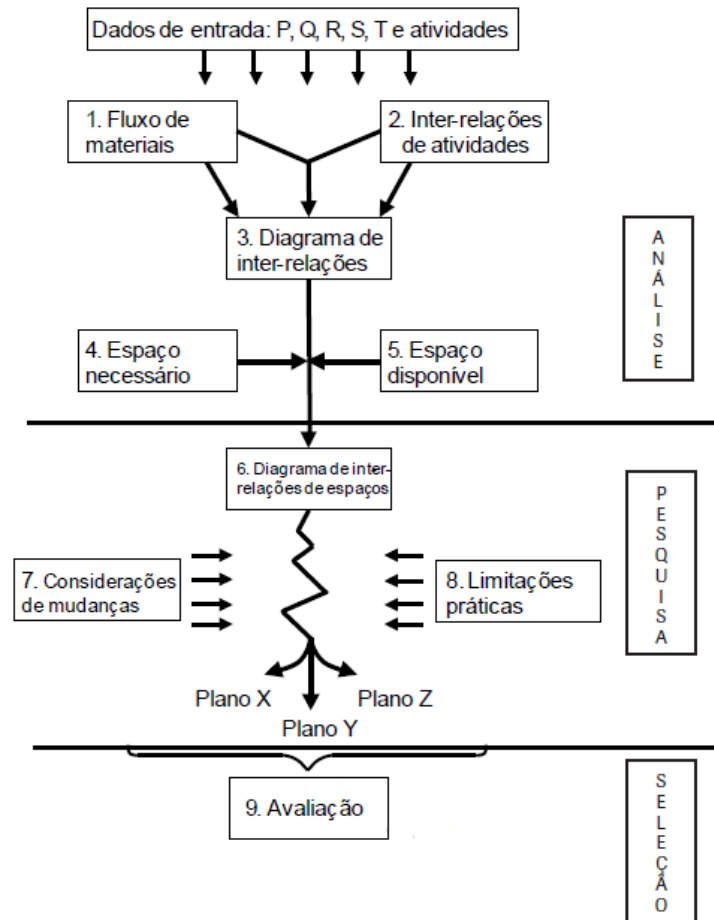


Figura 2.2 – Método SLP

Fonte: Adaptado de Muther, 1973; Tortorella e Fogliatto, 2008.

A literatura acerca da aplicação do SLP para solucionar problemas de *layout* em ambientes da área da saúde, tais como hospitais, clínicas e laboratórios, é menor se comparada ao uso da metodologia em ambientes industriais. O que diferencia um problema de *layout* de um ambiente hospitalar em relação ao industrial é a priorização do fluxo de informações e pessoas sobre o fluxo de materiais (MUTHER, 1978; JOSEPH e RASHID, 2007).

2.2.4 Aplicações do Planejamento Sistemático de *Layout*

Apesar de Muther ter introduzido o SLP em 1973, alguns autores já conheciam a metodologia através de consultorias prestadas pelo autor pela *Richard Muther & Associates*. Entre eles destaca-se Delon (1970), que aplicou uma integração de três abordagens, entre elas o SLP, para definir o *layout* de um hospital pediátrico hipotético, com capacidade de cem leitos. O autor iniciou a análise pela estimativa dos requisitos das áreas dos setores e custos de construção. Em seguida, utilizou o *software* de *layout* CORELAP (*Computerized Relationship Layout Planning*) que, a

partir das informações do diagrama de relacionamentos, gera um *layout* preliminar ou tentativo. Para chegar ao *layout* ótimo, Delon (1970) utilizou o software CRAFT, que também gera alternativas de *layout*. O CRAFT usa como dados de entrada as áreas desejadas para os setores e a área total disponível, a matriz de relacionamentos (que corresponde ao diagrama de relacionamentos com as intensidades de relações expressas em escala numérica) e uma matriz de custos, que informa o custo do transporte de uma informação, pessoa ou material entre pares de setores.

Levary e Schmitt (1986) abordaram o problema de *layout* de um laboratório clínico hospitalar. Para tanto, reuniram um grupo de pessoas atuantes no setor para avaliar e tomar decisões referentes a aspectos-chave da definição do novo *layout* (aspectos técnicos, de proximidade, posicionamento, comodidade e bem-estar). As avaliações foram realizadas iterativamente, gerando diversas alternativas de *layout*. Em todas as iterações foi aplicado o SLP para gerar novas alternativas de *layout*, com os participantes opinando e melhorando aspectos através de questionários e discussões. Foram necessárias três iterações para encontrar o *layout* ótimo do laboratório clínico. Como resultado, foram identificados fatores do ambiente de trabalho que influenciam no desempenho dos funcionários e incluídos no planejamento do *layout* para se obter um melhor desempenho.

Moatari-Kazerouni, Chinniah e Agard (2015) publicaram um estudo dividido em dois artigos. No primeiro, propõem uma metodologia que incorpora as características de segurança e saúde ocupacionais no planejamento de *layout* em empresas. No segundo, apresentam uma aplicação do SLP em um estudo de *layout* de uma cozinha de hospital, abordando as características consideradas no primeiro artigo e avaliando comparativamente o layout em uso e o novo layout proposto. Foi possível observar melhorias na segurança e saúde ocupacional dos trabalhadores, no uso do espaço e no nível de serviço do hospital.

Estudos de *layout* em ambientes de saúde, aplicando técnicas complementares ou similares ao SLP, foram reportados por Whitehead e Eldars (1965), Hicks et al. (2015) e McDowell e Huang (2012). Por não serem aplicações do SLP, tais estudos não são detalhados no presente referencial teórico.

2.3 Metodologia

A metodologia aqui utilizada está baseada nas três fases do SLP: *Análise*, *Pesquisa* e *Seleção* (TORTORELLA e FOGLIATTO, 2008). A análise de conglomerados está inclusa na fase de *Análise*, por se tratar de um método que trabalha com alguns dados de entrada derivados da análise PQRST (produto, quantidade, roteiro, serviços de suporte e tempo). Assim, a pesquisa é caracterizada como descritiva, pois, segundo Gil (2008), trabalha com coleta de dados através de técnicas padronizadas.

O estudo foi realizado no setor de radiologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA). O HCPA é um hospital público e universitário ligado a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), considerado um dos melhores hospitais da América Latina em termos de publicação científica. Atualmente o setor de radiologia possui um espaço de aproximadamente 120m², no qual possui uma recepção, uma ala administrativa e uma sala para médicos treinados realizarem laudos.

Pelo problema em questão ser de *layout* em um setor de radiologia de um hospital, o método de pesquisa é qualificado como um estudo de caso (GIL, 2008). Nessa seção é detalhado o passo a passo da metodologia utilizada para solucionar um problema de *layout*.

2.3.1 Fase de análise

Para aplicação do SLP, a primeira ação envolve a coleta de informações através da análise PQRST. Como o problema de *layout* em ambientes de saúde prioriza o fluxo de pessoas e informações, os dados de entrada devem incluir informações tais como: número de prestadores de serviço atuantes no espaço, quantidade necessária de estações de trabalho, demanda a ser atendida, escala dos funcionários e seu tempo útil de atuação no espaço.

O SLP trabalha posicionando setores ou setores no *layout*, a partir da determinação da sua relação de proximidade, ou da utilização de critérios quantitativos que indiquem a necessidade de proximidade. Em diversos cenários de aplicação, os setores a serem considerados não se encontram definidos a priori; nesses casos, a análise de conglomerados pode auxiliar na sua identificação. Na aplicação da análise de conglomerados devem ser identificadas variáveis de aglomeração relevantes relativamente ao problema de *layout* sendo analisado. No

caso do setor de radiologia, por exemplo, foram consideradas as frequências de realização de laudos de diferentes tipos de exames, analisados em um período de 20 meses.

Ao aplicar SLP é importante levar em conta critérios como espaço disponível do ambiente onde se deseja planejar o *layout* e os espaços necessários para os setores ou setores que serão posicionados. Para que esses critérios sejam estabelecidos, fazem-se necessárias discussões com os *stakeholders* (gestores, radiologistas e arquiteta do hospital) do caso em estudo. Estes podem ser gestores ou atuantes no espaço físico; em suma, pessoas que permitam uma melhor compreensão do que se deseja obter ao planejar determinado *layout*.

2.3.2 Fase de pesquisa

Esta fase utiliza as informações adquiridas para dar início ao processo de elaboração das alternativas de *layout*, respeitando as limitações de espaço, os pré-requisitos de cada setor e suas particularidades. Como o caso faz alusão a ambientes da saúde, o planejamento de espaços deve priorizar o fluxo de pessoas e informações.

Nesta fase, é necessário identificar fatores que podem afetar o planejamento de *layout*. Esses fatores são conhecidos como limitações ou restrições do *layout*, tais como: colunas e paredes existentes, disponibilidade de energia elétrica, água, telefone para o setor e sua distribuição interna, necessidades de climatização, peso e dificuldades de movimentação de determinados materiais e/ou equipamentos, e risco de acidentes, entre outros aspectos (LEE, 1998).

Para hospitais, além dos aspectos citados, também deve-se levar em conta a facilidade de circulação de pessoas, zonas de silêncio e de ruído. Todos esses aspectos influenciam na geração de alternativas de *layout* e devem ser levados em consideração para eventuais mudanças de posicionamento.

2.3.3 Fase de seleção

A fase de *Seleção* no SLP basicamente serve para avaliar as alternativas de *layout* geradas a partir das fases anteriores. O objetivo é selecionar a melhor alternativa de *layout*. Ao aplicar SLP e obter as alternativas de *layout*, é pertinente realizar uma avaliação comparando-as entre si e levando em conta o *layout*

anteriormente utilizado, se existir, para verificar o desempenho dos setores de cada alternativa.

Nessa fase, o plano do *layout* é detalhado, permitindo a instalação ou correta alocação das máquinas e/ou equipamentos, divisórias e conexões de alimentação (luz, água, gás), entre outras (MUTHER e WHEELER, 2000). Por fim, a fase de *Seleção* permite ao planejador de *layout* completar o SLP e visualizar os resultados.

2.4 Resultados

Para solucionar o problema de *layout* do setor de radiologia do HCPA foram coletadas informações através da análise PQRST, tais como: número de profissionais treinados para elaborar laudos, tipos de exame, demanda por tipo de exame, percentual de tempo útil de atuação por tipo de exame, número de estações de trabalho e escala de funcionários. Sendo assim, a fase de *Análise* começa a partir da análise PQRST que é a etapa inicial para a aplicação do SLP. Os setores da radiologia a serem considerados para a aplicação do SLP não estavam definidos a priori. Em sua definição fez-se uso, da análise de conglomerados. A análise de conglomerados analisa as informações da PQRST, viabilizando a definição do número de *clusters* (áreas que devem ser inseridas dentro do setor de radiologia) e a quantidade de médicos por *cluster*. O Quadro 2.1 apresenta as informações de entrada e saída da análise de conglomerados. Nas linhas do quadro, têm-se a lista dos médicos e a utilização percentual de seu tempo para emissão de laudos em cada tipo de exame (nas colunas iniciais do quadro). A ocupação percentual dos médicos nos diferentes tipos de exame é utilizada como variável de clusterização na análise. As duas colunas finais do quadro trazem as informações de saída da análise de conglomerados. Na coluna *Cluster* tem-se a alocação do médico aos quatro *clusters* resultantes da análise. Na coluna *Revisão de Cluster* tem-se a alocação final dos médicos nos *clusters*, feitas a partir da análise de especialistas. Um detalhamento da análise de conglomerados realizada é apresentado na sequência.

Quadro 2.1 – Análise de conglomerados para determinação de *clusters*

Profissional	Abdômen	Cab&Pesc	Cardio	Músc-Esq	Neuro	Tórax	Vascular	Cluster	Revisão de Cluster
M1	86%	0%	0%	0%	9%	4%	0%	1	1
M2	69%	1%	0%	1%	17%	10%	1%	1	1
M3	95%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	1	1
M4	99%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1	1
M5	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1	1
M6	23%	1%	0%	38%	12%	26%	0%	2	2
M7	11%	1%	0%	84%	0%	4%	0%	2	2
M8	36%	4%	0%	2%	37%	18%	2%	3	3
M9	34%	1%	0%	5%	28%	32%	0%	3	3
M10	26%	3%	0%	11%	37%	23%	1%	3	3
M11	22%	20%	0%	8%	34%	15%	1%	3	3
M12	21%	4%	0%	6%	31%	36%	2%	3	3
M13	18%	6%	0%	2%	27%	44%	2%	3	3
M14	14%	42%	0%	7%	24%	10%	2%	3	2
M15	47%	37%	0%	0%	15%	0%	0%	3	2
M16	4%	4%	0%	6%	71%	7%	7%	3	3
M17	32%	1%	0%	1%	56%	8%	2%	3	3
M18	9%	2%	0%	2%	34%	9%	42%	3	3
M19	50%	7%	0%	2%	29%	8%	2%	3	1
M20	54%	1%	0%	1%	23%	20%	1%	3	1
M21	53%	2%	0%	2%	28%	9%	5%	3	1
M22	49%	1%	0%	6%	3%	14%	24%	3	1
M23	1%	0%	20%	0%	1%	73%	3%	4	4
M24	8%	2%	0%	1%	21%	67%	1%	4	4
M25	8%	1%	0%	0%	11%	80%	0%	4	4
M26	4%	0%	0%	0%	22%	74%	0%	4	4
M27	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	4	4
M28	0%	0%	0%	0%	0%	99%	0%	4	4
M29	2%	0%	0%	0%	0%	98%	0%	4	4
M30	2%	0%	0%	0%	0%	98%	0%	4	4
M31	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	4	4

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Inicialmente foi obtida uma relação de 31 médicos atuantes no setor de radiologia e seu percentual de tempo útil gasto por tipo de exame em um período de 20 meses que contempla apenas uma parte do processo de radiologia do setor. Como apresentado no Quadro 2.1, foram definidas 7 categorias de exames: abdômen, cabeça e pescoço, cardio, músculo-esquelético, neuro, tórax e vascular. Cada categoria congregava diversos tipos de exames, todos referentes a um mesmo sistema ou parte do corpo, identificado no título.

Para analisar as informações usando a análise de conglomerados, fez-se o uso do *software* Matlab. O método adotado foi o hierárquico, por não se ter um número de *clusters* pré-definidos; já a métrica selecionada foi a de distância média, por trabalhar com todos os pares de indivíduos ao calcular a média entre as suas distâncias. Logo em seguida, após se ter um número base de *clusters* foi utilizado o *k-means*, do método não hierárquico, para gerar os resultados.

Os médicos foram alocados em *clusters* de modo que a frequência de realização de exames por categoria fosse similar. Desse modo, foi possível definir 4 *clusters* pela frequência de exames realizados dentro das 7 categorias definidas. Os médicos que possuíam maior percentual em determinada categoria eram alocados para o mesmo *cluster*. A divisão inicial dos *clusters* ficou da seguinte maneira: no *cluster 1*, os médicos que possuem maior percentual de tempo em abdômen; no *cluster 2*, os médicos que possuem maior percentual de tempo em músculo-esquelético; no *cluster 3*, os médicos que possuem maior percentual de tempo em neuro, vascular, cabeça e pescoço; e finalmente, no *cluster 4*, os médicos que possuem maior percentual de tempo em tórax e cardio.

Após a definição inicial dos *clusters* proposta pela análise de conglomerados, foi realizada uma reunião com os *stakeholders* (gestores, radiologistas e arquiteta do hospital) para analisar e validar os resultados. Na reunião foi informado que 9 médicos não inicialmente contemplados na análise deveriam ser considerados e incluídos nos *clusters*. Os novos médicos foram identificados como M32 a M40, não constando na listagem do Quadro 2.1, já que não se dispunham de informações sobre sua atuação no período de 20 meses considerados na análise de conglomerados. A maioria desses médicos foi identificada como dedicada a emitir laudos nas categorias músculo-esquelético (M32 a M37) ou vascular e neuro (M38 a M40).

O resultado da reunião com os *stakeholders* foi uma revisão da alocação dos médicos a cada *cluster*. O Quadro 2.1 apresenta essa revisão. Nela, observa-se que o *cluster 1* permaneceu majoritariamente caracterizado pela categoria abdômen, recebendo uma realocação dos médicos M19 a M22, inicialmente posicionados no *cluster 3*. O *cluster 2* passou a incluir médicos que laudam exames do tipo músculo-esquelético, cabeça e pescoço, recebendo 6 dos novos médicos considerados *a posteriori* na análise (M32 a M37). O *cluster 3* ficou caracterizado por médicos que laudam exames das categorias neuro e vascular, recebendo 3 dos novos médicos (M38 a M40). Por fim, o *cluster 4* permaneceu caracterizado majoritariamente pela categoria tórax e cardio.

Após a definição dos *clusters* e identificação dos demais setores a serem considerados no *layout* do setor de radiologia, deu-se sequência a fase de *Análise*, elaborando o diagrama de inter-relações. No diagrama foram identificadas, a partir da opinião do grupo de *stakeholders*, as relações de proximidade entre os setores

da radiologia. A Figura 2.3 apresenta o diagrama resultante, além da descrição dos códigos utilizados na caracterização das relações entre setores.

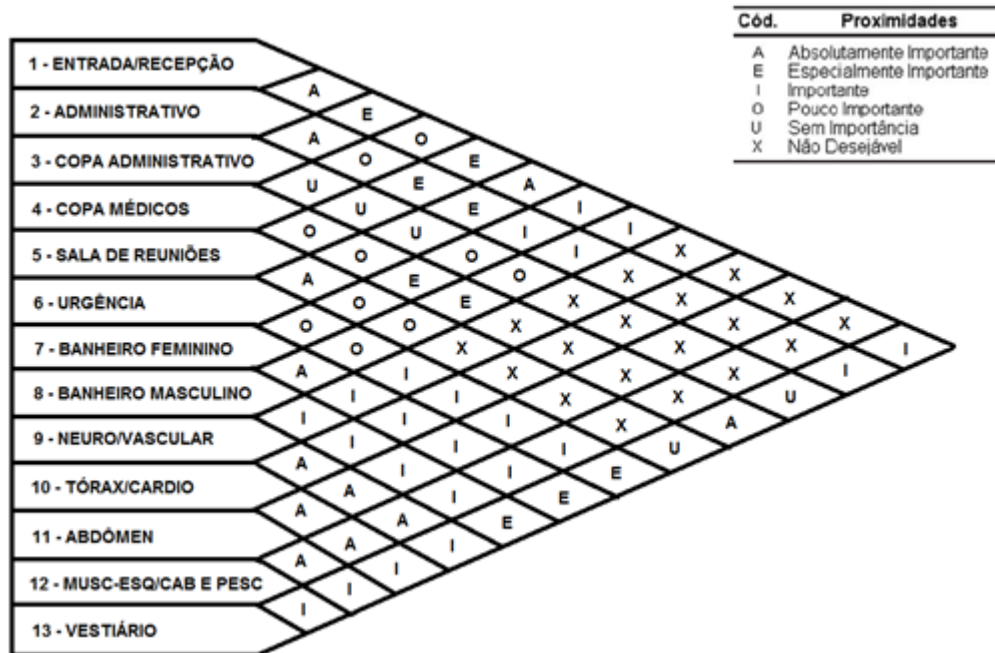


Figura 2.3 – Diagrama de inter-relações das áreas do setor de radiologia

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Foram definidos 13 áreas para o setor de radiologia; são eles: entrada/recepção, administrativo, copa para o administrativo, copa para os médicos, sala de reuniões, setor de urgência, banheiros feminino e masculino, 4 *clusters* de exames e vestiário. Para a construção do diagrama de inter-relações utiliza-se uma tabela de códigos, constante na Figura 2.3, que indicam o nível de importância de proximidade entre pares de setores. Os códigos consistem de vogais, além da letra “X”. As relações com código “A” e “E” são consideradas as mais importantes, indicando que dois setores devem estar tão próximos quanto possível. Das vogais “I” a “U” a importância da proximidade cai gradativamente. Por fim, a letra “X” indica que não é desejável a proximidade entre os setores analisados.

Para classificar o nível de importância de proximidade foram caracterizadas dois tipos de zonas para a construção do diagrama de inter-relações: de ruído e de silêncio. No que diz respeito aos *clusters*, todos foram considerados como pertencentes à zona de silêncio, para que os médicos neles atuantes pudessem trabalhar com a menor interferência possível. Todos os demais setores foram

considerados como pertencentes à zona de ruído, devendo assim ser posicionados distantes dos *clusters*.

Para finalizar a fase de *Análise*, foi realizada uma nova reunião para levantar os espaços necessários e disponíveis para planejamento do *layout* do setor de radiologia. Um aspecto importante levado em conta foi a escala de trabalho dos médicos. Sua análise auxiliou na definição do número mínimo de estações de trabalho a ser incluídas nos *clusters*, sendo esse número menor que o número total de médicos inseridos em cada *cluster*, por força da escala de trabalho.

Também na reunião foram estimadas as dimensões desejadas para todos as áreas do setor de radiologia. Para maior compreensão das dimensões, foram fornecidas plantas do novo espaço físico previsto para o setor, com área de 274 m², e da atual área em uso, com 120m². Uma vez levantadas essas informações, deu-se início à fase de *Pesquisa*.

Na fase de *Pesquisa* foram geradas as alternativas de *layout* do setor de radiologia através da construção do diagrama de inter-relações de espaços. Inicialmente foram geradas 3 alternativas de *layout*. Posteriormente, através de reuniões conduzidas com os médicos responsáveis pelo setor e a arquiteta do hospital, foram consideradas eventuais mudanças de posicionamento para melhor aproveitamento de espaço. Também foram considerados elementos como disponibilidade de janelas em alguns setores, reserva de espaço para equipamento de climatização, e fluxos de usuários e informações nos futuros espaços. Considerando esses elementos, foram geradas mais 5 alternativas de *layout*, totalizando 8 propostas, concluindo assim a fase de *Pesquisa*.

A última fase do SLP, de *Seleção*, permitiu avaliar as alternativas de *layout* geradas anteriormente. Para melhor compreensão da evolução das alternativas, foram selecionadas 3 das 8 geradas: a Figura 2.4 traz a primeira proposta de *layout*, a Figura 2.5 traz a quinta proposta, e a Figura 2.6 traz a oitava proposta.

PROPOSTA 1

LEGENDA

- 1-ENTRADA/RECEPÇÃO
- 2-ADMINISTRATIVO
- 3-URGÊNCIA
- 4-COPA ADMINISTRATIVO
- 5-ARMÁRIOS
- 6-COPA MÉDICOS
- 7-SALA DE REUNIÕES
- 8-BANHEIRO MASCULINO
- 9-BANHEIRO FEMININO
- 10-ABDÔMEN
- 11-TÓRAX/CARDIO
- 12-NEURO/VASCULAR
- 13-MUSC-ESQ/CAB E PESC



Figura 2.4 – Proposta 1 de *layout*

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Desde o início do projeto de melhoria de *layout* aqui reportado, havia-se definido que o espaço destinado aos *clusters* de especialidades de radiologia corresponderia aos 154m² destinados à ampliação do setor atual. A legenda mostra onde cada área foi alocada dentro da zona total destinada ao setor, nas diferentes propostas. Por pertencerem à zona de silêncio, os *clusters* foram alocados no espaço disponível ao fundo do setor, ficando isolados dos demais setores. Porém, como ilustra a Figura 2.4, fica evidente o mau aproveitamento do espaço físico total do setor. Os espaços destinados aos *clusters* ficaram mal aproveitados, diminuindo a possibilidade de aumentar o número de estações de trabalho. Também se verifica um espaço excessivo destinado à circulação, posicionado entre a urgência, sala de reuniões, sala de armários e copa para os médicos.

PROPOSTA 5

LEGENDA

- 1-ENTRADA/RECEPÇÃO
- 2-ADMINISTRATIVO
- 3-COPA ADMINISTRATIVO
- 4-ARMÁRIOS
- 5-COPA MÉDICOS
- 6-URGÊNCIA
- 7-SALA DE REUNIÕES
- 8-BANHEIRO FEMININO
- 9-BANHEIRO MASCULINO
- 10-ABDÔMEN
- 11-TÓRAX/CARDIO
- 12-NEURO/VASCULAR
- 13-MUSC-ESQ/CAB E PESC



Figura 2.5 – Proposta 5 de *layout*

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

A Figura 2.5 traz uma proposta de *layout* com melhor aproveitamento do espaço físico total disponível para o setor; todavia, o fluxo de informações e pessoas não apresenta flexibilidade nesta alternativa. Apesar da sala de urgência pertencer à zona de ruído, nessa alternativa de *layout* haveria excessivo fluxo de pessoas nesse ambiente, por haver duas entradas, o que é indesejável. Entretanto, o mais importante a ser destacado nessa proposta é o mau uso do corredor e a existência de espaços com aproveitamento ainda precário.

PROPOSTA 8

LEGENDA

- 1-ENTRADA/RECEPÇÃO
- 2-ADMINISTRATIVO
- 3-COPA ADMINISTRATIVO
- 4-URGÊNCIA
- 5-SALA DE REUNIÕES
- 6-BANHEIRO FEMININO
- 7-BANHEIRO MASCULINO
- 8-ARMÁRIOS
- 9-COPA MÉDICOS
- 10-ABDÔMEN
- 11-TÓRAX/CARDIO
- 12-NEURO/VASCULAR
- 13-MUSC-ESQ/CAB E PESC



Figura 2.6 – Proposta 8 de *layout*

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

A última alternativa de *layout* foi gerada após diversas mudanças e considerações dos *stakeholders*, permitindo um melhor aproveitamento do espaço físico disponível e um bom uso do corredor dentro do setor de radiologia. Cabe destacar a proposição de um único corredor central de circulação, o que resulta em um melhor aproveitamento de espaço e linearização do fluxo de pessoas e informações no setor. O corredor central se conecta com todos os *clusters* e praticamente todas as áreas, à exceção apenas das áreas destinadas às copas.

Para melhor visualizar os avanços propostos nos *layouts* apresentados nas Figuras 2.4 a 2.6, a Figura 2.7 traz o *layout* atual do setor de radiologia, destacando a área destinada à ampliação. Também se apresenta uma visão do *layout* selecionado para o novo setor (Proposta 8), com posicionamento sugerido para o mobiliário (Figura 2.8). O atual espaço em uso possui aproximadamente 120m²,

correspondendo à parte ocupada da planta na Figura 2.7; a parte desocupada, com 154m², será destinada à ampliação. Atualmente não existem *clusters* separando os profissionais por tipos de exames e há um número menor de estações de trabalho, se comparado ao número proposto na Figura 2.8. A copa está posicionada ao fundo da área, ao lado de um único banheiro. Já a recepção, a ala administrativa e sua copa estão separadas por um vão da sala dos médicos. Esse *layout* possui um considerável nível de ruído, pois, conforme o seu arranjo, força um fluxo intenso de pessoas na sala dos médicos laudadores, interferindo diretamente no seu desempenho. Conforme as alternativas geradas, o ideal é alocar as estações de trabalho distantes da recepção e ala administrativa, para evitar o fluxo constante de pessoas e o ruído decorrente deste fluxo.

LAYOUT EM USO

LEGENDA

- 1-ENTRADA/RECEPÇÃO
- 2-ADMINISTRATIVO
- 3-COPA ADMINISTRATIVO
- 4-ESPAÇO MÉDICOS
- 5-ARMÁRIOS
- 6-COPA MÉDICOS
- 7-BANHEIRO UNISSEX
- 8-ESPAÇO P/ NOVO LAYOUT

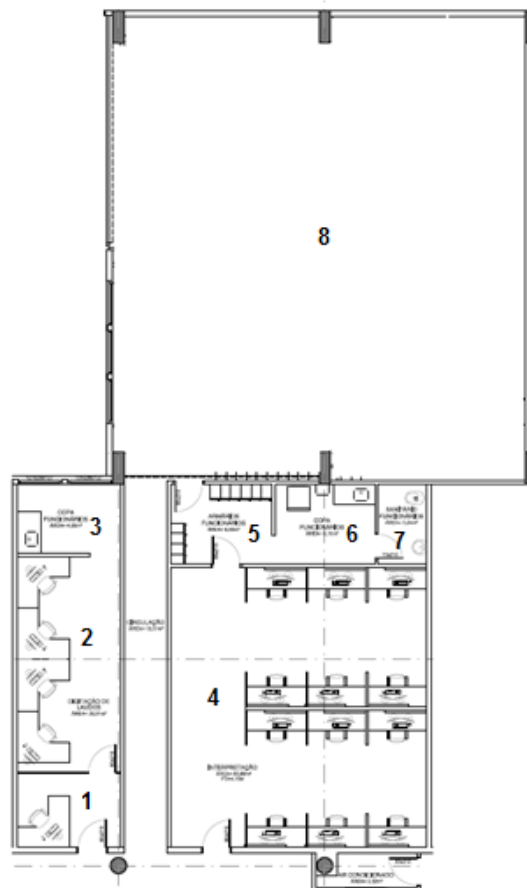


Figura 2.7 – *Layout* em uso do setor de radiologia

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

LAYOUT SELECIONADO

LEGENDA

- 1-ENTRADA/RECEPÇÃO
- 2-ADMINISTRATIVO
- 3-COPA ADMINISTRATIVO
- 4-URGÊNCIA
- 5-SALA DE REUNIÕES
- 6-BANHEIRO FEMININO
- 7-BANHEIRO MASCULINO
- 8-ARMÁRIOS
- 9-COPA MÉDICOS
- 10-ABDÔMEN
- 11-TÓRAX/CARDIO
- 12-NEURO/VASCULAR
- 13-MUSC-ESQ/CAB E PESC
- 14-AR CONDICIONADO

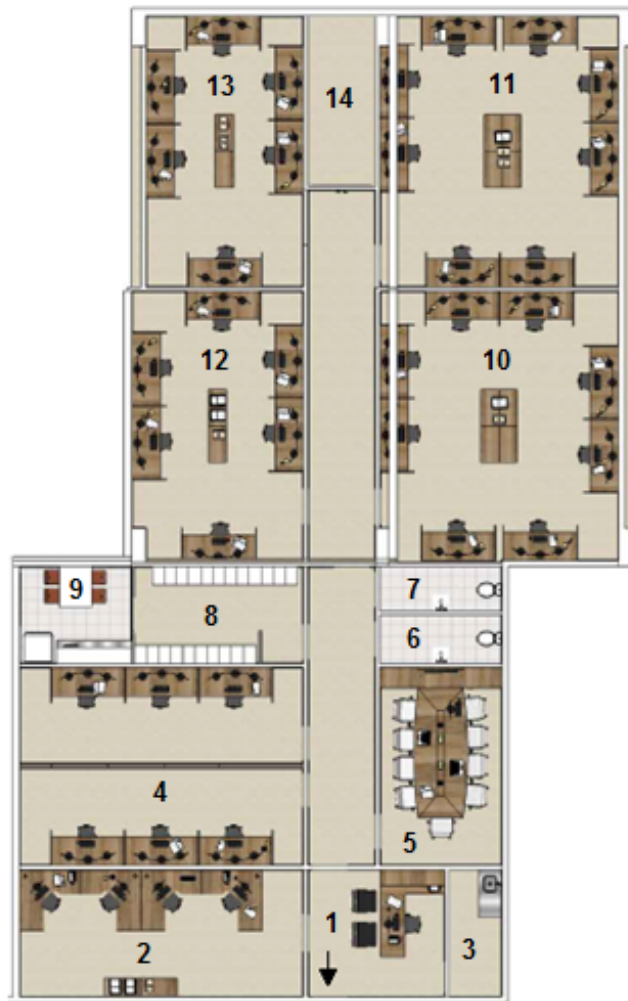


Figura 2.8 – Proposta 8 em SolidWorks

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Quando redesenhada utilizando o *software* SolidWorks, foram acrescentadas na proposta 8 um maior número de estações de trabalho nos *clusters* menores (espaços 12 e 13) e uma área destinada ao ar-condicionado (espaço 14). Observa-se também uma melhor organização das estações de trabalho na ala administrativa, além da inclusão de uma divisória na área de urgência. Em relação às demais propostas e ao atual *layout* do setor de radiologia, a alternativa da Figura 2.8 apresenta o melhor uso de espaço e um excelente aproveitamento de corredor. A seta na Figura 2.8 indica a posição da entrada única para o setor, que dá acesso direto à recepção. Ao lado esquerdo da recepção, há um acesso à ala administrativa e ao lado direito, um acesso à copa para os funcionários atuantes na área administrativa. Passando pela porta em frente à recepção tem-se acesso ao corredor central. Logo após a recepção, ao lado direito há uma sala de reuniões

para eventuais discussões dos laudos apresentados pelos médicos. Ao lado esquerdo foi posicionada a sala de urgência, segmentada por uma divisória, onde um grupo de médicos definidos através das escalas ficará disponível para atender a dúvidas e questionamentos de terceiros. As demais áreas da zona de ruído são os banheiros, um espaço destinado a vestiário e copa para os médicos.

Na zona de silêncio do *layout* da Figura 2.8 foram posicionados os *clusters* definidos pelos tipos de exames, sendo as duas maiores salas para abdômen e tórax/cardio, por possuírem maior número de médicos atuantes, e as duas menores para músculo-esquelético/cabeça-pescoço e neuro/vascular. Assim, o novo *layout* proporcionou melhoras em relação ao *layout* atual e vantagens quando comparada as demais propostas, propiciando maior tranquilidade operacional aos médicos atuantes no setor e uma melhor organização e separação dos espaços já existentes.

2.5 Conclusão

O presente artigo apresentou uma contextualização da importância do planejamento de *layout* em ambientes de saúde. Tal contextualização buscou explicitar as diferenças do planejamento de *layout* em ambientes de saúde em relação aos de indústria. Foi baseado nessas diferenças que este artigo propôs a incorporação da análise de conglomerados como ferramenta de apoio ao Planejamento Sistemático de *Layout*. A análise foi dividida em dois níveis: micro e macro. No nível micro foi aplicada a análise de conglomerados para encontrar o número ideal de *clusters* de médicos especialistas; no nível macro foram aplicadas as etapas do SLP para chegar a alternativas de *layout* e selecionar a melhor para implementação.

Ao longo da pesquisa, a metodologia evidenciou a importância da participação dos *stakeholders* em cada etapa do SLP, sendo necessárias as suas ponderações em diversos passos da metodologia. Comentários e opiniões de diferentes especialistas foram levados em consideração ao se planejar o *layout* do setor de radiologia. De maneira geral, a metodologia proporcionou um maior comprometimento e participação de diferentes indivíduos para atingir um objetivo comum.

Apesar da contribuição da incorporação da análise de conglomerados ao planejamento de *layout*, ficou evidente a dificuldade de realizar uma análise que gerasse os melhores resultados possíveis, devido ao elevado número de

informações sobre os médicos atuantes, que surgiam ao longo da pesquisa. Essas novas informações tinham de ser adaptadas aos resultados já existentes. Por isso, seria interessante utilizar alguma ferramenta que auxiliasse na captura dessas informações, organizando-as de maneira sistêmica, permitindo realizar uma única análise, mais confiável. Isso levaria a uma otimização no uso de recursos.

Após a implementação da proposta, seria interessante realizar uma avaliação do desempenho do *layout* proposto no artigo. Essa avaliação permitiria comparar e verificar a eficácia do novo setor de radiologia em relação ao anterior, usando o número de laudos realizados no mesmo período de tempo dos dados que foram recolhidos no artigo. Assim, seria possível localizar novos ruídos no novo *layout* e otimizá-lo através do SLP.

2.6 Referências

ALLEGRI, T. M. **Material Handling: principles and Practices**. Van Nostrand, New York, NY, 1984.

BROGMUS, G.; LEONE, W.; BUTLER, L.; HERNANDEZ, E. Best practices in OR suite layout and equipment choices to reduce slips, trips, and falls. **AORN journal**, v. 86, n. 3, p. 384-398, 2007.

CEGLOWSKI, R.; CHURILOV, L.; WASSERTHIEL, J. Facilitating Decision Support in Hospital Emergency Departments: A Process Oriented Perspective. **ECIS 2005 Proceedings**, p. 55, 2005.

COSTA, A. J. **Otimização do layout de produção de um processo de pintura de ônibus**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

DA SILVA, D. T. A.; DOS SANTOS, V. F. **ClusteringTools: Uma Ferramenta de Auxílio ao Ensino de Técnicas de Clusterização**. 2007.

DELON, G. L. A methodology for total hospital design. **Health Services Research**, v. 5, n. 3, p. 210, 1970.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L.; CHAN, B. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisão**. São Paulo: Campus, 2009.

FRANCIS, R. L.; MCGINNIS, L. F.; WHITE, J. A. **Facility Location and Location: an analytical approach**. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1992.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social / Antonio Carlos Gil**. - 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HAIR, J. F. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HANNE, T.; MELO, T.; NICKEL, S. Bringing robustness to patient flow management through optimized patient transports in hospitals. **Interfaces**, v. 39, n. 3, p. 241-255, 2009.

HICKS, C.; MCGOVERN, T.; PRIOR, G.; SMITH, I. Applying lean principles to the design of healthcare facilities. **International Journal of Production Economics**, v. 170, p. 677-686, 2015.

HUA, Y.; BECKER, F.; WURMSER, T.; BLISS-HOLTZ, J.; HEDGES, C. Effects of nursing unit spatial layout on nursing team communication patterns, quality of care, and patient safety. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 6, n. 1, p. 8-38, 2012.

JAIN, A. K. Data clustering: 50 years beyond K-means. **Pattern recognition letters**, v. 31, n. 8, p. 651-666, 2009.

JOSEPH, A.; RASHID, M. The architecture of safety: hospital design. **Current opinion in critical care**, v. 13, n. 6, p. 714-719, 2007.

KERNS, F. Strategic Facility Planning (SFP). **Work Study**, v. 48, p. 176-181, 1999.

KULKARNI, M. H.; BHATWADEKAR, S. G.; THAKUR, H. M. A literature review of facility planning and plant layouts. **International journal of engineering sciences & research technology**, 2015.

LEE, Q. **Projeto de Instalações e Local de Trabalho**. São Paulo: IMAM, 1998.

LEVARY, R. R.; SCHMITT, A. Planning facilities layout in clinical laboratories using a group decision making process. **Computers & industrial engineering**, v. 10, n. 3, p. 179-191, 1986.

LIN, Q.; LIU, H.; WANG, D.; LIU, L. Integrating systematic layout planning with fuzzy constraint theory to design and optimize the facility layout for operating theatre in hospitals. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 26, n. 1, p. 87-95, 2015.

MAROCO, J. **Análise estatística com utilização do SPSS**. 3 ed. Lisboa: Edições Sílabo, 2007.

MEYERS, F. E.; STEPHENS, M. P. **Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales**. Pearson Educación, 2006.

MIRKIN, B. Clustering: a data recovery approach. **CRC Press**, 2012.

MOATARI-KAZEROUNI, A.; CHINNIAH, Y.; AGARD, B. Integrating occupational health and safety in facility layout planning, part I: methodology. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 11, p. 3243-3259, 2015.

MOATARI-KAZEROUNI, A.; CHINNIAH, Y.; AGARD, B. Integration of occupational health and safety in the facility layout planning, part II: design of the kitchen of a

hospital. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 11, p. 3228-3242, 2015.

MUTHER, R. **Systematic layout planning**. Cahners books, 1973.

MUTHER, R. **Planejamento do layout: sistema SLP**. E. Blucher, 1978.

MUTHER, R.; WHEELER, J. D. **Planejamento simplificado de layout: sistema SLP**. São Paulo: IMAM, 2000.

OCHI, L. S.; DIAS, C. R.; SOARES, S. S. F. **Clusterização em Mineração de Dados**. Instituto de Computação-Universidade Federal Fluminense-Niterói, 2004.

RASHID, M. Research on nursing unit layouts: an integrative review. **Facilities**, v. 33, n. 9/10, 2015.

SANTOS, L. C.; GOHR, C. F.; URIO, L. C. S. Planejamento sistemático de layout em pequenas empresas: uma aplicação em uma fábrica de baterias automotivas. **Revista Espacios**, v. 35, n. 7, p. 14, 2014.

SHAYAN, E.; CHITTILAPPILLY, A. Genetic algorithm for facilities layout problems based on slicing tree structure. **International Journal of Production Research**, v. 42, n. 19, p. 4055-4067, 2004.

STUMMER, C.; DOERNER, K.; FOCKE, A.; HEIDENBERGER, K. Determining location and size of medical departments in a hospital network: A multiobjective decision support approach. **Health Care Management Science**, v. 7, n. 1, p. 63-71, 2004.

TOMPKINS, J. A.; WHITE, J. A.; BOZER, Y. A.; FRAZELLE, E. H.; TANCHOCO, J. M.; TREVINO, J. **Facilities Planning**. 2nd ed. New York: John Willey & Sons, Inc, 1996.

TORTORELLA, G. L.; FOGLIATTO, F. S. Planejamento sistemático de layout com apoio de análise de decisão multicritério. **Revista Produção**, v. 18, n. 3, p. 609-624, 2008.

VAN ESSEN, J. T.; VAN HOUDENHOVEN, M.; HURINK, J. L. Clustering clinical departments for wards to achieve a prespecified blocking probability. **OR Spectrum**, v. 37, n.1, p. 243-271, 2015.

VAN MERODE, G. G.; OOSTEN, M.; VRIEZE, O. J.; DERKS, J.; HASMAN, A. Optimisation of the structure of the clinical laboratory. **European journal of operational research**, v. 105, n. 2, p. 308-316, 1998.

WHITEHEAD, B.; ELDARS, M. Z. The planning of single-storey layouts. **Building Science**, v. 1, n. 2, p. 127-139, 1965.

WIYARATN, W.; WATANAPA, A. Improvement plant layout using systematic layout planning (SLP) for increased productivity. **World Academy of Science, Engineering and Technology**, v. 72, n. 36, p. 269-273, 2010.

YANG, T.; SU, C.; HSU, Y. Systematic layout planning: a study on semiconductor wafer fabrication facilities. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 20, n. 11, p. 1359-1371, 2000.

3. ARTIGO 2 – Planejamento de layout em ambientes de saúde: uma revisão sistemática

Guilherme Brittes Benitez

Flávio Sanson Fogliatto

Artigo submetido à revista Ciência & Saúde Coletiva (ISSN: 1413-8123)

Resumo

O presente trabalho apresenta uma revisão sistemática sobre o planejamento de *layout* em ambientes de saúde. Para o desenvolvimento dessa revisão foram utilizados 69 trabalhos provenientes de periódicos, congressos, livros e documentos de outra natureza. Os trabalhos foram estratificados, baseados na similaridade de seus temas, em dois grupos: (i) conceitos e diretrizes para o planejamento de *layout* em ambientes de saúde e (ii) técnicas e/ou ferramentas empregadas para auxiliar no planejamento de *layout* em ambientes de saúde. Os resultados indicam que as técnicas e/ou ferramentas usualmente adotadas para resolver problemas de *layout* em ambientes fabris devem ser adaptadas ou modificadas quando se deseja planejar *layouts* relacionados a ambientes de saúde, por apresentarem premissas diferentes. Apesar dos conceitos e diretrizes para o planejamento de *layout* em ambientes de saúde estar bem difundidos e esclarecidos, em muitos casos os resultados encontrados não oferecem a melhor solução possível, devido à dificuldade de se levar em consideração todos os aspectos relacionados ao planejamento. Tais aspectos podem ser: fluxo de pacientes, *staff*, materiais, informações, custos, segurança, bem-estar e contaminações, entre outros. Os trabalhos encontrados buscavam discorrer sobre ou oferecer soluções para um ou mais destes aspectos. Direcionamentos futuros de pesquisa na área são propostos.

Palavras-chave: *Layout*, hospital, revisão sistemática.

Abstract

This paper presents a systematic review of the layout planning in healthcare environments. For the development of this review were used 69 works from journals, conferences, books and documents of other natures. The works were stratified based on the similarity of their subjects into two groups: (i) concepts and guidelines for layout planning in health environments and (ii) techniques and tools used to assist the layout planning in healthcare environments. The results indicate that the techniques and tools usually adopted to solve layout problems in industrial environments must be adapted or modified when we want planning layouts related to healthcare environments, because they have different assumptions. Although the concepts and guidelines for layout planning in healthcare environments are well disseminated and clarified, in many cases the results do not offer the best possible solution, because the difficulty of consider all aspects related to planning. These aspects can be: patient flow, staff, materials, information, cost, safety, well-being and

contamination, among others. The works found sought discuss or offer solutions to one or more of these aspects. Future directions of research in this area are proposed.

Keywords: Layout, health care, systematic review.

3.1 Introdução

Técnicas e ferramentas desenvolvidas para apoio a estudos de *layout* buscavam, em sua origem, solucionar problemas de natureza industrial. Porém, foi constatada a necessidade de ampliar seu escopo para contemplar o planejamento de *layout* em sistemas de prestação de serviços relacionados à saúde, visto que eles também possuíam diversos processos e procedimentos, operando de maneira similar às indústrias, mas com foco particular (LIMA-GONÇALVES e ACHE, 1999), apesar do objetivo comum, de resolver o problema de *layout*. Shayan e Chittilappily (2004) definem o problema de *layout* como um problema de otimização, cujo objetivo é determinar arranjos físicos mais eficientes que levem em conta as interações entre instalações, fluxo de materiais, pessoas e qualquer informação relevante do ambiente de análise.

Nos últimos anos, verificou-se um aumento no número de estudos relacionados ao planejamento de *layout* em ambientes de saúde. Isso se deve ao fato de que dispor de um arranjo físico adequado é considerada condição básica para a produção de bens ou prestação de serviços (KULKARNI, BHATWADEKAR e THAKUR, 2015). As premissas para o planejamento de *layout* em ambientes de saúde diferem das premissas dos ambientes fabris, principalmente quanto aos fluxos. Enquanto ambientes fabris consideram os fluxos de materiais para o planejamento de *layout* devido ao processo de produção, ambientes de saúde priorizam o fluxo de pessoas; no caso, pacientes, familiares e *staff* (MUTHER, 1978; YANG, SU e HSU, 2000; JOSEPH e RASHID 2007).

Este trabalho tem como foco o planejamento de *layout* em ambientes de saúde, sendo o seu objetivo a identificação de trabalhos realizados sobre o tema, através de uma revisão sistemática de literatura. Com esse estudo, pretende-se identificar os seguintes caracterizadores da literatura sobre planejamento de *layout* em ambientes de saúde: (i) principais autores; (ii) conceitos e diretrizes; (iii) técnicas e

ferramentas utilizadas; (iv) principais periódicos onde trabalhos sobre o assunto são veiculados; e (v) oportunidades de pesquisas.

A principal justificativa para esse trabalho é a necessidade de se analisar os aspectos considerados mais importantes para o planejamento de *layout* em ambientes de saúde, bem como técnicas e ferramentas utilizadas para solucionar problemas de *layout*. Sua principal contribuição é a organização da escassa literatura sobre o tema de forma estruturada, identificando principais vertentes de pesquisa, e propondo desdobramentos futuros para a investigação sobre o tema.

Na próxima seção do trabalho é apresentado o método utilizado na realização da revisão da literatura. Logo após, são apresentados os resultados relevantes da referida revisão, tabulando e classificando-os nas principais áreas de pesquisa identificadas. Mais além, é apresentada uma seção com as oportunidades de pesquisa sobre o tema e, por fim, as conclusões do presente trabalho.

3.2 Método de Pesquisa

Buscando encontrar trabalhos relacionados ao planejamento de *layout* em ambientes de saúde, foram realizadas pesquisas por palavras e expressões em bases de periódicos. As etapas que compõem o método de obtenção dos trabalhos utilizados para essa revisão, ocorreram de forma sequencial, de tal forma: (i) definição das palavras a serem pesquisadas, (ii) escolha das bases de periódicos a serem utilizadas, (iii) busca dos periódicos nas referidas bases, (iv) exclusão ou inclusão dos trabalhos baseado no título e resumo, e (v) análise completa dos periódicos para identificar outros estudos relevantes a serem incluídos na pesquisa.

Para realizar a definição das palavras a serem pesquisadas nas bases de trabalhos, foram analisados, inicialmente, alguns trabalhos sobre estudos de *layouts* em ambientes de saúde para identificar as expressões e palavras mais recorrentes. As palavras utilizadas na presente pesquisa estão apresentadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Palavras pesquisadas na busca por trabalhos

Palavras Pesquisadas	Filtro	Tipos de Periódicos
("Health Care") E ("Layout")	Título, Resumo e Palavras-Chave	Todas as áreas de Conhecimento
("Hospital") E ("Layout")	Título, Resumo e Palavras-Chave	Todas as áreas de Conhecimento
("Clinical") E ("Layout")	Todo o texto	Todas as áreas de Conhecimento
("Facility Layout Problem") E ("Hospital")	Título, Resumo e Palavras-Chave	Engenharias
("Facility Layout Problem") E ("Health Care")	Título, Resumo e Palavras-Chave	Engenharias
("Facility Layout Problem") E ("Clinical")	Todo o texto	Engenharias
("Systematic Layout Planning") E ("Hospital")	Todo o texto	Todas as áreas de Conhecimento
("Systematic Layout Planning") E ("Health Care")	Todo o texto	Todas as áreas de Conhecimento
("Systematic Layout Planning") E ("Clinical")	Todo o texto	Todas as áreas de Conhecimento

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

A busca por trabalhos foi realizada nas seguintes bases: *Scopus*, *ISI Web of Knowledge*, *Compendex*, *Emerald*, *Springer Link*, *Science Direct*, *IEEE Xplore* e *Wiley Online Library*. Também utilizou-se o *Google Scholar*, que compreende teses, dissertações, artigos e livros sobre o tema. Em alguns casos foi pesquisado especificamente na área de Engenharias devido à extensão de artigos encontrados que fugiam do tema em outras áreas de concentração. Em outros casos foi pesquisado todo o texto pelas palavras-chave utilizadas encontrarem poucos resultados.

Após a definição das palavras e das bases de periódicos a serem utilizadas, iniciou-se a busca efetiva dos trabalhos. Foram encontrados 3.480 trabalhos, incluindo trabalhos duplicados e não relacionados ao tema. A partir da análise do título e resumo, foram selecionados 115 trabalhos, ressaltando, no entanto, que o trabalho era selecionado se mencionasse *layout* e alguma palavra relacionada a ambientes de saúde. Eliminando 10 trabalhos que se encontravam em duplicata, chegou-se a um conjunto contendo 105 resultados únicos. Procedeu-se, na sequência, a leitura integral dos trabalhos e redução do conjunto para 57 trabalhos, aos quais foram adicionados outros 12 considerados relevantes e referenciados pelos estudos da busca, chegando-se a um conjunto final de 69 trabalhos para

serem utilizados nessa revisão sistemática. Vale ressaltar que trabalhos que apenas mencionavam que determinada técnica ou análise poderia ser utilizada em ambientes de saúde foram desconsiderados. Na Figura 3.1 são apresentadas, de forma esquemática, as etapas de aplicação do método de busca descrito acima e a quantidade de trabalhos delas resultantes.

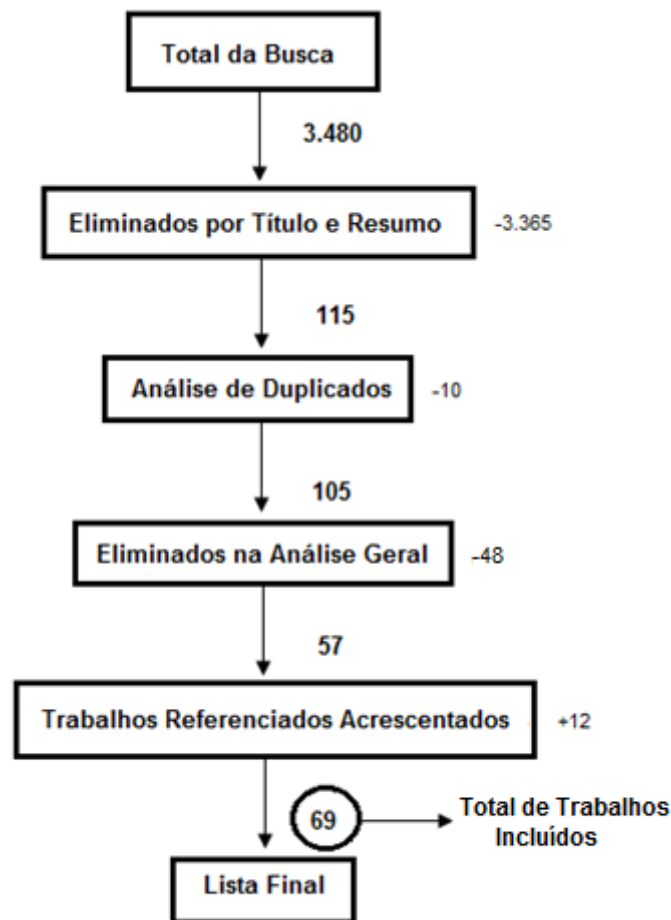


Figura 3.1 – Resultados da seleção dos trabalhos para a revisão sistemática

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Dos 69 trabalhos selecionados para essa pesquisa, verificou-se que 45 (64,71%) eram provenientes de periódicos científicos, 11 (16,16%) de congressos, 9 (13,23%) eram livros e 4 (5,9%) eram documentos de outra natureza. Os periódicos com maior incidência de trabalhos foram: *Internacional Journal of Production Research*, *Automation in Construction*, *HERD: Health Environments Research & Design Journal* e *Health Care Management Science*, todos com 3 trabalhos.

Os trabalhos foram divididos em 2 grupos, os quais foram vinculados a linhas de pesquisa. Os agrupamentos foram: (i) conceitos e diretrizes para o planejamento

de *layout* em ambientes de saúde e (ii) técnicas e/ou ferramentas empregadas para auxiliar no planejamento de *layout* em ambientes de saúde.

Os trabalhos do grupo (i) trazem discussões conceituais e direcionamentos para o planejamento de *layout* em ambientes de saúde, evidenciando as principais diferenças relativamente a ambientes fabris e cuidados a serem considerados ao se planejar *layouts* ligados à saúde. No grupo (ii), os trabalhos contemplam técnicas e/ou ferramentas que auxiliam no planejamento de *layout* para ambientes de saúde, buscando mostrar as adaptações e/ou similaridades dos meios escolhidos pelos autores para planejar o melhor arranjo físico possível.

3.3 Resultados

Esta seção apresenta os resultados da revisão sistemática, que estão organizados em dois agrupamentos mencionados na seção anterior. A divisão dos 69 trabalhos encontrados está apresentada na Figura 3.2.

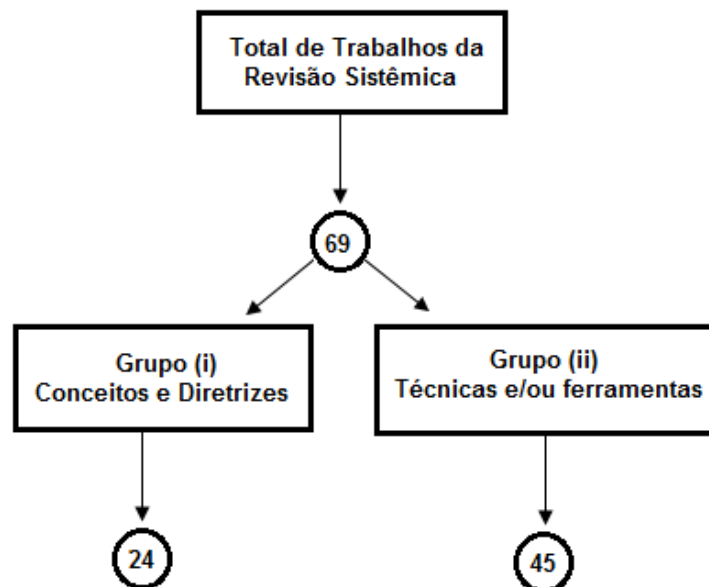


Figura 3.2 – Agrupamentos dos trabalhos encontrados na revisão sistemática

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Usando os critérios adotados para classificar os agrupamentos, foram apresentados conceitos e diretrizes para o planejamento de *layout* em ambientes de saúde retirados de 24 trabalhos. Nos outros 45 trabalhos, foram apresentadas técnicas e/ou ferramentas utilizadas para resolver problemas de *layout* em diferentes cenários ligados à saúde.

3.3.1 Conceitos e diretrizes

Um dos desafios do planejamento de *layout* em ambientes de saúde é a necessidade de se planejar buscando o zelo e bem-estar dos pacientes, bem como, a flexibilidade e agilidade dos processos. Para isso, determinadas premissas devem ser seguidas. Entre elas, destacam-se o fluxo de pessoas e informações, e a higienização do ambiente. Essas premissas diferem o planejamento de *layout* de ambientes de saúde em relação ao de ambientes fabris.

O Quadro 3.1 apresenta os autores e os escopos dos seus estudos, ou seja, os principais assuntos abordados em suas contribuições para o planejamento de *layout* em ambientes de saúde. A necessidade de dividir por assuntos permite uma melhor sumarização das particularidades apresentadas em cada trabalho no restante da seção.

Quadro 3.1 – Relação de autores e escopos

Autores	Escopos							
	Revisão/análise	Planos/tipos de <i>layout</i>	Custos	Fluxo/transporte	Características e fatores	<i>Design</i> baseado em evidências	Enfermarias	Flexibilidade
ARNOLDS e NICKEL (2015)	x							
BARTLEY, OLMSTED e HAAS (2010)		x						
BECKER e PARSONS (2007)						x		
BROGMUS et al. (2007)	x							
DENTON (2013)	x							x
GUPTA et al. (2007)		x						
HOADLEY et al. (2010)		x						
HUA et al. (2012)							x	
JOSEPH e RASHID (2007)					x			
KLECZKOWSKI e PIBOULEAU (1983)		x	x					
KOBUS (2008)		x						
MOATARI-KAZEROUNI, CHINNIAH e AGARD (2015a)			x	x				
MOSSA (2012)					x			x
OZCAN (2005)		x						
RASHID (2015)	x						x	
RASHID (2014)	x							
RECHEL et al. (2010)				x				
SALONEN et al. (2013)	x				x			
SEELYE (1982)							x	
ULRICH et al. (2008)	x				x	x		
VARLANDER (2012)								x
VIJAY, KAZAZ e REFSON (2008)				x				
WILLIAMS (2001)	x							
ZHAO, MOURSHED e WRIGHT (2009)					x			

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Parte das informações no Quadro 3.1 foi baseada no trabalho de Arnolds e Nickel (2015), que realizaram uma revisão de trabalhos sobre planejamento de *layout* em ambientes de saúde, com o objetivo de compará-los e encontrar

conexões. Tais conexões seriam os problemas, locais e técnicas empregadas nos trabalhos analisados pelos autores.

Quando se busca planejar o *layout* de um hospital, deve-se levar em consideração práticas de segurança e higienização. Bartley, Olmsted e Haas (2010) dão ênfase aos riscos de transmissão de doenças através do ambiente construído. Para minimizá-los, sugerem o planejamento mestre de *layout* com o objetivo de prevenir infecções por elementos como sistemas de água e ventilação para garantir um ambiente seguro e sustentável. Hoadley et al. (2010) listam 4 etapas essenciais para aplicar o planejamento mestre de *layout* em ambientes de saúde: *Entendimento*, que inclui a análise de mercado, análise operacional e viabilidade financeira do hospital; *Análise*, que compete a inclusão de indicadores de desempenho para determinar o planejamento ideal; *Planejamento*, que abrange as necessidades a longo prazo; e *Ação*, que implementa os planos e cria relatórios sobre pessoas e informações.

Kleczkowski e Pibouleau (1983) ressaltam que existem diferentes tipos de planos quando se deseja planejar *layouts* em ambientes de saúde. Os autores explicam que tipos de planos consistem em um arranjo de espaços que satisfaçam as necessidades funcionais do local. Entre os ambientes, destacam-se: salas de cirurgias, enfermarias, centros de saúde urbanos e rurais, dispensário e unidades primárias de saúde. Os autores salientam que o principal motivo para aplicar os diferentes planos é a redução de custos ao se planejar determinados *layouts*. Moatari-Kazerouni, Chinniah e Agard (2015a), realizaram uma análise da importância dos custos de transporte ao se planejar *layouts* e discutiram como integrar a segurança e saúde ocupacional aos modelos de planejamento de *layout*.

Zhao, Mourshed e Wright (2009) realizaram uma análise de fatores que influenciam o arranjo dos *layouts* em ambientes de saúde. Entre os fatores, frisam-se: satisfação dos clientes, segurança e bem-estar, energia e meio ambiente, organizacional e configuração espacial. Os autores destacam cuidados para evitar infecções, mal consumo de energia e uma melhor organização e distribuição do *staff* ao se planejar *layouts* em hospitais. Joseph e Rashid (2007) estudaram os efeitos do projeto de hospitais na segurança dos pacientes, mencionando efeitos semelhantes à Zhao, Mourshed e Wright (2009), mas dando destaque a *layouts* que permitam ao *staff* ter visibilidade contínua dos pacientes para prover assistência quando

necessária. Joseph e Rashid (2007) também destacaram a importância de um *layout* que permita a participação da família no processo de tratamento do paciente.

Salonen et al. (2013) resumiram os principais fatores para o planejamento de *layout* em ambientes hospitalares através de uma revisão de literatura; ver Figura 3.3. Os autores buscaram sintetizar e discutir os efeitos de cada fator mencionado na Figura 3.3 ao se planejar *layouts* em hospitais.

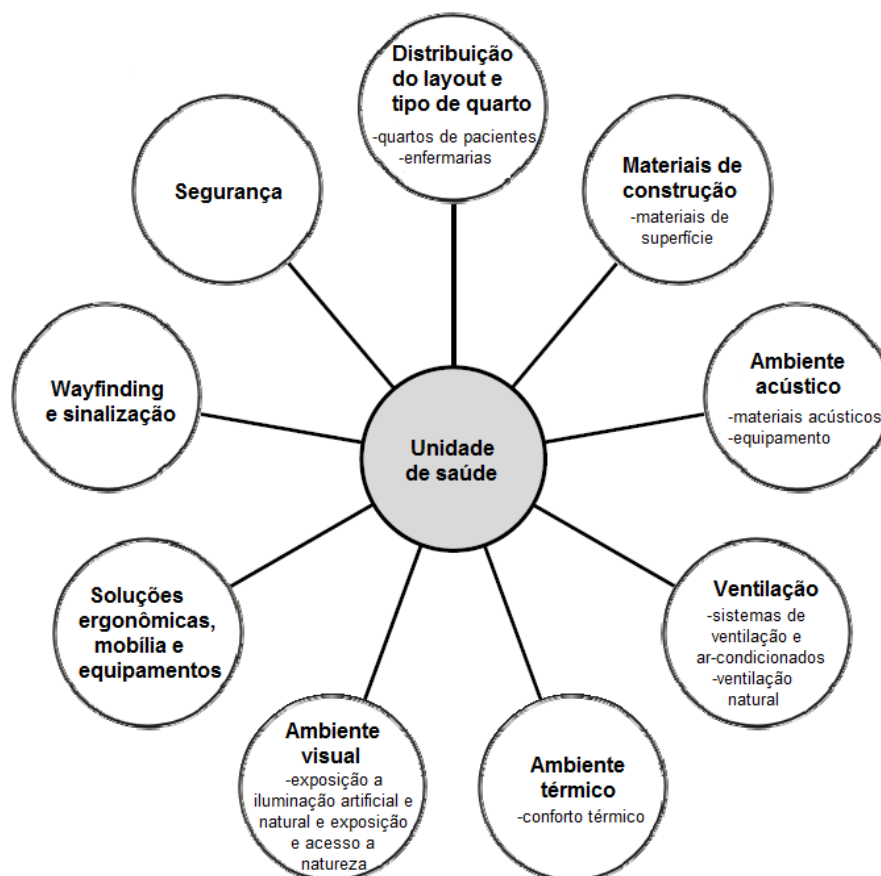


Figura 3.3 – Principais fatores para *layouts* em hospitais

Fonte: Salonen et al. (2013).

Ulrich et al. (2008) realizaram uma revisão de literatura sobre *design* baseado em evidências em ambientes de saúde, mencionando praticamente todos os fatores posteriormente citados por Zhao, Mourshed e Wright (2009) e Salonen et al. (2013), e buscando relacioná-los a benefícios que poderiam ser gerados na área da saúde. Dentre eles, destacam-se reduções de acidentes, dor, estresse de pacientes e *staff*, erros médicos, tempo de espera e infecções, além de aumento do tempo de descanso, privacidade, satisfação, comunicação com os membros da família dos pacientes, aumento da efetividade e satisfação do *staff*. Becker e Parsons (2007)

também realizaram um trabalho sobre *design* baseado em evidências nos ambientes de saúde. Para projetar *layouts* utilizando o *design* baseado em evidências deve-se colher informações a partir de pesquisas científicas. Os autores chegaram à conclusão que o *design* baseado em evidências tem tido grande influência no planejamento, permitindo que os hospitais utilizem como base em seu planejamento de *layout* outros hospitais como referência.

Ozcan (2005) afirma que ambientes de saúde, tais como hospitais, costumam apresentar, simultaneamente, os três tipos básicos de *layout* em suas instalações (*layout* baseado em produto, processo ou de posição fixa). Os mesmos tipos básicos de *layout* são mencionados por Kobus (2008). Gupta et al. (2007) abordam o planejamento de *layout* de diversas áreas do hospital, apontando suas particularidades e tendências em diferentes setores, mostrando ilustrações dos três tipos básicos de *layout*.

Rechel et al. (2010) em seu trabalho propuseram o pensamento enxuto para o planejamento da capacidade dos hospitais, priorizando a análise do fluxo de pacientes ao se planejar *layouts* em ambientes de saúde. Vijay, Kazzaz e Refson (2008) analisaram o fluxo de pacientes de uma unidade de admissão para cirurgias, descrevendo o *layout* da unidade e discorrendo acerca dos principais problemas (tempo de espera, privacidade, controle de infecções e liberação) que afetam os pacientes, desde a unidade de admissão até a cirurgia e saída do hospital.

Williams (2001) buscou mostrar a perspectiva de uma enfermeira em relação ao planejamento de *layout* de uma unidade de tratamento intensivo. A autora comenta a acessibilidade e disponibilidade dos materiais, o fluxo das enfermeiras, os depósitos, quartos dos pacientes, salas de espera dos familiares e o controle de infecções ao se planejar *layouts* de unidades de tratamento intensivo. Rashid (2014) também realizou um estudo exploratório da alocação de espaços no *layout* de uma unidade de tratamento intensivo para adultos, nas últimas duas décadas. A comparação entre as décadas possibilitou melhores escolhas estratégicas ao se planejar unidades de tratamento intensivo, tais como: tamanho da unidade, tipo de construção, especialidade da unidade e tipo de *layout*.

Seelye (1982), analisando *layouts* de enfermarias, constatou que estes devem facilitar o contato entre a equipe de enfermeiras e pacientes, e facilitar acesso aos medicamentos e materiais necessários ao tratamento dos enfermos, diminuindo assim o tempo de fluxo das enfermeiras. Rashid (2015) realizou uma revisão

integrativa de estudos que abordavam *layouts* de enfermarias e verificou que a maioria dos estudos traziam características e comportamentos baseados no tipo de ambiente e descrições sobre o arranjo das unidades de enfermarias em estudo. Entre os tipos de ambientes, diversos estudos apresentaram comparações entre *layouts* de enfermarias centralizadas e descentralizadas, grandes e pequenos. Hua et al. (2012) estudaram os efeitos que *layouts* centralizados e descentralizados de enfermarias causam na comunicação entre o *staff*, qualidade de atendimento e saúde do paciente. Eles concluíram que *layouts* centralizados fornecem uma melhor comunicação e senso de colaboração entre o *staff*, todavia, *layouts* descentralizados fornecem um melhor controle de ruídos, um atendimento mais rápido e eficiente, e menor fadiga ao *staff*.

Varlander (2012) buscou compreender como os *layouts* afetam a flexibilidade individual. Flexibilidade individual é compreendida como a capacidade para lidar com situações novas e inesperadas. O autor utilizou como modelos de estudo *layouts* de um escritório, uma unidade ortopédica e uma unidade de acidente vascular cerebral como meios para estudar a flexibilidade individual e organizacional, concluindo que o formato do *layout* é de grande importância para garantir eventuais mudanças de posicionamento que colaborem na agilidade dos processos. Mossa (2012) propôs premissas básicas para planejamento de *layouts* de unidades de reabilitação de amputados, usando como base visitas de campo a 4 unidades de reabilitação. Três fatores despontaram como cruciais: *flexibilidade* para mudanças de aparelhos e equipamentos, *capacidade* para dispor de todos os equipamentos e materiais necessários, e *necessidades do usuário*, ou seja, um ambiente próprio que forneça bem-estar e acomodação adequados.

Brogmus et al. (2007) estudaram melhores práticas em salas de cirurgias, levando em consideração o planejamento de *layout* e alocação de materiais para evitar escorregões, tropeços e quedas ao se realizar procedimentos cirúrgicos. Como resultados, os autores evidenciaram que salas de cirurgias bem planejadas na distribuição de material e equipamentos, evitando fios e materiais pelos pontos de passagem, entre outros aspectos, melhoram o desempenho dos médicos e enfermeiras. Denton (2013) estudou o planejamento de unidades de vacinação, afirmando que as mesmas devem ter espaço suficiente para um número grande de pessoas, longas linhas de espera e que o *layout* deve ser flexível para suprir grandes demandas quando ocorrerem pandemias.

A próxima seção será devotada às técnicas e/ou ferramentas utilizadas para se planejar *layouts* em ambientes de saúde. Os resultados encontrados pelos autores foram apresentados e agrupados conforme suas similaridades.

3.3.2 Técnicas e ferramentas

Para planejar *layouts* em ambientes de saúde é fundamental conhecer as suas diferenças em relação aos *layouts* fabris. Tais diferenças estão centradas em premissas e conceitos fundamentais para o planejamento, que requer o emprego adequado de técnicas e ferramentas para encontrar a melhor alternativa de *layout*. Para tanto, as técnicas e ferramentas, originárias dos ambientes fabris, devem ser adaptadas para aplicação em ambientes de saúde.

O Quadro 3.2 apresenta os autores e as técnicas e ferramentas mais frequentemente utilizadas para solucionar problemas de *layout* em ambientes de saúde. Foram identificados 5 agrupamentos de técnicas e ferramentas. O primeiro agrupamento reúne trabalhos que abordaram o SLP em sua totalidade, ou parte de seus elementos, em conjunto com outras técnicas, para resolver problemas de *layout*; o segundo agrupamento reúne abordagens que resolveram o problema de *layout* fazendo o uso da Pesquisa Operacional, através de otimizações, heurísticas e modelagens matemáticas; o terceiro agrupamento reúne trabalhos que fazem uso da simulação no apoio aos estudos de *layout*; o quarto agrupamento reúne trabalhos que utilizam a análise de decisão multicriterial; e o quinto e último agrupamento traz trabalhos que utilizam conceitos e técnicas da manufatura enxuta. Vale salientar que muitos trabalhos pertencem a mais de um agrupamento, por integrarem diversos conceitos e técnicas. O restante da seção irá sumarizar as técnicas e ferramentas utilizadas pelos autores, destacando suas contribuições na solução de problemas de *layout* em ambientes de saúde.

Quadro 3.2 – Relação de autores e escopos

Autores	Escopos				
	Planejamento sistemático de layout (SLP) e seus elementos	Programação matemática	Simulação	Análise de decisão multicriterial	Manufatura Enxuta
ABRAHAM, BIRLESON e MARSDEN (2014)			x		
ARNOLDS e NICKEL (2013)		x			
ASSEM, OUDA e WAHED (2012)	x				
BARRETT (2008)	x		x		
BOUCHERIE, HANS e HARTMANN (2012)			x		
BUTLER et al. (1992)	x	x	x		
CHAKLANG, SRISOM e SAITHONG (2013)	x		x	x	
CHRAIBI et al. (2013)		x			
CHRAIBI et al. (2015)		x			
DE LA VEGA, SPIEGEL e CAULLIRAUX (2013)	x				
DELON (1970)	x		x		
ELSHAFEI (1977)		x			
FENG e SU (2015)		x			
GIBSON (2007)			x		
HAHN e KRARUP (2001)		x	x		
HANNE, MELO e NICKEL (2009)		x			
HELBER et al. (2014)		x			
HICKS et al. (2015)					x
KHADEM et al. (2008)			x		
LEVARY e SCHMITT (1986)	x			x	
LIANG e CHAO (2008)		x			
LIGGETT (2000)	x	x	x		
LIN et al. (2015)	x				
LIN, LONG e PING (2009)	x				
LORENZ, BICHER e WURZER (2015)	x	x	x		
MCDOWELL e HUANG (2012)				x	
MEYERS e STEPHENS (2006)	x				
MOATARI-KAZEROUNI, CHINNIAH e AGARD (2015b)	x				
MORGAREIDGE, HUI e JUN (2014)			x		
MOTAGHI et al. (2011)	x	x			
MURTAGH, JEFFERSON e SORNPRASIT (1982)		x			
NICHOLAS (2012)					x
NICKEL (1999)		x			
PAZOUR e MELLER (2012)		x			
ROSSI, PUPPATO e LANZETTA (2013)		x			
SANTOS, GOHR e LAITANO (2012)	x				
SILVA et al. (2013)		x			
SORIANO-MEIER (2011)	x				x
STUMMER et al. (2004)		x			
VAN ESSEN, VAN HOUDENHOVEN e HURINK (2015)		x			
VOS, GROOTHUIS e VAN MERODE (2007)			x		
WANG et al. (2015)			x		x
WHITEHEAD e ELDARS (1965)	x	x			
YEH (2006)		x			
ZHANG, HAN e HE (2009)	x				

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Um dos principais meios para se planejar *layouts* é através de um conjunto de procedimentos, estruturado por etapas operacionais, que integram o chamado planejamento sistemático de *layout* ou SLP (*Systematic Layout Planning*; MUTHER,

1978; MUTHER e WHEELER, 2000). O SLP foi introduzido por Muther (1973) e visa identificar, dentre várias alternativas de *layout*, a que mais se adéqua às necessidades, procedimentos operacionais e estratégias da empresa (YANG, SU e HSU, 2000). Autores pesquisados reportam o uso do SLP em sua totalidade ou parte de suas ferramentas, podendo estas serem incorporadas ou adaptadas a outras técnicas e ferramentas para resolver problemas de *layout* relacionados à saúde. Dentre as ferramentas adaptadas do SLP, o diagrama de relacionamentos é a mais comumente utilizada. O diagrama de relacionamento busca analisar, aos pares, a importância de proximidade relativa entre as áreas, através de uma escala de intensidade. A seção seguinte apresenta os autores que aplicaram o SLP em sua totalidade ou apenas alguns de seus elementos.

3.3.2.1 SLP e seus elementos

De La Vega, Spiegel e Caulliriaux (2013) aplicaram o SLP para analisar o *layout* de uma unidade de saúde, apontando três problemas principais no *layout* analisado: capacidade da sala de espera da emergência de adultos, cruzamento dos fluxos de pacientes do ambulatório pediátrico e da emergência pediátrica, e distância entre laboratório e locais de coleta de materiais para exame. A partir da identificação dos problemas, foram sugeridas mudanças no posicionamento de departamentos e melhor aproveitamento de espaços. Santos, Gohr e Laitano (2012) incorporaram a análise do fluxo de clientes ao SLP para analisar o *layout* de um sistema de operações de serviços de saúde. Os autores concluíram que a aplicação do SLP em sistemas de serviços apresenta a mesma utilidade observada em ambientes fabris, desde que se inclua o fluxo de pessoas no método. Lin, Long e Ping (2009) também incluíram o fluxo de pessoas no SLP, porém, em conjunto com o fluxo de materiais para planejar salas de cirurgia em um hospital. Para encontrar o *layout* ótimo foi utilizada a lógica *fuzzy*, através da coleta de opinião de especialistas, identificando, assim, de forma subjetiva o *layout* ideal. Posteriormente, Lin et al. (2015) aplicaram a mesma integração (SLP e *fuzzy*) para otimizar o *layout* das salas de cirurgia no Hospital Leste de Shanghai. As limitações relacionadas à subjetividade dos julgamentos foram semelhantes às verificadas no estudo anterior.

Muitos autores utilizaram apenas alguns elementos do SLP, como o diagrama de relacionamentos ou a sua escala de intensidade. Os próximos parágrafos dão continuidade aos trabalhos referentes ao primeiro agrupamento do Quadro 3.2 e

apresentam as contribuições utilizando esses elementos do SLP em conjunto com outras técnicas e ferramentas para resolver o problema de *layout*.

Motaghi et al. (2011) utilizaram o diagrama de relacionamentos do SLP para planejar o *layout* do Hospital de Shafa. A eficiência do hospital antes e depois da adoção do novo *layout* foi calculada através de um algoritmo chamado diamante, resultando em um aumento de 45% na eficiência do hospital no novo *layout*. Butler et al. (1992) usou a escala do diagrama de relacionamentos em conjunto com um modelo de programação inteira para otimizar a alocação de leitos em um hospital. Os autores apresentaram um método em duas fases que equilibrou as taxas de ocupação de leitos no hospital e reduziu consideravelmente as más alocações de pacientes, sendo esse resultado validado através de um modelo de simulação. Barrett (2008) também combinou o uso da simulação ao SLP para encontrar o *layout* ótimo de uma clínica de flebotomia em um hospital de Toronto. O autor aplicou a simulação ao fluxo de pessoas da clínica, obtendo dois *layouts* ótimos como solução ao problema.

Assem, Ouda e Wahed (2012) usaram a escala do diagrama de relacionamentos do SLP em conjunto com uma matriz de adjacências, semelhante ao diagrama, para determinar a proximidade ideal entre áreas de centros cirúrgicos em dois hospitais. Os autores verificaram uma melhoria de 18,5% e 45% nos procedimentos dos hospitais a partir dos *layouts* propostos. Lorenz, Bicher e Wurzer (2015) também utilizaram as informações de uma matriz de adjacências para alimentar o simulador *NetLogo*, o qual foi utilizado na análise de alternativas para o *layout* de um hospital.

Delon (1970) utilizou os *softwares* CORELAP e CRAFT na análise do *layout* de um hospital pediátrico hipotético, com 100 leitos de internação. Os programas computacionais trabalham com as premissas do SLP, buscando o *layout* ótimo através da redução de custos. Ao combinar os dois programas, foi possível investigar os *trade-offs* entre custos de transporte de materiais e indivíduos entre departamentos e os custos de obtenção de novos *layouts*. Moatari-Kazerouni, Chinniah e Agard (2015b) levaram em consideração os custos de transporte de materiais ao planejar o *layout* de uma cozinha hospitalar. A metodologia integrou uma matriz de custos de transportes entre os setores da cozinha ao SLP, obtendo uma redução de aproximadamente 3% nos custos associados ao novo *layout* proposto.

Whitehead e Eldars (1965) planejaram o bloco cirúrgico de um hospital, constituído por salas de cirurgia, anestesia e demais setores correlatos, utilizando premissas do SLP e análise de fluxos de pessoas no ambiente, combinadas com a programação Algol. Com o novo *layout*, foi possível obter uma redução considerável nos custos anuais associados a transporte entre setores. Zhang, Han e He (2009) também trabalharam com a análise de fluxos de pessoas ao analisar o caso do hospital de Tianjin (China). No estudo, foi utilizado o sistema de instalação e produção, método semelhante ao diagrama de relacionamentos do SLP, para encontrar o *layout* ótimo. Através de análises quantitativas do sistema de instalação e produção, os autores encontraram um modelo racional de *layout*, que melhorou a eficiência do hospital fornecendo atendimentos eficientes e rápidos aos pacientes.

Meyers e Stephens (2006) revisaram técnicas e conceitos de planejamento de *layouts* fabris, incluindo o planejamento de instalações médicas através do SLP, com foco no fluxo de materiais e pessoas, entre os sistemas fabris analisados. Liggett (2000) também revisou técnicas e ferramentas para o planejamento de *layout*, identificando aquelas aplicáveis em ambientes de saúde, tais como SLP, CRAFT, simulação, algoritmos genéticos, abordagens híbridas, otimizações, teoria dos gráficos e problemas envolvendo atribuição quadrática. A próxima seção apresenta as contribuições referentes ao segundo agrupamento do Quadro 3.2.

3.3.2.2 Programação matemática

Apesar de não se tratar de técnica ou ferramenta de estudo de *layout*, o problema da atribuição quadrática (*quadratic assignment problem* - QAP) foi utilizado por diversos autores em suas contribuições, entre eles Liggett (2000), já citado, e outros, que terão seus trabalhos apresentados a seguir. O QAP é uma modelagem matemática cujo objetivo é encontrar a alocação de menor custo de objetos a locais; trata-se, assim, de um problema de otimização de posicionamento (CELA, 1998; LOIOLA, ABREU e BOAVENTURA NETTO, 2004). Normalmente, soluções para problemas envolvendo QAP são obtidas por heurísticas ou otimização inteira.

Elshafei (1977) buscou solucionar o QAP em um hospital do Cairo através de uma abordagem heurística. O problema de alocação contemplava 19 espaços dentro de um departamento do hospital (e.g. recepção e registro de pacientes, sala de espera, setor administrativo, etc.). A heurística buscou ranquear os espaços e encontrar possíveis mudanças que minimizassem os custos de transporte, os quais

foram reduzidos em 19,2%. Murtagh, Jefferson e Sornprasit (1982) também resolveram um QAP de tamanho similar em um hospital, porém utilizando programação não-linear e o *software* MINOS na busca da solução ótima.

Outros autores também utilizaram heurísticas na otimização de QAPs. Pazour e Meller (2012) resolveram o QAP do *layout* de armários de distribuição automatizada de medicamentos em um hospital. Os autores utilizaram um algoritmo de troca de pares que permitiu minimizar o risco de erros na seleção de medicamentos. Silva et al. (2013) usaram a meta-heurística GRASP (*Greedy Randomized Adaptive Search Procedure*) com *path relinking* (religamento de caminhos) para solucionar o QAP de um hospital hipotético de 3 andares. A GRASP é uma meta-heurística que cria uma solução inicial, a partir da qual efetua uma busca local para otimizá-la. Ao incluir o *path-relinking*, a solução inicial é combinada com outra solução encontrada pelo GRASP e vira candidata à solução ótima se atender aos critérios de qualidade estabelecidos pelos pesquisadores. Helber et al. (2014) buscaram reduzir os custos relacionados a transportes utilizando uma heurística para resolver o QAP em um hospital na Alemanha. Os autores utilizaram um algoritmo de correção-otimização para desenvolver um sistema de modelagem hierárquica e concluíram que, apesar do modelo não fornecer uma solução ótima, pode contribuir como ferramenta de apoio ao planejador de *layout*.

Nickel (1999) mencionou o QAP ao discorrer acerca de alocações de salas cirúrgicas, enfermarias e laboratórios. Para resolver os problemas de alocação, foi sugerida a incorporação do *Branch-and-Bound* multicritério, um vetor de maximização capaz de produzir todas as soluções extremas eficientes, de forma a lidar com diferentes cenários e obter robustez nos resultados. Hahn e Krarup (2001) compararam a sua proposta de solução para um problema complexo de atribuição quadrática, relacionado ao *layout* do Hospital Universitário Klinikum Regensburg (Alemanha), com a de outros autores. A análise do *layout* do referido hospital iniciou em 1972, quando foi realizada uma competição para encontrar o *layout* ótimo que reduziria distâncias percorridas e problemas de comunicação entre pares de setores do hospital. Ao longo dos anos foram aplicadas técnicas heurísticas, otimizações e simulações, que resultaram em diversas soluções, sendo a ótima encontrada em 1983 por Burkard e Bonniger (1983), mas apenas confirmada em 1999 por Hahn, Grant e Hall (1998), que analisaram todas as soluções possíveis, através do algoritmo *Branch-and-Bound* de programação inteira.

Feng e Su (2015) utilizaram um modelo de programação inteira na otimização do *layout* do Hospital de Tongji, na China. O objetivo da otimização era minimizar o tempo médio de deslocamento dos pacientes, desde o seu registro até os departamentos de consultas. Registrou-se uma redução total de 11,55%. Yeh (2006) utilizou redes neurais como método de otimização para solucionar o QAP, no planejamento do *layout* de um hospital com 28 departamentos. O método permitiu identificar rapidamente um *layout* considerado competitivo, sendo considerado vantajoso no caso de usuários que desejem analisar alternativas de *layout*, ao invés de apenas selecionar a matematicamente ótima. Chraibi et al. (2015) utilizaram um sistema de tomada de decisões multi-agente baseado no QAP e em programação linear inteira mista para reduzir os custos de transporte e rearranjo, objetivando encontrar o *layout* ótimo de um centro cirúrgico. Para validar o modelo proposto, os autores utilizaram o *software* ILOG CPLEX 12.5 através de linguagem *Java*, encontrando uma solução eficiente para o problema de grande dimensão, composto por 88 atividades interligadas, em um menor período de tempo, assim, fornecendo o *layout* ótimo.

A programação matemática não é utilizada apenas para resolver problemas de atribuição quadrática, sendo também usada de outras formas para avaliar/planejar *layouts*. Hanne, Melo e Nickel (2009) utilizaram uma abordagem heurística em conjunto com o *software* Opti-TRANS para analisar o fluxo de pacientes de um hospital. A análise permitiu agilizar os processos de transportes e fluxo de trabalho, obter uma maior satisfação dos pacientes, bem como sugerir mudanças de posicionamento no *layout* do hospital. Rossi, Puppato e Lanzetta (2013) propuseram um modelo de programação inteira mista, otimizado através de duas heurísticas, para analisar o *layout* de um hospital na Itália. O objetivo era reduzir o número de trabalhos atrasados e o *makespan* (tempo de processamento) das atividades do hospital. As heurísticas ofereceram soluções que impediram o atraso nos trabalhos e reduziram pela metade o *makespan* do horizonte de programação, proporcionando grande economia para o hospital. Chraibi et al. (2013) também utilizaram a programação inteira mista para resolver o problema de *layout* de um centro cirúrgico. A otimização visava minimizar os custos de transporte, maximizando a proximidade entre departamentos.

Liang e Chao (2008) utilizaram a busca tabu para encontrar o *layout* ótimo de um hospital com 28 departamentos. A busca tabu é uma meta-heurística usada para

resolver problemas de otimização que, a partir de uma solução inicial, tenta avançar para outra solução vizinha que satisfaça critérios determinados pelo pesquisador, até encontrar a solução ótima. Quando comparada a algoritmos genéticos e redes neurais, apresentou uma solução 4% a 5% superior, em média. Stummer et al. (2004) buscaram determinar a localização e o tamanho de departamentos médicos de uma rede hospitalar, usando exemplos numéricos de hospitais na Alemanha. A abordagem dos autores foi elaborada em duas etapas. Na primeira etapa, a busca tabu foi utilizada para determinar possíveis alocações eficientes. A segunda etapa utilizou uma clusterização do tipo *k-means* para explorar o espaço de soluções encontradas até determinar a solução ótima. O estudo contribuiu com o planejamento estratégico dos hospitais, proporcionando analisar diversos cenários e possibilitando escolher qual renderia o padrão mais atrativo de atendimento.

Van Essen, Van Houdenhoven e Hurink (2015) utilizaram a clusterização em um problema de programação inteira, visando agrupar departamentos clínicos de um hospital. O objetivo era diminuir o número de leitos hospitalares necessários nos *clusters* de departamentos e otimizar o trabalho das enfermarias, reduzindo a probabilidade de não dar ingresso a novos pacientes. Após definir os agrupamentos de departamentos, foram usadas duas heurísticas para encontrar a alocação ótima. Arnolds e Nickel (2013) consideraram diversas abordagens matemáticas para o planejamento de *layout* de enfermarias. Os autores desenvolveram 5 modelos matemáticos para gerar *layouts* de acordo com a variação de demanda para quartos de tamanhos diferentes, em períodos múltiplos. Os modelos minimizaram os custos incorridos em violações de demanda e instalação de salas fixas para pacientes. Os trabalhos pertencentes ao terceiro agrupamento do Quadro 3.2 são apresentados na sequência. Tais trabalhos utilizam a simulação em conjunto com outras técnicas, como meio para determinar *layouts* ótimos.

3.3.2.3 Simulação

Abraham, Birleson e Marsden (2014) sugeriram uma ferramenta digital e outra de simulação que permitem às famílias dos pacientes selecionar o tamanho e tipo de quarto, e alocar os equipamentos e leito da maneira que desejarem. Os autores conseguiram reduzir o tempo de planejamento de *layout* ao aumentar a participação da família e paciente no planejamento dos quartos. Khadem et al. (2008) avaliaram o *layout* do setor de emergência de um hospital público usando o *software* MedModel

como ferramenta de simulação. Os objetivos eram aumentar a satisfação dos pacientes, minimizar o tempo de espera e expandir a capacidade do setor. Foi possível reduzir em 75% e 77%, respectivamente, o tempo de espera para pacientes com ferimentos do tipo leve e médio, e aumentar em 10% a capacidade de atendimento do setor.

Boucherie, Hans e Hartmann (2012) utilizaram dois modelos de simulação de eventos discretos para avaliar a integração dos setores de gestão de operações e de arquitetura no *layout*, durante a construção de uma unidade de saúde. Os autores concluíram que, na maioria dos casos, os setores têm trabalhado isoladamente durante o planejamento de *layout* e que há a necessidade da sua integração, apesar das diferenças culturais de trabalho. Vos, Groothuis e Van Merode (2007) também usaram a simulação de eventos discretos através do MedModel para avaliar o novo *layout* de um hospital, buscando preencher a lacuna entre gestão de operações e arquitetura. Ao avaliar o novo *layout*, os autores concluíram que o mesmo não parecia flexível o suficiente para lidar com variações na logística, *mix* de pacientes e tipos de tecnologias empregadas, e que a simulação de eventos discretos foi uma ferramenta útil para avaliar melhorias na flexibilidade.

Gibson (2007) utilizou a simulação de eventos discretos para planejar o *layout* de hospital de grande porte, objetivando melhorar a qualidade e produtividade dos serviços prestados. O autor propôs um mapa de planejamento dividido em planejamento prévio, planejamento mestre e desenho esquemático, tendo a simulação de eventos discretos sido inserida em todas as etapas. Morgareidge, Hui e Jun (2014) buscaram reduzir os custos operacionais e melhorar o desempenho ao planejar o *layout* do departamento de emergência de um hospital. Para tanto, aplicaram a simulação de eventos discretos e a análise de sintaxe espacial para otimizar o *layout* do departamento de emergência. A simulação de eventos discretos pode ser compreendida como um sistema que muda de estado somente quando um evento ocorre; já a análise de sintaxe espacial é uma ferramenta digital que propicia medidas quantitativas para espaços individuais e totais do *layout*. O estudo resultou em redução de custos operacionais e do tempo de espera dos pacientes. A próxima seção aborda o quarto agrupamento.

3.3.2.4 Análise de decisão multicriterial

O quarto agrupamento de trabalhos do Quadro 3.2 aborda o uso da análise de decisão multicriterial ou decisões baseadas em opiniões de especialistas, individuais ou em grupo, para selecionar a melhor alternativa de *layout*. Chaklang, Srisom e Saithong (2013) utilizaram premissas do SLP em conjunto com o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) de análise multicriterial para planejar e selecionar a melhor alternativa de *layout* de uma unidade de saúde produtora de medicamentos. O AHP permitiu a análise de alternativas de *layout* considerando critérios selecionados para o julgamento, o qual é baseado em opiniões de especialistas. Como resultado, obtêm-se pesos de preferência para as alternativas consideradas. No trabalho, as alternativas foram simuladas no *software* Arena para avaliar o desempenho dos critérios selecionados.

McDowell e Huang (2012) propuseram um sistema de ponderação para selecionar o *layout* de uma farmácia. O sistema levou em conta critérios que afetavam a eficiência do *layout*; custo, viabilidade, segurança do *staff*, manutenção e impacto no ambiente foram considerados os critérios de maior relevância. Foram sugeridos 3 novos *layouts*, os quais foram comparados ao *layout* atualmente em uso. Usando os critérios e seus pesos de importância, o *layout* em uso foi o que atingiu a pior pontuação (5,3); já a alternativa selecionada apresentou uma pontuação de 7,1. Levary e Schmitt (1986) utilizaram um grupo de especialistas para avaliar um diagrama de relacionamentos e replanejar o *layout* de um laboratório clínico. O grupo de especialistas era composto por profissionais atuantes no laboratório; em quatro rodadas de avaliação, o grupo chegou ao *layout* ótimo. Concluiu-se que incorporando funcionários no replanejamento do *layout* do laboratório contribuiu com um aumento significativo da motivação, moral e produtividade do setor, bem como reduções de custos e maior flexibilidade nos processos.

3.3.2.5 Manufatura enxuta

O quinto agrupamento de trabalhos do Quadro 3.2 utiliza premissas da manufatura enxuta (*lean manufacturing*) para avaliar/planejar *layouts* em ambientes de saúde. A manufatura enxuta é um sistema focado na redução de 7 tipos de perdas (superprodução, tempo de espera, transporte, excesso de processamento, estoques, movimentos e defeitos), melhorando a qualidade e agregando valor aos

processos. Soriano-Meier et al. (2011) usaram conceitos da manufatura enxuta através do questionário SERVPERF para examinar as alocações de unidades clínicas do Hospital Geral de Northampton. O questionário SERVPERF é um modelo baseado na percepção de desempenho dos serviços. O diagrama de relacionamentos foi usado para indicar a importância da relação de proximidade entre as unidades clínicas para, na sequência, o questionário SERVPERF ser aplicado aos pacientes. Como resultados, os autores perceberam que há necessidade de reforçar os processos não clínicos, pois os pacientes tendem a valorizar atributos funcionais (e não técnicos) quando avaliam a qualidade do serviço.

Hicks et al. (2015) aplicaram o 3P (processo da preparação da produção) para planejar uma nova unidade de endoscopia em um hospital no Reino Unido. O 3P consiste em dirigir um grupo multidisciplinar com diferentes enfoques e experiências, para desenhar processos e soluções de manufatura a partir dos princípios *lean*. Ao aplicar o 3P, foram analisados os 7 fluxos da medicina, a saber: pacientes, *staff*, medicamentos, suprimentos, informações, equipamentos e famílias. Foi possível ligar os fluxos e desenvolver um *layout* ótimo que minimizava o tempo de movimentação entre setores.

Wang et al. (2015) utilizaram o mapeamento do fluxo de valor (*value stream mapping* – VSM) em conjunto com a simulação para minimizar o tempo de espera e maximizar o nível de serviço de um departamento de emergência. O VSM é uma ferramenta que auxilia no entendimento do fluxo de material e de informação ao desenhar cada processo pelo qual o material ou informação passa. Após mapear o fluxo dos pacientes, a simulação foi aplicada através do *software* Arena para minimizar o tempo de deslocamento de pacientes. Foi possível reduzir o tempo médio de espera dos pacientes de 78 para 38 minutos, aumentar o nível de serviço de 54% para 88%, e reduzir o número de enfermeiras de 9 para 6.

Nicholas (2012) revisou métodos da manufatura enxuta buscando uma abordagem para integrá-los e replanejar o setor de emergência de um hospital. O autor utilizou conjuntamente o mapeamento do fluxo de valor, 5S e padrão de trabalho, voz do cliente (*voice of the customer* – VOC) e 3P. O uso integrado dessas ferramentas para reduzir as perdas forneceu eficiência, foco ao *staff*, pragmatismo e aderência ao novo *layout* proposto.

Vale mencionar outros trabalhos que abordam o problema de *layout* em ambientes relacionados à saúde (Amladi, 1984; Ashby et al., 2008; Baumgart et al., 2009; Borzo, 1992; Bromley, 2012; Burn, 1982; Butler, Karwan e Sweigart, 1992a; Ceglowski, Churilov e Wassertheil, 2005; Choudhary et al., 2010; Halpern et al., 2012; Hancock et al., 1978; Hignett e Lu, 2010; Mahachek e Knabe, 1984; Molyneux, 2010; Murali, 1988), os quais já foram apresentados na revisão de Arnolds e Nickel (2015), não sendo contemplados na presente revisão sistemática. Apesar dos trabalhos abordarem problemas relacionados a *layouts* em ambientes de saúde, eles também estavam relacionados a problemas de gestão em hospitais, incluindo outros focos além do planejamento de *layout*.

A próxima seção será devotada às conclusões a respeito da revisão sistemática. Os resultados serão analisados e discutidos de maneira sintética e serão apontadas as tendências futuras para o planejamento de *layout* em ambientes de saúde.

3.4 Oportunidades e tendências de pesquisa

O volume crescente de trabalhos sobre o tema indica que a demanda por estudos de planejamento de *layout* em ambientes de saúde tem crescido nos últimos anos. Esse fato se deve à evolução na área da programação computacional, tornando disponíveis *softwares* que permitem analisar e validar com maior precisão os resultados provenientes dos *layouts* gerados. Porém, apesar das premissas e diretrizes para o planejamento de *layout* em ambientes de saúde estarem bem definidas, é possível identificar oportunidades e tendências de pesquisa, as quais são apresentadas a seguir.

(i) Aspectos para o planejamento de *layout*. Apesar de alguns autores (Salonen et al., 2013; Joseph e Rashid, 2007; Mossa, 2012; Ulrich et al., 2008, Zhao, Mourshed e Wright, 2009) destacarem a importância de aspectos teóricos relacionados ao planejamento de *layout* em ambientes de saúde, ficou evidente a dificuldade de conseguir contemplar todos na parte prática. As contribuições apresentadas abordam apenas alguns setores ou departamentos de instituições de saúde; dificilmente o planejamento de *layout* é abordado de forma sistêmica, considerando todos os fluxos que compõem a instituição. Portanto, como oportunidade de pesquisa é sugerida uma abordagem holística, que selecione os

aspectos teóricos considerados mais relevantes no cenário em estudo, contemplando-os em um planejamento sistêmico de *layout*.

(ii) Simulação. A simulação é uma ferramenta que permite avaliar os possíveis resultados de um cenário. Porém, pode ser inviável coletar todos os dados, sendo necessárias simplificações que acabam gerando cenários simulados distantes da realidade. Ferramentas como o AHP e análise de custos poderiam direcionar a simulação a priorizar os aspectos que realmente devam ser simulados. Outra oportunidade de pesquisa seria o uso do projeto de experimentos para simular cenários de maneira ordenada e otimizada quanto à coleta de dados.

(iii) *Design* baseado em evidências (DBE). Nos últimos anos, o DBE tem sido usado por muitos hospitais no planejamento de seus *layouts*. Entretanto, para utilizar o DBE deve-se compreender que o método não consiste em uma cópia do *layout* de algum hospital identificado como de referência. Fatores como região, localização, clima, população, tamanho, equipamentos, capital e procedimentos, entre outros, devem ser levados em conta. Como oportunidade de pesquisa seria interessante incluir no DBE o Mecanismo da Função Produção (MFP), que consiste na diferenciação entre as funções processo e operações, assim, apoiando o desenvolvimento do projeto de *layout*, trazendo robustez nos resultados.

(iv) Arquitetura vs. gestão de operações. Foi reportado em alguns estudos (Boucherie, Hans e Hartmann, 2012; Vos, Groothuis e Van Merode, 2007) que esses dois setores, essenciais para o planejamento de *layout*, normalmente trabalham separados em análises de *layout* nas organizações. Isso se deve a aspectos de cultura organizacional e ao fato do setor de arquitetura se ater ao *design* do *layout*, enquanto o setor de gestão de operações se atem à análise de fluxos. Métodos que estimulem o trabalho colaborativo desses dois setores podem resultar em *layouts* que otimizem e sejam flexíveis, tanto na parte operacional quanto estrutural, e deveriam ser investigados. Estudos que possibilitem integrar os aspectos considerados importantes à arquitetura e gestão de operações, para melhorar sua colaboração ao planejar *layouts* em ambientes de saúde, são vistos como oportunidades promissoras de pesquisa.

(v) Planejamento sistemático de *layout* (SLP). O SLP foi uma das abordagens mais utilizadas nos trabalhos encontrados para resolver problemas de *layout* em ambientes de saúde. O principal problema constatado é que, em todos os casos relacionados à saúde, o método precisa ser modificado para ser possível encontrar

boas alternativas de *layout*. A principal mudança evidenciada nos trabalhos encontrados é relacionada ao fluxo. Para hospitais é fundamental considerar os 7 fluxos da medicina, mencionados por Hicks et al. (2015). Portanto, como oportunidade de pesquisa seria interessante incluir a análise desses fluxos ao SLP, modificando a matriz de relacionamentos para operar de forma multivariada.

3.5 Conclusão

O presente artigo apresentou uma revisão sistemática sobre planejamento de *layout* em ambientes de saúde, visando identificar o estado da arte sobre o tema. Nesse estudo, foi possível identificar os principais autores e periódicos, as premissas para o planejamento de *layout*, os tipos de técnicas e/ou ferramentas mais frequentemente usadas e as principais linhas de pesquisa sobre o tema. Os resultados da revisão foram divididos em duas linhas de pesquisa: conceitos e diretrizes para o planejamento de *layout* em ambientes de saúde, e técnicas e/ou ferramentas empregadas para auxiliar no planejamento de *layout* em ambientes de saúde.

A seção de Conceitos e Diretrizes teve por objetivo apresentar as premissas básicas sobre o tema, no caso, os principais fatores que devem ser levados em consideração ao se planejar *layouts* em ambientes de saúde. Na seção de Técnicas e Ferramentas, foram apresentadas as diferentes técnicas, ferramentas e métodos propostos como solução a problemas de *layout* de diferentes cenários relacionados à saúde.

Em relação às linhas de pesquisa citadas anteriormente, verificou-se que aquela com o maior número de publicações é a de Técnicas e Ferramentas, com 45 publicações (65,22%). Os critérios mais utilizados na definição da eficiência de um novo layout foram incidência de contaminações entre setores, iluminação, ventilação, segurança, bem-estar, satisfação, fluxos e custos. Em relação às técnicas e/ou ferramentas mais utilizadas, destacaram-se: SLP, simulação, heurísticas, otimizações, *softwares* e programações específicas para o assunto e manufatura *lean*.

Após a realização da pesquisa, pôde-se concluir que apesar dos conceitos e diretrizes sobre o planejamento de *layout* em ambientes de saúde estarem bem difundidos e esclarecidos, a aplicação de técnicas e ferramentas não tem resolvido plenamente o problema de *layout*. Nesse sentido, o artigo é encerrado com a

discussão de oportunidades de pesquisas futuras sobre o tema *layout* em instituições de saúde.

É importante apontar as limitações dessa revisão sistemática, que podem ser resumidas em três pontos principais: (i) o não aprofundamento dos modelos de programação matemática, os quais foram apresentados de maneira superficial; (ii) o pouco aproveitamento de todos os elementos do SLP, limitando a maioria das contribuições à apenas o uso do diagrama de relacionamentos ou sua escala de intensidade; e (iii) a dificuldade em encontrar trabalhos que apresentassem técnicas e ferramentas que contemplassem todos os aspectos de planejamento de *layout* apontados como relevantes nessa revisão sistemática. Essas limitações poderiam ser reduzidas em uma futura revisão sistemática, que incluísse mais dissertações, teses e trabalhos em congressos ou que considerasse soluções sugeridas em outros ambientes, entre eles, os fabris, que sejam interessantes para instituições de saúde.

3.6 Referências

ABRAHAM, B. B.; BIRLESON, A.; MARSDEN, S. Digital room-layout planning for complex manual handling hospital discharges. **International Journal of Integrated Care**, v. 14, n. 8, 2014.

AMLADI, P. Outpatient health care facility planning and sizing via computer simulation. In: **Proceedings of the 16th conference on Winter simulation**. IEEE Press, 1984. p. 704-711.

ARNOLDS, I. V.; NICKEL, S. Multi-period layout planning for hospital wards. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 47, n. 3, p. 220-237, 2013.

ARNOLDS, I.; NICKEL, S. Layout Planning Problems in Health Care. In: **Applications of Location Analysis**. Springer International Publishing, 2015. p. 109-152.

ASHBY, M.; FERRIN, D.; MILLER, M.; SHAHI, N. Discrete event simulation: optimizing patient flow and redesign in a replacement facility. In: **Simulation Conference**, 2008. WSC 2008. Winter. IEEE, 2008. p. 1632-1636.

ASSEM, M.; OUDA, B. K.; WAHED, M. A. Improving operating theatre design using facilities layout planning. In: **Biomedical Engineering Conference (CIBEC)**, 2012 Cairo International. IEEE, 2012. p. 109-113.

BARRETT, A. **Optimization of Facility Design and Workflow Processes at the Phlebotomy Clinic of Toronto General Hospital**. 2008. Tese de Doutorado. University of Toronto.

BARTLEY, J. M.; OLMSTED, R. N.; HAAS, J. Current views of health care design and construction: Practical implications for safer, cleaner environments. **American journal of infection control**, v. 38, n. 5, p. S1-S12, 2010.

BAUMGART, A.; DENZ, C.; BENDER, H. J.; SCHLEPPERS, A. How work context affects operating room processes: using data mining and computer simulation to analyze facility and process design. **Quality Management in Healthcare**, v. 18, n. 4, p. 305-314, 2009.

BECKER, F.; PARSONS, K. S. Hospital facilities and the role of evidence-based design. **Journal of Facilities Management**, v. 5, n. 4, p. 263-274, 2007.

BORZO, G. New patient tower mixes aesthetics with practicality. **Health care strategic management**, v. 10, n. 9, p. 18-20, 1992.

BOUCHERIE, R. J.; HANS, E. W.; HARTMANN, T. Health care logistics and space: accounting for the physical build environment. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference**. Winter Simulation Conference, 2012. p. 62.

BROGMUS, G.; LEONE, W.; BUTLER, L.; HERNANDEZ, E. Best practices in OR suite layout and equipment choices to reduce slips, trips, and falls. **AORN journal**, v. 86, n. 3, p. 384-398, 2007.

BROMLEY, E. Building patient-centeredness: Hospital design as an interpretive act. **Social Science & Medicine**, v. 75, n. 6, p. 1057-1066, 2012.

BURKARD, R. E.; BÖNNIGER, T. A heuristic for quadratic Boolean programs with applications to quadratic assignment problems. **European Journal of Operational Research**, v. 13, n. 4, p. 374-386, 1983.

BURN, J. M. B. Facility design for outpatient surgery and anesthesia. **International anesthesiology clinics**, v. 20, n. 1, p. 135-152, 1982.

BUTLER, T. W.; KARWAN, K. R.; SWEIGART, J. R.; REEVES, G. R. An integrative model-based approach to hospital layout. **IIE transactions**, v. 24, n. 2, p. 144-152, 1992.

BUTLER, T. W.; KARWAN, K. R.; SWEIGART, J. R. Multi-level strategic evaluation of hospital plans and decisions. **Journal of the operational research society**, p. 665-675, 1992a.

CEGLOWSKI, R.; CHURILOV, L.; WASSERTHIEL, J. Facilitating Decision Support in Hospital Emergency Departments: A Process Oriented Perspective. **ECIS 2005 Proceedings**, p. 55, 2005.

CELA, E. **The quadratic assignment problem: theory and applications**. 1998.

CHAKLANG, A.; SRISOM, A.; SAITHONG, C. Design and Selection of Plant Layout by Mean of Analytic Hierarchy Process: A Case Study of Medical Device Producer.

In: **Proceedings of the Institute of Industrial Engineers Asian Conference 2013**. Springer Singapore, 2013. p. 311-318.

CHOUDHARY, R.; BAFNA, S.; HEO, Y.; HENDRICH, A.; CHOW, M. A predictive model for computing the influence of space layouts on nurses' movement in hospital units. **Journal of Building Performance Simulation**, v. 3, n. 3, p. 171-184, 2010.

CHRAIBI, A.; KHARRAJA, S.; OSMAN, I. H.; ELBEQQALI, O. A mixed integer programming formulation for solving operating theatre layout problem: A multi-goal approach. In: **Industrial Engineering and Systems Management (IESM), Proceedings of 2013 International Conference on. IEEE**, 2013. p. 1-10.

CHRAIBI, A.; KHARRAJA, S.; OSMAN, I. H.; ELBEQQALI, O. Multi-Agent System for solving Dynamic Operating Theater Facility Layout Problem. **IFAC-PapersOnLine**, v. 48, n. 3, p. 1146-1151, 2015.

DE LA VEGA, R. C.; SPIEGEL, T.; CAULLIRAUX, H. M. Planejamento de layout em unidade de saúde baseado no método slp. **Revista de Gestão e Operações**, v. 2., n. 6, 2013.

DELON, G. L. A methodology for total hospital design. **Health Services Research**, v. 5, n. 3, p. 210, 1970.

DENTON, B. T. **Handbook of Healthcare Operations Management**. Springer New York, New York, NY, 2013.

ELSHAFEI, A. N. Hospital layout as a quadratic assignment problem. **Operational Research Quarterly**, p. 167-179, 1977.

FENG, X.; SU, Q. An applied case of quadratic assignment problem in hospital department layout. In: **Service Systems and Service Management (ICSSSM), 2015 12th International Conference on. IEEE**, 2015. p. 1-5.

GIBSON, I. W. An approach to hospital planning and design using discrete event simulation. In: **Proceedings of the 39th conference on Winter simulation: 40 years! The best is yet to come. IEEE Press**, 2007. p. 1501-1509.

GUPTA, K.; GUPTA, S. K.; KANT, S.; CHANDRASHEKHAR, R.; SATPATHY, S. Modern trends in planning and designing of hospitals: Principles and practice. **Jaypee Brothers Publishers**, 2007.

HAHN, P. M.; GRANT, T.; HALL, N. A branch-and-bound algorithm for the quadratic assignment problem based on the Hungarian method. **European Journal of Operational Research**, v. 108, n. 3, p. 629-640, 1998.

HAHN, P. M.; KRARUP, J. A hospital facility layout problem finally solved. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 12, n. 5-6, p. 487-496, 2001.

HALPERN, P.; GOLDBERG, S. A.; KENG, J. G.; KOENIG, K. L. Principles of emergency department facility design for optimal management of mass-casualty incidents. **Prehospital and disaster medicine**, v. 27, n. 02, p. 204-212, 2012.

HANCOCK, W. M.; MAGERLEIN, D. B.; STORER, R. H.; MARTIN, J. B. Parameters affecting hospital occupancy and implications for facility sizing. **Health Services Research**, v. 13, n. 3, p. 276, 1978.

HANNE, T.; MELO, T.; NICKEL, S. Bringing robustness to patient flow management through optimized patient transports in hospitals. **Interfaces**, v. 39, n. 3, p. 241-255, 2009.

HELBER, S.; BOHME, D.; OUCHERIF, F.; LAGERSHAUSEN, S.; KASPER, S. A hierarchical facility layout planning approach for large and complex hospitals. **Flexible Services and Manufacturing Journal**, p. 1-25, 2014.

HICKS, C.; MCGOVERN, T.; PRIOR, G.; SMITH, I. Applying lean principles to the design of healthcare facilities. **International Journal of Production Economics**, 2015.

HIGNETT, S.; LU, J. Space to care and treat safely in acute hospitals: recommendations from 1866 to 2008. **Applied ergonomics**, v. 41, n. 5, p. 666-673, 2010.

HOADLEY, E. D.; JORGENSEN, B.; MASTERS, C.; TUMA, N.; WULFF, S. Strategic Facilities Planning: A Focus On Health Care. **Journal of Service Science**, v. 3, n. 1, p. 15, 2010.

HUA, Y.; BECKER, F.; WURMSER, T.; BLISS-HOLTZ, J.; HEDGES, C. Effects of nursing unit spatial layout on nursing team communication patterns, quality of care, and patient safety. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 6, n. 1, p. 8-38, 2012.

JOSEPH, A.; RASHID, M. The architecture of safety: hospital design. **Current opinion in critical care**, v. 13, n. 6, p. 714-719, 2007.

KHADEM, M.; BASHIR, H. A.; AL-LAWATI, Y.; AL-AZRI, F. Evaluating the layout of the emergency department of a public hospital using computer simulation modeling: A case study. In: *Industrial Engineering and Engineering Management, 2008. IEEE International Conference on*. IEEE, 2008. p. 1709-1713.

KLECZKOWSKI, B. M.; PIBOULEAU, R. Approaches to planning and design of health care facilities in developing areas. **World Health Organization**, 1983.

KOBUS, R. L. **Building type basics for healthcare facilities**. John Wiley & Sons, 2008.

KULKARNI, M. H.; BHATWADEKAR, S. G.; THAKUR, H. M. A literature review of facility planning and plant layouts. **International journal of engineering sciences & research technology**, 2015.

LEVARY, R. R.; SCHMITT, A. Planning facilities layout in clinical laboratories using a group decision making process. **Computers & industrial engineering**, v. 10, n. 3, p. 179-191, 1986.

LIANG, L. Y.; CHAO, W. C. The strategies of tabu search technique for facility layout optimization. **Automation in Construction**, v. 17, n. 6, p. 657-669, 2008.

LIGGETT, R. S. Automated facilities layout: past, present and future. **Automation in construction**, v. 9, n. 2, p. 197-215, 2000.

LIMA-GONÇALVES, E.; ACHÉ, C. A. O hospital-empresa: do planejamento à conquista do mercado. **Revista de Administração de Empresas**, v. 39, n. 1, p. 84-97, 1999.

LIN, Q.; LIU, H.; WANG, D.; LIU, L. Integrating systematic layout planning with fuzzy constraint theory to design and optimize the facility layout for operating theatre in hospitals. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 26, n. 1, p. 87-95, 2015.

LIN, Q.; LONG, L.; PING, L. Application of Systematic Layout Planning to Operation Rooms in a Hospital [J]. **Industrial Engineering Journal**, v. 5, p. 026, 2009.

LOIOLA, E. M.; ABREU, N. M. M. de; BOAVENTURA NETTO, P. O. Uma revisão comentada das abordagens do problema quadrático de alocação. **Pesquisa Operacional**, v. 24, n. 1, p. 73-109, 2004.

LORENZ, W. E.; BICHER, M.; WURZER, G. X. Adjacency in hospital planning. **IFAC-PapersOnLine**, v. 48, n. 1, p. 862-867, 2015.

MAHACHEK, A. R.; KNABE, T. L. Computer simulation of patient flow in obstetrical/gynecology clinics. **Simulation**, v. 43, n. 2, p. 95-101, 1984.

MCDOWELL, A. L.; HUANG, Y. Selecting a pharmacy layout design using a weighted scoring system. **American Journal of Health-System Pharmacy**, v. 69, n. 9, p. 796, 2012.

MEYERS, F. E.; STEPHENS, M. P. **Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales**. Pearson Educación, 2006.

MOATARI-KAZEROUNI, A.; CHINNIAH, Y.; AGARD, B. Integrating occupational health and safety in facility layout planning, part I: methodology. **International journal of production research**, v. 53, n. 11, p. 3243-3259, 2015a.

MOATARI-KAZEROUNI, A.; CHINNIAH, Y.; AGARD, B. Integration of occupational health and safety in the facility layout planning, part II: design of the kitchen of a hospital. **International journal of production research**, v. 53, n. 11, p. 3228-3242, 2015b.

MOLYNEUX, E. M. Paediatric emergency care in resource-constrained health services is usually neglected: time for change. **Annals of Tropical Paediatrics: International Child Health**, v. 30, n. 3, p. 165-176, 2010.

MORGAREIDGE, D.; HUI, C. A. I.; JUN, J. I. A. Performance-driven design with the support of digital tools: Applying discrete event simulation and space syntax on the design of the emergency department. **Frontiers of Architectural Research**, v. 3, n. 3, p. 250-264, 2014.

MOSSA, H. A. L. Planning and designing of an amputee rehabilitation facility. In: **Engineering Sciences (FNCES), 2012 First National Conference for. IEEE**, 2012. p. 1-10, 2012.

MOTAGHI, M.; HAMZENEJAD, A.; RIYABI, M.; KASHANI, M. S. Optimization of Hospital Layout through the Application of Heuristic Technique (Diamond Algorithm) in Shafa Hospital (2009). **International Journal of Management and Business Research**, v. 1, n. 3, p. 133-138, 2011.

MURALI, N. M. Model design layout of circular operation theatres complex and ICCU for hospitals. In: **IEEE/Engineering in Medicine and Biology Society Annual Conference**, Publ. by IEEE, Piscataway, NJ, United States. 1988. p. 1838-1839.

MURTAGH, B. A.; JEFFERSON, T. R.; SORNPRASIT, V. A heuristic procedure for solving the quadratic assignment problem. **European Journal of Operational Research**, v. 9, n. 1, p. 71-76, 1982.

MUTHER, R. **Planejamento do layout: sistema SLP**. E. Blucher, 1978.

MUTHER, R. **Systematic layout planning**. Cahnern books, 1973.

MUTHER, R.; WHEELER, J. D. **Planejamento simplificado de layout: sistema SLP**. São Paulo: IMAM, 2000.

NICHOLAS, J. An integrated lean-methods approach to hospital facilities redesign. **Hospital topics**, v. 90, n. 2, p. 47-55, 2012.

NICKEL, S. Planning and Organisation in the Hospital. In: **Operations Research Proceedings 1999**. Springer Berlin Heidelberg, 2000. p. 548-553, 1999.

OZCAN, Y. A. **Quantitative methods in health care management: techniques and applications**. John Wiley & Sons, 2005.

PAZOUR, J. A.; MELLER, R. D. A multiple-drawer medication layout problem in automated dispensing cabinets. **Health care management science**, v. 15, n. 4, p. 339-354, 2012.

RASHID, M. Research on nursing unit layouts: an integrative review. **Facilities**, v. 33, n. 9/10, 2015.

RASHID, M. 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, 2014.

RECHEL, B.; WRIGHT, S.; BARLOW, J.; MCKEE, M. Hospital capacity planning: from measuring stocks to modelling flows. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 88, n. 8, p. 632-636, 2010.

ROSSI, A.; PUPPATO, A.; LANZETTA, M. Heuristics for scheduling a two-stage hybrid flow shop with parallel batching machines: application at a hospital sterilisation plant. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 8, p. 2363-2376, 2013.

SALONEN, H.; LAHTINEN, M.; LAPPALAINEN, S.; NEVALA, N.; KNIBBS, L. D.; MORAWSKA, L.; REIJULA, K. Design approaches for promoting beneficial indoor environments in healthcare facilities: a review. **Intelligent Buildings International**, v. 5, n. 1, p. 26-50, 2013.

SANTOS, L. C.; GOHR, C. F.; LAITANO, J. C. A. Planejamento sistemático de layout: adaptação e aplicação em operações de serviços. **Revista Gestão Industrial**, v. 8, n. 1, 2012.

SEELYE, A. Hospital ward layout and nurse staffing*. **Journal of advanced nursing**, v. 7, n. 3, p. 195-201, 1982.

SHAYAN, E.; CHITILAPPILLY, A. Genetic algorithm for facilities layout problems based on slicing tree structure. **International Journal of Production Research**, v. 42, n. 19, p. 4055-4067, 2004.

SILVA, R. M. A.; RESENDE, P. M.; PARDALOS, G. R.; MATEUS, G. R.; DE TOMI, G. **GRASP with path-relinking for facility layout**. In: **Models, Algorithms, and Technologies for Network Analysis**. Springer New York, 2013. p. 175-190, 2013.

SORIANO-MEIER, H.; FORRESTER, P. L.; MARKOSE, S.; GARZA-REYES, J. A. The role of the physical layout in the implementation of lean management initiatives. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 2, n. 3, p. 254-269, 2011.

STUMMER, C.; DOERNER, K.; FOCKE, A.; HEIDENBERGER, K. Determining location and size of medical departments in a hospital network: A multiobjective decision support approach. **Health Care Management Science**, v. 7, n. 1, p. 63-71, 2004.

ULRICH, R. S.; ZIMRING, C.; ZHU, X.; DUBOSE, J.; SEO, H. B.; CHOI, Y. S.; QUAN, X.; JOSEPH, A. A review of the research literature on evidence-based healthcare design. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 1, n. 3, p. 61-125, 2008.

VAN ESSEN, J. T.; VAN HOUDENHOVEN, M.; HURINK, J. L. Clustering clinical departments for wards to achieve a prespecified blocking probability. **OR Spectrum**, v. 37, n. 1, p. 243-271, 2015.

VÄRLANDER, S. Individual Flexibility in the Workplace A Spatial Perspective. **The Journal of Applied Behavioral Science**, v. 48, n. 1, p. 33-61, 2012.

VIJAY, V.; KAZAZ, S.; REFSON, J. The same day admissions unit for elective surgery: a case study. **International journal of health care quality assurance**, v. 21, n. 4, p. 374-379, 2008.

VOS, L.; GROOTHUIS, S.; VAN MERODE, G. G. Evaluating hospital design from an operations management perspective. **Health care management science**, v. 10, n. 4, p. 357-364, 2007.

WANG, T.; YANG, T.; YANG, C. Y.; CHAN, F. T. S. Lean principles and simulation optimization for emergency department layout design. **Industrial Management & Data Systems**, v. 115, n. 4, p. 678-699, 2015.

WHITEHEAD, B.; ELDARS, M. Z. The planning of single-storey layouts. **Building Science**, v. 1, n. 2, p. 127-139, 1965.

WILLIAMS, M. Critical care unit design: A nursing perspective. **Critical care nursing quarterly**, v. 24, n. 3, p. 35-42, 2001.

YANG, T.; SU, C.; HSU, Y. Systematic layout planning: a study on semiconductor wafer fabrication facilities. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 20, n. 11, p. 1359-1371, 2000.

YEH, I. Architectural layout optimization using annealed neural network. **Automation in construction**, v. 15, n. 4, p. 531-539, 2006.

ZHANG, Y.; HAN, W.; HE, J. **The Application of the Facility Layout Method of Production and Manufacturing System In Hospital's Outpatient Department.** The Investigation and Analysis of Facility Layout Method in a Hospital in Tianjin, 2009.

ZHAO, Y.; MOURSHED, M.; WRIGHT, J. A. **Factors influencing the design of spatial layouts in healthcare buildings.** 2009.

4. ARTIGO 3 – Desenvolvimento de cartas de controle estatístico de processo para avaliar o tempo de interpretação de exames de tomografia computadorizada

Guilherme Brittes Benitez

Flávio Sanson Fogliatto

Resumo

Introdução: Gestores de serviços de radiologia buscam encontrar formas eficientes que possibilitem medir e avaliar o desempenho dos radiologistas, de forma a melhorar a produtividade do setor. Uma das formas de avaliar a produtividade é através da medição do tempo de realização de laudos. Para tanto, pode-se utilizar ferramentas estatísticas, como as cartas de controle de processo. **Métodos:** Este estudo foi realizado no setor de radiologia de um hospital universitário com 850 leitos. Os exames foram separados por categorias. As categorias foram agrupadas a partir de exames que analisam a mesma parte do corpo. A produtividade foi avaliada através do uso de cartas de controle de processo. A variável de desempenho selecionada foi o tempo para interpretação de cada exame. Também foi calculada a capacidade do processo de elaboração dos laudos, através dos índices C_p e C_{pk} .

Resultados: A análise foi realizada considerando apenas os 6 meses mais recentes de um banco de dados históricos. Apenas os exames de tórax foram selecionados, totalizando 2.862 exames. Foram elaboradas cartas de controle de 10 radiologistas para monitorar a estabilidade dos tempos de elaboração dos laudos. A média do grupo resultou em 619,81 segundos de interpretação. Apenas 3 radiologistas apresentaram tempo médio de interpretação abaixo da média do grupo. A análise permitiu visualizar o comportamento dos radiologistas no horizonte de observação. Dos 10 radiologistas, 6 apresentaram comportamento descendente (melhora no desempenho) e 4 apresentaram comportamento ascendente (piora de desempenho). A capacidade do grupo resultou nos valores de $C_p=0,96332$ e $C_{pk}=0,769339$, evidenciando que o processo não é capaz. Em todos os casos, o cálculo do C_{pk} considerou apenas o limite superior de especificação, pelo fato da variável de controle (tempo de interpretação) ser do tipo menor-é-melhor.

Conclusão: O uso das cartas de controle para tempos de realização de laudos na radiologia permite visualizar a tendência dos radiologistas e controlar estatisticamente o seu desempenho. Tal análise pode tomar como base o desempenho histórico do próprio radiologista, ou do grupo de radiologistas elaborando laudos sobre o mesmo tipo de exame. O uso das cartas de controle pode auxiliar na tomada de decisões para melhorar a produtividade do setor.

Palavras-chave: Monitoramento da produtividade, cartas de controle, índice de capacidade, radiologia.

Abstract

Introduction: Radiology service managers seek to find efficient ways to measure and evaluate the performance of radiologists in order to improve the sector's productivity. One way of evaluating productivity is measuring the time to complete a report. For that, we can use statistical tools such as process control charts. **Methods:** This study was carried out in the radiology sector of an university-based general hospital with 850 beds. Exams were stratified in categories formed by grouping exams that analyze the same body part. Productivity was assessed through the use of process control charts. The selected performance variable was the time to interpret each exam. Process capability was also calculated through the C_p and C_{pk} indexes. **Results:** The analysis was performed considering only the most recent 6 months of a historical database. Only chest exams were selected, totaling 2,862 exams. Control charts from 10 radiologists were developed to monitor the stability of reporting times. The mean interpretation times for the group of radiologists resulted in 619,81 seconds. Only 3 radiologists presented mean times below the group average. The analysis allowed visualizing the behavior of radiologists in the horizon of observation. Of the 10 radiologists, 6 presented performance improvement and 4 presented performance degrading. Capacity measures for the group yielded values of $C_p=0.96332$ and $C_{pk}=0.769339$, characterizing a process that is not capable. In all cases, the calculation of C_{pk} considered only the upper specification limit, since the control variable (interpretation time) is of the type smaller-is-best. **Conclusion:** The use of control charts for radiology reporting times allows the visualization of radiologists' tendency and the statistical control of their performances. The analysis may be based on the historical performance of the radiologist himself/herself or the group of radiologists working on the same type of examination. The use of control charts may assist in decision making to improve productivity in the sector.

Keywords: Productivity monitoring, control charts, capability index, radiology.

4.1 Introdução

A radiologia é uma área que vem evoluindo nos últimos anos e se profissionalizando cada vez mais, desde o treinamento dos médicos residentes até os valores éticos e morais adotados no atendimento e avaliação dos pacientes (KELLY, MULLAN e GRUPPEN, 2016). Isso vem ocasionando uma maior procura por exames de imagem; porém, a falta de profissionais capacitados tem afetado o desempenho da radiologia, devido à grande carga de trabalho acumulada (BHARGAVAN e SUNSHINE, 2002; BHARGAVAN e SUNSHINE, 2005; BHARGAVAN et al. 2009).

O objetivo da radiologia é fornecer diagnósticos precisos através de exames de imagens captadas por equipamentos e interpretadas pelos radiologistas. Os laudos usualmente são ditados através de microfones, passam por um *software* de reconhecimento de voz e são armazenados na central de digitação, gerando um cadastro.

Um dos fatores que dificulta e influencia a produtividade da radiologia é o tempo que os radiologistas usam para interpretar as imagens (CRABBE, FRANK e NYE, 1994; ONDATEGUI-PARRA et al., 2004). O tempo é um fator crucial quando se deseja avaliar a produtividade do radiologista (CONOLEY e VERNON, 1991). A diminuição do tempo é o fator habilitador para a melhoria da produtividade da radiologia (LU et al., 2008; DUSZAK e MUROFF, 2010a).

Existem diferenças de tempo de interpretação para cada tipo de exame, que normalmente são classificados por categorias que se baseiam a partir da similaridade na região corporal. As imagens capturadas de diferentes regiões do corpo apresentam um valor médio de tempo de interpretação pelo radiologista. Por exemplo, o valor médio de tempo usado para se interpretar exames de crânio é tipicamente diferente daquele necessário para interpretar exames na região do abdômen. Vale ressaltar que exames de uma mesma categoria podem apresentar diferentes graus de dificuldade, o que faz variar o tempo de interpretação na categoria (BAADH et al., 2016).

Na busca de um indicador confiável de produtividade, existem métricas adotadas por diferentes países para medir o trabalho dos radiologistas. Nos Estados Unidos, por exemplo, são utilizadas as RVU's (Unidades de Valor Relativo – *Relative Value Units*). A RVU é uma métrica que quantifica os serviços médicos. A RVU e demais métricas de medição são importantes por possibilitarem a comparação das interpretações realizadas por radiologistas na sua especialidade e subespecialidade (KHAN, 2013). Ela é determinada pela atribuição de peso a fatores como tempo de execução das tarefas, nível de habilidade e sofisticação do equipamento necessário para prestar serviços aos pacientes. A RVU é uma métrica que pode ser usada para premiar radiologistas por produtividade (SUNSHINE e BURKHARDT, 2000; DUSZAK e MUROFF, 2010a).

Nos Estados Unidos, o modelo baseado na métrica RVU é conhecido como RBRVS (*Resource-based relative value system* – Sistema de valor relativo baseado em recursos), criado pela Universidade de Harvard em 1985 (HSIAO et al., 1988;

GOODSON, 2007). Na Austrália, o modelo é conhecido como RANZCR (*Royal Australian and New Zealand College of Radiologists* – Escola Real de Radiologistas da Austrália e Nova Zelândia) por ter sido desenvolvido e publicado pela RANZCR por Pitman e Jones em 2006 (PITMAN et al., 2009). Já no Reino Unido, o modelo adotado é baseado em um guia criado pela RCR (*Royal College of Radiologists* – Escola Real de Radiologistas) em 1999 (BRADY, 2011). É importante destacar que cada modelo possui seu próprio método para avaliar a carga de trabalho dos radiologistas, gerando resultados similares, mas não idênticos, para procedimentos afins (DORA et al., 2016).

Atualmente, o monitoramento da produtividade de radiologistas é realizado, na maioria dos casos, a partir da análise das RVU's (ARENSEN et al., 2001; MEZRICH e NAGY, 2007; DUSZAK e MUROFF, 2010a; KHAN, 2013). O monitoramento também é realizado através de *benchmarks* e cálculos da média de interpretação por categoria de exame (WILT et al., 2010; DUSZAK e MUROFF, 2010a; DUSZAK e MUROFF, 2010b). Ondategui-Parra et al. (2004) fizeram uso de análises estatísticas (qui-quadrado, correlação, regressão múltipla e análise de variância) para determinar os principais indicadores que afetam a produtividade do setor de radiologia; porém, suas pesquisas não foram aplicadas em um estudo de caso.

As CCs oferecem uma análise mais rica de informações para o monitoramento da produtividade da radiologia em relação aos métodos e métricas adotados pelos autores citados. Na área médica, Lighter e Tylkowski (2004) fizeram uso das cartas de controle para monitorar a produtividade de um pediatra através do acompanhamento de suas atividades clínicas, por um período de 18 meses. O estudo possibilitou uma avaliação da tendência no horizonte de tempo e verificou se o processo estava estatisticamente sob controle, a partir do cálculo dos limites de controle e do tempo médio usado para executar as atividades. A capacidade do pediatra não foi calculada no estudo. No caso da radiologia, não há na literatura uma contribuição fazendo uso de cartas de controle para monitorar a produtividade de radiologistas, limitando o estudo a apenas análises conceituais e teóricas (ONDATEGUI-PARRA et al., 2004).

O presente estudo propõe uma forma de avaliar a produtividade do radiologista, através do acompanhando de sua tendência de interpretação em um dado horizonte de tempo. Para isso, o trabalho propõe o uso de ferramentas estatísticas de controle de processo para monitorar a produtividade. Ferramentas

estatísticas, quando aplicadas corretamente, garantem eficiência e resultados satisfatórios na gestão de operações (BLUTH, HAVRILLA e BLAKEMAN, 1993; WILT et al., 2010).

Propõe-se aqui as cartas de controle estatístico de processo (ou CCs) como uma possível solução para monitorar o desempenho dos radiologistas. As CCs são gráficos utilizados para avaliar a evolução temporal de um processo através da observação de uma variável ou atributo de interesse (WHEELER e CHAMBERS, 1992; TAGUE, 2004). A partir das CCs, o estudo propõe: (i) avaliar a evolução dos tempos de interpretação de um dado radiologista; (ii) avaliar a evolução dos tempos de interpretação de um grupo de radiologistas laudando um dado tipo de exame; e (iii) a partir das informações de (i) e (ii), avaliar a evolução dos tempos de interpretação de um radiologista em relação a média de um grupo do qual o mesmo faz parte, para um dado tipo de exame.

Neste artigo, foi monitorada a produtividade do setor de radiologia de um hospital universitário através da análise dos tempos de interpretação, usando as CCs. Assim, o estudo busca (i) avaliar a variação e estabilidade do processo, ou seja, investigar o comportamento e a tendência dos radiologistas na interpretação de exames; (ii) avaliar a capacidade do radiologista de interpretar dentro de um tempo limite especificado, objetivando verificar se o radiologista é capaz de interpretar exames sem extrapolar os tempos máximos estabelecidos para interpretação de cada tipo de exame; e (iii) utilizar as CCs para monitorar a produtividade no setor de radiologia de um hospital universitário, caracterizando o ineditismo da pesquisa, uma vez que não há, na literatura, estudos que abordem o uso dessa ferramenta neste tipo de cenário.

Através das CCs é possível medir a estabilidade das interpretações, a tendência dos radiologistas, compará-los de diferentes maneiras (a partir de seu desempenho médio e da média do grupo) e avaliar a sua capacidade de interpretação dentro de uma faixa de tempo especificada. Assim, o objetivo geral deste estudo consiste em fornecer uma ferramenta estatística para monitoramento da produtividade da radiologia, que ofereça um entendimento maior, mais amplo e mais confiável do processo.

4.2 Métodos

4.2.1 Cenário

O estudo foi realizado no Departamento de Radiologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA). A unidade conta com 35 radiologistas, excluindo residentes e médicos intervencionistas. O setor de radiologia emite aproximadamente 150.000 laudos por ano. Para a interpretação dos exames, primeiramente é realizada a captura das imagens por meio de aparelhos de ressonância, tomografia, ecografia e raio-x. Após a captura das imagens, os exames entram em uma fila de espera para serem laudados pelos radiologistas. A fila para interpretação dos exames funciona a partir da ordem de chegada das imagens, à exceção de exames considerados urgentes, que têm preferência e recebem prioridade para interpretação.

Todas as interpretações da radiologia são realizadas usando reconhecimento de voz através do Sistema de Informação da Radiologia (*Radiology Information System* – RIS, IMPAX[®], Agfa *Healthcare*), integrado com o Sistema de Informação do Hospital (*Hospital's Information System* – HIS, AGHUse, HCPA, Brasil). As informações obtidas dos laudos ficam armazenadas no banco de dados do hospital. Atualmente, o setor não utiliza nenhuma ferramenta que permita avaliar o comportamento temporal da produtividade do radiologista, fazendo apenas uso de um sistema de bonificação monetária por quantidade de laudos produzidos.

4.2.2 Coleta de dados

Foi realizada uma coleta dos tempos relacionados às interpretações realizadas no período entre 1º de Julho de 2013 a 28 de Fevereiro de 2015. Vale salientar que apenas uma parte do processo (tomografia) do setor de radiologia foi contemplada na coleta de dados. A demanda dos radiologistas foi dividida em 7 grandes categorias de exames: abdômen, tórax, neuro, musculoesquelético, cabeça e pescoço, cardio e vascular. Dora et al. (2016) realizaram essa separação por categorias utilizando opiniões de radiologistas. Posteriormente, foram definidos 4 grupos para essas categorias: (i) abdômen; (ii) musculoesquelético; (iii) neuro, vascular, cabeça e pescoço; e (iv) tórax. As categorias foram agrupadas por similaridades da região corporal e alocadas a um dos 4 grupos. Após a alocação das categorias aos grupos, foram definidos a quais grupos os radiologistas pertenciam. Para isso, foi realizada uma clusterização com o objetivo de analisar a similaridade

dos perfis de frequência de interpretação de exames apresentados pelos radiologistas. Os radiologistas foram agrupados em *clusters* pela sua similaridade (quantidade de exames laudados de uma mesma categoria).

Dentre os grupos de exames, foi selecionado o grupo de tórax para testar as proposições do presente artigo. O grupo foi selecionado para a análise pelo fato das interpretações pertencentes a este grupo apresentarem menor variabilidade no tempo de realização e pelo nível de dificuldade dos exames não diferir significativamente. Para melhor visualização do comportamento temporal nas CCs, a análise foi realizada nos últimos 6 meses do banco de dados. Os últimos 6 meses correspondem a um total de 2.862 laudos de tórax produzidos. Dos 35 radiologistas que o setor dispõe, 11 foram alocados ao grupo de tórax; destes, um foi excluído por apresentar um número reduzido de laudos no período ($n=2$).

Os laudos foram capturados em minutos no banco de dados do hospital e convertidos para segundos para o estudo. Um laudo ou interpretação corresponde à diferença da data/tempo que as imagens foram acessadas para a data/tempo do informe final gerado pelo radiologista (ONDATEGUI-PARRA et al., 2004; WILT et al., 2010; DUSZAK e MUROFF, 2010). Para tal, os dados considerados foram: radiologista, tipo de exame, data e horário de entrada da imagem (exame ainda não laudado), data e horário de saída (exame já laudado) e tempo de interpretação correspondente.

4.2.3 Cartas de controle para monitoramento da produtividade

Para monitorar a produtividade do setor de radiologia foram utilizadas as cartas de controle estatístico de processo (CCs). Existem duas classificações de CCs: para variáveis e para atributos. Dentro dessas classificações existem diversos tipos de CCs e sua escolha depende do tamanho da amostra que se deseja monitorar, da característica da amostra (mensurável, não-mensurável), entre outros. No presente artigo, o dado que se deseja monitorar é o tempo. O tempo é uma variável contínua, sendo então escolhida a carta de controle para variáveis neste estudo.

O tamanho da amostra corresponde a $n=1$. Para amostras de tamanho unitário, a CC adequada é a I-AM (valores individuais e amplitude móvel). Para gerar as CCs, os limites de controle devem ser calculados. Para as cartas I-AM, as seguintes equações são utilizadas no cálculo:

Carta I

$$LSC = \mu + E2 \times \bar{R} \quad (1)$$

$$LC = \mu \quad (2)$$

$$LIC = \mu - E2 \times \bar{R} \quad (3)$$

Carta AM

$$LSC = D4 \times \bar{R} \quad (4)$$

$$LC = \bar{R} \quad (5)$$

$$LIC = D3 \times \bar{R} \quad (6)$$

Nas equações (1) a (6),

LSC é o limite superior de controle,

LC é o limite central,

LIC é o limite inferior de controle,

μ é a média,

\bar{R} é a média das amplitudes móveis e

E_2 , D_4 e D_3 são valores tabelados para diferentes tamanhos de amostra.

As CCs são elaboradas em duas fases (MONTGOMERY, 2009). A primeira fase consiste em utilizar amostras preliminares para construir as cartas, sendo calculados seus parâmetros (OAKLAND, 2007). Os limites de controle de ensaio, utilizados na primeira fase, permitem determinar se o processo está estatisticamente sob controle a partir das amostras preliminares. É importante destacar que o teste de normalidade deve ser realizado para cartas I-AM, que não se apoiam no teorema do limite central (CHOU, POLANSKI e MASON, 1998). Caso a distribuição do processo não siga a normalidade, os limites da CC podem ser inadequados. Caso algum ponto na carta I ou AM esteja posicionado fora dos limites de ensaio, os resultados das cartas tornam-se inválidos. Dessa forma, os pontos que ultrapassarem os limites de ensaio devem ser eliminados e os limites recalculados até que não haja nenhum ponto ultrapassando os limites. Quando todos os pontos estiverem dentro dos limites de ensaio, conclui-se, então, que o processo está sob controle no “passado” e os limites de ensaio são considerados adequados para verificar o processo atual ou futuro (MONTGOMERY, 2009). Assim, a segunda fase consiste em utilizar os limites de ensaio encontrados na primeira fase para controlar dados futuros de um mesmo processo.

4.2.4 Índices de capacidade

A capacidade de um processo é definida pela comparação da variabilidade natural do produto com as exigências ou especificações para o mesmo, ou seja, a capacidade de produzir itens de acordo com as especificações do projeto ou cliente (KANE, 1986; KOTZ e JOHNSON, 1993). No caso da radiologia, trata-se da capacidade de manter o tempo de interpretação dos laudos dentro dos limites de especificação.

Os limites de especificação são definidos por especialistas, sendo, aqueles que atendem aos requisitos dos clientes para o produto ou serviço, diferentemente dos limites de controle, que são calculados a partir das equações para cada tipo de carta de controle. Os limites de especificação para o grupo de tórax foram definidos a partir da opinião de radiologistas no trabalho de Dora et al. (2016). Os valores correspondentes aos *LSE* (limite superior de especificação) e *LIE* (limite inferior de especificação) foram de 4.000 e 60 segundos, respectivamente.

Para calcular a capacidade, existem indicadores importantes; entre eles, dois se destacam, o C_p e o C_{pk} . Ambos são índices que indicam se o processo está operando dentro de uma faixa de especificações. O C_p é utilizado para medir os limites naturais de dispersão do item com relação a seus limites de especificação, sem considerar a centralização do processo. O C_p é calculado através da fórmula:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}} \quad (7)$$

onde *LSE* e *LIE* são os limites superior e inferior de especificação,

$\hat{\sigma}$ é a estimativa do desvio padrão, dada por \bar{R}/d_2 tal que d_2 é um valor tabelado para diferentes tamanhos de amostra.

O índice C_{pk} , por sua vez, considera a distância da média do processo em relação aos limites de especificação (KANE, 1986). O C_{pk} é mais flexível que o C_p , já que pode ser utilizado para medir características de qualidade para as quais apenas um limite de especificação é importante. Isso se mostra relevante para este estudo, onde a característica de qualidade do processo é definida como menor-é-melhor. O C_{pk} é dado através da fórmula:

$$C_{pk} = \min(C_{pk}^{SUP}, C_{pk}^{INF}) \quad (8)$$

$$C_{pk}^{SUP} = \frac{LSE - \mu}{3\hat{\sigma}} \quad (9)$$

$$C_{pk}^{INF} = \frac{\mu - LIE}{3\hat{\sigma}} \quad (10)$$

onde *min* é o valor mínimo (seleção do menor valor resultante das duas equações),

C_{pk}^{SUP} é o cálculo do C_{pk} considerando o *LSE* e a μ ,

C_{pk}^{INF} é o cálculo do C_{pk} considerando o *LIE* e a μ .

No presente artigo será considerado apenas o cálculo do C_{pk}^{SUP} . Caso o valor de algum dos índices seja inferior a 1, o processo é considerado como não capaz. Na maioria das aplicações adotam-se valores acima de 1,33 para que o processo seja considerado capaz; porém, o processo já é considerado satisfatório se ambos os índices forem superiores a 1 (MONTGOMERY, 2009).

4.3 Resultados

4.3.1 Cartas de controle

Os dados de tempo de interpretação não se apresentaram normalmente distribuídos. O conjunto de dados apresentou característica lognormal, sendo necessária a sua transformação para valores lognormalizados, para que a normalidade fosse verificada. Os testes utilizados foram: *Jarque–Bera*, *Qui-Quadrado*, *D'Agostino-Pearson* e *Shapiro–Wilk test*. Os dados apresentam significância quando o resultado de *p-value* for superior a 0,05, não podendo ser rejeitada a hipótese de normalidade. Os resultados foram significativos para os testes *Jarque–Bera* (*p-value*=0,0787) e *D'Agostino-Pearson* (*p-value*=0,0889). Após a transformação dos valores, foi conduzida a primeira fase das cartas de controle.

Na primeira fase, foram utilizados 1.431 dos 2.862 exames. Os limites de ensaio das cartas I-AM foram calculados. Durante o processo, foram verificados pontos fora dos limites das cartas I-AM. Para parametrização das CCs, foi necessário um total de 5 rodadas de cálculos de limites de ensaio, até a remoção completa de todos os valores espúrios. A média de tempo de interpretação do grupo de radiologistas foi de 619,81 segundos. A primeira fase também foi aplicada

individualmente a cada radiologista. Foi verificado que apenas 3 dos 10 radiologistas possuíam tempo médio de interpretação abaixo da média do grupo.

Após a definição dos limites de ensaio, deu-se início à segunda fase. Na segunda fase foi usada a porção de teste da amostra (1.431 exames). Para exibição das cartas, foi selecionado o radiologista M8, que possui a menor média de tempo de interpretação de exames, o radiologista M30, que possui a maior média, o radiologista M11, que possui forte tendência descendente e o radiologista M24, que possui forte tendência ascendente. O radiologista M11 foi selecionado como *benchmark* (modelo a ser seguido) para o grupo de radiologistas, por apresentar tempo de interpretação estável e dentro dos limites de especificação em relação ao grupo. Nas CCs, apenas as médias (linha central) foram convertidas para valores normais de tempo. Os limites de ensaio calculados (*LSC* e *LIC*) foram informados como -3σ e $+3\sigma$.

A **Figura 4.1** traz as cartas I-AM do radiologista M8. M8 apresentou um tempo médio de interpretação de 509,55 segundos. Apenas 1 exame ultrapassou o *LSC*, sendo considerado causa especial no processo, correspondendo a 3.816 segundos para a interpretação (para efeito de comparação, o maior tempo de interpretação de exame do radiologista M8 dentro dos limites de controle foi de 1.518 segundos). O que se pode verificar é que o desempenho do radiologista M8 vem melhorando no horizonte de tempo, pela sua linha de tendência apresentar comportamento suavemente descendente. Já na **Figura 4.2** é informado o desempenho do radiologista M8 em relação aos parâmetros de média e limites de controle do grupo de radiologistas. O que pode ser verificado é que o radiologista M8 possui uma média de tempo menor para interpretar exames em relação ao grupo.

A **Figura 4.3** apresenta as cartas I-AM de desempenho individual obtidas para o radiologista M30, que possui a pior média de interpretação de exames em relação aos demais radiologistas. A média de M30 é de 1.231,538 segundos, sendo praticamente o dobro da média do grupo (619,81 segundos). Nenhum ponto ultrapassou o *LSC*, evidenciando a ausência de anomalias ou causas especiais no processo. A linha de tendência apresenta um comportamento suavemente descendente, indicando que o desempenho do radiologista vem melhorando. Já na **Figura 4.4** é possível verificar que a maioria dos tempos de M30 fica acima da média do grupo e o processo está descentralizado, evidenciando que o radiologista tem apresentado um tempo consideravelmente maior para interpretar os exames de

tórax. O comportamento da linha de tendência também é descendente nesse caso, indicando que seu desempenho está melhorando gradativamente no horizonte de tempo.

A **Figura 4.5** apresenta as cartas de desempenho individual do radiologista M11, que apresentou média de 734,841 segundos. Vários pontos ultrapassaram os limites de controle das cartas, evidenciando que o processo não está sob controle. A linha de tendência apresenta um comportamento consideravelmente descendente, ultrapassando o tempo médio de interpretação do radiologista M11 em dado momento, indicando que seu desempenho apresentou importante melhora no horizonte de tempo. Na **Figura 4.6** nota-se que o tempo médio de interpretação de exames do radiologista M11 é superior ao tempo médio do grupo; porém, a linha de tendência indica que seu desempenho está melhorando em relação à média do grupo. A CC também indica que M11 apresentou pouca variabilidade e está bem centralizado em relação ao grupo, por esse motivo o radiologista foi selecionado como *benchmark* para o grupo.

A **Figura 4.7** mostra as cartas I-AM do radiologista M24, que apresentou média de 970,4 segundos. Como a característica do processo é do tipo menor-é-melhor e apenas um exame ultrapassou o *LIC*, o processo está sob controle. A linha de tendência apresenta um comportamento ascendente, indicando que o desempenho de M24 vem piorando no horizonte de tempo. Na **Figura 4.8** a tendência se verifica de maneira mais intensa, indicando que o desempenho de M24 está piorando em relação à média do grupo.

A partir da construção das CCs, foi possível verificar o comportamento dos radiologistas no horizonte de observação. De maneira geral, dos 10 radiologistas, 6 apresentaram comportamento descendente. Os demais apresentaram comportamento ascendente. Porém, em 6 casos dos 10, os comportamentos são praticamente estáveis, pois a reta de tendência apresenta pequena inclinação.

4.3.2 Índices de capacidade

A **Tabela 4.1** e a **Figura 4.9** trazem os resultados para os índices C_p e C_{pk} e os gráficos das distribuições dos exames de tórax do grupo de radiologistas que interpretam esses exames e dos demais radiologistas selecionados para a análise dos dados da segunda fase das CCs. Em todos os casos, o C_{pk} do *LIE* foi

desconsiderado no cálculo pela característica do processo ser do tipo menor-é-melhor. Os limites de especificação tiveram seus valores lognormalizados para ser possível o cálculo dos índices de capacidade.

Para o grupo ($n=1.431$) o processo é considerado não-capaz, já que ambos os índices apresentam valores inferiores a 1. Isso indica que há dispersão excessiva nos dados e que o processo não está centralizado dentro dos limites de especificação. O gráfico A da **Figura 4.9** indica uma assimetria da distribuição dos valores de tempo na direção do *LSE*. Isso ocorre porque 7 dos 10 radiologistas apresentaram média acima da média do grupo. Já no caso de M8, o processo é considerado capaz por ambos os valores ultrapassarem 1. Pelo comportamento da linha de tendência de M8 ser descendente, tem-se um indicativo de que, no longo prazo, a capacidade poderia ultrapassar o valor de 1,33. O gráfico B da **Figura 4.9** evidencia uma proximidade à centralização, sendo a tendência para o *LIE* e apresenta dispersão além do *LSE*.

Para M11, o processo é considerado altamente capaz por ambos os valores ultrapassarem 1,33. O gráfico C da **Figura 4.9** indica uma leve tendência para o *LSE* e baixa variabilidade dos tempos de M11. M24 é considerado não capaz por apresentar C_{pk} abaixo de 1. O gráfico D da **Figura 4.9** mostra que os tempos distribuem-se de forma assimétrica na direção do *LSE* e apresentam variabilidade excessiva. Para o radiologista M30, que apresentou a maior média de tempo para interpretar exames, o processo é considerado não capaz pelo C_{pk} ser inferior a 1. Apesar de o C_p ser maior que 1,33, indicando que há pouca dispersão nas interpretações do radiologista, o processo não está centralizado nos limites de especificação e apresenta forte assimetria na direção do *LSE*, o que torna baixo o seu desempenho. O gráfico E da **Figura 4.9** evidencia esse comportamento.

4.4 Discussão

A partir deste estudo foi possível desenvolver uma metodologia para monitorar a produtividade de um setor de radiologia. Ao usar as CCs e os índices de capacidade foi possível ter um conhecimento mais rico e detalhado do processo de interpretação de exames dos radiologistas e visualizar seu comportamento em um dado horizonte de tempo.

Apesar de Lighter e Tylkowski (2004) terem feito uso das CCs para monitorar a produtividade de um pediatra, os autores não aprofundaram o estudo, considerando apenas um médico de um setor e não calculando a capacidade do processo. Baseado em uma análise individual, o estudo é inconclusivo quanto à adequação do processo analisado. O presente estudo, ao incluir um banco de dados contemplando diversos radiologistas com características diferentes e utilizar os índices C_p e C_{pk} , permite traçar um diagnóstico mais preciso do processo analisado e elaborar conclusões.

É importante entender o comportamento de cada radiologista e do grupo em geral. Um fator importante a ser destacado e que influenciou na análise foi a diferença do número de exames interpretados pelos radiologistas no período de 6 meses. Dos 3 radiologistas que apresentaram média de interpretação de exames inferior à média do grupo, dois possuíam o maior número de exames laudados no horizonte de tempo. Isso influenciou diretamente na queda da média do grupo, fazendo os demais (à exceção de apenas um radiologista) ficarem com médias de interpretação acima da média do grupo.

Analisando o desempenho dos radiologistas perante ao grupo, nota-se que o radiologista *benchmark* (M11) apresentou pequena variabilidade e centralização no processo, apesar da maioria dos exames interpretados ultrapassar o limite central na CC. Os demais radiologistas apresentaram grande variabilidade e descentralização nos seus respectivos processos (**Figuras 4.2, 4.4 e 4.8**), não podendo ser adotados como modelo de *benchmark*.

4.5 Conclusão

Esse estudo apresentou a possibilidade de utilizar uma ferramenta estatística para monitorar a produtividade do setor de radiologia de um hospital universitário. Essa análise foi realizada a partir da definição das categorias de exames e limites de especificação de Dora et al. (2016). O grupo dos exames de tórax foi selecionado para ilustrar as proposições do artigo, devido a seus exames possuírem menor variabilidade de tempo e maior homogeneidade no nível de dificuldade de interpretação. A partir disso foi possível criar as cartas de controle, medir o desempenho, verificar a tendência e, finalmente, avaliar a capacidade do processo.

Foram utilizadas as cartas de controle I-AM pelos dados possuírem tamanho amostral de $n=1$. Na primeira fase foram calculados os limites de ensaio; e na segunda fase foi verificado o estado do processo usando os limites encontrados em dados futuros. Posteriormente, foi calculada a capacidade do processo do grupo e dos radiologistas que apresentaram maior e menor média de tempo de interpretação.

É importante destacar que este estudo analisou apenas a variável tempo, desconsiderando demais aspectos que poderiam interferir no desempenho dos radiologistas. Uma questão que também deve ser levantada é a qualidade das interpretações. A qualidade na radiologia pode ser definida como a produção de relatórios de radiologia oportunos e precisos, produzidos em condições de extrema segurança do paciente e comunicados oportunamente (BLACKMORE, 2007). Todavia, interpretar exames mais rapidamente não é garantia de um serviço de qualidade (MACDONALD et al., 2013).

Desse modo, é preciso apontar que um laudo interpretado de maneira mais ágil não é necessariamente o melhor. O estudo permite apenas avaliar o melhor desempenho em relação aos tempos de interpretação, desconsiderando fatores não controlados que podem interferir sistematicamente no desempenho dos radiologistas.

Por fim, o objetivo geral do estudo foi apresentar a possibilidade de monitorar a produtividade do setor de radiologia através de uma ferramenta estatística conhecida como carta de controle de processo. O impacto dos resultados apresentados, bem como futuras ações tomadas no setor de radiologia a partir deles serão objetos de pesquisas futuras.

4.6 Referências

- ARENSON, R. L.; LU, Y.; ELLIOT, S. C.; JOVAIS, C.; AVRIN, D. E. Measuring the academic radiologist's clinical productivity: applying RVU adjustment factors. **Academic radiology**, v. 8, n. 6, p. 533-540, 2001.
- BAADH, A.; PETERKIN, Y.; WEGENER, M.; FLUG, J.; KATZ, D.; HOFFMANN, J. C. The relative value unit: history, current use, and controversies. **Current problems in diagnostic radiology**, v. 45, n. 2, p. 128-132, 2016.
- BHARGAVAN, M.; KAYE, A. H.; FORMAN, H. P.; SUNSHINE, J. H. Workload of Radiologists in United States in 2006–2007 and Trends Since 1991–1992 1. **Radiology**, v. 252, n. 2, p. 458-467, 2009.

BHARGAVAN, M.; SUNSHINE, J. H. Workload of radiologists in the United States in 1998-1999 and trends since 1995-1996. **American Journal of Roentgenology**, v. 179, n. 5, p. 1123-1128, 2002.

BHARGAVAN, M.; SUNSHINE, J. H. Workload of Radiologists in the United States in 2002–2003 and Trends Since 1991–1992 1. **Radiology**, v. 236, n. 3, p. 920-931, 2005.

BLACKMORE, C. C. Defining quality in radiology. **Journal of the American College of Radiology**, v. 4, n. 4, p. 217-223, 2007.

BLUTH, E. I.; HAVRILLA, M.; BLAKEMAN, C. Quality improvement techniques: value to improve the timeliness of preoperative chest radiographic reports. **AJR. American journal of roentgenology**, v. 160, n. 5, p. 995-998, 1993.

BRADY, A. P. Measuring Consultant Radiologist workload: method and results from a national survey. **Insights into imaging**, v. 2, n. 3, p. 247-260, 2011.

CHOU, Y.; POLANSKY, A. M.; MASON, R. L. Transforming non-normal data to normality in statistical process control. **Journal of Quality Technology**, v. 30, n. 2, p. 133, 1998.

CONOLEY, P. M.; VERNON, S. W. Productivity of radiologists: estimates based on analysis of relative value units. **AJR. American journal of roentgenology**, v. 157, n. 6, p. 1337-1340, 1991.

CRABBE, J. P.; FRANK, C. L.; NYE, W. W. Improving report turnaround time: an integrated method using data from a radiology information system. **AJR. American journal of roentgenology**, v. 163, n. 6, p. 1503-1507, 1994.

DORA, J. M.; TORRES, F. S.; GERCHMAN, M.; FOGLIATTO, F. S. Development of a local relative value unit to measure radiologists' computed tomography reporting workload. **Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology**, v. 60, n. 6, p. 714-719, 2016.

DUSZAK, R.; MUROFF, L. R. Measuring and managing radiologist productivity, part 1: clinical metrics and benchmarks. **Journal of the American College of Radiology**, v. 7, n. 6, p. 452-458, 2010a.

DUSZAK, R.; MUROFF, L. R. Measuring and managing radiologist productivity, part 2: beyond the clinical numbers. **Journal of the American College of Radiology**, v. 7, n. 7, p. 482-489, 2010b.

GOODSON, J. D. Unintended consequences of resource-based relative value scale reimbursement. **Jama**, v. 298, n. 19, p. 2308-2310, 2007.

HSIAO, W. C.; BRAUN, P.; YNTEMA, D.; BECKER, E. R. Estimating physicians' work for a resource-based relative-value scale. **New England Journal of Medicine**, v. 319, n. 13, p. 835-841, 1988.

KANE, V. E. Process capability indices. **Journal of quality technology**, v. 18, n. 1, p. 41-52, 1986.

KELLY, A. M.; MULLAN, P. B.; GRUPPEN, L. D. The evolution of professionalism in medicine and radiology. **Academic radiology**, v. 23, n. 5, p. 531-536, 2016.

KHAN, S. Measuring radiologist workload: past, present and future. **Diagnostic Imaging Europe**, outubro, p. 27-29, 2013.

KOTZ, S.; JOHNSON, N. L. **Process capability indices**. CRC Press, 1993.

LIGHTER, D. E.; TYLKOWSKI, C. M. Case study: Using control charts to track physician productivity. **Physician executive**, v. 30, n. 5, p. 53, 2004.

LU, Y.; ZHAO, S.; CHU, P. W.; ARENSON, R. L. An update survey of academic radiologists' clinical productivity. **Journal of the American College of Radiology**, v. 5, n. 7, p. 817-826, 2008.

MACDONALD, S. L. S.; COWAN, I. A.; FLOYD, R.; MACKINTOSH, S.; GRAHAM, R.; JENKINS, E.; HAMILTON, R. Measuring and managing radiologist workload: Application of lean and constraint theories and production planning principles to planning radiology services in a major tertiary hospital. **Journal of medical imaging and radiation oncology**, v. 57, n. 5, p. 544-550, 2013.

MEZRICH, R.; NAGY, P. G. The academic RVU: a system for measuring academic productivity. **Journal of the American College of Radiology**, v. 4, n. 7, p. 471-478, 2007.

MONTGOMERY, D. C. **Statistical quality control**. Seventh Edition. New York: Wiley, 2009.

OAKLAND, J. S. **Statistical process control**. Routledge, 2007.

ONDATEGUI-PARRA, S.; BHAGWAT, J. G.; ZOU, K. H.; GOGATE, A.; INTRIERE, L. A.; KELLY, P.; SELTZER, S. E.; ROS, P. R. Practice Management Performance Indicators in Academic Radiology Departments 1. **Radiology**, v. 233, n. 3, p. 716-722, 2004.

PITMAN, A.; JONES, D. N.; STUART, D.; LLOYDHOPE, K.; MALLITT, K.; O'ROURKE, P. The Royal Australian and New Zealand College of Radiologists (RANZCR) relative value unit workload model, its limitations and the evolution to a safety, quality and performance framework. **Journal of medical imaging and radiation oncology**, v. 53, n. 5, p. 450-458, 2009.

SUNSHINE, J. H.; BURKHARDT, J. H. Radiology Groups' Workload in Relative Value Units and Factors Affecting It 1. **Radiology**, v. 214, n. 3, p. 815-822, 2000.

TAGUE, N. R. **Seven basic quality tools. The Quality Toolbox**. Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality, p. 15, 2004.

WHEELER, D. J.; CHAMBERS, D. S. **Understanding statistical process control.** SPC press, 1992.

WILT, M. A.; MIRANDA, R.; JOHNSON, C. D.; LOVE, P. S. Measuring and improving productivity in general radiology. **Journal of the American College of Radiology**, v. 7, n. 10, p. 774-777, 2010.

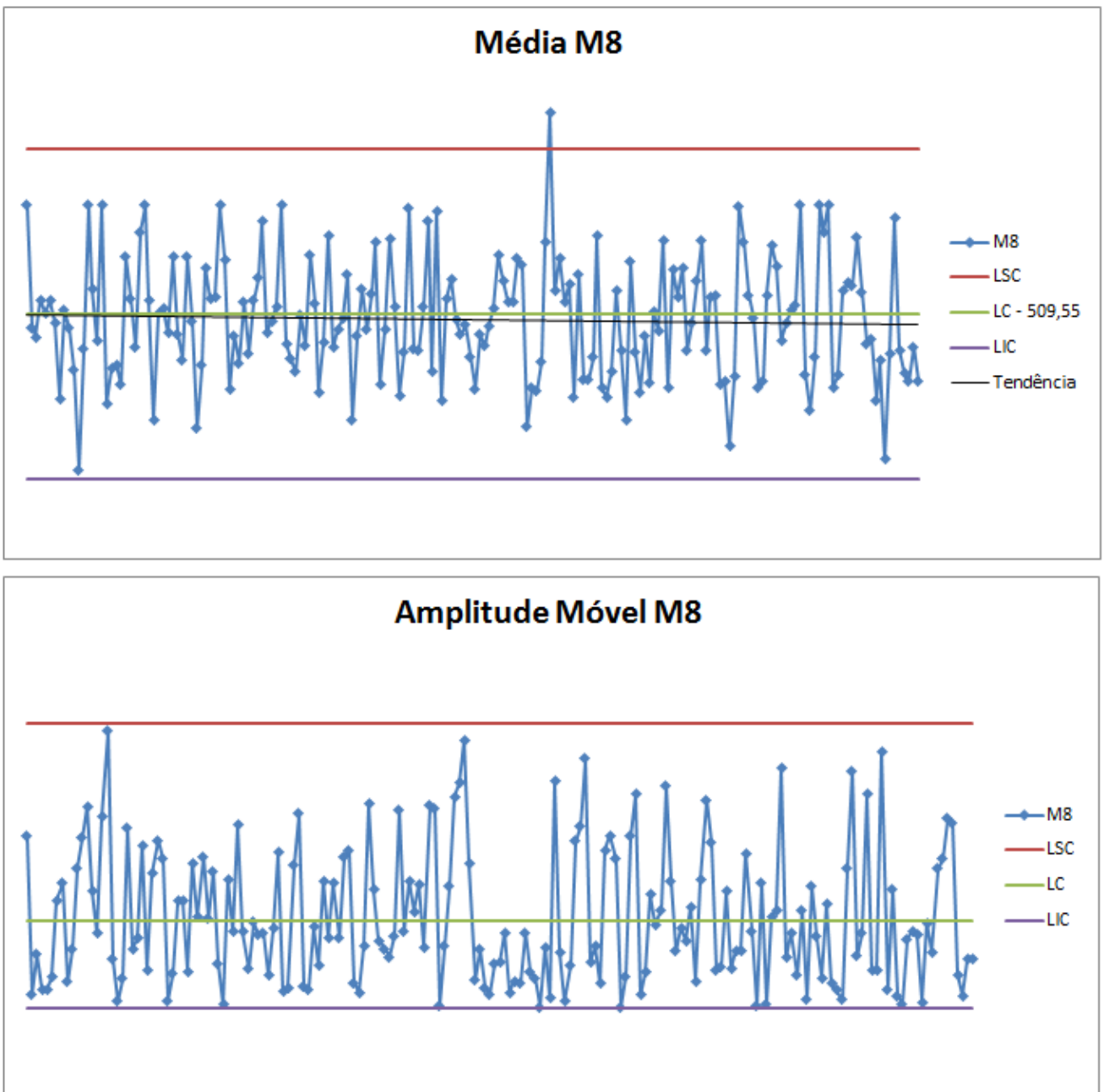


Figura 4.1 – Cartas I-AM – desempenho individual de M8

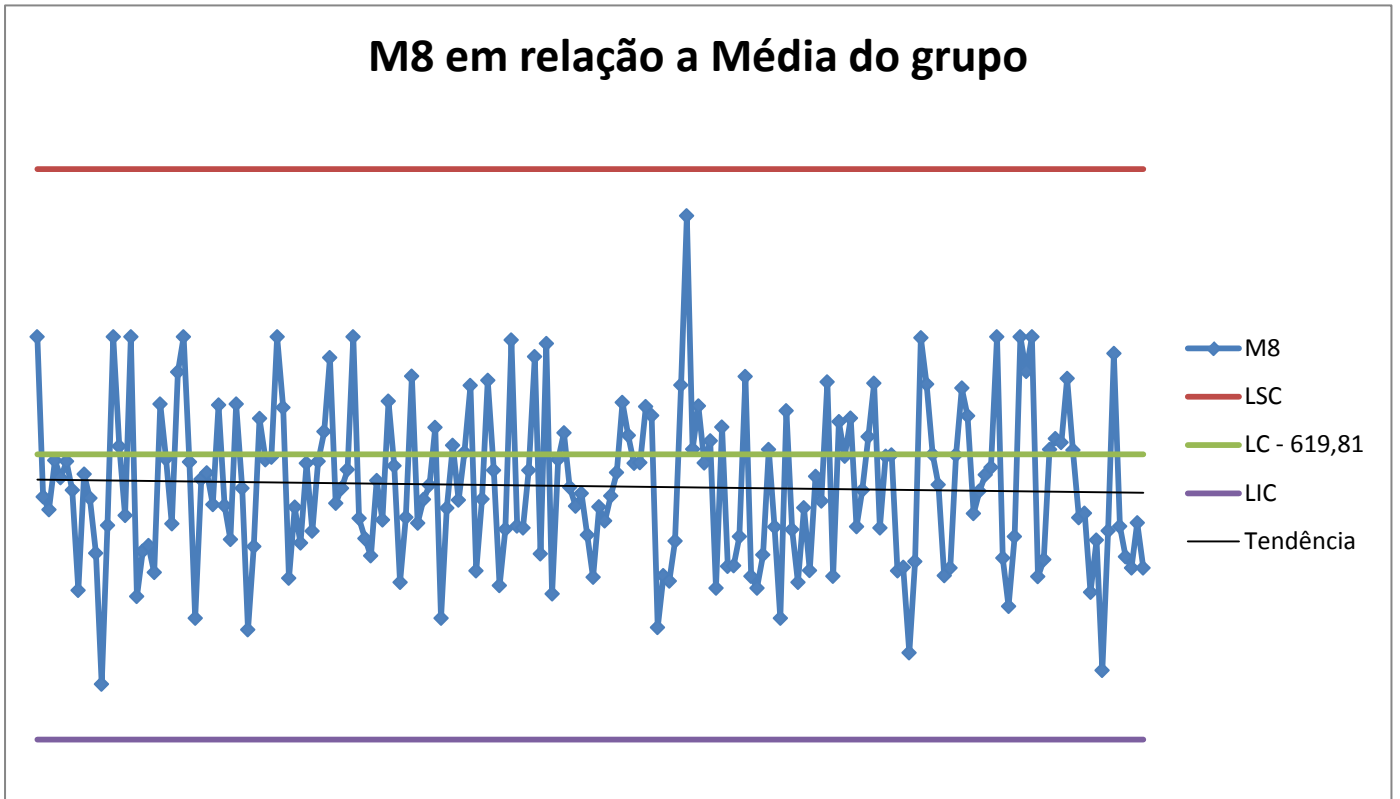


Figura 4.2 – Carta I – desempenho de M8 em relação à média do grupo

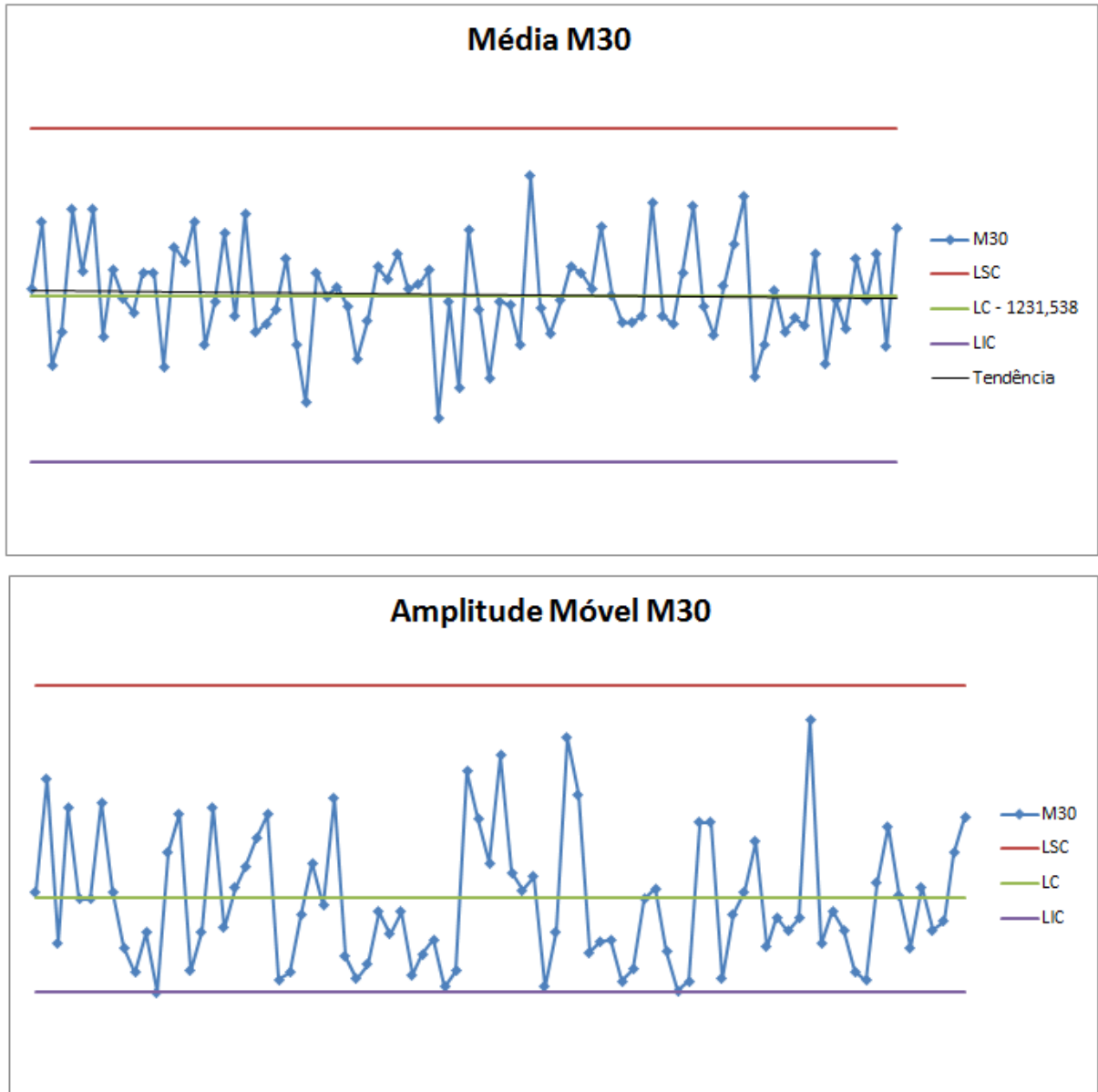


Figura 4.3 – Cartas I-AM – desempenho individual de M30

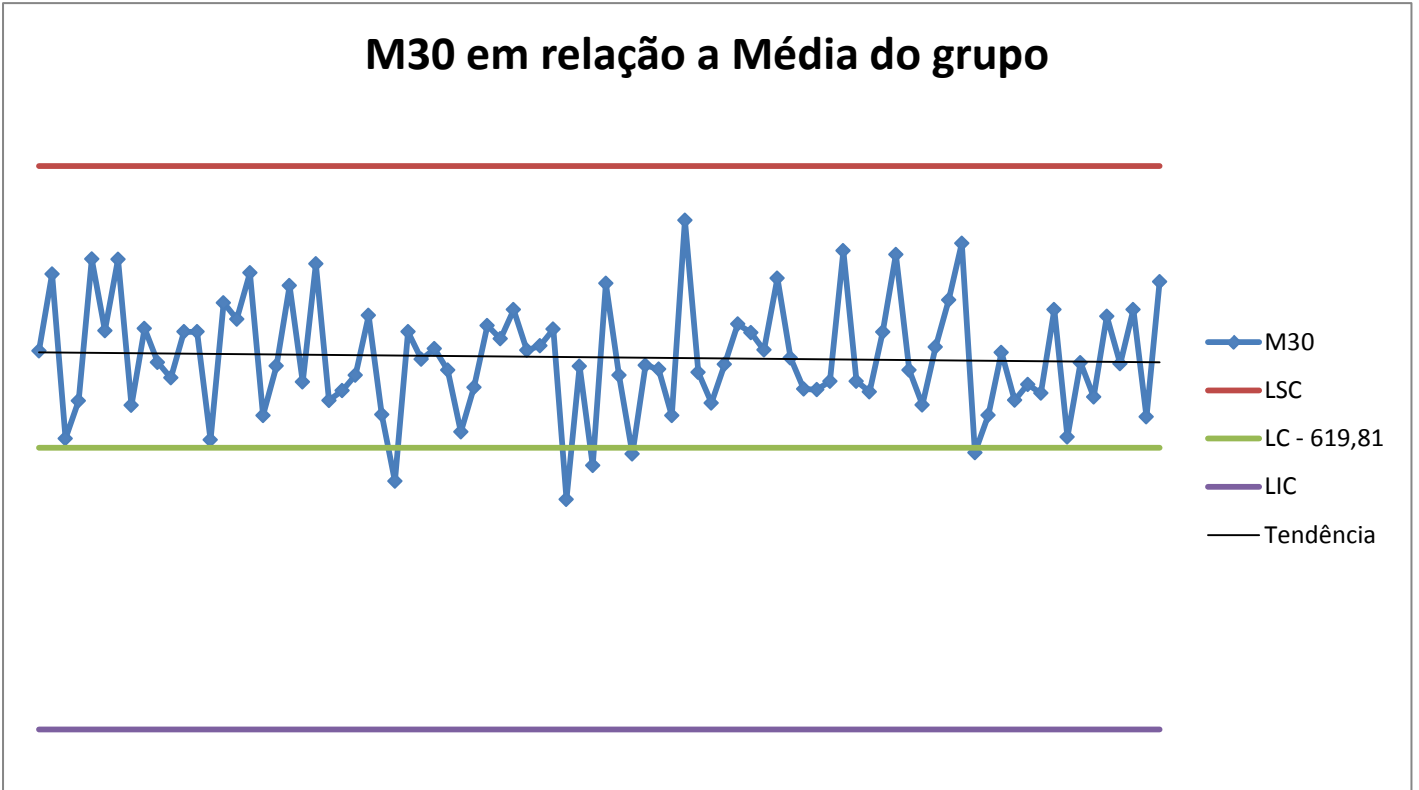


Figura 4.4 – Desempenho de M30 em relação à média do grupo

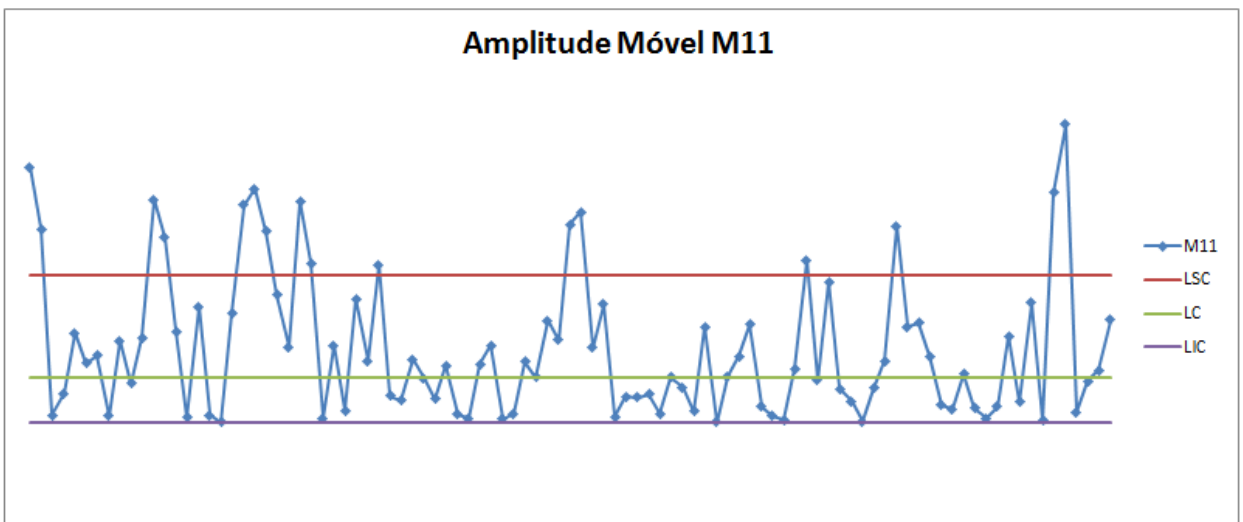
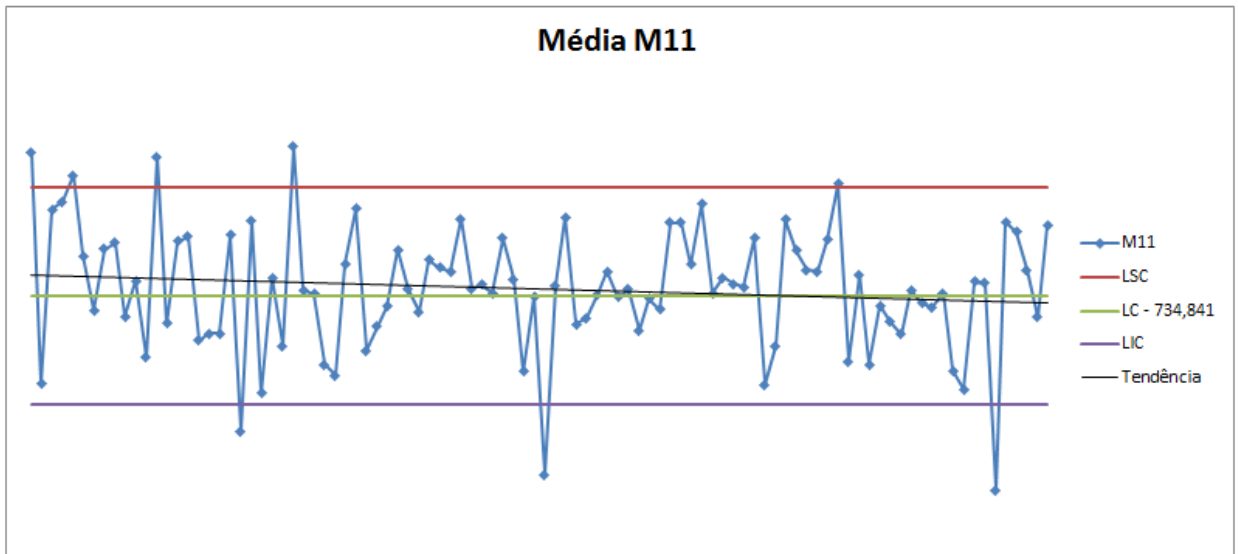


Figura 4.5 – Cartas I-AM – desempenho individual de M11

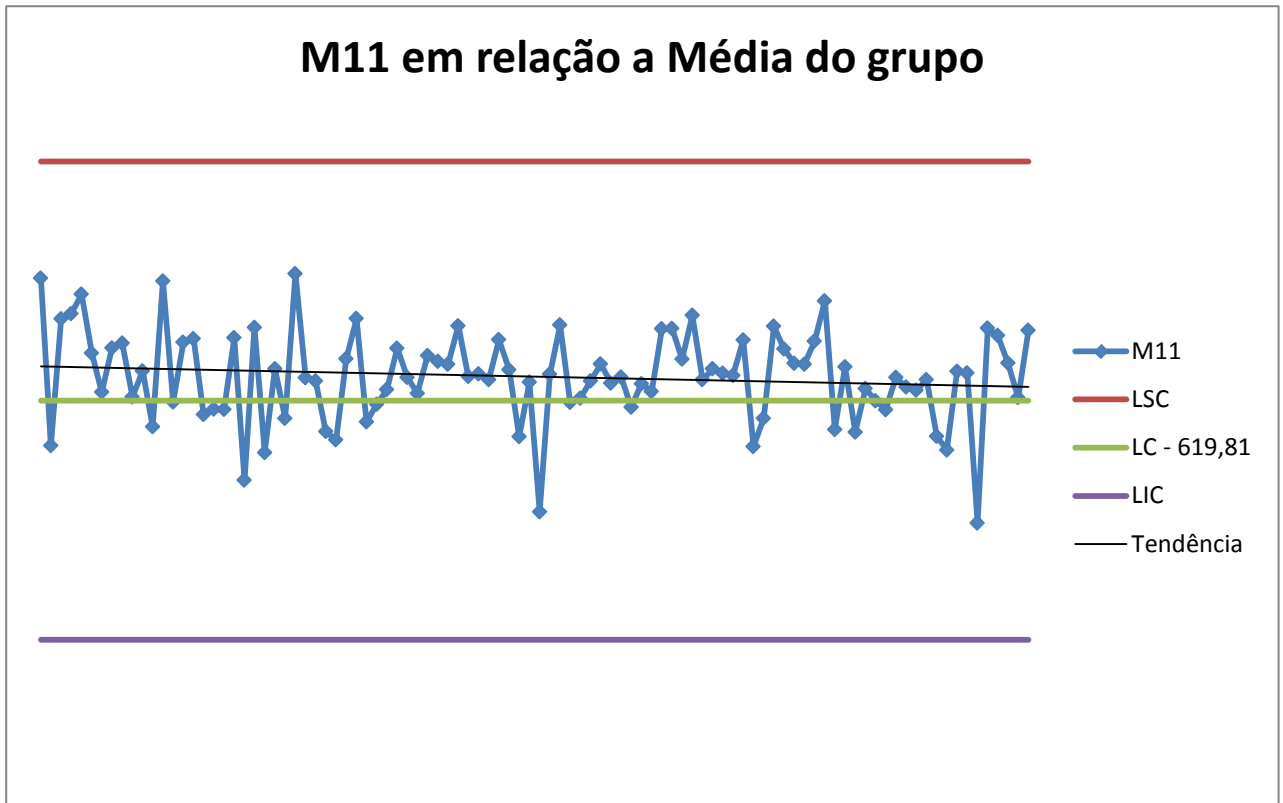


Figura 4.6 – Desempenho de M11 em relação à média do grupo

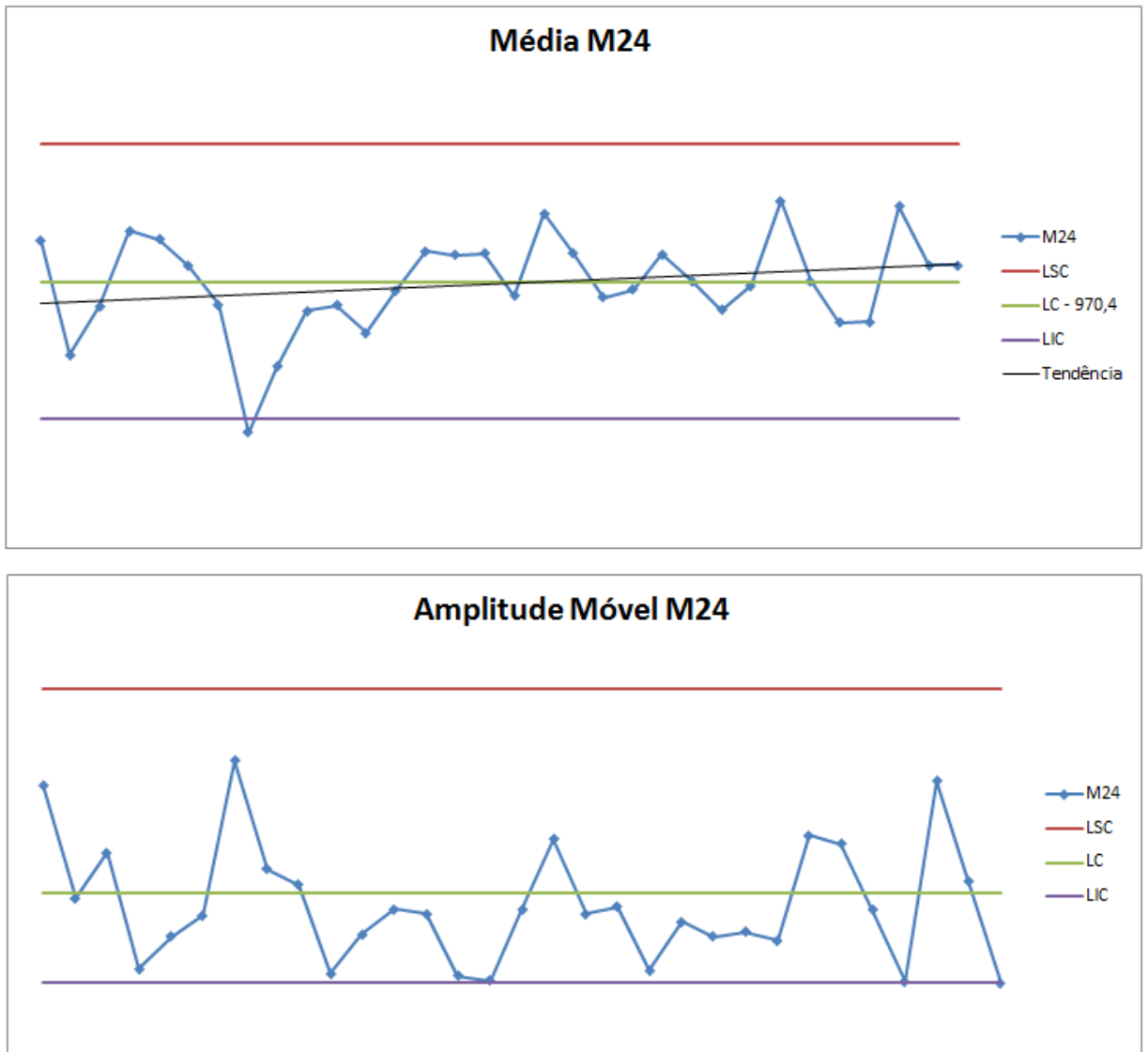


Figura 4.7 – Cartas I-AM – desempenho individual de M24



Figura 4.8 – Desempenho de M24 em relação à média do grupo

Tabela 4.1 – Índices de capacidade do processo

	C_p	C_{pk}
Grupo	0,9633	0,7693
M8	1,2311	1,2365
M11	1,77522	1,39119
M24	1,1055	0,7644
M30	1,4556	0,8089

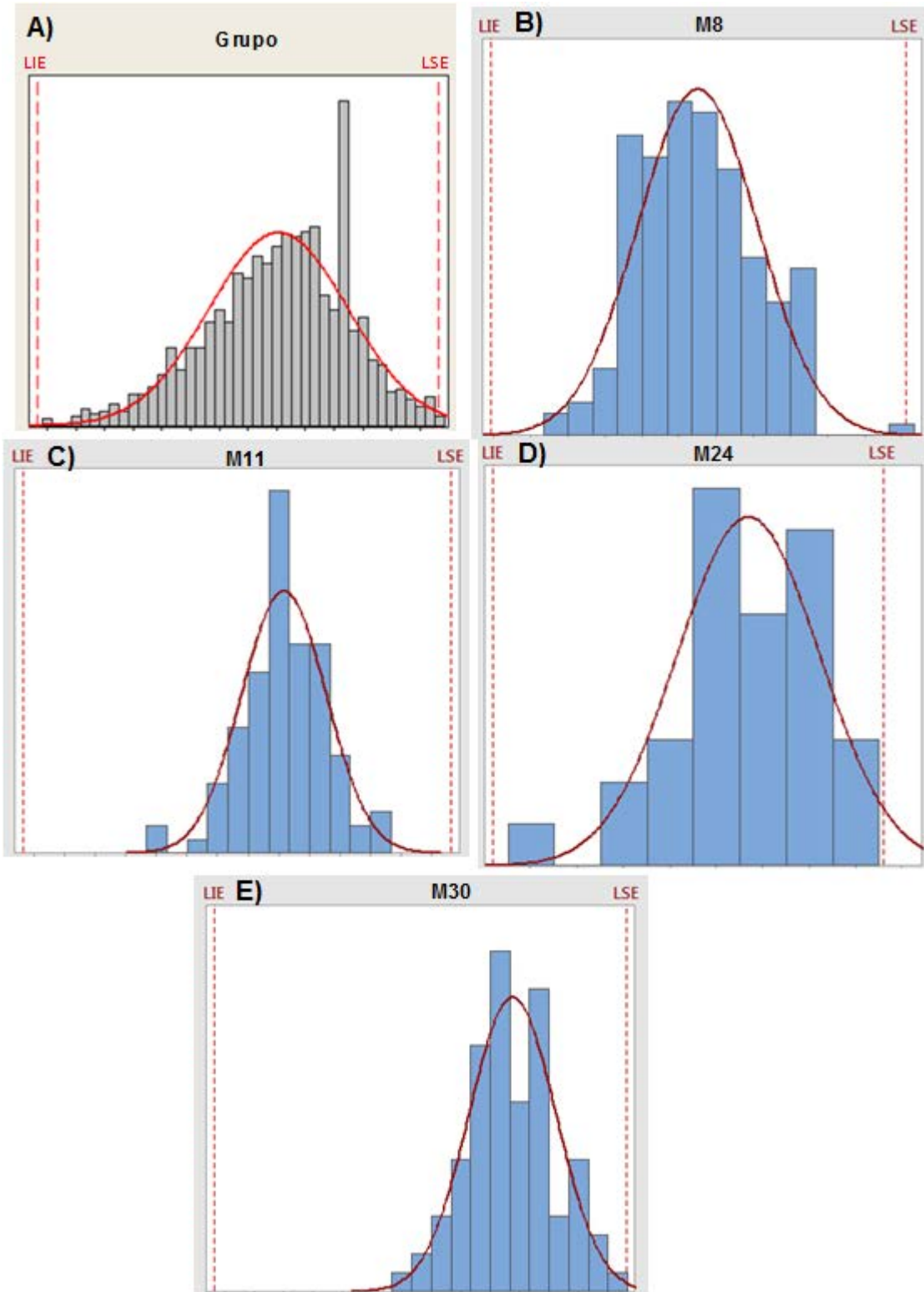


Figura 4.9 – Gráficos da análise de capacidade

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as conclusões da dissertação, bem como sugestões para trabalhos futuros.

5.1 CONCLUSÕES

A presente dissertação teve por objetivo otimizar processos no setor de radiologia do HCPA através do estudo de *layout* e avaliação de desempenho. Para atingir o objetivo geral, foram propostos 5 objetivos específicos, estruturados a partir de 3 artigos científicos.

O primeiro e segundo objetivos específicos declarados, **identificar os conceitos considerados fundamentais para o planejamento de *layout* em ambientes hospitalares e verificar as técnicas/ferramentas utilizadas para o planejamento de *layout* e em quais casos se aplicam** foram abordados nos dois primeiros artigos da dissertação. O primeiro artigo apresentou uma breve explicação dos conceitos e técnicas/ferramentas para planejar *layouts* em ambiente de saúde. Já o segundo artigo aprofundou e discorreu acerca desses conceitos e técnicas/ferramentas, apontando lacunas e direcionamentos no estudo.

O terceiro objetivo específico declarado, **identificar principais técnicas/métricas utilizadas para monitorar a produtividade de radiologistas**, foi cumprido no terceiro artigo, que foi verificado a partir de uma revisão de literatura. O quarto objetivo específico, **identificar principais elementos para o planejamento de *layout* e avaliação da produtividade para os estudos de caso do trabalho**, foi cumprido no primeiro e terceiro artigo. O quinto e último objetivo específico, **usar técnicas que permitam planejar *layout* e medir/avaliar o desempenho dos processos dentro do setor hospitalar**, foi cumprido nas metodologias do primeiro e terceiro artigos científicos.

O artigo 1 prevê o planejamento de *layout* no setor de radiologia do HCPA. Para isso foi utilizada a clusterização de dados como etapa preliminar do SLP. Foram gerados quatro *clusters* das principais categorias de exames para posicionar as estações de trabalho na área física disponível do setor de radiologia, para otimizar o fluxo de informações e minimizar as interferências indesejáveis entre elas. A partir da integração das duas técnicas, foi possível separar o setor em zonas de ruído e silêncio. Os *clusters* foram alocados na zona de silêncio, possibilitando aos

médicos a interpretação dos exames com o mínimo de interferência possível. As demais áreas foram alocadas na zona de ruído.

O artigo 2 realizou uma revisão sistemática dos conceitos e técnicas/ferramentas mais corriqueiros no planejamento de *layout* em ambientes de saúde. O artigo foi dividido em duas partes. A primeira parte analisou e discorreu acerca dos principais conceitos e premissas usados para se planejar *layouts* em ambientes de saúde. A segunda parte buscou mostrar as principais técnicas/ferramentas usadas para planejar *layouts* em ambientes de saúde. Por fim, o artigo apontou os direcionamentos e discutiu as principais lacunas encontradas sobre o tema.

O artigo 3 fez uso das cartas de controle para avaliar o desempenho dos radiologistas do HCPA. Através das cartas de controle, foi possível determinar se o processo estava estatisticamente sob controle e verificar a tendência dos radiologistas ao longo do tempo. Também foi calculada a capacidade dos processos para verificar o nível de dispersão dos dados e se o processo estava centralizado. Desse modo foi possível medir e avaliar a produtividade dos radiologistas a partir da análise da variável tempo. O método se apresentou útil e prático para o estudo de caso, possibilitando maiores discussões e direcionamentos a partir dos resultados apresentados para aprimoramentos e usos futuros dessas ferramentas na radiologia.

Em vista do exposto acima, é possível afirmar que a dissertação foi coerente com o tema proposto e que os objetivos desta pesquisa, tanto geral quanto específicos, foram atingidos.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Pesquisas futuras podem ser desenvolvidas como extensões dos desenvolvimentos aqui propostos. São elas:

- a) Capturar dados do tempo de interpretação dos radiologistas quando o novo layout do setor de radiologia for construído (artigo 1), avaliar a produtividade através das cartas de controle e realizar uma análise comparativa com os resultados do artigo 3;
- b) Verificar e discorrer acerca de variáveis que podem afetar a produtividade do setor de radiologia, aplicar análise multicritério para selecionar as variáveis que mais interferem no desempenho e reavaliar a produtividade dos radiologistas;

- c) Incorporar os 7 fluxos da medicina: pacientes, staff, medicamentos, suprimentos, informações, equipamentos e famílias no Planejamento Sistemático de *Layout* para ambientes hospitalares e verificar adequação do modelo através de um estudo de caso.