

EDUARDA MORESCO FARIAS

MODELANDO A ADMISSÃO DE PACIENTES À LEITOS HOSPITALARES

(versão pré-defesa, compilada em 28 de setembro de 2022)

Trabalho apresentado como requisito parcial à conclusão do Curso de Bacharelado em Informática Biomédica, Setor de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Paraná.

Área de concentração: *Informática Biomédica*.

Orientador: André Ricardo Abed Grégio.

CURITIBA/PR

2022

RESUMO

Com o aumento constante da demanda por leitos hospitalares e o número limitado destes, observa-se uma preocupação por parte das organizações hospitalares em melhorar a qualidade de seus serviços. Dessa forma, aprimorar o fluxo de pacientes em hospitais é uma questão fundamental na gestão hospitalar e seu desafio reside no gerenciamento da capacidade instalada, isto é, gestão dos leitos disponíveis. A admissão de pacientes constitui parte deste contexto e é tida como tarefa crítica devido ao seu impacto nos resultados do atendimento ao paciente. Considerando isso, este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta preliminar de sistema básico de recomendação que possa ser refinado e aplicado à gestão de leitos de qualquer organização hospitalar. Para tanto, faz-se necessário identificar claramente os processos que interagem na ocupação dos leitos para, posteriormente, tê-los integrados no modelo de proposta. Assim, realizou-se uma revisão sistemática da literatura com o propósito de investigar o estado da arte das técnicas informatizadas de alocação de leitos. Por meio dessa análise, constatou-se a falta de estudos nacionais que abordam a problemática em nível operacional, enquanto que para os estudos internacionais, apresentou-se os aqueles que foram mais relevantes na tentativa de resolver o problema de admissão de pacientes e as variáveis que cada um deles levou em consideração na construção da resolução do problema. Como resultado deste trabalho, propõe-se uma modelagem flexível que leva em consideração o quadro clínico do paciente, as políticas de gênero e idade dos leitos e a disponibilidade de recursos, com o objetivo de fomentar a discussão no tema e novos desenvolvimentos na área levando em conta o sistema de saúde brasileiro.

Palavras-chave: Admissão de Pacientes. Escalonamento de Tarefas. Tecnologia da Informação. Gestão de Leitos. Sistemas de Informação de Saúde.

LISTA DE FIGURAS

2.1	Diagrama com exemplo do fluxo de pacientes	14
2.2	Escalonamento FCFS.	17
2.3	Escalonamento PRIOc.	18
2.4	Escalonamento MLFQ.	19
4.1	Fluxo de estados do leito hospitalar.	31
4.2	Exemplo da distribuição de pacientes nas múltiplas filas de prioridade de atendimento	34

LISTA DE TABELAS

2.1	Tarefas hipotéticas na fila de prontas..	17
3.1	Quantidade de estudos retornados por base de dados eletrônica..	22
3.2	Variáveis consideradas para a atribuição do leito do paciente em estudos anteriores	25
4.1	Atividades e eventos abstratos que definem o fluxo de estados de leitos	32

LISTA DE ACRÔNIMOS

AIH	Autorização de Internação Hospitalar
ALNS	<i>Adaptative Large Neighborhood Search</i>
CNES	Cadastro Nacional de Estabelecimentos em Saúde
DINF	Departamento de Informática
FCFS	<i>First-Come, First Served</i>
FSM	<i>Finite State Machine</i>
ILP	<i>Integer Linear Programming</i>
IEPS	Instituto de Estudos para Políticas de Saúde
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados
LAHC	<i>Late Acceptance e Hill-Climbing</i>
MS	Ministério da Saúde
MLFQ	<i>Multi-Level Feedback Queue</i>
MSL	Mapeamento sistemático da literatura
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PBA	<i>Patient Bed Assigment</i>
PNIIS	Política Nacional de Informação e Informática em Saúde
PPGINF	Programa de Pós-Graduação em Informática
PRIOc	Escalonamento por prioridades fixas
PRIOd	Escalonamento por prioridades dinâmicas
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
SIH/SUS	Sistema de Informação Hospitalar do Sistema Único de Saúde
SIS	Sistemas de Informação em Saúde
SUS	Sistema Único de Saúde
TI	Tecnologia da Informação
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	OBJETIVOS	8
1.2	ORGANIZAÇÃO	9
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1	GESTÃO HOSPITALAR E GESTÃO DE LEITOS	10
2.1.1	Componentes da Gestão de Leitos	12
2.2	O USO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO	15
2.2.1	Escalonamento de tarefas	16
2.3	FILAS NO SISTEMA PÚBLICO DE SAÚDE BRASILEIRO	19
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1	METODOLOGIA.	21
3.2	DISCUSSÃO DA LITERATURA	22
3.2.1	O problema de admissão de pacientes	23
4	PROPOSTA	26
4.1	TERMINOLOGIA	26
4.2	PARÂMETROS E VARIÁVEIS	28
4.3	RESTRIÇÕES	29
4.3.1	Restrições rígidas	29
4.3.2	Restrições flexíveis	30
4.3.3	Máquina de estados	30
4.4	SISTEMA DE RECOMENDAÇÕES.	32
4.4.1	Correlacionamento entre paciente e leito	33
4.4.2	Calculando a prioridade de atendimento	33
5	DISCUSSÃO	36
5.1	LIMITAÇÕES	41
6	CONCLUSÃO	43
6.1	TRABALHOS FUTUROS	43
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

Em serviços de saúde, é comum haver mais demanda do que recursos disponíveis. Isso significa que pacientes com necessidades urgentes podem não receber todos os cuidados de que precisam no momento certo, comprometendo assim sua qualidade de vida. Um recurso frequentemente racionado é o das vagas em leitos de internamento hospitalar, especificamente os leitos em UTI (Unidade de Terapia Intensiva). Oerlemans et al. (2016) e Ramos et al. (2017) mostram que fatores relacionados à escassez de recursos são classificados como altamente influenciadores nas decisões de admissão de um paciente à UTI. No Brasil, esse tipo de escolha é mais frequente em hospitais públicos (Ramos et al., 2017). O racionamento de leitos de UTI tende a ser implícito e raramente se sabe que alguém não recebeu o tratamento ideal por falta de vaga. Contudo, ele se torna explícito em situações como a crise causada pela COVID-19 (Wang e de Lucca-Silveira, 2020).

Em 20 de março de 2020 o Ministério da Saúde declarou o reconhecimento da transmissão comunitária do vírus em todo o território nacional. Ainda quando o Brasil registrava um número inexpressivo de pacientes com a COVID-19, especialistas já reportavam a possibilidade de sobrecarga do sistema. Em uma nota técnica, o Instituto de Estudos para Políticas de Saúde (IEPS) colocou que *"em um cenário de 20% da população infectada e desses 5% necessitando de cuidados em UTI por 5 dias, 294 das 436 regiões de saúde do país ultrapassariam a taxa de ocupação de 100%. Em particular, 53% delas necessitariam ao menos o dobro de leitos-dia em relação a 2019 para tratar os casos mais críticos"*, bem como que *"para metade das regiões de saúde, uma taxa de infecção de 9% de seus habitantes seria suficiente para ocupar 100% dos leitos de UTI. Para 25% das regiões, uma taxa de infecção de 5,6% ou menos bastaria."* (Rache et al., 2020). Em março de 2021, um ano mais tarde, diversos casos foram reportados de pacientes que vieram à óbito enquanto estavam na fila de espera de um leito de UTI.

Segundo o Ministério da Saúde (MS), o número de leitos per capita do SUS é de 1,7 leitos por 1.000 habitantes; um dos níveis mais baixos, segundo a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). O número de internações cresce ano após ano, mesmo sem a influência da COVID-19, devido a atuação limitada dos serviços de atenção primária e ao aumento da população idosa (Hendy et al., 2013). De acordo com Raffa et al. (2017b), *"o maior desafio das instituições de saúde é gerir o aumento da demanda sem um aumento equivalente no orçamento, melhorando os padrões de qualidade e acesso."*

Grande parte do problema reside na má-gestão dos recursos hospitalares, especificamente, os leitos. Dentre os desafios encontrados na gestão de leitos, elenca-se como principais os seguintes: (1) dificuldade de acesso ao sistema informatizado, quando existente, por falta de outros recursos (por exemplo, *tablets* com acesso ao mesmo); (2) tempo de espera para consultas; (3) tempo de espera nos serviços de emergência; (4) falhas estruturais caracterizadas pela falta

de leitos; (5) falhas de gestão identificadas por lacunas na previsão de leitos para internação de emergência; (6) falha na análise de sazonalidade; e (7) falhas de comunicação entre a equipe multiprofissional nas previsões de alta e alta tardia (Raffa et al., 2017a).

No trabalho aqui proposto abrange-se uma parte deste contexto, com foco na admissão de pacientes ao leito hospitalar. Além disso, busca-se entender a dinâmica que é estabelecida em diversos hospitais para comportar a alocação dos seus recursos no âmbito da gestão de leitos.

A delimitação de escopo do tema é decorrente da complexidade que é a gestão de leitos e a falta de estudos disponíveis publicamente envolvendo a inovação tecnológica no setor hospitalar público brasileiro.

1.1 OBJETIVOS

Abaixo são apresentados o objetivo geral e os específicos que se deseja alcançar com este trabalho.

Objetivo Geral. A fim de garantir o uso dinâmico (e mais eficaz) dos leitos hospitalares, propõe-se considerar um sistema de recomendações para auxiliar o gerenciamento de leitos. Com recursos disponibilizados pela tecnologia da informação, em conjunto com técnicas clássicas de sistemas computacionais que possam ser aplicadas na gestão do uso de leitos, seria possível desenvolver e aperfeiçoar um sistema de informação para saúde que aumentasse de forma significativa a eficiência da instituição, garantindo a sustentabilidade econômica e social, otimizando os custos e aumentando a receita, sem contudo, comprometer a qualidade dos serviços prestados aos pacientes.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo principal investigar e modelar a problemática que é a gestão de leitos, especificamente a admissão de pacientes aos leitos hospitalares do ponto de vista de cientistas da computação, aplicando técnicas de escalonamento de tarefas como auxiliador na resolução e, conseqüentemente, incentivando a disponibilidade de informações. Com isso, o documento produzido no presente trabalho serviria também como uma leitura inicial para facilitar os trabalhos futuros sobre o assunto, sendo conscientizador do problema ao expô-lo.

Objetivos Específicos. Neste trabalho, foram considerados os seguintes objetivos específicos:

- Analisar a literatura relacionada com gestão informatizada de leitos cujo foco é a admissão de pacientes e compreender como a gestão de leitos influencia a gestão hospitalar do ponto de vista de admissão de pacientes e documentar os componentes que fazem parte do gerenciamento de leitos, posicionando o cenário hospitalar público nacional;
- Relacionar o escalonamento de tarefas ao acesso aos recursos hospitalares;
- Apresentar uma proposta preliminar de sistema básico de recomendação que possa ser refinado e aplicado à gestão de leitos de qualquer organização hospitalar.

1.2 ORGANIZAÇÃO

Este trabalho de conclusão de curso está organizado da seguinte forma: no Capítulo 2, apresenta-se os conceitos fundamentais para compreensão deste trabalho; no Capítulo 3, apresenta-se a revisão sistemática parcial da literatura expondo as pesquisas relacionadas ao tópico; no Capítulo 4, contempla-se a proposta do trabalho, introduzindo a modelagem das variáveis, suas restrições e terminologias e como se relacionam; no Capítulo 5, discute-se a proposta apresentada e pontos importante da gestão de leitos informatizada; por último, no Capítulo 6, apresenta-se as conclusões e limitações do presente estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste Capítulo, apresenta-se os principais conceitos que embasaram a construção da proposta deste trabalho, ordenados como segue: gestão hospitalar e gestão de leitos; componentes da gestão de leitos; sistemas de informação hospitalar; escalonamento de tarefas; e filas no setor público de saúde brasileiro.

2.1 GESTÃO HOSPITALAR E GESTÃO DE LEITOS

Historicamente, os hospitais designavam uma série de instituições caritativas criadas para refúgio, pensão ou instituição dos necessitados, idosos e enfermos, pouco tendo a oferecer além de atenção e serviços de enfermagem (Foucault, 1979). Entre o final do século XIX e início do século XX, com a expansão do conhecimento médico e serviços de diagnóstico e tratamento, as instituições hospitalares deixaram de ser um local que tinha como função principal separar e excluir os mais pobres e enfermos da sociedade, e se transformaram em uma instituição destinada ao cuidado e tratamento de enfermidades, com infra-estrutura suficiente para oferecer atenção médica à sociedade, buscando soluções para os problemas de saúde da comunidade (Cunha e Ruthes, 2007).

De acordo com Ribeiro (1993), o hospital contemporâneo possui muitas missões, dentre estas, se empenhar em manter a vida dos ameaçados pela morte; formar e qualificar profissionais; recuperar a força de trabalho, a fim de devolvê-la ao mercado; e reproduzir capital, pois se constitui em uma empresa que realiza atividade econômica. Para o autor, um hospital *“seja ele público ou privado, representa a emergência de interesses submersos da produção industrial na Saúde”*, apesar de seu resultado mais aparente ser o cuidado ao doente.

Com a mudança de paradigma o hospital passa a ser uma instituição de alta complexidade. Malik e Neto (2016) atribuem essa característica à coexistência de inúmeros processos assistenciais e administrativos, diversas linhas de produção simultâneas e uma fragmentação dos processos de decisão assistencial, com a presença de uma equipe multiprofissional com elevado grau de autonomia.

Celestino (2002) exemplifica os variados processos que coexistem dentro de uma instituição hospitalar moderna:

"Os hospitais estão entre os organismos mais complexos de serem administrados. Neles estão reunidos vários serviços e situações simultâneas: hospital é hotel, lavanderia, serviços médicos, limpeza, vigilância, restaurante, recursos humanos, relacionamento com o consumidor. De certa forma, é natural que todos esses organismos fossem, cada vez mais, regidos por leis, normas,

regulamentações e portarias, vindas de diversos órgãos e instituições – um arcabouço legal cada vez mais dinâmico e variado."(Celestino, 2002)

Devido às demandas da problemática advinda do processo assistencial e, paralelamente, do processo gerencial, Cunha e Ruthes (2007) colocam que há que se rever e recompor os modelos de gestão, bem como as competências inerentes à formação dos profissionais/gestores. De acordo com Najberg et al. (2012), o processo decisório dos gestores da saúde, especialmente na programação assistencial com ênfase no cuidado hospitalar, precisa definir parâmetros, indicadores e ferramentas de acompanhamento contínuo que venham a subsidiar uma prática estruturada de planejamento e programação, identificando pontos de melhoria que possam levar a uma vantagem competitiva diante das demais instituições, minimizando custos e otimizando resultados ao mesmo tempo que mantém uma alta qualidade no atendimento.

Portanto, melhorar o fluxo de pacientes em hospitais é uma questão fundamental na gestão hospitalar e é dito um dos aspectos mais desafiadores de qualquer unidade de tratamento de saúde. O desafio principal do tratamento do fluxo dos pacientes deve-se ao fato por se tratar do gerenciamento da capacidade instalada, isto é, gestão de leitos, que trata-se de uma tarefa crítica.

Assim, o gerenciamento de leitos é responsável pela admissão, internamento e altas dos doentes, incluindo todos os processos e recursos necessários para internação hospitalar. A deficiência de uma gestão de leitos leva ao cancelamento de cirurgias; afeta a taxa de transferência externa dos pacientes nos hospitais, além de poder dificultar a transferência interna; atraso na alta de pacientes; atraso da admissão de pacientes com urgência médica; alocação de pacientes em leitos inapropriados; entre outros malefícios (Raffa et al., 2017b). Em outras palavras, a deficiência no fluxo de leitos traz impacto financeiro e qualitativo negativo a instituição e aos necessitados de cuidados de saúde.

No processo de gestão dos leitos os indicadores são grandes aliados dos gestores, pois medem a diferença entre a situação desejada (meta) e a situação atual (resultado). Tais indicadores apontam o caminho e são um referencial, assim como o velocímetro e as placas de sinalização são para um motorista de um automóvel, fornecendo uma base objetiva para identificar problemas, definir prioridades e permitir a verificação dos esforços de melhoria da instituição.

Para a gestão de leitos, os indicadores utilizados internacionalmente são os de produtividade (Raffa et al., 2017a). Em sua forma mais simples incluem a média de permanência, a taxa de ocupação e o intervalo de substituição. Segundo Jones (2009), como ideal para um atendimento com qualidade e para uma adequada gestão financeira da organização, a ocupação média máxima não deve superar 85%, e a média de permanência deve ficar entre 3 a 7 dias. Bittar (2000) afirma ser mais produtivo o hospital que apresenta menor tempo de média de permanência, maior índice de renovação ou giro do leito e menor índice intervalo de substituição.

É justificável o fato dos hospitais investirem tempo e inteligência na busca de soluções e caminhos novos para tornarem mais eficiente seu giro de leito. Existem ações que podem levar a uma melhora nesta eficiência, dentre elas pode-se citar a especialização de uma equipe interna para gerenciar permanência no hospital, uma vez que, a gestão de leitos deve realizar diariamente

e de maneira adequada a distribuição e controle dos leitos aonde serão acomodados os pacientes oriundos da unidade de tratamento Intensivo (UTI), emergência, bloco cirúrgico, transferências internas e externas, e internação clínica. Entender como essa sistemática funciona é a primeira etapa para um bom resultado na gestão de leitos (Wasgen et al., 2019).

2.1.1 Componentes da Gestão de Leitos

O gerenciamento de leitos abrange desde o desenvolvimento de sistemas de informação de monitoramento e planejamento da ocupação hospitalar à elaboração de processos operacionais de admissão e alta (Faria et al., 2010). Constitui parte importante do planejamento da capacidade operacional e de controle, com relevância no que concerne ao uso eficiente de recursos escassos. O desenvolvimento desse conceito clama por melhorar o planejamento e o controle de oferta e demanda de leitos com a finalidade de manter a taxa de ocupação viável para uso (Collins e et all, 2010). A avaliação da capacidade instalada envolve duas questões principais: a capacidade que deve estar disponível e como utiliza-la da maneira mais apropriada frente à demanda oscilante (Malik e Neto, 2016).

A capacidade hospitalar é a capacidade total de leitos do hospital que leva em conta a área física destinada à internação e a legislação em vigor. Ela é variável por instituição hospitalar e é a base da gestão de leitos. Dentro do contexto de capacidade hospitalar podemos introduzir três classificações presentes para leitos hospitalares: (i) o **leito planejado** é todo o leito previsto para existir em um hospital, levando-se em conta a área física destinada à internação e de acordo com a legislação em vigor, mesmo que esse leito esteja desativado por qualquer razão; (ii) o **leito instalado** é o leito habitualmente utilizado para internação, mesmo que ele eventualmente não possa ser utilizado por um certo período, por qualquer razão, e também corresponde, no setor hospitalar brasileiro, ao leito informado no cadastro do hospital junto ao Ministério da Saúde; e (iii) o **leito desativado**, é o leito que nunca foi ativado ou que deixa de fazer parte da capacidade instalada do hospital por alguma razão de caráter mais permanente, por exemplo, o fechamento de uma unidade do hospital. Se o hospital não tem condição de manter certo número de leitos em funcionamento, esses leitos são desativados e essa informação é atualizada no cadastro do hospital junto ao Ministério da Saúde.

Da mesma forma com que a capacidade hospitalar é característica de cada instituição de saúde, a forma com que ela é utilizada também varia por organização. Segundo Pereira (2013) o processo que se inicia na alta do paciente e liberação do ambiente para a higiene é repleto de diversas atividades que podem variar de hospital para hospital, tais como: alta médica; alta no sistema; impressão de todos os exames para entrega ao paciente; orientação de alta pela enfermagem; desocupação do leito; limpeza terminal; desinfecção do leito; aviso em sistema da liberação do leito, entre outros (Raffa et al., 2017a).

Já para Marcelo Pina, o gerenciamento do leito começa ainda antes de o paciente chegar ao hospital, no momento em que se define o perfil epidemiológico desejado pela instituição (Pereira, 2013). Essa decisão influencia diretamente no tipo de cuidado de saúde que

o hospital ira fornecer, qual setor da instituição ganhará mais recursos, qual será o tipo de mão de obra especializada que será demandada, entre outras mudanças nos processos da organização; impactando no fluxo de pacientes.

Dentro os setores básicos que compõem a instituição hospitalar temos unidade de tratamento intensivo (UTI), urgência e emergência, bloco cirúrgico, transferências internas e externas, e internação clínica. O setor de UTI é destinado ao tratamento de pacientes graves e de risco que exija assistência médica e de enfermagem ininterruptas, além de equipamentos e recursos humanos especializados. Devido a sua criticidade segue processos de regulação para leitos de UTI, que é realizada através da implementação de “*critérios de prioridades técnicas, seguindo protocolos hierarquizados construídos em consensos das sociedades de especialidades médicas, priorizando o atendimento dos casos de maior gravidade*” (Goldwasser et al., 2016). É caracterizado pela dinamicidade na disponibilidade e necessidade de leitos de UTI dificultando o planejamento dos recursos necessários (Wasgen et al., 2019).

O segundo setor é o serviço de urgência e emergência hospitalar. Apesar dos termos serem usados como sinônimo pela população em geral, de acordo com as definições do Ministério da Saúde, significam coisas diferentes. Emergência é a constatação médica de condições de agravo à saúde que impliquem sofrimento intenso ou risco iminente de morte, exigindo, portanto, tratamento médico imediato. Já a urgência é a ocorrência imprevista de agravo à saúde com ou sem risco potencial a vida, cujo portador necessita de assistência médica imediata. Independente da definição, o atendimento de urgência e emergência constitui uma forma de assistência à saúde cujas decisões são estabelecidas num curto espaço de tempo e para isso necessitam ter estabelecidas classificações de risco adequadas baseadas em protocolos validados, os quais devem ser elaboradas por equipes multiprofissionais capacitadas (Wasgen et al., 2019).

Já em relação ao setor cirúrgico, temos a falta de leitos hospitalares como uma das causas predominantes para a suspensão ou cancelamento de cirurgias. O setor faz uso de leitos auxiliares destinados à prestação de cuidados pós-anestésicos ou pós-cirúrgicos imediatos a paciente egresso do bloco cirúrgico e que é utilizado por esse paciente até que ele tenha condições de ser liberado para o leito de internação (Faria et al., 2010).

Outro setor é o de transferências internas e externas de pacientes. A decisão de transportar um paciente crítico deve ser baseada na avaliação e ponderação dos benefícios e riscos potenciais (Pereira, 2013). A falta de acesso aos leitos resulta em processos na Justiça, segundo o Ministério da Saúde, a demanda de leitos está ligada principalmente aos leitos de UTI.

Por fim, temos o setor de internações clínicas. Segundo o Conselho Federal de Medicina, internação clínica é o internamento dos doentes a quem os cuidados de saúde não podem ser administrados em regime ambulatorial, e ainda especifica que cabe ao médico regulador decisões relacionadas ao atendimento do paciente. É neste setor que se faz uso do leito hospitalar de internação e a sua falta repercute perante os outros setores, aumentando filas de emergência, cancelando cirurgias, entre outros malefícios (Wasgen et al., 2019).

É importante observar que, a atribuição de pacientes à leitos é muitas vezes realizada por um escritório central de admissão que contata individualmente cada departamento apropriado alguns dias antes da admissão efetiva do paciente. Da mesma forma, outros hospitais organizam a admissão de pacientes sem um escritório central de admissão, deixando a responsabilidade com os próprios departamentos. Neste último caso, a falta de visão geral dos departamentos pode resultar em sub-ocupação, ou seja, os pacientes podem ser recusados em um departamento enquanto leitos adequados estão disponíveis em outro departamento.

O fluxo de pacientes pode ser dividido em dois grupos: pacientes internados e pacientes ambulatoriais. Os pacientes internados são aqueles que passam mais de 24 horas na instituição hospitalar, enquanto a admissão de pacientes ambulatoriais é expressa em horas. Pode-se dividir os pacientes internados em mais outros dois grupos: pacientes de emergência e eletivos. Os pacientes de emergência são aqueles que chegam ao acaso, ou seja, não estavam no planejamento do hospital. Para esse caso, a maioria dos hospitais oferece alguns leitos que podem ser usados especificamente para pacientes de emergência. Já os pacientes internados eletivos são aqueles que estão aguardando uma data de admissão. Isso significa que um escritório de admissão está responsável por determinar quando admiti-los. Esses pacientes permitem que o hospital melhore sua taxa de ocupação, pois podem ser alocados no período mais adequado para a instituição.

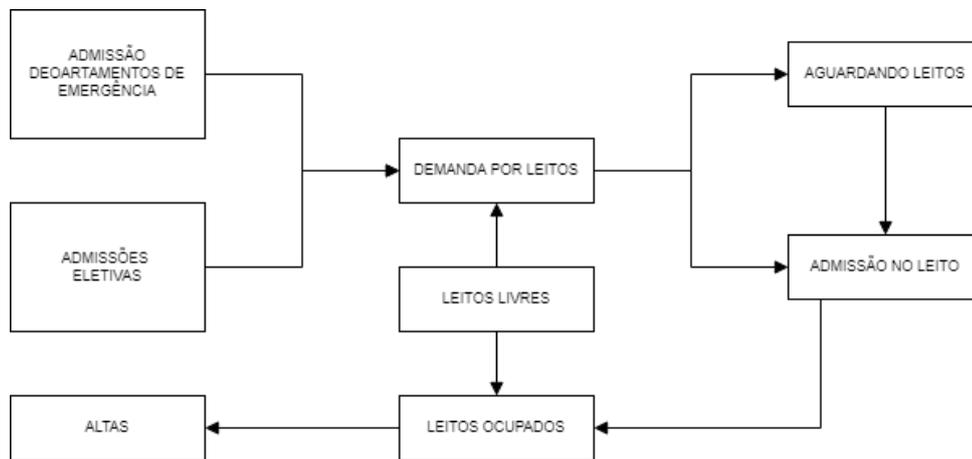


Figura 2.1: Diagrama com exemplo do fluxo de pacientes

Uma outra etapa crítica referente ao processo de internação hospitalar é planejar a alta de forma paralela à proposta terapêutica: o plano de altas médicas é uma forma de organizar as atividades determinadas pelas condições específicas de cada paciente, elaborado com a participação de todos os profissionais que atuam diretamente com este a partir da existência de um prognóstico diante do tratamento adotado e uma previsão de alta (Pereira, 2013). Estudos têm mostrado que o ideal é que o planejamento da alta seja iniciado logo após a admissão do paciente ou mesmo antes da internação, em nível ambulatorial, com a identificação das suas necessidades reais ou potenciais. Segundo estudos de Raffa et al. (2017b), é possível identificar falhas na gestão hospitalar e relacioná-las com a falta de informação.

Carneiro (2012) observa que um dos principais objetivos da gestão de leitos consiste na melhoria efetiva da acessibilidade dos doentes aos cuidados de saúde através da otimização dos recursos de internamento da Instituição, gerindo os leitos de acordo com a diversidade de condicionalismos e contextos a que o hospital poderá estar sujeito (Wasgen et al., 2019). Para isso, pode-se utilizar ferramentas auxiliaadoras para a gestão desses processos. A tecnologia da informação é capaz de facilitar o controle e coordenação destes serviços dado a capacidade de acesso a informação que oferece (Jones, 2009).

2.2 O USO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Segundo Sordi e Meirelles (2019) a tecnologia da informação é, fundamentalmente, a tecnologia utilizada para processar, armazenar e transportar informações no formato digital, ou seja, é um conjunto de hardware, software e componentes de telecomunicação que provê soluções para armazenagem, processamento, análise, transferência e pesquisa de informações. E, pode-se definir sistema de informação como um conjunto de softwares que suportam a execução de diversas transações de negócios e a manipulação de dados altamente correlacionados (Sordi e Meirelles, 2019).

A TI (Tecnologia da Informação) e seus sistemas informatizados são essenciais na saúde, uma vez que, a tomada de decisões no setor público e privado de saúde é extremamente dependente de uma informação eficaz e atempada. Uma comunicação eficiente entre as partes possibilita que os gestores e profissionais tenham informações rápidas e precisas sobre a situação de seus processos como, por exemplo, disponibilidade de recursos; programação de cirurgias; fluxo de exames; entre outros. A informação rápida e precisa auxilia no aumento da eficiência através da minimização de incertezas, amplificando a capacidade estratégica dos gestores hospitalares (Pereira et al., 2012).

Em pesquisa realizada no hospital Länssjukhuset Ryhov, Suécia, por Hanaeus e Tolic (2015) verificou-se a dificuldade de controle dos leitos hospitalares vagos devido à falta de informações ligadas a um sistema de software ou sistema de informação integrado. O fluxo realizado por enfermeiros, de maneira manual, apresentava abertura para enganos resultando em desperdício de tempo e recursos. Com o apoio da tecnologia, a programação de limpeza do leito poderia ser mais precisa, a delegação de tarefas mais adequada e o acompanhamento do paciente com maior qualidade (Hanaeus e Tolic, 2015).

Ademais, dado que tanto a média de internações como os diagnósticos são variáveis, existe uma demanda dos gerentes das instituições hospitalares por previsões adequadas e informações atualizadas sobre internações de pacientes e saídas. Os recursos de TI se tornaram um ferramental estratégico, tático e operacional importante para ajudar os gestores e demais funcionários a realizar tarefas de forma mais ágeis e organizadas, bem como quando se pretende elevar a eficiência organizacional (Malik e Neto, 2016).

Além disso, Lin e Shao (2006) mostram que a TI já é amplamente utilizada nos cuidados de saúde, uma vez que muitas rotinas diárias são dependentes de vários sistemas informáticos e outros diagnósticos de pacientes para tratamentos seguros.

Por conseguinte, sabe-se que o investimento em TI é considerado necessário no atual setor. Gartner et al. (2009) demonstram que existe relação significativa e positiva entre o acréscimo de investimentos em TI e o aumento de produção, ou seja, os hospitais aumentam a eficiência dos seus leitos com o apoio tecnológico.

Porém, os sistemas precisam garantir a integridade das informações mantidas e fornecidas por eles, a fim de evitar consequências graves, como processos judiciais ou indução ao erro médico. Logo, é vital que um sistema informatizado apresente informações precisas, completas, em tempo real e úteis (Pereira et al., 2012).

Portanto, a utilização de sistemas informatizados dá oportunidade de desenvolvimento de soluções focais no processo de gestão de leitos. Por exemplo, o acesso às características do paciente e a disponibilidade de recursos hospitalares de forma informatizada proporciona a implementação de uma solução de alocação de recursos chamada escalonamento de tarefas, capaz de auxiliar no processo de admissão de pacientes aos leitos hospitalares.

2.2.1 Escalonamento de tarefas

O termo escalonamento ou *scheduling* identifica o processo de se alocar recursos a atividades. Em um sistema de computação há quase sempre mais atividades a executar do que o número de recursos disponíveis. Dessa forma, a área de tecnologia desenvolveu métodos capazes de alocar recursos de forma eficiente, levando em consideração as necessidades distintas de processamento de cada tarefa.

Um dos componentes mais importantes da gerência de tarefas é o escalonador (*task scheduler*), responsável por decidir a ordem de execução das tarefas prontas para processamento. O papel do escalonador no sistema varia conforme a solução de escalonamento adotada. Nesta seção, apresenta-se quatro diferentes soluções de escalonamento levando em consideração a proposta do estudo, sendo elas:

1. *First-Come, First Served* (FCFS);
2. Escalonamento por prioridades fixas (PRIOc, PRIOp);
3. Escalonamento por prioridades dinâmicas (PRIOd);
4. *Multi-Level Feedback Queue*.

Para entendimento do texto é importante ter em mente que uma **escala de execução** (*schedule*) é uma lista ou tabela que descreve quando cada uma das tarefas de um determinado conjunto vai ocupar determinado recurso. Na maioria das vezes, o recurso em questão é um processador. Por outro lado, uma **grade** (*time grid*) é um tipo especial de escala de execução.

A grade contém uma sequência finita de **slots de tempo** (*time slots*). Todos os *slots* de tempo possuem a mesma duração. Ela indica qual tarefa executa em quais *slots* de tempo. Por fim, o termo **fila de prontas** é referente a tarefas que estão prontas a serem processadas.

Para a descrição do funcionamento de cada algoritmo será considerado um sistema monoprocessado, ou seja, que possui somente um processador, e um conjunto hipotético de quatro tarefas (t_1, t_2, t_3, t_4) na fila de prontas.

Tabela 2.1: Tarefas hipotéticas na fila de prontas.

Tarefa	t_1	t_2	t_3	t_4
Ingresso	0	0	1	3
Duração	5	2	4	1
Prioridade	1	2	1	3

Para simplificar a análise dos algoritmos, as tarefas (t_1, t_2, t_3, t_4) são orientadas a processamento, ou seja, não são interrompidas enquanto alocadas a um recurso. Cada tarefa tem uma data de ingresso (instante em que entrou no sistema), uma duração (tempo de processamento que necessita para realizar sua execução) e uma prioridade (usada nos algoritmos PRIOc e PRIOp).

First Come, First Served. A forma de escalonamento mais elementar consiste em simplesmente atender as tarefas em sequência, à medida em que elas se tornam prontas (ou seja, conforme sua ordem de ingresso na fila de tarefas prontas). Esse algoritmo é conhecido como FCFS – *First Come - First Served* – e tem como principal vantagem sua simplicidade.

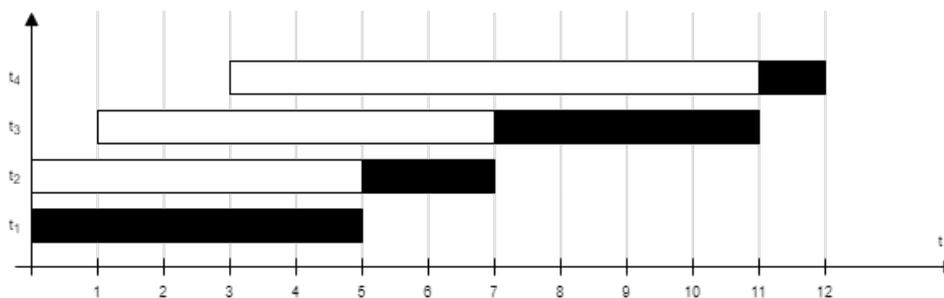


Figura 2.2: Escalonamento FCFS.

Escalonamento por prioridade estática. No escalonamento por prioridade, cada tarefa, no seu instante de criação, é associada a uma prioridade, geralmente na forma de um número inteiro, que representa sua importância no sistema. Os valores de prioridade são então usados para definir a ordem de execução das tarefas. Diferentes critérios podem ser utilizados para designar a prioridade de uma tarefa, como o seu proprietário (administrador, gerente, estagiário), seu grau de interatividade, etc. O escalonamento por prioridade pode ser preemptivo ou cooperativo. No escalonamento preemptivo a tarefa pode perder o processador caso termine seu *quantum* de tempo (espaço de tempo reservado à execução da tarefa). A cada interrupção, exceção ou chamada de sistema, o escalonador reavalia todas as tarefas da fila de prontas e

decide se mantém ou substitui a tarefa atualmente em execução. Já a tarefa do escalonamento cooperativo permanece no processador tanto quanto possível, liberando o recurso quando finaliza sua execução.

Na Figura 2.3, os valores de prioridade são considerados em uma escala de prioridade positiva, ou seja, valores numéricos maiores indicam maior prioridade; e utilizam o algoritmo de prioridade cooperativo, ou PRIOc; para a ordem de execução das tarefas.

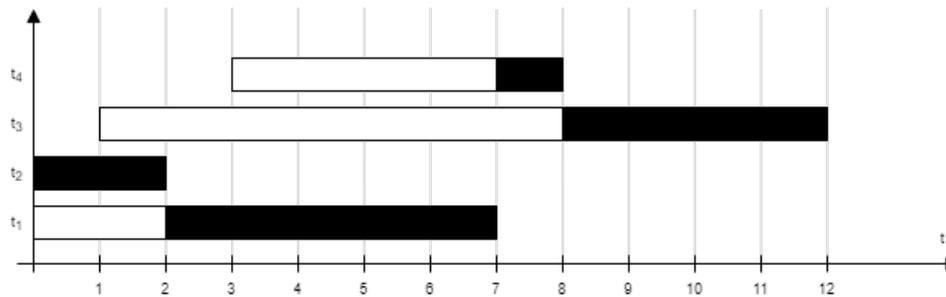


Figura 2.3: Escalonamento PRIOc.

No escalonamento por prioridades fixas apresentado acima, as tarefas de menor prioridade só recebem o processador na ausência de tarefas de maior prioridade. Desse modo, caso existam tarefas de maior prioridade frequentemente ativas, pode ocorrer o fenômeno que se denomina inanição (*starvation*). Ou seja, as tarefas de menor prioridade podem “morrer de fome” por nunca conseguirem chegar ao processador.

Escalonamento por prioridade dinâmica. Como forma de combater o problema de *starvation*, pode-se utilizar o método de envelhecimento (*aging*), em que, aumenta-se a prioridade da tarefa proporcionalmente ao tempo que ela está aguardando o recurso, definindo um esquema de prioridades dinâmicas, que permite a elas executar periodicamente e assim evitar a inanição (PRIOd).

Multi-Level Feedback Queue. Por último, temos o *Multi-Level Feedback Queue* (MLFQ), ou escalonamento por filas múltiplas. Na sua forma básica, temos um número distinto de filas, cada uma representando um nível de prioridade diferente. Cada tarefa pronta ocupa um lugar em uma das filas de prioridade e são executadas por seu nível de prioridade. Se mais de uma tarefa ocupa o mesmo nível de prioridade, elas são processadas utilizando o escalonamento *Round-Robin*, também conhecido como escalonamento por revezamento. Nele as tarefas possuem um *quantum* específico, ou fatias de tempo; e revezam o recurso dentro do espaço de tempo estipulado até finalizarem.

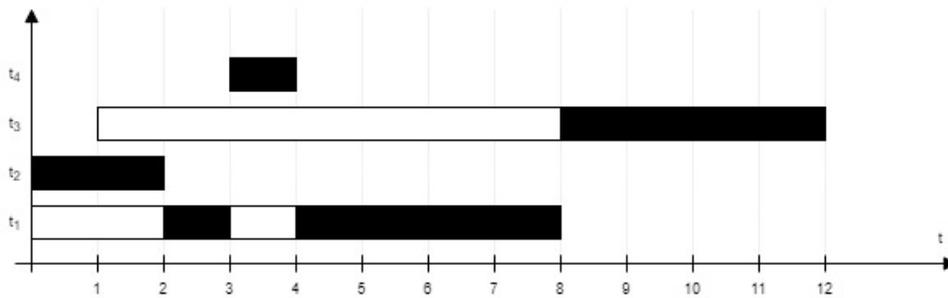


Figura 2.4: Escalonamento MLFQ.

2.3 FILAS NO SISTEMA PÚBLICO DE SAÚDE BRASILEIRO

Conceitualmente, a fila de espera ocorre sempre que a procura por determinado serviço é maior que a capacidade do sistema de prove-los. Portanto, a fila de espera é composta, por usuários que aguardam o mesmo procedimento ou serviço cuja demanda é maior que a oferta. Mesmo em uma situação em que a taxa de atendimento é maior que a taxa de chegada de clientes, ainda se tem a possibilidade de haver filas.

Em um cenário menos provável para serviços ocupados, a taxa de serviço é maior do que a demanda. Nele, o prestador de serviço possui, momentaneamente, um tempo livre e sua taxa de utilização média, inferior a 100%. Contudo, na maioria das vezes, a capacidade é menor do que a demanda e os prestadores de serviços estão ocupados atendendo um cliente após o outro enquanto os novos aguardam. O resultado é uma situação em que, embora a capacidade média tenha sido superior à demanda média, dando uma utilização alta, mas não 100%, os pacientes têm que esperar. Esta é uma observação elementar, mas prática, sobre a natureza de um processo de serviço onde o tempo de chegada e a duração dos serviços variam (Palvannan e Teow, 2012).

Quando se fala no fluxo de admissão de pacientes a recursos hospitalares, em especial aos recursos públicos, a fila de espera é gerada quando ocorre o desequilíbrio entre a oferta de procedimentos e/ou serviços de saúde, as correspondentes solicitações para atendimento e a administração dos recursos solicitados, cabendo assim, ao gestor local do SUS a administração da fila por intermédio das ações de Regulação da Atenção e Regulação do Acesso.

Conforme estabelecido na Política Nacional de Regulação do SUS, temos a Regulação do Acesso à Assistência, também denominada regulação do acesso ou regulação assistencial, tem como objetos a organização, o controle, o gerenciamento e a priorização do acesso e dos fluxos assistenciais no âmbito do SUS; e tem como sujeitos seus respectivos gestores públicos, sendo estabelecida pelo complexo regulador e suas unidades operacionais; e sua dimensão abrange a regulação médica, exercendo autoridade sanitária para a garantia do acesso baseada em protocolos, classificação de risco e demais critérios de priorização (BRASIL, 2008).

A Regulação da Atenção à Saúde, por sua vez, é exercida pelas Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde, conforme pactuação estabelecida no Termo de Compromisso de Gestão do Pacto pela Saúde. Tem como objetivo garantir a adequada prestação de serviços à população, e

seu objeto é a produção das ações diretas e finais de atenção à saúde, estando, portanto, dirigida aos prestadores públicos e privados; e tem como sujeitos seus respectivos gestores públicos, definindo estratégias e macro-diretrizes para a Regulação do Acesso à Assistência e Controle da Atenção à Saúde, também denominada de Regulação Assistencial e controle da oferta de serviços, executando ações de monitoramento, controle, avaliação, auditoria e vigilância da atenção e da assistência à saúde no âmbito do SUS.

Para que ocorra o acesso equitativo aos serviços de saúde, a inserção do usuário na fila não deve ser somente por ordem de solicitação, e nem tampouco de forma aleatória. A organização da fila de espera é essencial para o adequado gerenciamento, e deve ser baseada em critérios técnicos/científicos, realizada por tipo de procedimento, por nível de atenção à saúde, por região ou território e como única forma de acesso ao recurso assistencial solicitado. Caso não exista, ou não seja utilizado critério de priorização, os atendimentos são realizados de acordo com o que se chama “*First In, First Out*” (primeiro a entrar, primeiro a sair). Esses conceitos podem ser relacionados aos de escalonamento por prioridade e escalonamento *First Come, First Served* apresentados anteriormente, na Seção 2.2.1.

Realizar a gestão da fila de espera implica em gerenciar e monitorar, ou seja, organizar, operar- classificar risco e priorizar o usuário, e analisar a quantidade de usuários inscritos e o tempo que estão aguardando atendimento. O tempo de espera e a rotatividade são fundamentais para uma abordagem integral do cuidado, o que significa avançar na qualidade dos serviços de saúde, de modo a enfrentar a ineficiência dos serviços, para o fornecimento de acesso em tempo oportuno aos usuários.

Tendo isso em vista, a modelagem proposta neste trabalho tenta abordar os pontos principais estabelecidos neste Capítulo de forma a ser acessível e aplicado à gestão de leitos e fluxo de admissão de pacientes de qualquer organização hospitalar respeitando as características particulares que se desviam nos processos estabelecidos por cada instituição, dando atenção aos critérios de priorização do paciente.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica da literatura é necessária em diversas situações e é realizada com o objetivo de conhecer as pesquisas relacionadas a um determinado tópico. Ela também é feita para compreender a extensão do tema de pesquisa, resumir o que já existe a respeito na área e, por fim, identificar lacunas existentes no âmbito de pesquisa que podem se tornar projetos.

Neste Capítulo, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), com o propósito de investigar o estado da arte das técnicas informatizadas de alocação de leitos. O ponto de vista abordado é o da aplicabilidade de tais técnicas no contexto do gerenciamento de leitos hospitalares, haja visto a problemática evidenciada pela pandemia COVID-19.

3.1 METODOLOGIA

Para identificar os trabalhos atuais sobre técnicas aplicadas à admissão de pacientes à leitos hospitalares, foi realizada uma revisão da literatura utilizando o modelo proposto por Kitchenham et al. (2010), que inicia-se com a fase do planejamento, segue pela condução e finaliza com a análise de dados.

Na fase do planejamento, é definida a formulação das questões de pesquisa (QPs) relacionadas ao assunto a ser abordado. Para este trabalho as perguntas formuladas foram:

- QP_1 : Quais informações são levadas em consideração na priorização da alocação de leitos hospitalares?
- QP_2 : Quais são as técnicas aplicadas ao problema de admissão de pacientes aos leitos hospitalares?

Já para garantir a qualidade dos resultados da revisão, é importante definir critérios de seleção dos estudos, pois dessa forma é possível estabelecer a relevância de um estudo para o contexto da revisão sistemática a ser conduzida. Para facilitar a leitura, a sigla CI será utilizada para representar os critérios de inclusão, enquanto que CE irá representar os critérios de exclusão. Ambos são descritos abaixo:

- CI_1 : Apresenta conteúdo explicativo sobre processos de priorização de pacientes;
- CI_2 : Apresenta conteúdo relacionado a fila de prioridades em âmbito hospitalar;
- CI_3 : Apresenta conteúdo sobre gerenciamento de recursos hospitalares com parametrização dinâmica;
- CE_1 - **Disponibilidade**: a pesquisa deve possuir versão gratuita ou disponibilizada por universidade brasileira;

- CE_2 - **Tema incompatível:** pesquisa não diretamente relacionada ao Gerenciamento de Leito/Admissão de Pacientes e/ou Escalonamento de Tarefas/Fila de Prioridade;
- CE_3 - **Idioma distinto:** idioma da pesquisa diferente de inglês ou português.

Destaca-se que uma fase importante na condução da pesquisa é a aplicação de filtros de leitura, uma vez que auxilia o processo de seleção dos estudos retornados pelas bases de dados. Para tanto, foram aplicados três filtros de leitura: I) Leitura de título e abstract; II) Leitura da introdução e conclusão; e III) Leitura do estudo na íntegra. Em todos os filtros de leitura, foram aplicados os CI's e CE's para cada estudo analisado. Os artigos que não cumpriram com qualquer um dos critérios de inclusão, foram então descartados.

Por fim, visando encontrar respostas para as QP's definidas anteriormente, foi definida a *string* de busca: (((*"bed management"*OR *"bed allocation"*OR *"bed occupation"*OR *"patient admission"*) AND (*"scheduling"*OR *"queue"*)) OR ((*"gestão de leitos"*OR *"leitos hospitalares"*) AND (*"tecnologia da informação"*OR *"planejamento"*))). A *string* de busca foi utilizada nas seguintes bases de dados filtrando os dados a partir de janeiro de 2010 : ACM Digital Library, IEEE Xplore e Portal de periódicos CAPES/MEC.

A partir da *string* de busca foram retornados 362 trabalhos pelas bases de dados eletrônicas, onde a quantidade de artigos obtidos em cada base, é apresentada na Tabela 3.1.

Banco de Dados	Quantidade
ACM Digital Library	66
IEE Xplore	14
Portal de periódicos CAPES/MEC	282
Total	362

Tabela 3.1: Quantidade de estudos retornados por base de dados eletrônica.

Em uma visão geral do processo de condução da revisão de literatura, nos artigos encontrados foram aplicados os CI's e CE's, onde 7 estudos foram descartados por se tratarem de estudos na língua espanhola e 23 foram excluídos, por serem estudos duplicados. Dos 332 que restaram, 298 foram descartados por meio da leitura do título e *abstract* e aplicação dos CI's e CE's. A leitura na íntegra descartou mais 22 estudos, totalizando assim 12 estudos relevantes incluídos. Os resultados obtidos através desses 12 estudos serão apresentados na Seção 3.2.

3.2 DISCUSSÃO DA LITERATURA

A atribuição de pacientes à leitos, *Patient Bed Assignment (PBA)*, é o processo de alocação de pacientes em leitos de forma que as preocupações médicas e desejos pessoais sejam atendidos o máximo possível. Esse processo pode ser realizado em três níveis diferentes: estratégico, tático ou operacional.

O nível operacional aplica regras concretas para a admissão de pacientes, que seguem as decisões estratégicas e táticas que são tomadas pela gestão hospitalar. Uma decisão estratégica

pode envolver maximizar o uso dos recursos (equipamento de ressonância magnética, salas de cirurgia, enfermeiros, leitos, etc.) no hospital ou minimizar o tempo de espera dos pacientes.

O problema de PBA considerado neste artigo compreende um problema de atribuição que ocorre no nível operacional nos hospitais, buscando modelar as informações básicas que um sistema de gestão de leitos deve possuir pra auxiliar no processo de alocação de recursos hospitalares. Observou-se que inúmeros artigos podem ser encontrados que abordam os níveis tático e estratégico, contudo a admissão de pacientes no nível operacional não é amplamente divulgada. Especialmente, quando se observa o cenário nacional, a produção de estudos para os níveis tático e estratégico ganha grande destaque comparado ao operacional.

Sendo assim, esta revisão da literatura traz os artigos mais relevantes encontrados que tentam resolver o problema de admissão de pacientes em nível operacional e as variáveis que cada um deles levou em consideração na construção da resolução do problema. Enquanto, trabalhos que abordam os outros dois níveis do processo são discutidos no Capítulo 2.

3.2.1 O problema de admissão de pacientes

O PBA foi introduzido por Demeester et al. (2010) como um problema desafiador de **otimização combinatória**. O estudo foi o primeiro a apresentar uma modelagem, com mapeamento de variáveis e restrições, que descrevessem o problema de forma a ser estudado pelos demais acadêmicos. Como solução, Demeester et al. (2010) apresentou um algoritmo de meta-heurística, *tabu search*, hibridizado com um *token ring* e uma abordagem de descendência de vizinhança variável para atribuir automaticamente pacientes a leitos hospitalares, satisfazendo ao máximo os desejos deste e suas condições médicas. O algoritmo desenvolvido teve como objetivo equilibrar o número de pacientes entre os diferentes departamentos, a fim de distribuir igualmente as cargas de trabalho e o uso de recursos dentro do hospital.

Por outro lado, Ceschia e Schaerf (2011) apresentaram um algoritmo de busca local de multi-vizinhança, analisando como diferentes combinações de vizinhanças impactam os diferentes conjuntos de pesos que constituem a função objetivo da modelagem desenvolvida por Demeester et al. (2010). Eles superaram trabalhos anteriores sobre o problema em termos de qualidade e tempo computacional.

Similar a Ceschia e Schaerf (2011), Vancroonenburg et al. (2012) define uma nova extensão ao problema de PA em um contexto dinâmico. Para este fim, as datas de registro da solicitação do recurso de cada paciente são adicionadas à definição do problema. Ao contrário de Ceschia e Schaerf (2011), no entanto, supõe-se que uma estimativa do tempo de permanência para cada paciente também esteja disponível, o que normalmente se observa na prática. Cuidados especiais são tomados para acomodar o processo de decisão quando os pacientes ultrapassam o tempo estimado de permanência. A versão dinâmica do problema é modelada e resolvida usando *Integer Linear Programming (ILP)*, ou Programação Inteira.

Bilgin et al. (2012) propuseram uma abordagem hiper-heurística generalista de alto nível para resolver tanto o PBA quanto o problema de escala de enfermeiros. Além disso, em

relação ao problema de agendamento de admissão de pacientes, eles forneceram novas instâncias de informações para a modelagem do problema e uma ferramenta de validação que permitiu comparar o desempenho de vários algoritmos.

Já, Ceschia e Schaerf (2012) propuseram uma meta-heurística baseada em recozimento simulado, um algoritmo para otimização que consiste numa técnica de busca local probabilística, e se fundamenta numa analogia com a termodinâmica; e uma estrutura de vizinhança complexa para resolver as versões estática (preditiva) e dinâmica (diária) do PBA. Eles decompueram o problema dinâmico em uma série de subproblemas estáticos considerando as informações coletadas em tempo real do hospital.

Thomas et al. (2013) contribuiu com uma ferramenta que apoia a tomada de decisão do hospital, recomendando periodicamente atribuições de leitos de pacientes utilizando a programação inteira mista como solucionador do problema. Seu sistema recebe informações em tempo real sobre o estado do hospital, resolve o modelo de programação matemática, analisa as atribuições e, se necessário, reexecuta automaticamente o modelo com as restrições suaves, também, modeladas primeiramente por Demeester et al. (2010).

Por outro lado, Range et al. (2014) propõem uma heurística baseada em *Branch and Bound*, geração de colunas e agregação de restrições dinâmicas. Os resultados computacionais obtidos mostraram que uma abordagem heurística baseada em geração de colunas usando fixação agressiva de variáveis é uma abordagem viável para identificar soluções de alta qualidade para o problema de agendamento de admissão de pacientes.

No mesmo ano, Ceschia e Schaerf (2014) apresentaram um modelo mais elaborado para PBA que considera restrições na utilização de salas cirúrgicas para pacientes que necessitam de cirurgia. Neste, incluíram um horizonte de planejamento flexível e uma noção complexa de atraso do paciente. Sua solução foi baseada em busca local explorando o espaço de busca usando uma vizinhança composta. Concluíram que as salas cirúrgicas podem ser efetivamente incorporadas a um modelo de admissão de pacientes, porém, isso implica em uma gestão mais elaborada de atrasos e relações de vizinhança mais complexas.

Lusby et al. (2016) desenvolveram uma meta-heurística usando um procedimento de *adaptive large neighborhood search (ALNS)* e um *framework Simulated Annealing* para resolver o PBA. A metodologia proposta desenvolveu um modelo dinâmico de otimização contínua baseado nas informações disponíveis (realizado diariamente). Os resultados mostraram que a meta-heurística criada foi um método eficiente e flexível que pode resolver problemas de diferentes tamanhos e com diferentes horizontes de tempo. O programa foi executado para instâncias de pequeno, médio e grande porte e, na maioria dos casos, o método apresentou resultados melhores do que o sugerido por Ceschia e Schaerf (2012).

Turhan e Bilgen (2017) projetaram heurísticas baseadas em programação inteira mista chamadas *Fix-and-Relax* e *Fix-and-Optimize* para o problema PBA, decompondo o problema em subproblemas separando os pacientes com base em suas preferências e tempo de permanência

e decompondo o horizonte de planejamento em janelas de otimização. Seu método encontrou soluções viáveis em tempos computacionais baixos.

Guido et al. (2018) definiram um modelo de otimização para gerenciar o agendamento de admissão de pacientes e sugeriram um método para definir pesos usados para penalizar violações de restrições. Eles testaram três novas configurações de valor de penalidade em um conjunto de instâncias, mostrando melhorias na qualidade do cronograma. Guido et al. (2018) propuseram um framework de solução mateurística baseado em uma abordagem de reotimização, que eles chamaram de FiNeMath.

Por fim, Bolaji et al. (2018) apresentaram um algoritmo baseado em meta-heurística baseado em um método chamado de *late acceptance hill-climbing (LAHC)* para resolver o PBA. O algoritmo baseado em LAHC usou três estruturas de vizinhança embutidas em seus operadores para navegar rigorosamente no espaço de busca de soluções a fim de gerar uma nova solução candidata e utilizou as soluções armazenadas nas matrizes de uma tabela para escapar de ficar preso em mínimos locais. Devido a esta propriedade, o algoritmo proposto mostrou-se adequado e eficiente quando empregado para resolver diferentes problemas de alta dimensionalidade como o PBA.

A Tabela 3.2 a seguir apresenta um sumário das referências utilizadas neste capítulo considerando-se as variáveis priorizadas na atribuição de leito aos pacientes. O presente trabalho, tal qual Demeester et al. (2010), tenta abordar todas as variáveis discutidas pela literatura.

Estudo	Necessidade de equipamento	Políticas de gênero	Políticas de idade	Transferências	Isolamento	Estado do leito
Demeester et al. (2010)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ceschia e Schaerf (2011)	✓	✓	✓	✓		
Ceschia e Schaerf (2012)	✓	✓	✓	✓		
Bilgin et al. (2012)	✓			✓		
Vancroonenburg et al. (2012)		✓	✓			
Range et al. (2014)	✓	✓	✓	✓		
Thomas et al. (2013)				✓	✓	
Ceschia e Schaerf (2014)	✓	✓	✓	✓		
Turhan e Bilgen (2017)	✓	✓	✓	✓	✓	
Guido et al. (2018)	✓	✓	✓	✓		
Bolaji et al. (2018)	✓	✓	✓	✓		

Tabela 3.2: Variáveis consideradas para a atribuição do leito do paciente em estudos anteriores

4 PROPOSTA

Neste capítulo, apresenta-se a proposta de um sistema que oferece recomendações personalizadas para auxiliar os profissionais responsáveis pela alocação de pacientes não eletivos à leitos tendo em vista a aplicabilidade em processos hospitalares. Para isso, leva-se em consideração as características do doente e dos recursos disponíveis pela instituição hospitalar e faz-se uso da tecnologia de escalonamento de tarefas baseada em múltiplas filas de prioridade. Inicialmente, é listado um dicionário de termos para recuperar conceitos importantes e facilitar a compreensão da proposta. A seguir, apresenta-se a modelagem do problema e por fim o sistema de recomendações.

4.1 TERMINOLOGIA

Esta seção apresenta os conceitos básicos extraídos dos Capítulos 2 e 3 que foram utilizados para a construção da proposta.

- **Pacientes planejados:** São pacientes que possuem uma data de admissão e tempo de permanência esperado, que é determinado pelo governo para cada patologia. Para reduzir os gastos no setor público de saúde, o governo exige que os hospitais tratem todas as patologias dentro deste período de tempo pré-definido. Os pacientes planejados não são pacientes internados.
- **Pacientes de emergência:** Pacientes não planejados pelo hospital, logo não possuem uma data de admissão e um tempo de permanência programados. Os pacientes de emergência não são pacientes internados.
- **Pacientes de ambulatório:** Pacientes que permanecem no hospital sob supervisão médica e/ ou de enfermagem, para fins diagnósticos ou terapêuticos, por período inferior a 24 horas.
- **Pacientes internados:** Pacientes que são admitidos para ocupar um leito hospitalar por um período igual ou maior a 24 horas.
- **Cama:** É o leito hospitalar de internação numerado e identificado, destinado à internação de um paciente dentro de um hospital, localizado em um quarto, que se constitui no endereço exclusivo de um paciente durante sua estadia no hospital e que está vinculado a uma unidade de internação ou serviço.
- **Quarto:** É caracterizado por uma série de propriedades físicas, por exemplo, a disponibilidade de oxigênio ou telemetria. Nem todos os quartos são adequados para

todos os pacientes: são necessários equipamentos diferentes para bebês e idosos, por exemplo. Um quarto pode conter uma ou mais camas. Os hospitais normalmente não atribuem pacientes de sexo diferente ao mesmo quarto ao mesmo tempo. Dessa forma, quartos do tipo F e M aceitam somente mulheres e homens respectivamente. Quartos do tipo D, seguem a RF5 e os do tipo N podem ser ocupados pelos dois ao mesmo tempo.

- **Departamento:** Um departamento hospitalar é, em geral, altamente especializado no tratamento de um tipo de patologia (doenças cardiovasculares, oncologia, dermatologia, etc.). Dessa forma, temos mão de obra especificamente qualificada e seus quartos estão equipados para acomodar pacientes que necessitam de tratamento dentro da especialidade do departamento.
- **Entrada:** É a entrada do paciente na unidade de internação, por internação, incluindo as transferências.
- **Saída:** É a saída do paciente da unidade de internação por alta (curado, melhorado ou inalterado), evasão, desistência do tratamento, transferência interna, transferência externa ou óbito. As transferências internas não são consideradas saídas para os cálculos das estatísticas hospitalares.
- **Alta:** Ato médico que determina a finalização da modalidade de assistência que vinha sendo prestada ao paciente, ou seja, a finalização da internação hospitalar. O paciente pode receber alta curado, melhorado ou com seu estado de saúde inalterado. O paciente poderá, caso necessário, passar a receber outra modalidade de assistência, seja no mesmo estabelecimento, em outro ou no próprio domicílio.
- **Evasão:** É a saída do paciente do hospital sem autorização médica e sem comunicação da saída ao setor em que o paciente estava internado.
- **Desistência do tratamento:** É a saída do paciente do hospital sem autorização médica, porém com comunicação da saída ao setor em que o paciente estava internado, motivada pela decisão do paciente ou de seu responsável de encerrar a modalidade de assistência que vinha sendo prestada ao paciente.
- **Transferência:** O termo transferência é utilizado como sinônimo de transferência interna. Ele caracteriza a mudança de um paciente de uma unidade de internação para outra dentro do mesmo hospital. O paciente não recebe alta e não é realizada nova internação, ou seja, toda a permanência de um paciente dentro de um hospital corresponde a uma única internação. Distinguimos entre transferência planejada e não planejada. Uma transferência planejada pode, por exemplo, dizer respeito a um movimento para cuidados intensivos após a cirurgia, e uma mudança de volta para outro departamento após a recuperação. Uma transferência não planejada pode ser causada

pela falta de cama ou quarto. As transferências não planejadas devem ser evitadas ao máximo.

- **Dia hospitalar:** Período de 24 horas compreendido entre dois censos hospitalares consecutivos. Em um hospital específico, o horário de fechamento do censo deve ser o mesmo todos os dias e em todas as unidades do hospital, embora o horário de fechamento do censo possa variar de hospital para hospital.
- **Leito/dia:** Unidade de medida que representa a disponibilidade de um leito hospitalar de internação por um dia hospitalar.
- **Noite:** Consideraremos uma noite como a menor unidade de tempo. Cada duração da estadia é expressa em noites. Durante a noite é muito raro admitir pacientes planejados.

4.2 PARÂMETROS E VARIÁVEIS

Nessa seção apresentamos a notação e as variáveis que são usadas ao longo da proposta para representar seus elementos.

- Os pacientes são representados por P_i , com $i = 1, \dots, P$, sendo P o número total de pacientes. Há pacientes F do sexo feminino e M do sexo masculino, com $P = F + M$. Os pacientes têm as seguintes propriedades de atendimento:
 - uma idade A_i e um gênero G_i ;
 - um tipo de isolamento TI_i , com $TI = [Nenhum, Padrao, Contato, Respiratorio_Goticula, Respiratorio_Aerossol]$;
 - um tipo de cuidado TC_i , com $TC = [Cirúrgico, Clínico]$;
 - um tipo de complexidade TCX_i , com $TCX = [Minima, Semi_Intensivo, Intensivo]$;
 - uma especialidade E_i que trate do seu quadro clínico, variável por hospital;
 - uma classificação de risco CR_i ;
 - uma prioridade de atendimento P_x , com $x = 1, \dots, X$, sendo X o número total de prioridade e a maior prioridade $P_X > P_{X-1}$.

Os pacientes também possuem as seguintes propriedades para controle do processo:

- uma data de requisição de leito DR_i e uma data de admissão DA_i ;
- um tempo de permanência esperado TE_i . O tempo de permanência esperado é estipulado pela especialidade do paciente S_i ; e
- uma data de saída DL_i ;

- Os departamentos são indicados como D_m , como $m = 1, \dots, D$, sendo D o número de departamentos. Os departamentos podem atender uma ou mais especialidades E_l , com $l = 1, \dots, S$, sendo S o número total de especialidades.
- O quarto do hospital é denotado Q_j , com $j = 1, \dots, Q$, sendo Q o número total de quartos do hospital. Um quarto Q_j pode ter uma ou mais propriedades que são determinadas pela especialidade que atendem, cada qual com um nível de qualidade EQ_{jl} variando de 1 (valor maior) a 3 (valor menor). Um quarto Q_j pode impor que os pacientes designados tenham características específicas. O quarto tem as seguintes propriedades:
 - uma política de gênero RG_j , com RG_j podendo assumir os valores: D, F, M, N.
 - Uma especialização E_l pode impor que os quartos satisfaçam propriedades específicas RP_v .
- A cama do quarto R_j é denotada B_{jb} , com $b = 1, \dots, B_j$, sendo B_j o número de leitos no quarto R_j . A cama tem as seguintes propriedades:
 - um estado RE_j , com RE_j podendo assumir os seguintes valores: Bloqueado, Ocupado, Vago.

4.3 RESTRIÇÕES

As restrições estabelecem as regras de correlação entre paciente e cama. Distingue-se entre restrições rígidas e flexíveis. Restrições rígidas são aquelas que devem ser satisfeitas para se obter uma solução viável. Uma solução viável que satisfaça muitas restrições flexíveis será considerada de melhor qualidade do que uma solução que satisfaça menos delas.

4.3.1 Restrições rígidas

- **RR1:** Durante o período de planejamento considerado, a cama B_{jb} precisa estar disponível. Uma cama bloqueada ou ocupada não pode ser usada.
- **RR2:** Dois pacientes P_{i1} e P_{i2} ($i_1 \neq i_2$) não podem ser atribuídos a mesma cama B_{jb} no mesmo intervalo de tempo N_k .
- **RR3:** Pacientes do sexo masculino/feminino devem ser designados para salas apropriadas Q_j .
- **RR4:** Os pacientes P_i devem ser alocados em salas Q_j adequadas à sua idade. Pacientes idosos, por exemplo, não devem ser alocados em um quartos com infraestrutura para crianças.
- **RR5:** Alguns pacientes P_i têm que ser alocados em um único quarto R_j por razões médicas (quarentena).

- **RR6:** O AD_i de admissão e a data de alta DD_i e, conseqüentemente, o tempo de permanência de um paciente planejado P_i não podem ser alterados pelo escritório de admissão. Isso só pode ser adaptado pelo médico responsável.
- **RR7:** Para cada admissão de um paciente P_i o tempo de permanência é contínuo.
- **RR8:** O tratamento médico de um paciente P_i pode exigir que ele seja alocado em uma sala R_j com equipamento especial. Estas propriedades do quarto são obrigatórias para o tratamento.

4.3.2 Restrições flexíveis

- **RF1:** Um paciente P_i é preferencialmente atendido em um departamento D_m que possui o equipamento e a equipe adequados para tratar a doença do paciente.
- **RF2:** Um paciente P_i é preferencialmente atribuído a uma sala R_j que em algum grau corresponde à especialidade necessária para tratar o quadro clínico do paciente.
- **RF3:** O tratamento médico de um paciente P_i pode exigir que ele seja alocado em uma sala R_j com equipamento especial. Estas propriedades do quarto são recomendadas para tratar o paciente. Observe que esta é a versão de restrição flexível da restrição rígida **RR7**.
- **RF4:** O número de transferências não planejadas deve ser minimizado.
- **RF5:** Uma sala R_j pode não ter um gênero G_i pré-estabelecido. Porém, se um paciente P_i masculino for alocado a esse quarto, o quarto passa a aceitar somente homens. Assim que o quarto for esvaziado, ele passa a ser neutro novamente aceitando ambos os gêneros.

4.3.3 Máquina de estados

A **RR1** especificada acima coloca que para admissão de pacientes ao leito este deve estar vago. Para melhor compreensão da restrição representamos o fluxo de estados do leito como uma máquina de estados finita, do inglês *Finite State Machine (FSM)*. Uma FSM especifica uma máquina abstrata que deve estar em um de um número finito de estados, podendo realizar uma transição de estado caso condições ideais sejam atendidas. Sua formalização matemática é dita a seguir:

Uma FSM pode ser definida por um $\langle Q, \Sigma, \delta, q_0, F \rangle$, onde :

- $Q = \{S_0, S_1, \dots, S_n\}$ é um conjunto finito de estados;
- $\Sigma = \{E_1, E_2, \dots, E_m\}$ é um conjunto finito de eventos de disparo;
- $\delta : Q \times \Sigma \rightarrow P(Q)$ é relação de transição de estado;

- $S_0 \in Q$ é estado inicial; e
- $F \subseteq Q$ é o conjunto de estados finais.

Para o fluxo de leitos, identificamos três estados: $Q = \{S_0, S_1, S_2\}$ e 2 atividades que podem ser executadas durante o processo capazes de condicionar a transição entre os estados Q . A Figura 4.1 traz uma ilustração do fluxo de passagem entre os estados do leito.

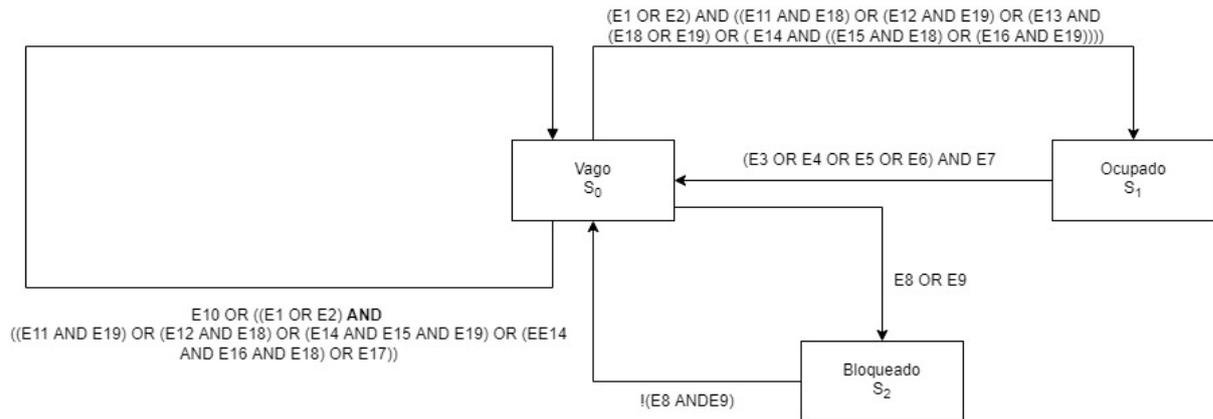


Figura 4.1: Fluxo de estados do leito hospitalar.

Um atividade A é descrita por um par $\langle S, E_A \rangle$, em que:

- $S \subseteq Q$ é o conjunto de estados para qual as atividades podem ocorrer; e
- $E \subseteq \Sigma$ é o conjunto de eventos que podem ser resultado da execução da atividade, capazes de condicionar uma transição de estados.

Na Tabela 4.1 especificamos as atividades identificadas no fluxo de estados do leito hospitalar.

Atividade	Acessível por	Eventos
A1 Movimentação de pacientes	S0, S1	E1 Internação E2 Transferência E3 Alta E4 Evasão E5 Desistência do tratamento E6 Óbito
A2 Operacional	S0,S1	E7 Higienização do leito E8 Manutenção predial E9 Manutenção de mobiliário E10 Falta transitória de pessoal
Contexto do evento		
		E11 Quarto do tipo F E12 Quarto do tipo M E13 Quarto do tipo N E14 Quarto do tipo D E15 Quarto com presença de paciente F E16 Quarto com presença de paciente M E17 Quarto com presença de paciente em isolamento E18 Paciente F para movimentação E19 Paciente M para movimentação

Tabela 4.1: Atividades e eventos abstratos que definem o fluxo de estados de leitos

Tendo isso em vista, segue-se para a explicação do sistema de recomendações.

4.4 SISTEMA DE RECOMENDAÇÕES

A cada liberação de leito, o sistema de recomendações tenta auxiliar o usuário a encontrar o paciente de maior urgência que necessite daquele recurso para tratamento da sua condição clínica. Primeiramente, o sistema caracteriza esse paciente perante suas características de atendimento e correlaciona com os leitos disponíveis que satisfaçam suas necessidades com base nos seguintes fatores:

1. Origem do paciente;
2. Idade;
3. Gênero;
4. Tipo de isolamento;

5. Duração da estadia;
6. Cuidado;
7. Tipo de complexidade;
8. Especialidade.

A partir do resultado do correlacionamento, o sistema redireciona esses pacientes para o processo de priorização para os recursos selecionados. Essa priorização faz uso da tecnologia de escalonamento de tarefas baseada em múltiplas filas de prioridade. A informação de classificação de risco do paciente é o ponto focal desta etapa. A priorização resultante dita a ordem de recomendação de pacientes para o usuário.

O correlacionamento e a priorização de pacientes seguem regras específicas que são explicadas adiante.

4.4.1 Correlacionamento entre paciente e leito

Em sua forma mais básica, o processo de cruzamento entre o paciente e o leito segue o processo de recuperação direta de informação. O usuário especifica a consulta e o sistema recupera os itens que satisfazem à pesquisa realizada. Para que funcione bem, os conteúdos devem estar estruturados e organizados em um banco de dados.

O correlacionamento das informações deve seguir as **Regras Rígidas** estabelecidas na seção 4.2. A adição das **Regras Flexíveis** a esta parte do processo é discutida nas considerações finais.

4.4.2 Calculando a prioridade de atendimento

Identificando o recurso que satisfaça a necessidade do paciente, o sistema, então, passa para a etapa de cálculo do nível de prioridade do atendimento. Para isso, o modelo faz uso da tecnologia de escalonamento de tarefas baseada em múltiplas filas de prioridade.

Conforme explicado na seção 2.2.1, a fila de multi-prioridade possui um número N de filas, o valor N corresponde a quantidade total de prioridades considerada pelo modelo. Quando atribuído a um tipo de leito, o paciente ocupa uma das filas referente ao seu nível de prioridade do leito resultante da etapa de correlação. Nisso, o algoritmo usa a prioridade calculada para decidir quais pacientes serão recomendados para alocar o recurso. Para este algoritmo, o paciente com a maior prioridade (ou seja, o paciente que ocupa a fila mais alta) é o recomendado.

Mais de um paciente pode estar em uma determinada fila e, portanto, ter a mesma prioridade. Nesse caso, ele também aparece como recomendação para o usuário.

Assim, chegamos às duas primeiras regras básicas para o sistema de recomendação:

- **Regra 1:** Se $\text{Prioridade}(A) > \text{Prioridade}(B)$ e não existe um paciente com prioridade maior que $\text{Prioridade}(A)$, paciente A é recomendado e o paciente B não.

- **Regra 2:** Se $\text{Prioridade}(A) = \text{Prioridade}(B) = y$ e não existe um paciente com prioridade maior que y , paciente A e paciente B são recomendados.

A chave para esta parte do escalonamento, portanto, está em como o escalonador define as prioridades. A Figura 4.2 apresenta uma imagem de como as filas podem parecer quando temos $N = 5$. Nela, dois pacientes (A e B) estão no nível de prioridade mais alto, enquanto o paciente C está no meio e o paciente D está na prioridade mais baixa. Dado o conhecimento atual de como o algoritmo funciona, o escalonador apenas recomendaria os pacientes A e B porque eles são os pacientes de maior prioridade no sistema; no caso de novos pacientes com prioridade maiores que os dos pacientes (C e D) entrarem na fila, estes podem acabar nunca sendo recomendados para alocar o recurso disponível.

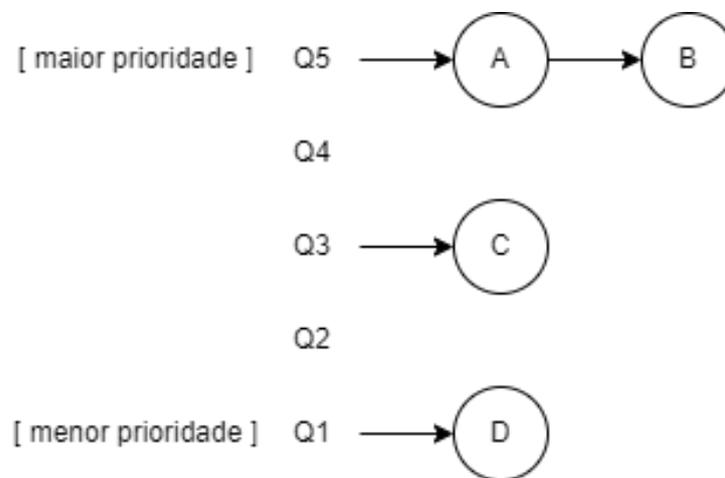


Figura 4.2: Exemplo da distribuição de pacientes nas múltiplas filas de prioridade de atendimento

Com isso, precisa-se entender como o sistema pode garantir que todos os pacientes em fila sejam recomendados em algum momento da sua espera? A ideia que se apresenta é aumentar periodicamente a prioridade dos pacientes em fila considerando o seu tempo de espera, assim como quando existe atualização no quadro clínico do paciente, seu tipo de fila e sua prioridade, também, devem ser atualizadas.

Dessa forma, temos duas novas regras:

- **Regra 3:** Após um período de tempo S , mover os pacientes de P_x para P_{x+1} , sendo X o valor máximo de $x + 1$.
- **Regra 4:** Caso haja alteração nas informações especificadas na seção X, a prioridade P_x do paciente deve ser recalculada.

Sendo assim, uma grande questão é como parametrizar tal agendador. Por exemplo, quantas filas devem existir? Com que frequência a prioridade deve ser aumentada para evitar a inanição e levar em conta as mudanças de comportamento?

Para a proposta, a quantidade de filas depende da classificação de risco atribuída ao paciente. Essa classificação pode ser distinta de hospital para hospital, contudo é comum

a utilização do protocolo de Manchester, definido por Mackway-Jones, Marsden e Windle (Mackway-Jones et al., 2014); este considera 4 classificações: Muito_Urgente, Urgente, Padrão, e Não_Urgente; logo, nesse caso teríamos quatro filas de prioridade para divisão dos pacientes. Com o agravo clínico, temos a atualização dessa classificação e, conseqüentemente, da fila de prioridade, conforme estabelecido na Regra 4.

Quando se fala no aumento de prioridade por tempo, o algoritmo deixa a responsabilidade da especificação da regra para os responsáveis do processo de admissão de leito da instituição hospitalar em questão.

5 DISCUSSÃO

A modelagem do problema assume a existência de um sistema de informação na instituição hospitalar em que o sistema de recomendação será inserido. Sendo assim, é importante discutir a informatização no setor de saúde trazendo pontos de atenção da utilização da tecnologia em hospitais.

A tecnologia da informação é amplamente adotada na prática médica moderna, especialmente para apoiar tarefas administrativas, registros eletrônicos de pacientes e gerenciamento de dados. No entanto, o grau de operações automatizadas em cuidados de saúde é limitado devido à alta variabilidade e demandas imprevisíveis. Pode-se destacar que o uso quase dependente de recursos de TI, por parte dos hospitais, especificamente os particulares, é um fenômeno emergente na saúde e exige uma infraestrutura adequada, um alto custo de implantação e uma manutenção tecnológica permanente em função dos contratos de prestação de serviços com empresas especializadas do setor (Malik e Neto, 2016).

Tais sistemas necessitam garantir a confidencialidade, disponibilidade e integridade das informações que eles fornecem, caso contrário as consequências podem ser graves em relação a segurança e privacidade dos dados dos pacientes. Considerando-se que os devidos cuidados com a segurança das informações foram tomados, ainda há a necessidade de modelar o sistema de forma a não super dimensionar a análise e/ou coleta de dados, evitando-se dados não relevantes que redundarão em informações desnecessárias ao processo de gestão e poderão voltar o foco para a atividade meio, desviando-o da atividade fim.

De acordo com Meireles (2001), **confidencialidade** da informação é um dos aspectos relacionados à segurança das informações e trata das garantias necessárias para que a informação seja acessada somente pelas pessoas autorizadas. Desse modo, pode-se dizer que a confidencialidade se refere à estrutura de um sistema de segurança para garantir o acesso a funções previamente autorizadas e consiste na proteção das comunicações ou dos dados armazenados contra a interceptação e a leitura por pessoas não autorizadas. É especialmente necessária na transmissão de dados sensíveis, sendo um dos requisitos na abordagem do problema da privacidade sentido pelos usuários das redes de comunicações.

As ameaças aos sistemas de informação são dos mais variados tipos: (1) revelação de informações - em casos de espionagem; (2) fraude - não reconhecimento da origem, modificação de informações ou mesmo casos de espionagem; (3) interrupção - modificação de informações; (4) usurpação - modificação de informações, negação de serviços ou espionagem. Também podem surgir ameaças no âmbito da confidencialidade devido a acessos não autorizados, a vulnerabilidades na autenticação dos usuários, ao compartilhamento de palavras-chave, ao *sniffing* da informação ou a uma gestão não controlada da informação. O *sniffing* ou *eavesdropping*

(escuta) é o ato de monitorar o tráfego na rede para dados como senhas em texto puro ou informações de configurações.

Sordi e Meirelles (2019) defende a necessidade de classificação da informação quanto à prioridade, obviamente, conforme a necessidade de cada instituição, bem como quanto à vitalidade da classe de informação para a manutenção das atividades da mesma: (1) pública - informação que pode vir a público sem consequências danosas ao funcionamento normal da instituição e cuja integridade não é vital; (2) interna - o acesso a esse tipo de informação deve ser evitado, embora as consequências do uso desautorizado não sejam por de mais sérias, já que, embora seja importante, sua integridade não é vital; (3) confidencial - informação restrita aos limites da instituição, cuja divulgação ou perda pode levar ao desequilíbrio operacional e, eventualmente, a perdas financeiras ou de confiabilidade perante o cliente externo, além de permitir vantagem expressiva ao concorrente; (4) secreta - informação crítica para as atividades da instituição, cuja integridade deve ser preservada a qualquer custo e cujo acesso deve ser restrito a um número bastante reduzido de pessoas.

Desde 2020, clínicas médicas, hospitais, consultórios e demais estabelecimentos na área da saúde precisam manter seus sistemas adequados à Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) (Brasil, 2020). A proposta visa acabar com o mercado de dados pessoais para fins comerciais sem a autorização do usuário, como por exemplo a venda de informações pessoais inicialmente coletadas por outras empresas.

Além disso, a lei também tem por objetivo aumentar a segurança de informações confidenciais. Por isso, trata com mais rigor os dados passados entre os sistemas das próprias instituições da área da saúde, entre clínicas e hospitais, laboratórios ou operadoras de saúde. Além de precisar ser autorizado pelos pacientes, o compartilhamento destas informações só poderá ser feito se as mensagens forem criptografadas, ou seja, codificadas.

Por outro lado, **disponibilidade** de um sistema de informação significa que os dados estão acessíveis e os serviços estão operacionais, ainda que eventos perturbadores, como cortes de energia, calamidades naturais, acidentes ou ataques por agentes externos (vírus, hackers etc.) possam ocorrer. Essa característica é especialmente crítica em contextos em que as falhas nas redes de comunicação podem causar quebras em outras redes críticas, como as de transporte aéreo ou abastecimento de energia. Para Moreira (2001), disponibilidade quer dizer simplesmente que a informação deve estar livre para a pessoa certa e no momento em que ela precisar.

Os problemas de disponibilidade podem ser oriundos de diversas falhas nos equipamentos e nas redes, por erros no uso do sistema, por causas naturais (incêndios, inundações, tremores de terra etc.) ou por falta de recursos suficientes para o correto funcionamento do sistema, o que impede a existência dos dados no momento em que são necessários.

Por fim, a **integridade** é a confirmação de que os dados enviados, recebidos ou armazenados estão completos e inalterados. Moreira (2001) afirma que integridade consiste em proteger a informação contra qualquer tipo de alteração sem a autorização explícita do seu autor. Para tal, é fundamental a importância de uma política de valorização da qualidade e segurança

no sistema (pelos desenvolvedores e *stakeholders*), senão facilmente o engenheiro de software irá esquecer-la ou ignorá-la. Dessa forma, quando se fala de disponibilidade e integridade em sistemas de informações hospitalares, tem-se em mente situações onde a falta de informação ou informação alterada sem autorização pode levar a um tratamento inadequado para o quadro clínico do paciente, podendo resultar no agravamento da saúde do doente.

Assegurar estes pontos é o primeiro passo para um sistema de informação eficaz capaz de gerenciar todo o processo de tratamento dos pacientes auxiliando a tomada de decisão dos gestores e conseqüentemente na excelência. Contudo, a implementação desses sistemas vêm enfrentando desafios.

Os maiores desafios enfrentados nas implantações dos sistemas informatizados estão relacionados à motivação para adoção, tais como:

- Necessidade de conectar e substituir diferentes sistemas legados;
- Baixa qualidade de dados, processos de negócios específicos;
- Exigências de infraestrutura; e
- Necessidades de customização.

Dentro dos pontos apresentados, destaque-se o primeiro. A necessidade de conectar e substituir diferentes sistemas legados pode ser conectada à abrangência do sistema. A **abrangência** pode ser vista sob alguns aspectos, incluindo tecnologias de integração e a forma de interface com outros sistemas. A abrangência de um sistema de informação diz respeito, assim, às bases de dados passíveis de serem consultadas, aos possíveis formatos de dados e à forma como as consultas podem ser configuradas. Exemplos: (1) fontes externas (como internet, fornecedores, concorrentes) passíveis de serem consultadas e a forma como essa consulta é configurada; (2) possibilidades de interação do sistema com outros tipos de sistemas (ERP, MRP, e-mail etc.) e como essa interação é feita; (3) possibilidades de interação com outros softwares (por exemplo, de estatística, simulação ou outros sistemas de apoio à decisão já utilizados pela empresa).

Para Chalmeta et al. (2001), a integração organizacional inclui a integração de atividades, de decisões, de recursos e do fluxo de informações em um sistema único, de forma que tudo se comporte de maneira coordenada para satisfazer objetivos globais e melhorar a performance da empresa. A informação passa a ser o mecanismo fundamental para a integração das funções operacionais e gerenciais. Assim, o objetivo principal de todo projeto de integração organizacional é a criação de uma infraestrutura global de informação.

A tecnologia da informação tem um papel importante no processo de integração organizacional, segundo Chalmeta et al. (2001), por possibilitar maior flexibilidade e maior integração das diferentes funções da empresa, assim como maior interligação com clientes, fornecedores e prestadores de serviços, estabelecendo novos padrões de relacionamentos na

economia. A tecnologia da informação e os sistemas de informação integrados funcionam como suporte para a integração global da empresa, mas necessitam de um ambiente cooperativo e integrado para alcançar todo o seu potencial.

Entretanto, mesmo solucionando os pontos apresentados acima, os fatores críticos de sucesso da implantação estão relacionados às questões relativas aos recursos humanos envolvendo mudanças nos processos de negócio, na cultura organizacional e no treinamento refletindo em toda a estrutura organizacional. Implantações mal sucedidas levam a perda da credibilidade da TI pelos usuários, dificultando futuras implantações e conseqüentemente, dificultando a eficácia dos processos.

Em uma pesquisa realizada por Roubles Junior et al. (2009), no município de São Paulo, com o objetivo de verificar como o sistema de informação foi concebido, implantado, operado e mantido para suporte a gestão pública da saúde bucal local, observou-se que dependendo do nível dos colaboradores na empresa, as posturas e percepções são diferentes:

- O nível estratégico (direção) acredita na melhoria do sistema;
- O nível tático (gerência) tem postura positiva, apesar de apresentar desânimo; e
- O nível operacional (usuário final) vê as modificações como imposição e só as acata pelo compromisso e obediência.

Para o sucesso na implantação de um sistema informatizado, há a necessidade do comprometimento com o caso de todos os níveis de colaboradores, do estratégico ao operacional. Todo o processo de implantação de um sistema de informação gera insegurança e resistência, pois envolve riscos e ameaças. A alteração do ciclo de poder e de conhecimento, mencionada por Turban E (2004), é claramente percebida pelos colaboradores que inicialmente reagem negativamente à implementação.

O fator crítico de sucesso está na capacidade de sensibilização dos usuários e gestores para os benefícios da implantação do sistema. Cada colaborador prefere se manter seguro em um contexto conhecido e não arriscar, ainda que o risco apareça como condição inexorável à sobrevivência. O treinamento é fundamental.

Além do tradicionalismo das formas antigas de operação, a **usabilidade** do sistema é um fator que pode ser correlacionado a insatisfação do usuário com o sistema implementado. A usabilidade é a característica que determina se o manuseio de um produto é fácil e rapidamente aprendido, dificilmente esquecido, não provoca erros operacionais, oferece um alto grau de satisfação para seus usuários e resolve com eficiência as tarefas para as quais foi projetado.

O nível de usabilidade de um sistema é dado pela combinação e avaliação de algumas características que incluem a facilidade de aprendizagem da operação do sistema, bem como a facilidade e a eficiência de uso de sua interface. Sordi e Meirelles (2019) define usabilidade de um sistema como um conjunto das seguintes características: facilidade de aprender a operação do sistema; velocidade da execução de tarefas; taxa de erros durante o processamento; subjetiva

satisfação e retenção do usuário com o tempo, ou seja, capacidade de fazer lembrar ao usuário como realizar uma tarefa após algum tempo.

No Brasil, nas últimas décadas, vem se ampliando o interesse em utilizar bancos de dados como ferramenta no planejamento e gestão dos serviços de saúde. Isso se deve as reconhecidas vantagens dos dados administrativos de saúde de disponibilizarem um grande volume de informações com reduzido tempo entre a ocorrência do evento e seu registro, sem custos adicionais. Entre os dados administrativos de saúde disponíveis no país, encontra-se o Sistema de Informação Hospitalar do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS), o único de abrangência nacional, que tem origem nas Autorizações de Internação Hospitalar (AIH), destinadas ao pagamento das internações de hospitais públicos e privados conveniados ao SUS. Com as vantagens de fornecer informações diagnóstica, demográfica e geográfica para cada internação hospitalar ampliaram a possibilidade de produção de conhecimento no campo da Saúde Coletiva (Azevedo et al., 2006).

Moreais et al. (2014) coloca que os SIS/SUS possuem características tecnológicas e de operação muito heterogêneas: *"não há padronização de linguagens de programação e bancos de dados, há desde aplicativos que executam stand-alone e que foram desenvolvidos em linguagem Clipper, com armazenamento em arquivos DBF, tecnologias em desuso, até sistemas disponíveis na WEB, desenvolvidos com base tecnológica de última geração"*(Moreais et al., 2014).

Uma das limitações dos sistemas de informação desenvolvidos e mantidos pelo Ministério da Saúde é a falta de integração dos diversos sistemas e suas bases de dados e a fragmentação de informações nesses sistemas. Essa limitação causa retrabalho, pois faz com que as informações sejam alimentadas e recuperadas pelo usuário em mais de um local.

de Almeida et al. (2006) afirmam que, apesar de haver tecnologia de informação disponível para promover a interoperabilidade dos sistemas, reduzir custos e garantir melhor qualidade da informação, *"[...] essa questão remete a problemas que já foram detectados, como a padronização conceitual dos elementos/variáveis dos sistemas de informação. Esse não é um problema de fácil solução, pois envolve diferentes culturas e práticas dos serviços de saúde e envolve, também, custos operacionais"*(de Almeida et al., 2006).

Devem ser ressaltadas algumas iniciativas de padronização em sistemas de informação em saúde que têm ocorrido no Brasil, a criação do Cadastro Nacional de Estabelecimentos em Saúde (CNES) e os esforços para implementação da Política Nacional de Informação e Informática em Saúde (PNIIS), como a recente Portaria 2073/2011 do Ministério da Saúde (Brasil, 2011), que estabelece um conjunto de padrões de interoperabilidade e informação em saúde para sistemas de informação em saúde no âmbito do SUS, nos níveis Municipal, Distrital, Estadual e Federal.

Moreais et al. (2014) identifica lacunas de pesquisa para se discutir a qualidade dos sistemas de informação em saúde pública no Brasil, em estabelecer diretrizes para processos de avaliação dos Sistemas de Informação em Saúde (SIS) e na proposição de projetos de melhoria dessas aplicações e de modelos de maturidade que identifiquem práticas aplicáveis a organizações de saúde.

5.1 LIMITAÇÕES

O embrião de modelagem do sistema de recomendação de pacientes para gestão de leitos é apresentado em sua forma mais básica, visando acessibilidade e escalabilidade para qualquer organização hospitalar, seja pública ou privada. Sendo assim, discutimos a seguir os pontos de atenção.

Tempo de permanência esperado. O modelo assume que os tempos de permanência são independentes e distribuídos de forma idêntica para cada tipo de paciente. Isso parece uma suposição apropriada, desde que a combinação de pacientes e prática médica não mude. Na prática, podem ocorrer desvios dessa suposição, pois o tempo de permanência pode ser afetado pelo nível de congestionamento e atrasos na cadeia de atendimento.

Pacientes eletivos. O modelo assume que os pacientes eletivos perdem seu lugar na fila caso o leito que seria destinado ao mesmo esteja ocupado na data de admissão deste. Isso implica em internações ou cirurgias canceladas. Esses pacientes são frequentemente reagendados, mas isso pode afetar as admissões de pacientes da lista de espera. Como uma aproximação grosseira, consideramos os pacientes remarcados como novas admissões.

Disponibilidade de profissionais. O modelo assume que cada leito disponível para uso possui profissionais capacitados para lidar com o paciente internado. Entretanto, na prática, sabe-se que se tem a rotação de profissionais podendo variar o tipo de cuidado oferecido com qualidade. Um profissional pode saber lidar com paciente acamado, enquanto outro entende o processo da sonda.

Requisições dos pacientes. Informações como preferências do paciente para propriedades específicas no quarto foram abordadas originalmente por Demeester et al. (2010), contudo, neste trabalho, por questões de simplicidade e acessibilidade, a informação não se encontra na modelagem.

Multi-especialidade dos pacientes. O sistema assume que o paciente necessita de somente uma especialidade por vez. No caso de continuação do tratamento por outra especialidade, este paciente deve ser registrado novamente na fila, porém somente depois de finalizar o tratamento para a primeira especialidade.

Correlação entre paciente e leito. A implementação do método é relativamente simples, e requer a organização hierárquica dos dados, neste caso, apenas sugerindo uma navegação. A qualidade da sugestão depende da qualidade da hierarquia de categorias: se a hierarquia for muito específica, a sugestão provavelmente não atenderá aos objetivos do usuário; se a hierarquia for muito geral, a sugestão requer um esforço cognitivo maior para que o usuário mapeie o que ele quer em uma categoria abstrata disponível. Dessa forma, a qualidade da correlação depende da busca no usuário. As restrições flexíveis podem vir como auxiliador do problema, fazendo uso da multi-especialidade dos departamentos para aumentar o alcance da pesquisa. Contudo, enquanto for utilizado um método de busca simples, existirá uma grande dependência da utilização rígida e correta das informações.

Calculo de prioridade de atendimento. O modelo faz uso das informações de classificação de risco e tempo de espera na fila para o a priorização dos pacientes, contudo, na prática, sabemos que cada departamento pode ter sua linha de priorização seguindo protocolos e diretrizes que precisariam ser traduzidas para o sistema.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho, investigou-se o problema da gestão de leitos para priorização de pacientes em hospitais, com foco no sistema de saúde brasileiro. A partir do trabalho realizado, confirma-se a complexidade do desafio em se informatizar adequadamente a admissão de paciente à leitos hospitalares. O gerenciamento do fluxo de pacientes visa buscar a utilização dos leitos disponíveis em sua capacidade máxima, com segurança dentro dos critérios estabelecidos, com objetivo de otimizar o tempo de espera para internação e satisfação dos clientes internos e externos do ambiente hospitalar.

O trabalho também evidencia a falta de pesquisas acadêmicas com soluções operacionais, informatizadas e acessíveis para a problemática de admissão de pacientes à leitos hospitalares. Em especial, no setor público de saúde brasileiro, tendo as dificuldades encontradas na implantações de sistemas de informação hospitalar.

Por fim, ao analisar a literatura relacionada com gestão informatizada de leitos, acredita-se que o uso da tecnologia da informação em conjunto com técnicas clássicas de sistemas computacionais, quando aplicadas a gestão de leitos, resulta em um sistema de informação hospitalar capaz de aumentar a eficiência da instituição, garantindo a sustentabilidade econômica e social, sem contudo, comprometer a qualidade dos serviços prestados aos pacientes.

Sob a perspectiva acadêmica, esta modelagem pode ser vista como uma contribuição para o avanço da gestão de leitos em nível operacional, trazendo um compilado das informações básicas que compõem o contexto no setor de saúde. Dessa forma, sugere-se que pesquisas futuras sejam realizadas sobre o assunto, visto sua relevância para satisfação do cliente e para os resultados financeiros conforme o modelo das instituição hospitalares.

6.1 TRABALHOS FUTUROS

Esta seção apresenta sugestões de trabalhos futuros em volta do tema:

- Incorporar a incerteza dos parâmetros do modelo, como por exemplo, o tempo de permanência esperado, a disponibilidade de profissionais;
- Flexibilizar o modelo para atender as multi-especialidades que o paciente pode precisar, assim como, as requisições pessoais que o mesmo pode fazer;
- Analisar a dinâmica de incorporação no modelo de atendimento do SUS;
- Refinar o algoritmo de correlação entre paciente e leito com abordagens de inteligência artificial;
- Investigar algoritmos para o cálculo de prioridade de atendimento; e

- Validar modelo com dados reais coletados do SUS, desde que apoiado pelo Ministério da Saúde (cabe ressaltar que atualmente as informações públicas sobre estabelecimentos de saúde advém do CNES¹ e são auto informadas).

¹<https://cnes.datasus.gov.br/>

REFERÊNCIAS

- Azevedo, B., Camacho, L. A. e Carmo, L. (2006). O sistema de informação hospitalar e sua aplicação na saúde coletiva. *Cadernos de Saúde Pública*, 22.
- Bilgin, B., Demeester, P., Misir, M., Vancroonenburg, W. e Berghe, G. V. (2012). One hyper-heuristic approach to two timetabling problems in health care. *Journal of Heuristics*, 18:401–434.
- Bittar, O. J. N. V. (2000). Gestão de processos e certificação para qualidade. *Rev. Assoc. Med. Bras.*, 46(1):289–296.
- Bolaji, A. L., Bamigbola, A. F. e Shola, P. B. (2018). Late acceptance hill climbing algorithm for solving patient admission scheduling problem. *Knowledge-Based Systems*, 145:197–206.
- Brasil (2011). Portaria nº 2.073, de 31 de agosto de 2011. Regulamenta o uso de padrões de interoperabilidade e informação em saúde para sistemas de informação em saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde, nos níveis Municipal, Distrital, Estadual e Federal, e para os sistemas privados e do setor de saúde suplementar. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*.
- Brasil (2020). Lei nº 14.020, de 6 de julho de 2020. Institui o Programa Emergencial de Manutenção do Emprego e da Renda; dispõe sobre medidas complementares para enfrentamento do estado de calamidade pública reconhecido pelo Decreto Legislativo nº 6, de 20 de março de 2020, e da emergência de saúde pública de importância internacional decorrente do coronavírus, de que trata a Lei nº 13.979, de 6 de fevereiro de 2020; altera as Leis nos 8.213, de 24 de julho de 1991, 10.101, de 19 de dezembro de 2000, 12.546, de 14 de dezembro de 2011, 10.865, de 30 de abril de 2004, e 8.177, de 1º de março de 1991; e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*.
- Carneiro, P. A. S. (2012). Avaliação da eficiência da equipa de gestão de camas no centro hospitalar do barlavento algarvio, epe. Dissertação de Mestrado, Mestrado em Enfermagem - Instituto Politécnico de Portalegre.
- Celestino, P. (2002). Nó de normas. notícias hospitalares. *Gestão de saúde em debate*, 4(39).
- Ceschia, S. e Schaerf, A. (2011). Local search and lower bounds for the patient admission scheduling problem. *Computers Operations Research*, 38(10):1452–1463.
- Ceschia, S. e Schaerf, A. (2012). Modeling and solving the dynamic patient admission scheduling problem under uncertainty. *Artificial Intelligence in Medicine*, 20(3):199–205.

- Ceschia, S. e Schaerf, A. (2014). Dynamic patient admission scheduling with operating room constraints, flexible horizons, and patient delays. *Journal of Scheduling*, 19:1–13.
- Chalmeta, R., Campos, C. e Grangel, R. (2001). References architectures for enterprise integration. *The Journal of Systems and Software*, 57(3):175–191.
- Collins, B. e et all (2010). Nursing resource implications of the unoccupied bed. *Australian Journal of Advanced Nursing*, 27(4):13–17.
- Cunha, I. C. K. O. e Ruthes, R. M. (2007). Os desafios da administração hospitalar na atualidade. *RAS*, 9(36):93–102.
- de Almeida, M. F., Alencar, G. P., Novaes, H. M. D. e Ortiz, L. P. (2006). Sistemas de informação e mortalidade perinatal: conceitos e condições de uso em estudos epidemiológicos. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 9.
- Demeester, P., Souffriau, W., Causmaecker, P. D. e Berghe, G. V. (2010). A hybrid tabu search algorithm for automatically assigning patients to beds. *Artificial Intelligence in Meidcine*, 48(1):61–70.
- Faria, E., Costa, K. R. A., Santos, M. A. e Fumio, M. K. (2010). Nova abordagem de gerenciamento de leitos associada à agenda cirúrgica. *RAS*, 12(47):63–70.
- Foucault, M. (1979). *Microfísica do poder*. Editora Graal.
- Gartner, I. R., Zwicker, R. e Rödder, W. (2009). Information technology investments and impact on the productivity of firms: an empirical analysis in light of the productivity paradox. *Journal of Contemporary Administration*, 13(3):391–409.
- Goldwasser, R. S., de Castro Lobo, M. S., de Arruda, E. F., Angelo, S. A., e Silva, J. R. L., de Salles, A. A. e David, C. M. (2016). Dificuldades de acesso e estimativas de leitos públicos para unidades de terapia intensiva no estado do rio de janeiro. *Revista de Saúde Pública*.
- Guido, R., Groccia, M. C. e Conforti, D. (2018). An efficient matheuristic for offline patient-to-bed assignment problems. *European Journal of Operational Research*, 268(2):486–503.
- Hanaeus, A. e Tolic, B. (2015). Technology and logistics in health care services: a case study of lanssjukiwset. *Jonkoping International Business School*.
- Hendy, P., Patel, J., Kordbacheh, T., Laskar, N. e Harbord, M. (2013). In-depth analysis of delays to patient discharge: a metropolitan teaching hospital experience. *Journal of the Royal College of Physicians*, 12(4):320–323.
- Jones, R. (2009). Emergency admissions and hospital beds. *British Journal of Healthcare Management*, 15(6):289–296.

- Kitchenham, B., Pretorius, R., Budgen, D., Brereton, O. P., Turner, M., Niazi, M. e Linkman, S. (2010). Systematic literature reviews in software engineering – a tertiary study. *Journal of Information and Software Technology*, páginas 792–805.
- Lin, W. T. e Shao, B. B. (2006). The business value of information technology and inputs substitution: The productivity paradox revisited. *Decision Support Systems*, 42(2):493–507.
- Lusby, R., Schwierz, M., Range, T. e Larsen, J. (2016). An adaptive large neighborhood search procedure applied to the dynamic patient admission scheduling problem. *Artificial Intelligence in Medicine*, 74.
- Mackway-Jones, K., Marsden, J. e Windle, J. (2014). *Emergency Triage: Manchester Triage Group*. Editora Wiley Blackwell.
- Malik, A. M. e Neto, G. V. (2016). *Gestão em Saúde*. Editora Guanabara Koogan.
- Meireles, M. (2001). *Sistemas de Informação*. Editora Arte e Ciência.
- Moreais, R. M., Costa, A. L. e Gomes, E. J. (2014). Os sistemas de informação do sus: Uma perspectiva histórica e as políticas de informação e informática. *Nucleus*, 11:287–304.
- Moreira, N. S. (2001). *Segurança Mínima*. Editora Axcel Books.
- Najberg, E., das Graças de Amorim Pessoa, M., da Silva, M. C., Barbosa, N. B. e de Lima, R. E. P. (2012). Rede hospitalar pública no rio grande do norte: um estudo sobre a utilização dos leitos hospitalares por região de saúde. *Revista Com. Ciências Saúde*, páginas 315–326.
- Oerlemans, A. J. M., Wollersheim, H., van Sluisveld, N., van der Hoeven, J. G., Dekkers, W. J. M. e Zegers, M. (2016). Rationing in the intensive care unit in case of full bed occupancy: a survey among intensive care unit physicians. *BMC Anesthesiology*, 16(25).
- Palvannan, R. K. e Teow, K. L. (2012). Queueing for healthcare. *Journal of Medical Systems*, 36(2):541–547.
- Pereira, A. R., Siqueira, G., Paiva, P. B., de Souza, P. R. S. e Pereira, S. R. (2012). Sistemas de informação para gestão hospitalar. *Journal of Health Informatics*, 4(4):171–175.
- Pereira, I. (2013). *Gerenciamento de leitos: o desafio de mapear os nós que emperram o fluxo da assistência e de reconstruir processos com apoio tecnológico e interdisciplinar*. Health Inform, São Paulo.
- Rache, B., Rocha, R., Nunes, L., Spinola, P., Malik, A. M. e Massuda, A. (2020). Necessidades de infraestrutura do sus em preparo a covid-19: Leitos de uti, respiradores e ocupação hospitalar. Relatório Técnico n.3, Instituto de Estudos para Políticas de Saúde, São Paulo SP.

- Raffa, C., Malik, A. M. e Pinochet, L. H. C. (2017a). O desafio de mapear variáveis na gestão de leitos em organizações hospitalares privadas. *Gestão em Sistemas de Saúde*, 6(2):124–141.
- Raffa, C., Malik, A. M. e Pinochet, L. H. C. (2017b). A tecnologia da informação no apoio à gestão de leitos: Um estudo multicaso em hospitais privados. *Administração em Diálogo*, 19(3):01–23.
- Ramos, J. G. R., da Hora Passos, R., Baptista, P. B. P. e Forte, D. N. (2017). Fatores potencialmente associados à decisão de admissão à unidade de terapia intensiva em um país em desenvolvimento: um levantamento de médicos brasileiros. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, 29:154–162.
- Range, T., Lusby, R. e Larsen, J. (2014). A column generation approach for solving the patient admission scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 235:252–264.
- Ribeiro, H. P. (1993). O hospital: história e crise. *Cortez*.
- Roubles Junior, A., Robles, L. P. e Robles, F. R. P. (2009). Sistema de informação em saúde: Posturas e perspectivas. Em *Anais do 6th Contecsi International Conference on Information Systems and Technology Management*, São Paulo.
- Sordi, J. O. e Meirelles, M. (2019). *Administração de Sistemas de Informação*. Editora Saraiva Educação.
- Thomas, B., Bollapragada, S., Akbay, K., Toledano, D., Katlic, P., Dulgeroglu, O. e Yang, D. (2013). Automated bed assignments in a complex and dynamic hospital environment. *Interfaces*, 43:435–448.
- Turban E, Mclean E, W. J. (2004). *Tecnologia da informação para gestão*. Editora Bookman.
- Turhan, A. M. e Bilgen, B. (2017). Mixed integer programming based heuristics for the patient admission scheduling problem. *Computers Operations Research*, 80:38–49.
- Vancroonenburg, W., Causmaecker, P. D. e Berghe, G. V. (2012). Patient-to-room assignment planning in a dynamic context. Em *Practice and Theory of Automated Timetabling*, páginas 29–31, Son - Norway.
- Wang, D. e de Lucca-Silveira, M. (2020). Escolhas dramáticas em contextos trágicos: Alocação de vagas em UTI durante a crise da covid-19. Relatório Técnico n.5, Instituto de Estudos para Políticas de Saúde, São Paulo SP.
- Wasgen, A. M., da Silva Terres, M. e Machado, B. F. H. (2019). O impacto do gerenciamento de leitos na gestão hospitalar. *Revista Hospitalidade*, 16(02):31–49.