



UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Júlia Góes Matos

ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA A
ADEQUAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA À DEMANDA
DE PACIENTES: um caso prático em um hospital em Petrolina-PE

Juazeiro - BA

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Júlia Góes Matos

ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA A
ADEQUAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA À DEMANDA
DE PACIENTES: um caso prático em um hospital em Petrolina-PE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Juazeiro, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof. Dra. Ana Cristina G. Castro Silva.

Coorientador: Prof. Dr. Thiago Magalhães Amaral.

Juazeiro – BA

2016

	Matos, Júlia
M433a	Análise de decisão multicritério para a adequação da capacidade produtiva à demanda de pacientes: um caso prático em um hospital em Petrolina-PE / Júlia Matos. – Juazeiro-BA, 2016.
	xiii, 40 f. : il. ; 29 cm.
	Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro-BA, 2016.
	Orientador: Prof. Dra. Ana Cristina Gonçalves Castro Silva. Co-orientador: Prof. Dr. Thiago Magalhães Amaral.
	1. Hospital - Administração. 2. Previsão de demanda. II. I. Título. II. Silva, Ana Cristina Gonçalves Castro. Universidade Federal do Vale do São Francisco.
	CDD 362.11068

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF
Bibliotecário: Renato Marques Alves

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FOLHA DE APROVAÇÃO

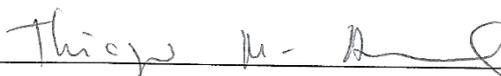
Júlia Góes Matos

ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA A
ADEQUAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA À DEMANDA
DE PACIENTES: um caso prático em um hospital em Petrolina-PE

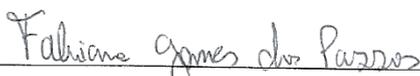
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.



Ana Cristina G. Castro Silva, Dra. – UNIVASF
Orientadora



Thiago Magalhães Amaral, Dr. – UNIVASF
Coorientador



Fabiana Gomes dos Passos, MSc. - UNIVASF
Avaliadora Interna



Roberto Rivellino Almeida de Miranda – HU-UNIVASF
Avaliador Externo

Aprovado pelo Colegiado de Engenharia de Produção em 26/08/16

Dedico este trabalho aos meus pais, a minha irmã
e ao meu namorado que sempre fizeram o
possível para colaborar com a minha graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que sempre me deu força, paciência, sabedoria e cuidou de mim todo o tempo durante a minha vida. A Ele devo toda a honra e glória.

A minha mãe, Lyane, a qual sou muito grata por ter me incentivado, amado e cuidado de mim. Ao meu pai, Marley, que sempre deu o seu máximo pela nossa família e me ajudou em todos os aspectos. A minha irmã, Amanda, que mesmo sendo tão diferente de mim sabe ser a melhor irmã possível e me apoia sempre.

Ao Emanuel Vieira, meu namorado, pelo amor, cuidado, paciência e por aguentar todas as minhas reclamações e estresses ao longo da minha graduação.

As minhas amigas Jéssica Ellen, Jéssica Lopes e Rebeca pela compreensão, apoio, ajuda e por entender minha ausência em certos momentos, mas mesmo assim nunca deixar de ser amigo.

Aos amigos que a graduação me proporcionou, em especial à Brenna Soraia e à Denilton Santana, por todo o apoio, companheirismo e motivação durante todos esses longos seis anos e meio.

Aos meus professores Ana Cristina Castro e Thiago Magalhães por acreditarem em mim e por todos os ensinamentos e conhecimentos que me passaram, além de toda a ajuda que me deram durante a construção da minha monografia.

Aos professores e funcionários da Universidade Federal do Vale do São Francisco que contribuíram para a minha formação direta ou indiretamente.

Muito obrigada!

“Our lives are the sum of our decisions.”

Thomas L. Saaty

MATOS, Júlia Góes. **Análise de Decisão Multicritério para a adequação da capacidade produtiva à demanda de pacientes:** um caso prático em um hospital em Petrolina-PE. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Vale do São Francisco. Juazeiro-BA, 2016.

RESUMO

A previsão de demanda e a decisão multicritério podem ser utilizadas como um auxílio para o planejamento estratégico de um hospital, a partir do momento em que se admite que a demanda de um hospital pode ter sazonalidade e tendência e que existem mais de uma possível alternativa para solucionar o problema de superlotação. A partir do uso e comparação de diferentes modelos de previsão de demanda associados com o método de decisão multicritério PROMETHEE II, foi possível elencar e escolher as melhores alternativas para adequar a capacidade do hospital à sua demanda. O estudo mostrou que a regressão linear e o método de sazonalidade multiplicativa de *Holt-Winters* para um período de doze meses se adequaram melhor à série histórica do hospital estudado, quando comparado com os outros métodos de previsão utilizados. Além disso, a melhoria do fluxo de informação entre os setores do hospital mostrou-se ser a alternativa mais indicada para solucionar o problema do hospital estudado, de acordo com as preferências do decisor.

Palavras-chave: Previsão de Demanda, Decisão Multicritério, PROMETHEE II, Serviço Hospitalar.

MATOS, Júlia Góes. **Multicriteria Decision Analysis for the adjustment of the production capacity to the demand of patients:** a case study in a hospital in Petrolina-PE. Final Paper. Federal University of São Francisco Valley. Juazeiro-BA, 2016.

ABSTRACT

Demand forecasting and multicriteria decision can be used as a aid to the strategic planning of a hospital, where it is assumed that the demand of a hospital may have seasonality and trends and that there are more than one possible alternative to solve the overcrowding problem. Using and comparing different demand forecasting models associated with the multicriteria decision method PROMETHEE II, it was possible to list and choose the best alternatives to adjust the hospital's production capacity to the demand of patients. The study showed that the linear regression and Holt-Winters multiplicative seasonality method for a period of twelve months have adapted better to the historical series of the hospital, when compared with other forecasting methods used in this paper. In addition, improved flow of information between the hospital sectors showed to be the most suitable alternative for solving the problem of the hospital, according to the preference of the decision maker.

Key-words: Demand Forecasting, Multicriteria Decision, PROMETHEE II, Hospital Service.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma das etapas do trabalho.....	20
Figura 2 – Comparação entre o número de pacientes atendidos em 2015 e 2016.....	21
Figura 3 – Taxa de ocupação do HU-UNIVASF nos anos de 2015 e 2016.....	22
Figura 4 – Demanda real e prevista utilizando a Regressão Linear.....	24
Figura 5 – Demanda real e prevista utilizando o método de Sazonalidade Multiplicativa de <i>Holt-Winters</i> (n=12).....	24
Figura 6 – Plano GAIA.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese dos métodos de previsão de demanda.....	16
Tabela 2 – Síntese dos métodos de medição de erros da previsão.....	17
Tabela 3 – Erros de previsão para os modelos sem sazonalidade e sem tendência.....	23
Tabela 4 – Erros de previsão para os modelos com sazonalidade e tendência.....	24
Tabela 5 – Alternativas para a adequação da capacidade do hospital à sua demanda.....	25
Tabela 6 – Critérios.....	26
Tabela 7 – Peso dos critérios normalizados.....	26
Tabela 8 – Matriz de decisão.....	26
Tabela 9 – Fluxo de sobreclassificação e <i>ranking</i> das alternativas.....	26
Tabela 10 – Intervalos de estabilidade.....	27
Tabela 11 – Plano de ação.....	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGHU – Aplicativo de Gestão para Hospitais Universitários

ARIMA – *Autoregressive Integrated Moving Average*

EBSERH – Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares

HU-UNIVASF – Hospital Universitário da Universidade Federal do Vale do São Francisco

IESS - Instituto de Estudos de Saúde Suplementar

MAD – *Mean Absolute Deviation*

MAPE – *Mean Absolute Percentage Error*

MCDA – *Multiple Criteria Decision Analysis*

MSE – *Mean Squared Error*

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PROMETHEE - *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*

SERVQUAL – *Service Quality*

SUS – Sistema Único de Saúde

UTI – Unidade de Terapia Intensiva

SUMÁRIO

1 Introdução.....	14
2 Referencial teórico	15
2.1 Previsão da demanda	15
2.1.1 Métodos de previsão da demanda	16
2.1.2 Erros da previsão.....	16
2.2 Capacidade produtiva	16
2.2.1 Fatores influentes na capacidade.....	18
2.3 Modelo de decisão multicritério.....	19
2.3.1 Classificação dos métodos MCDA	19
2.3.2 PROMETHEE II.....	19
3 Metodologia.....	20
4 Resultados e discussão	22
4.1 Previsão de demanda	24
4.2 Aplicação do PROMETHEE II.....	26
4.3 Plano de ação.....	29
5 Conclusão	29
Referências	30
ANEXOS.....	32
ANEXO 1 – Regras de formatação da revista Health Care Management Science	33

Análise de decisão multicritério para a adequação da capacidade produtiva à demanda de pacientes: um caso prático em um hospital em Petrolina-PE

Júlia G. Matos¹ • Ana Cristina G. Castro Silva¹ • Thiago M. Amaral¹

Resumo A previsão de demanda e a decisão multicritério podem ser utilizadas como um auxílio para o planejamento estratégico de um hospital, a partir do momento em que se admite que a demanda de um hospital pode ter sazonalidade e tendência e que existem mais de uma possível alternativa para solucionar o problema de superlotação. A partir do uso e comparação de diferentes modelos de previsão de demanda associados com o método de decisão multicritério PROMETHEE II, foi possível elencar e escolher as melhores alternativas para adequar a capacidade do hospital à sua demanda. O estudo mostrou que a regressão linear e o método de sazonalidade multiplicativa de *Holt-Winters* para um período de doze meses se adequaram melhor à série histórica do hospital estudado, quando comparado com os outros métodos de previsão utilizados. Além disso, a melhoria do fluxo de informação entre os setores do hospital mostrou-se ser a alternativa mais indicada para solucionar o problema do hospital estudado, de acordo com as preferências do decisor.

Palavras-chave: Previsão de Demanda, Decisão Multicritério, PROMETHEE II, Serviço Hospitalar.

1 Introdução

Todas as empresas, independente do ramo ou tamanho, necessitam de um planejamento, seja ele para curto ou longo prazo, pois ele é responsável por auxiliar a tomada de decisões por toda a organização. A previsão de demanda é um auxílio para o planejamento de uma empresa, pois com ela pode-se agir de maneira proativa em relação a possíveis problemas futuros que envolvam a capacidade produtiva da empresa como, por exemplo, uma grande demanda por certo serviço em determinado período do ano [1].

Para a fabricação de produtos ou a prestação de serviços, faz-se necessário utilizar as técnicas de Planejamento e Controle da Produção (PCP) para que seja possível alcançar uma produtividade satisfatória, sempre adequando a capacidade produtiva à demanda. No caso de serviços prestados por um hospital, a capacidade é determinada pela disponibilidade de instalações físicas e recursos humanos para que seja possível o atendimento e o tratamento dos pacientes [2].

A previsão de demanda é um assunto muito estudado e útil, o que gera importantes resultados para diferentes áreas: indústrias, bancos, saúde, escolas, produção agrícola, etc. Existem várias aplicações deste tema em hospitais, como por exemplo o estudo de Novaes [3], que analisa modelos de previsão de demanda aplicados à série histórica de um medicamento

Júlia G. Matos
juliagmatos@hotmail.com

Ana Cristina G. Castro Silva
anacristina.silva@univasf.edu.br

Thiago M. Amaral
thiago.magalhaes@univasf.edu.br

¹Colegiado de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Bahia, Brasil.

de alto valor monetário da farmácia de um hospital, e avalia a possibilidade de sua utilização para o auxílio da tomada de decisão e a diminuição dos custos. Em outro estudo mais recente, Kim et al. [4] utilizam a previsão de demanda com o objetivo de avaliar a previsibilidade do volume de pacientes em um hospital, utilizando várias técnicas de previsão. Eles mostraram que o modelo de Box-Jenkins (ARIMA – *Autoregressive Integrated Moving Average*) teve o melhor desempenho na previsão de volume de pacientes de um hospital utilizando o horizonte de tempo de um dia e um mês a frente. Porém, Kim et al. [4] ressalta que o método de previsão adequado pode ser diferente para outros hospitais por conta das diferenças na estrutura organizacional.

A partir do momento que se tem uma aplicação da previsão de demanda, pode-se complementar a sua análise agregando outras ferramentas, como a decisão multicritério, por exemplo. Rodriguez, Costa e Carmo [5] fizeram uma revisão sistemática da literatura acadêmica para identificar artigos que relacionaram os métodos multicritério às áreas do PCP que foram publicados entre os anos de 1999 a 2010. Além disso, eles também destacaram os temas de PCP em que não encontraram nenhuma publicação relacionada com decisão multicritério, e entre esses temas está a previsão de demanda. Portanto, faz-se necessário o desenvolvimento de um trabalho que possa relacionar a previsão de demanda com a análise de decisão multicritério.

Este trabalho terá como estudo de caso o Hospital Universitário da Universidade Federal do Vale do São Francisco (HU-UNIVASF), onde existe atualmente uma grande necessidade de adequação da capacidade à demanda de paciente. No HU-UNIVASF, períodos de grande oscilação de demanda de pacientes podem afetar de forma negativa os funcionários e os próprios pacientes. Segundo Ma et al. [6], a saúde e a vida das pessoas que precisam de cuidados médicos poderão estar em risco quando não houver funcionários suficientes para o atendimento. Porém, em períodos com pouca demanda, pode ocorrer um excesso de funcionários, gerando mais custos para o hospital e horas de trabalho ociosas para os empregados. Com todos esses problemas citados anteriormente, uma pergunta se faz pertinente: de que forma a previsão de

demanda com o uso da análise de decisão multicritério, podem ajudar a avaliar alternativas que sejam capazes de adequar a capacidade produtiva à demanda de pacientes do HU-UNIVASF?

Portanto, o objetivo deste trabalho será explicar de que forma a previsão de demanda com o uso da análise de decisão multicritério, pode ajudar a avaliar alternativas que sejam capazes de adequar a capacidade produtiva à demanda de pacientes do HU-UNIVASF. Para alcançar este objetivo, é necessário fazer uso das ferramentas de previsão de demanda, desenvolver alternativas e critérios que possam dar soluções para o problema e utilizar um MCDA para a avaliação dessas alternativas.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: a seguir será mostrado o referencial teórico que foi utilizado como base para a realização do trabalho, onde serão abordados os métodos de previsão de demanda, os erros da previsão, a capacidade produtiva e o método PROMETHEE II. Em seguida, será apresentada a metodologia utilizada neste trabalho, seguida dos resultados e discussões e posteriormente da conclusão e sugestão para trabalhos futuros.

2 Referencial teórico

2.1 Previsão da demanda

Segundo Mackay e Lee [7], o uso da previsão, no caso de planejamento da utilização dos leitos de um hospital, é importante para melhor redirecionar e alocar os recursos, como materiais e leitos, para que a superlotação possa ser reduzida ou até mesmo completamente evitada, o que também serve como ponto de partida para o planejamento e a tomada de decisões. Porém, determinar a quantidade ótima e organizar os leitos de um hospital continua sendo um desafio, pois a habilidade de associar a demanda com a necessidade de suprimentos é uma parte crítica do planejamento hospitalar [8].

Dentre as muitas áreas de uma empresa, existem três atividades que são diretamente impactadas pela previsão da demanda. A primeira são os recursos humanos que, segundo Morici [9], esse departamento tem uma grande importância na área da saúde, pois o uso de mão de obra nos atendimentos é intensivo. A segunda

atividade é a capacidade da organização, pois se ela for insuficiente, ocorrerá o não atendimento da demanda. De acordo com Brasil [10], a capacidade hospitalar diz respeito à quantidade de leitos disponíveis para o atendimento dos pacientes. A terceira atividade, e não menos importante, é a gestão da cadeia de suprimentos, pois a quantidade de materiais necessários para a execução de serviços ou as matérias primas necessárias para a produção de bens precisam de uma previsão mais certa para que a produção da empresa não seja interrompida por falta de recursos. Além disso, o fluxo de informações, a diminuição de custos e a melhoria dos processos também são afetados por essa gestão e são responsáveis pela satisfação do cliente [11,12].

As previsões nunca serão totalmente perfeitas, pois existem fatores aleatórios e externos que não podem ser antecipados na previsão, o que geram erros [1]. Sabendo disso, a previsão da demanda irá funcionar como uma ferramenta de aproximação de possíveis demandas futuras, baseadas em valores passados. As previsões podem ser afetadas por fatores aleatórios e externos, o que gera um erro de previsão que pode ser calculado para verificar a acurácia da previsão [13].

2.1.1 Métodos de previsão da demanda

Na literatura existem vários modelos de previsão de demanda e eles são geralmente classificados em duas grandes categorias: os métodos qualitativos, que são modelos subjetivos e dependem da análise e opinião de especialistas na área em que deverá ser feita a previsão e os métodos quantitativos, que são baseados em dados históricos da demanda e utilizam modelos matemáticos para obter os valores da futura demanda, além de ser possível calcular os erros desta previsão [1,11,13].

Para se chegar ao objetivo deste estudo, serão utilizados métodos quantitativos de previsão de demanda. Moreira [1] classifica os métodos quantitativos em dois grupos: métodos causais, que juntam os fatores internos e externos à empresa que influenciam a previsão em determinados períodos; e séries temporais, o qual exige que seja conhecido os valores passados da demanda, pois espera-se que o padrão desses valores passados sirva como informação para previsão dos valores futuros.

Para este trabalho foram utilizados os métodos de previsão de demanda listados na Tabela 1 [1,11,13].

Não existe um modelo específico para escolher qual o método de previsão de demanda será usado em determinada organização. Dependendo do tipo de cada empresa, pode-se utilizar um ou mais de um método de previsão, pois certas demandas são mais previsíveis do que outras. Para a previsão da demanda hospitalar, geralmente usa-se modelos temporais e causais, pois um hospital tem características e tendências que são associadas a determinados períodos de tempo [14].

2.1.2 Erros da previsão

Peinado e Graeml [13] afirmam que em toda previsão encontra-se um erro aleatório e que este erro pode ser mensurado pelo cálculo do erro de previsão. Ao aplicar este cálculo na previsão, será encontrada a variação entre a demanda real e a demanda que foi estimada pelo modelo, ou seja, o erro de previsão. Como as previsões utilizam fontes de dados passados, os erros podem ser mais comuns de serem encontrados, pois nem sempre os acontecimentos passados condizem com os possíveis acontecimentos futuros [15].

Existem vários tipos de erros de previsão, porém neste estudo serão destacados os três mais utilizados de acordo com a literatura e listados na Tabela 2 [1,2,15-21].

2.2 Capacidade produtiva

De acordo com Moreira [1], a capacidade pode ser definida como “a quantidade máxima de produtos e serviços que podem ser produzidos em uma unidade produtiva, em um dado intervalo de tempo”. Na prestação de serviços, a produção e o consumo acontecem ao mesmo tempo e um serviço não pode ser transferido de uma pessoa para outra. Essas características afetam a variabilidade do serviço e causam grandes variações da demanda. Com essas variações, a capacidade da unidade produtiva pode estar sendo sobrecarregada ou estar operando bem abaixo da sua capacidade, o que resulta em instalações e funcionários ociosos [14].

Uma das partes importante para o planejamento das instalações produtivas são as decisões sobre a capacidade. A mão-de-obra e os equipamentos que serão utilizados em uma organização dependem diretamente das decisões sobre a capacidade produtiva, pois isso também

irá impactar no atendimento da demanda futura da empresa, podendo este atendimento ter limitações por conta de uma capacidade mal planejada. Os custos operacionais também podem variar por conta da capacidade, pois se a demanda fica acima ou abaixo da capacidade,

Tabela 1 Síntese dos métodos de previsão de demanda

Métodos	Definição	Equações	Termos da equação
Média Móvel Simples	A previsão é calculada pela média aritmética dos n valores reais da demanda passada.	$P_t = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$	P_t = previsão do período t D_i = demanda real no período i i = número de ordem de cada período mais recente n = número de períodos utilizados para calcular a média móvel
Média Móvel Ponderada	Utiliza a média ponderada dos n valores reais da demanda passada.	$P_t = \frac{\sum_{i=1}^n D_i * W_i}{\sum W_i}$	P_t = previsão do período t D_i = demanda real no período i i = número de ordem de cada período mais recente n = número de períodos utilizados para calcular a média móvel W_i = peso para a observação i $\sum W_i = 1$
Média Suavizada Exponencialmente de 1ª Ordem	Atribui pesos decrescendo exponencialmente medida que o dado é mais velho.	$P_t = P_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - P_{t-1})$	P_t = previsão do período t D_t = demanda real no período t t = período da previsão α = constante de suavização
Média Suavizada Exponencialmente de 2ª Ordem	Dupla suavização, previsão aplicada sobre a Média Suavizada Exponencialmente de 1ª Ordem	$P'_t = P'_{t-1} + \beta(P_{t-1} - P'_{t-1})$	P'_t = previsão de 2ª ordem para o período t P'_{t-1} = previsão de 2ª ordem para o período $(t-1)$ β = constante de suavização de 2ª ordem P_{t-1} = previsão de 1ª ordem para o período $(t-1)$
Regressão Linear	Determinação da equação da reta linear que mais se aproxima dos valores da demanda e do período.	$P_t = a + b \cdot t$ $\sum_{i=1}^n D_i = n \cdot a + b \sum_{i=1}^n t_i$ $\sum_{i=1}^n t_i * D_i = a \sum_{i=1}^n t_i + b \sum_{i=1}^n D_i^2$	P_t = previsão do período t D_i = demanda real no período i t = período da previsão a = coeficiente de nível da demanda b = coeficiente de tendência da demanda n = número de períodos
Regressão Exponencial	Determinação da equação da reta exponencial que mais se aproxima dos valores da demanda e do período.	$P_t = a \cdot b^t$ $\log P_t = \log a + t \log b$	P_t = previsão do período t t = período da previsão a = coeficiente de nível da demanda b = coeficiente de tendência da demanda
Modelo Sazonal Multiplicativo de Holt-Winters	Considera a existência de tendência e sazonalidade em uma série temporal.	$L_t = \alpha \frac{x_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$ $T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}$ $S_t = \gamma \frac{x_t}{L_t} + (1-\gamma)S_{t-s}$ $P_{t+k} = (L_t + nT_t)S_{t-s}$	L_t = componente de nível T_t = componente de tendência S_t = componente de sazonalidade s = período sazonal α, β, γ = constante de suavização da componente de nível, tendência e sazonalidade, respectivamente.

Tabela 2 Síntese dos métodos de medição de erros da previsão

Medição de erro	Definição	Equações	Termos da equação
Desvio Absoluto Médio (MAD)	Medir a variação dos valores observados em torno dos valores previstos. O valor ideal seria zero, pois assim os erros negativos e positivos estariam se compensando.	$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n A_t - F_t }{n}$	A_t = demanda real no período t F_t = demanda prevista no período t n = número total de períodos
Erro Médio Quadrático (MSE)	Medir a confiabilidade de uma previsão. Como o ideal é que os valores não se dispersem muito da média, adota-se que quanto menor o MSE, menos erro e mais confiável será a previsão.	$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}$	A_t = demanda real no período t F_t = demanda prevista no período t n = número total de períodos
Erro Percentual Absoluto Médio (MAPE)	Indica quantos por cento da previsão poderá estar incorreto e é representado por uma porcentagem. Quanto menor o valor do MAPE, melhor será a previsão.	$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left \frac{A_t - F_t}{A_t} \right }{n} \times 100$	A_t = demanda real no período t F_t = demanda prevista no período t n = número total de períodos

haverá custos extras por falta de atendimento ou por excesso de funcionários e equipamentos. Caso a organização esteja operando por um longo tempo muito acima ou muito abaixo da capacidade, terão custos operacionais que poderiam ter sido evitados com um planejamento melhor da capacidade produtiva [14].

As decisões sobre capacidade devem ser bem estudadas e estruturadas ao se fazer o planejamento estratégico da empresa. No caso de um hospital, a quantidade de leitos, de funcionários e de equipamentos devem ser planejados de acordo com a demanda deste hospital, levando em consideração também a dimensão populacional que este hospital está disposto a atender.

2.2.1 Fatores influentes na capacidade

Moreira [1] cita alguns fatores que podem influenciar na capacidade de uma organização. São eles:

- Instalações: diz respeito ao tamanho da unidade produtiva e faz-se necessário ressaltar que no projeto da instalação deve-se pensar nas possíveis expansões futuras.

- Composição dos produtos ou serviços: produtos tem a vantagem de poderem ser padronizados. Já os serviços têm um nível de padronização baixo, principalmente em um hospital onde cada paciente tem uma necessidade de atendimento diferente, o que pode diminuir a produtividade.

- O projeto do processo: diz respeito ao nível de automação do processo. Em serviços, principalmente em hospital, os processos utilizam bastante mão-de-obra nos atendimentos, o que pode aumentar o tempo de processo (atendimento), gerando filas.

- Fatores humanos: o capital humano utilizado nas organizações, ou seja, os funcionários, deve ser melhorado através de treinamentos buscando o aumento das habilidades e conhecimento dos funcionários, além da motivação.

- Fatores operacionais: refere-se aos equipamentos ligados diretamente a capacidade operacional da organização, como a quantidade de leitos disponíveis em um hospital, por exemplo.

- Fatores externos: refere-se aos fatores que não podem ser controlados pela empresa e que afetam a capacidade, como a sazonalidade da demanda, por exemplo.

2.3 Modelo de decisão multicritério

Os problemas que envolvem decisão estão presentes no cotidiano. Muitas vezes são tomadas decisões fáceis entre duas ou mais alternativas que necessitam de pouca análise para se chegar a uma solução. Porém, existem aqueles tipos de problemas que também envolvem duas ou mais alternativas, mas que para escolher a melhor alternativa, deve-se analisar uma série de critérios que devem ser levados em consideração, já que para cada alternativa esses critérios irão ser avaliados de forma diferente [22]. Segundo Stummer et al. [23], o sucesso de um hospital é determinado por uma função que depende de vários fatores, como a adequação dos serviços hospitalares, o número de pacientes e a capacidade do hospital, por exemplo.

Para ajudar a resolver estas questões, existem metodologias que são capazes de ajudar aos decisores mostrando a eles a melhor forma de avaliar as alternativas e até mesmo mostrar qual seria a mais indicada a ser escolhida quando estas são influenciadas por vários critérios. Entre essas abordagens, destaca-se a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA), que é a tradução do termo em inglês *Multiple Criteria Decision Analysis*. Esses métodos não são automatizados, pois para cada decisor existe uma análise e escolha de alternativa diferente baseada nas preferências de cada decisor [24].

Nas organizações existe a preocupação da tomada de decisão, pois estas deliberações vão impactar diretamente no futuro da empresa. Os responsáveis por tomar as decisões, chamados de decisores e que geralmente são as pessoas que tem um maior cargo administrativo na empresa, devem estar cientes das consequências da sua decisão e saber como analisar e como proceder quando se tem duas ou mais alternativas a serem escolhidas. Para isso, existem um grupo de atores que farão parte deste processo decisório para ajudar o decisor a chegar a uma conclusão. Segundo Almeida [22], um processo de tomada de decisão basicamente acontece com a interação do analista com o decisor (ou com o cliente) para determinar as possíveis opções de decisão. Para isso o analista pode obter informações sobre o ambiente onde ocorre o problema com o especialista. Além disso, deve haver uma preocupação com os *stakeholders* e a

terceira parte, pois eles sofrerão as consequências da decisão e também tem influência sobre ela.

2.3.1 Classificação dos métodos MCDA

Existem vários métodos multicritério que auxiliam na decisão e o objetivo desses métodos é estabelecer uma ordenação de alternativas de acordo com as preferências dos decisores e seguindo um tipo de problemática: de escolha (α) que seleciona uma opção, de classificação (β) que classifica em categorias por semelhança, de ordenação (γ) que coloca as alternativas em ordem de prioridade ou de descrição (δ) que descreve e avalia as alternativas [25].

Há vários tipos de classificação para esses métodos listados na literatura, porém, de acordo com Almeida [22], existem três tipos principais: o critério único de síntese que tem o objetivo de agregar os critérios em uma forma única de síntese além de fazer uma avaliação compensatória dos critérios das alternativas, onde um critério de maior desempenho pode compensar um de menor desempenho; de sobreclassificação (*outranking*) onde é feito uma avaliação par a par das alternativas e não existe uma avaliação compensatória, mas sim uma relação de sobreclassificação que faz uma completa comparação entre as alternativas; e os interativos que geralmente têm uma conexão com problemas discretos ou contínuos e o decisor tem uma forte interação com esses métodos.

No processo de tomada de decisão em uma organização é necessário seguir algumas etapas fundamentais que irão auxiliar a resolução do problema. Alguns autores na literatura apresentam propostas de fases que podem ser seguidas na construção de um modelo de decisão multicritério. Belton e Stewart [26] propõem uma sequência de ação para o processo de decisão multicritério: (i) identificação do problema; (ii) estruturação do problema; (iii) construção do modelo (alternativas e critérios); (iv) usar o modelo para avaliar e informar; e (v) desenvolver um plano de ação.

2.3.2 PROMETHEE II

Dentre os métodos de sobreclassificação, a família do método *Preference Ranking*

Organization Method for Enrichment Evaluations (PROMETHEE) foi escolhida para este estudo, pois o objetivo deste trabalho é fazer uma ordenação das alternativas baseada nos critérios e na avaliação feita junto com o decisor, sendo esta a base do método PROMETHEE II [27]. Segundo Carvalho, Carvalho e Wilson [28], as principais características desse método são simplicidade, clareza e estabilidade.

Segundo Almeida [22] e Silva, Fontes e Barbosa [29], para a aplicação deste método, deve-se seguir alguns passos:

- Passo 1: Elaborar uma matriz com alternativas e critérios baseados na tentativa de elencar possíveis soluções para o problema. Além disso, deve-se definir um peso p_i para cada critério e determinar se é um critério de maximização ou de minimização. Após a matriz de decisão preenchida, deve-se normalizar os pesos utilizando a seguinte Equação (1):

$$g_{ij} = \frac{[X_{ij} - \min(X_{ij})]}{[\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})]} \quad (1)$$

com X_{ij} sendo o peso de avaliação correspondente a alternativa i e ao critério j , com $i=1, 2, \dots, n$ e $j=1, 2, \dots, m$.

- Passo 2: É necessário definir a função de preferência para os critérios pois isso irá interferir na intensidade de preferência de uma alternativa a em relação a uma alternativa b definido por $F_i(a, b)$, sendo esta a diferença entre os níveis de performance g para cada critério i . Essa diferença é definida como na Equação (2):

$$F_i(a, b) = [g_i(a) - g_i(b)] \quad (2)$$

sendo que $F_i(a, b)$ pode variar entre 0 e 1. Segundo Mareschal [30], existem seis tipos de função de preferência, mas a mais adequada para critérios qualitativos com um número reduzido de níveis de escala, que é o caso dos critérios deste estudo, é a função do tipo I (critério usual) representada pelos seguintes parâmetros nas Equações (3) e (4):

$$F_i(a, b) = 1 \text{ se } g_i(a) > g_i(b) \quad (3)$$

$$F_i(a, b) = 0 \text{ se } g_i(a) \leq g_i(b) \quad (4)$$

- Passo 3: Determinar o grau de sobreclassificação de uma alternativa a sobre

uma alternativa b , para todos os pares de alternativas (a, b) . Esse grau é obtido de acordo com a Equação (5):

$$\pi(a, b) = \sum_{i=1}^n p_i F_i(a, b) \quad (5)$$

onde $\sum_{i=1}^n p_i = 1$, que representam os pesos estabelecidos pelo decisor em relação a cada critério. Segundo Almeida [22], esse grau define o quanto a é preferível a b em relação aos critérios.

- Passo 4: Determinar o fluxo de sobreclassificação de saída e de entrada de cada alternativa, representados nas Equações (6) e (7), respectivamente. Segundo Brans e Mareschal [27] e Almeida [22]:

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a, b) \quad (6)$$

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(b, a) \quad (7)$$

Desta forma, o fluxo fica normalizado, independente do número de alternativas. Almeida [22] define o fluxo de saída como a intensidade de preferência de a sobre todas as alternativas b , e fluxo de entrada como a intensidade de preferência de todas as alternativas b sobre a alternativa a . Quanto maior o ϕ^+ , melhor a alternativa. E quanto menor o ϕ^- , melhor a alternativa.

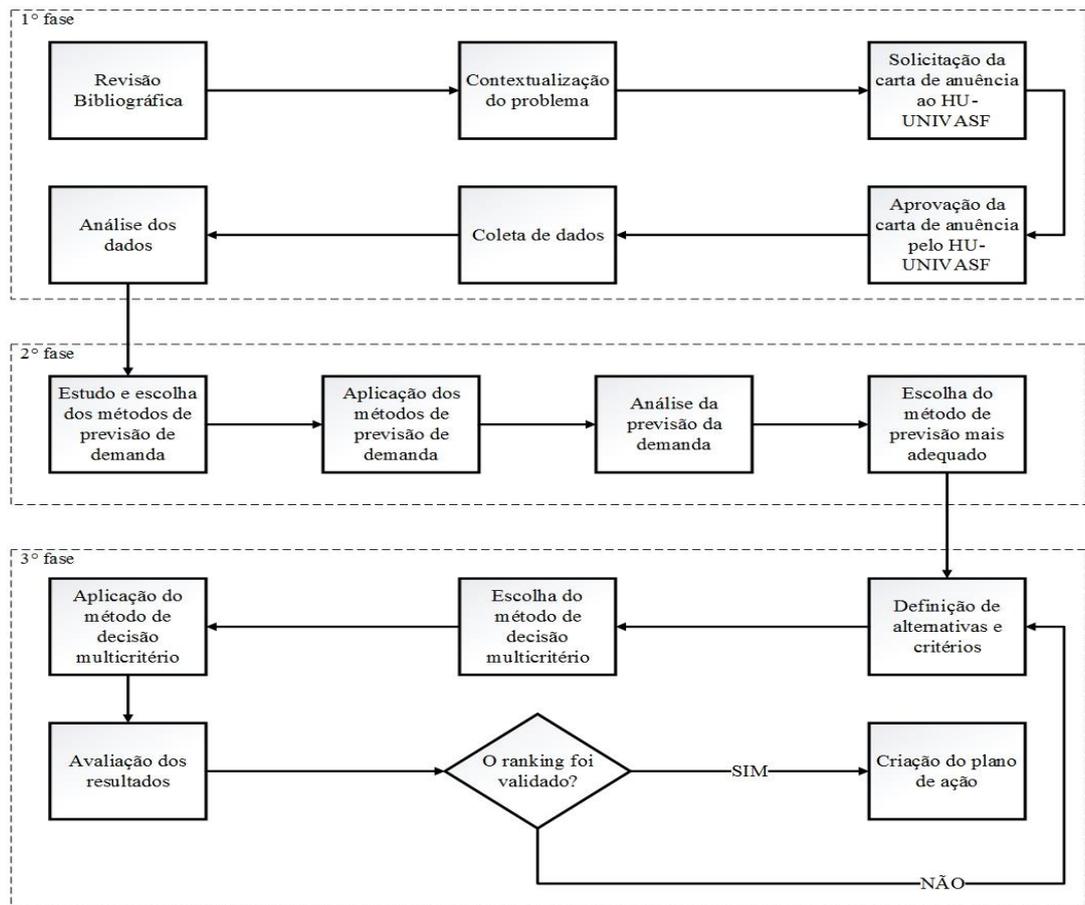
- Passo 5: Determinar o fluxo líquido de sobreclassificação para cada alternativa, representado na Equação (8). Este é o diferencial do PROMETHEE II, pois ele organiza as alternativas em ordem decrescente obtendo uma ordem completa, onde a alternativa de maior fluxo representa a melhor alternativa.

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad (8)$$

3 Metodologia

O presente estudo tem a característica de uma pesquisa descritiva e um estudo de caso com uma abordagem qualitativa quantitativa [31-34]. As etapas que foram seguidas nesta pesquisa estão descritas no fluxograma da Figura 1.

Figura 1
Fluxograma das etapas do trabalho



A primeira fase desta pesquisa consistiu em uma revisão bibliográfica para que fosse possível contextualizar o problema e destacar as suas características. Para poder desenvolver esta pesquisa, foi necessário o uso de dados do hospital autorizado via carta de anuência enviada ao HU-UNIVASF. Após a aprovação desta carta, foi feita a coleta de dados utilizando os registros do hospital para obter a quantidade de pacientes que foram atendidos no hospital em cada mês do ano de 2015 e nos meses iniciais de 2016 e assim fazer uma análise inicial desses dados.

A segunda fase baseou-se na aplicação dos métodos de previsão de demanda para prever a demanda de atendimento de pacientes para determinados meses do ano de 2016. Foi feito um estudo para saber quais os métodos que melhor se encaixam neste tipo de previsão e então foram escolhidos pelo menos seis métodos para a aplicação nesta pesquisa. Depois de aplicar os métodos e prever a demanda, foi feita a análise desta previsão por meio do cálculo dos erros de previsão e conseqüentemente a escolha

do método de previsão que melhor representa os atendimentos de pacientes do HU-UNIVASF.

Após fazer a análise de previsão da demanda, começou então a terceira fase da pesquisa que consistiu na aplicação do método de decisão multicritério PROMETHEE II. Para isso, foram elencadas possíveis alternativas e critérios que teriam importância para a decisão. O decisor atribuiu pesos a estes critérios de acordo com a importância de cada critério em relação ao entendimento do decisor. Após escolher as alternativas, os critérios e atribuir os pesos a cada um deles, foi então aplicado o PROMETHEE II para a obter o *ranking* das alternativas, mostrando quais são as mais viáveis baseadas nos pesos atribuídos pelo decisor. Para complementar esta avaliação dos resultados, foi feita também a análise de sensibilidade. Nesta análise de sensibilidade são feitas alterações nos dados de entrada (pesos dos critérios) para saber quais os efeitos destes dados na solução apresentada [22,35].

Após todos estes procedimentos, foi então verificada a validação do *ranking* apontado pelo método. Com este *ranking* validado, a terceira

fase desta pesquisa foi finalizada com a criação do plano de ação, ou seja, foi mostrado qual foi o *ranking* de alternativas indicado pelo método de decisão, o porquê de determinada alternativa sobreclassificar outras, quais os efeitos que a análise de sensibilidade mostra e ainda algumas sugestões de implementação destas ações. Caso o *ranking* não seja validado, será necessário voltar para a etapa de definição de alternativas e critérios e prosseguir com todas as outras etapas da terceira fase até que o *ranking* seja validado.

4 Resultados e discussão

O Hospital Universitário da Universidade Federal do Vale do São Francisco vem sendo administrado pela Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH) desde 2015. Por este fato, a série de dados utilizada para este trabalho incluiu apenas o número de pacientes atendidos em 2015 e nos primeiros meses de 2016 (janeiro a junho).

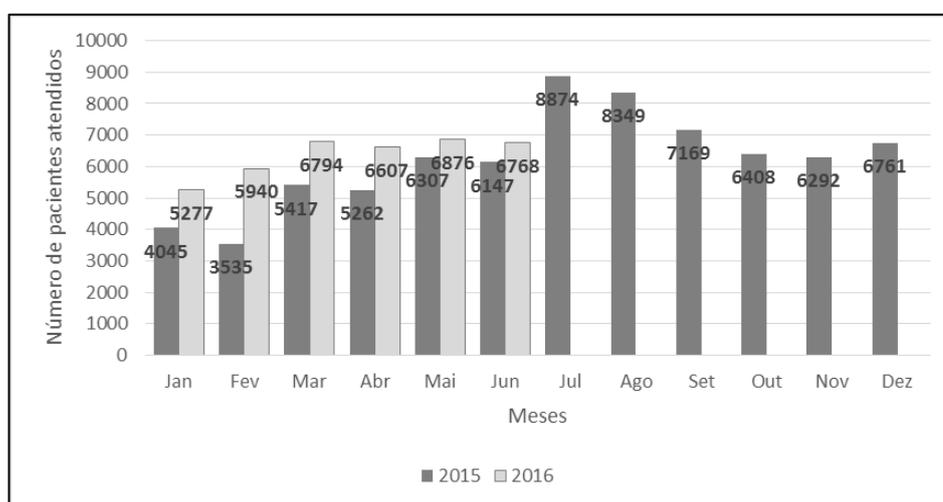
O HU-UNIVASF atende as cidades de Petrolina-PE, Juazeiro-BA e aos municípios próximos a estas cidades, o que dá um total de 53 municípios e uma população de aproximadamente 2.068.000 de habitantes. Para a execução dos serviços de atendimento hospitalar, o hospital conta com 127 leitos ativos, sendo que 20 leitos são para a Unidade de Terapia Intensiva (UTI) e os outros leitos são disponibilizados para o internamento de pacientes clínicos e cirúrgicos. Além disso, o HU-UNIVASF conta com 532 funcionários divididos entre as áreas administrativa, assistencial e médica [36].

O HU-UNIVASF é um hospital público que atende pelo Sistema Único de Saúde (SUS), dando destaque ao atendimento de urgência e emergência. Por esse motivo, o hospital vem apresentando problemas de superlotação e demora em atendimentos. Amaral e Vieira [37] afirmam que, segundo uma pesquisa feita no HU-UNIVASF utilizando a ferramenta SERVQUAL, existe uma insatisfação por parte dos pacientes em relação à disponibilidade dos médicos, o que pode ser causado pela baixa quantidade de médicos em relação à quantidade de pacientes e também pela alocação inadequada dos dias e turnos de trabalho desses médicos. Por conta desta falta de profissionais, acontece o atraso no atendimento dos serviços prestados pelo hospital.

Além disso, um outro problema enfrentado pelo hospital é o crescente número de acidentes terrestres na região do Vale do São Francisco, onde a maioria destes acidentes é causada por motocicletas, cujos números representavam 76,7% do total de acidentes terrestres em dezembro de 2015, segundo informações disponibilizadas pelo hospital. Por conta deste e de outros fatores, o hospital universitário tem operado acima da capacidade produtiva e com épocas de superlotação de pacientes.

Para que fosse possível um melhor entendimento da série de dados e analisar o seu comportamento, foi feita uma análise comparativa da demanda dos dois anos onde pôde-se notar a possível presença de tendência e sazonalidade. Na Figura 2 está representado a comparação das demandas entre os meses do ano de 2015 e os meses iniciais do ano de 2016.

Figura 2 Comparação entre o número de pacientes atendidos em 2015 e 2016



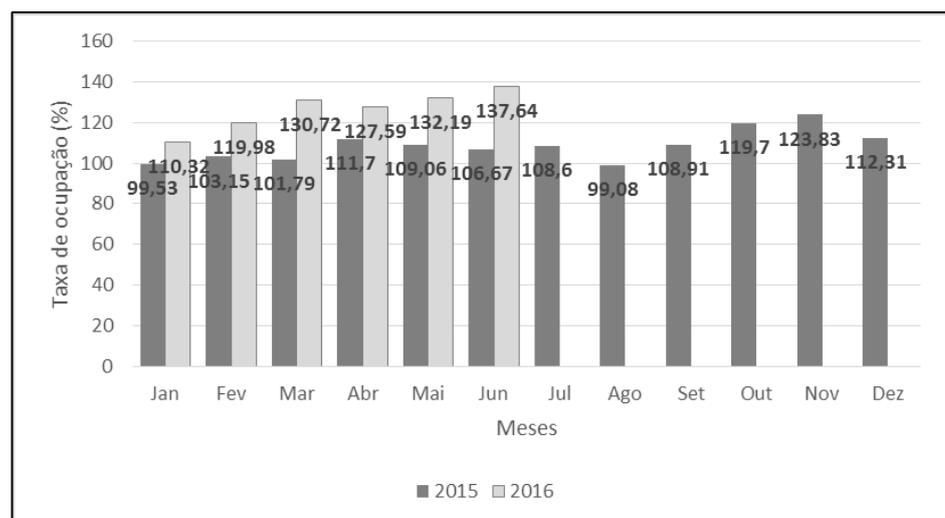
Observando a demanda ao longo do ano de 2015, percebe-se que existe um grande aumento da demanda entre os meses de julho e agosto, o que pode ser entendido como uma sazonalidade, ou seja, um padrão que acontece sempre no mesmo período. Porém, não é possível afirmar que seja realmente uma sazonalidade, pois o histórico que contém dados destes meses só abrange o ano de 2015. Apesar disso, existe uma maior movimentação nas cidades nestes meses, pois é onde geralmente acontece as férias escolares e férias de trabalho. Isso pode afetar diretamente a movimentação no trânsito e o número de acidentes por via terrestre. Além disso, o inverno no Brasil acontece do final de junho até um pouco mais da metade de setembro. Nesta estação, onde pode acontecer mudanças bruscas de temperatura e dias mais frios, existe uma probabilidade maior de se contrair doenças virais, como a gripe, o que pode afetar na demanda do hospital.

Fazendo uma comparação entre a demanda dos dois anos, pode ser observado que entre os meses de janeiro a junho a demanda aumentou em todos eles. Fevereiro foi o mês em que teve o maior aumento de atendimento de pacientes, correspondente a 68%. Já em maio teve o menor aumento, que foi de 9%. Com isso, pode-se destacar que além de sazonalidade, estes dados também podem apresentar uma tendência de crescimento ao longo dos anos. Segundo o Instituto de Estudos de Saúde Suplementar –

IESS [38], mais de 766 mil beneficiários perderam os seus planos de saúde em 2015, uma queda de 1,5% em relação ao ano de 2014. Isso aconteceu por conta da crise econômica pela qual o Brasil tem passado, as empresas estão diminuindo gastos, demitindo mais pessoas e os brasileiros estão tendo mais dificuldade em manter um plano de saúde que geralmente tem um valor alto. Por conta disso, mais pessoas estão utilizando as redes públicas de saúde e consequentemente aumentando a sua demanda.

Para auxiliar no entendimento da série histórica da demanda de pacientes do HU-UNIVASF, pode ser observado na Figura 3 o índice de ocupação do hospital no ano de 2015 e nos meses iniciais de 2016. Este indicador é utilizado pelo hospital como um indicador de atenção à saúde, que mede o grau de utilização dos leitos em operação no hospital, levando em consideração o número de pacientes, o número de leitos e a quantidade de dias operacionais, além de estar relacionado com o tempo médio de permanência de pacientes e o intervalo de substituição entre pacientes. Seria ideal que este indicador permanecesse um pouco abaixo de 100%, pois isso significaria que os leitos estariam sendo utilizados para os atendimentos, mas ainda assim existiriam leitos disponíveis para prováveis picos de demanda, o que demonstraria uma adequação entre a demanda e a capacidade do hospital.

Figura 3 Taxa de ocupação do HU-UNIVASF nos anos de 2015 e 2016



Analisando esses índices de ocupação, pode-se perceber que apenas em dois meses, janeiro e agosto de 2015, ele se manteve abaixo de 100%. Em todos os outros meses essa taxa esteve

sempre acima da porcentagem esperada. Fazendo uma comparação entre as taxas calculadas nos dois anos, conclui-se que em março houve o maior aumento desta taxa, que foi

de 28%. Já em janeiro teve o menor aumento, que foi de 11%. Esses dados comprovam que a capacidade do hospital não está adequada a sua demanda, podendo também levar em consideração o tempo de permanência do paciente no hospital que de janeiro a junho de 2016 teve uma média de 10,1 dias por paciente.

4.1 Previsão de demanda

Ao analisar os dados do número de pacientes atendidos no hospital, foi decidido que as previsões da demanda para os próximos meses seriam feitas de duas formas:

- Como existe um aumento de demanda entre os meses de junho a agosto e logo em setembro acontece uma queda da demanda, as previsões até o mês de agosto foram feitas com modelos de previsões causais e de séries temporais sem considerar a tendência ou a sazonalidade da série histórica, pois observando os dados de janeiro até agosto, pode-se considerar que não existe sazonalidade ou tendência significativas.

- Para poder ser feito uma comparação mais completa, foram também feitas previsões considerando a tendência e sazonalidade, utilizando assim as séries temporais e modelos de previsão um pouco mais sofisticados, pois ao considerar os meses de janeiro até dezembro, percebe-se a possível presença de sazonalidade e tendência na série histórica.

Após a análise destes dados, foram escolhidos os modelos de previsão para serem utilizados neste trabalho com base nos modelos que são mais apropriados para cada tipo de série histórica. Para as previsões que não consideram

a sazonalidade e a tendência e que serão feitas até o mês de agosto, foram usados os métodos de Média Móvel Simples, Média Móvel Ponderada, Média Suavizada Exponencialmente de 1ª e 2ª Ordem, Regressão Linear e Regressão Exponencial. Além disso, para estas previsões considerou-se apenas os dados dos primeiros meses de 2016, pois como não foi considerado a presença de tendência ou sazonalidade, utilizar os dados de 2015 apenas aumentaria os erros da previsão. Já para as previsões que consideraram a sazonalidade e a tendência dos dados, foi utilizado o método de Sazonalidade Multiplicativa de *Holt-Winters* para um período de sazonalidade de 3, 4, 6 e 12 meses e foram utilizados os dados de 2015 e dos meses iniciais de 2016. No caso das previsões usando a média móvel simples e ponderada, a média suavizada exponencialmente e os métodos de sazonalidade multiplicativa de *Holt-Winters*, pôde-se prever apenas um mês a frente, pois estes modelos necessitam da demanda real do mês anterior para calcular a demanda prevista do próximo mês. Já para a regressão linear e exponencial, foi possível fazer a previsão até o mês de agosto, já que esses modelos são mais simples e não levam em consideração a sazonalidade e a tendência.

Foram feitas as previsões para cada situação e calculado os erros para cada modelo de previsão. Os erros utilizados para comparação foram o Desvio Absoluto Médio (MAD), o Erro Médio Quadrático (MSE) e o Erro Percentual Absoluto Médio (MAPE). As Tabelas 3 e 4 resumem os modelos de previsão e seus respectivos erros para a série histórica de demanda do HU-UNIVASF.

Tabela 3 Erros de previsão para os modelos sem sazonalidade e sem tendência

Tipos de Previsões	MAD	MSE	MAPE
Média Móvel Simples (n=3)	347,11	182711	5,17%
Média Móvel Simples (n=2)	406,88	373628	6,01%
Média Móvel Ponderada (n=3)	243,27	96545	3,78%
Média Móvel Ponderada (n=2)	367,10	328556	5,41%
Média Suavizada Exponencialmente de 1ª Ordem ($\alpha = 0.85$)	393,83	295286	6,07%
Média Suavizada Exponencialmente de 2ª Ordem ($\beta = 0.75$)	481,80	321422	7,44%
Regressão Linear	238,06	86291	3,61%
Regressão Exponencial	254,66	107156	4,02%

Tabela 4 Erros de previsão para os modelos com sazonalidade e tendência

Tipos de Previsões	MAD	MSE	MAPE
Sazonalidade Multiplicativa de Holt-Winters (n = 3)	1323,31	3183142	20,31%
Sazonalidade Multiplicativa de Holt-Winters (n = 4)	1200,01	1980239	17,30%
Sazonalidade Multiplicativa de Holt-Winters (n = 6)	1207,97	4025916	15,83%
Sazonalidade Multiplicativa de Holt-Winters (n = 12)	839,14	1239671	13,94%

Nas Tabelas 3 e 4 estão destacados os menores erros calculados, indicando assim o melhor modelo de previsão para cada caso. Em relação as previsões feitas usando apenas as demandas reais dos primeiros meses de 2016 para prever até o mês de agosto, constatou-se que o melhor método utilizado foi o da regressão linear, pois ele apresentou um valor de MAD igual a 238,06, um MSE igual a 86.291 e o MAPE igual a 3,61%. Já para os métodos de previsão que consideraram a presença de tendência e sazonalidade, o método de sazonalidade multiplicativa de *Holt-Winters* com um período de sazonalidade de 12 meses foi o que melhor se adequou a série histórica de dados, apresentando um MAD igual a 839,14, um MSE igual a 1.239.671 e o MAPE igual a

13,94%. Esse método foi o mais adequado porque a sazonalidade só acontece uma vez ao decorrer de um ano, tendo assim um período de 12 meses de sazonalidade.

Para calcular os valores de α , β e γ para este método, foi utilizado a ferramenta solver presente no Microsoft Excel®, onde foi feito o cálculo dessas constantes baseando-se na minimização do valor do MAPE. Para o método escolhido com sazonalidade de 12 meses os valores das constantes foram $\alpha = 0,28$, $\beta = 0$ e $\gamma = 1,00$. Portanto, para o menor valor dos erros, o método não apresentou tendência na série histórica, mas apresentou sazonalidade.

As Figuras 4 e 5 mostram a demanda real e a demanda prevista utilizando os modelos de previsão que tiveram os menores erros.

Figura 4 Demanda real e prevista utilizando a Regressão Linear.

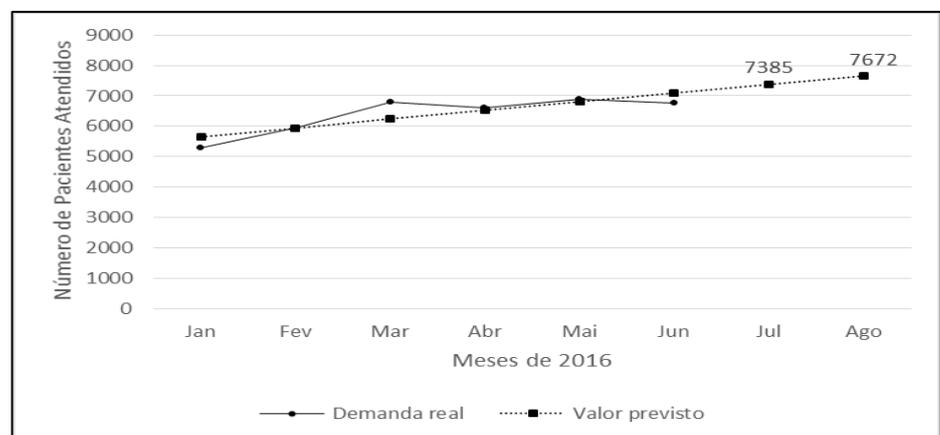
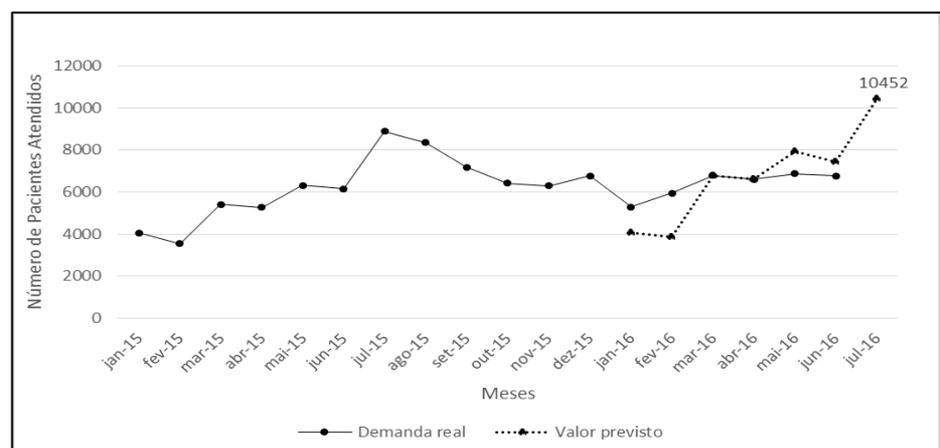


Figura 5 Demanda real e prevista utilizando o método de Sazonalidade Multiplicativa de *Holt-Winters* (n=12).



Na Figura 4, observa-se que a previsão foi feita até o mês de agosto, considerando os dados de número de pacientes atendidos dos meses de janeiro a junho de 2016. Já a Figura 5 apresenta a previsão dos meses de janeiro a julho de 2016 utilizando a série de dados do ano de 2015 e dos meses iniciais de 2016. Neste último só é possível prever um mês a frente, pois este método depende da demanda real do mês anterior para calcular a demanda prevista do próximo mês. Utilizando a regressão linear, a previsão é de atender 7.385 pacientes em julho e 7.672 em agosto. Já o método de *Holt-Winters* apresentou uma previsão de 10.452 pacientes para o mês de julho. As previsões apresentaram valores diferentes por diversos motivos: são métodos diferentes; o *Holt-Winters* considera a sazonalidade e a tendência; a regressão linear teve um erro muito menor em comparação ao de *Holt-Winters*, até porque esse método utiliza apenas os dados de 2016; a componente de sazonalidade para o mês de julho pelo método de *Holt-Winters* é o maior dentre todos os meses ($S_t=1,43$).

Para dar continuação a este trabalho, serão consideradas as duas previsões, pois o método de regressão linear prevê para médio prazo (de julho e agosto) e as previsões pelo método da sazonalidade multiplicativa de *Holt-Winters* são para curto prazo (um mês a frente). Além disso, a vantagem de se incorporar um método de decisão multicritério ao processo de previsão de demanda é que a partir do momento em que se tem uma noção antecipada da possível demanda, pode-se trabalhar em possíveis alternativas que sejam capazes de solucionar a superlotação do hospital, caso a demanda seja muito alta, ou que

possa ser feito mais atividades voltadas para a população, caso a demanda seja baixa. Essas técnicas podem ser incorporadas ao planejamento estratégico do hospital, pois elas fornecem dados importantes para que possa ser traçado ações e objetivos para os cenários futuros do hospital. Por fim, utilizando as informações de demanda é possível elencar alternativas com o objetivo de otimizar a capacidade produtiva do hospital, e para se chegar à uma alternativa viável, o MCDA pode ser usado para ordenar essas alternativas de acordo com as preferências do decisor.

4.2 Aplicação do PROMETHEE II

As alternativas para a adequação da capacidade do hospital à sua demanda foram elaboradas pelo analista (autor deste trabalho) juntamente com o especialista (chefe da unidade de planejamento do HU-UNIVASF) e posteriormente avaliadas pelo decisor (gerente administrativo do HU-UNIVASF). A Tabela 5 apresenta as alternativas finais escolhidas pelo decisor. Foram então definidos cinco critérios qualitativos para a avaliação das alternativas, como mostra na Tabela 6. Foi definida uma relação de maximização para os critérios C_1 , C_2 , C_3 e C_4 e de minimização para o critério C_5 , além dos pesos que foram atribuídos pelo decisor a cada critério e estão normalizados e listados na Tabela 7. Cada alternativa foi avaliada em relação a cada critério, de acordo com as preferências do decisor, em uma escala Likert de 5 pontos, sendo 1-muito baixo, 2-baixo, 3-médio, 4-alto e 5-muito alto, como mostra a Tabela 8.

Tabela 5 Alternativas para a adequação da capacidade do hospital à sua demanda

Alternativas	Descrição
A ₁	Ações para promover a educação no trânsito, que consequentemente pode evitar acidentes com transporte terrestre.
A ₂	Planejamento das férias dos funcionários para evitar que muitos funcionários entrem de férias no mesmo período.
A ₃	Contratar mais ortopedistas e anestesistas, preenchendo as vagas disponíveis pelo concurso público.
A ₄	Aumentar a quantidade de horas extras de trabalho.
A ₅	Ampliar a carga horária dos funcionários.
A ₆	Melhorar o fluxo de informações entre os setores do hospital, pois pode ocorrer atrasos e esquecimentos no atendimento de pacientes.
A ₇	Redirecionamento de pacientes via Protocolo de Manchester.
A ₈	Priorização de pacientes via kanban, para poder priorizar o atendimento aos pacientes que já estão a mais tempo no hospital.

Tabela 6 Critérios

Critério	Descrição
C ₁	Aumentar a saída de pacientes.
C ₂	Diminuir a taxa de ocupação.
C ₃	Diminuir o tempo de permanência do paciente no hospital.
C ₄	Aumentar a qualidade do atendimento.
C ₅	Aumento da despesa para o hospital.

Tabela 7 Peso dos critérios normalizados

Critérios	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Max/Min	Max	Max	Max	Max	Min
Pesos	0,18	0,26	0,15	0,18	0,23

Tabela 8 Matriz de decisão

Alternativas	Critérios				
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
A ₁	2	3	3	1	3
A ₂	4	4	3	5	4
A ₃	4	5	5	3	5
A ₄	3	3	3	2	4
A ₅	4	4	4	3	5
A ₆	4	4	5	5	4
A ₇	5	4	4	3	5
A ₈	4	4	5	5	5

A matriz de decisão foi então normalizada usando-se a Equação (1). A partir desta matriz de decisão normalizada, foi possível construir a matriz de preferência por alternativas par a par, usando o as Equações (3) e (4) como condições para a determinação da função de preferência para os critérios. A matriz de preferência agregada das alternativas par a par foi construída utilizando a Equação (5), a qual determinou a grau de sobreclassificação entre as alternativas, utilizando a função de preferência e os pesos normalizados dos critérios.

Tabela 9 Fluxo de sobreclassificação e ranking das alternativas

Alternativas	Fluxo de saída (Φ^+)	Fluxo de entrada (Φ^-)	Fluxo líquido ($\Phi = \Phi^+ - \Phi^-$)	Ranking
A ₁	0,2300	0,6900	-0,4600	7°
A ₂	0,3857	0,2029	0,1829	3°
A ₃	0,4700	0,2343	0,2357	2°
A ₄	0,1829	0,6714	-0,4886	8°
A ₅	0,2414	0,3357	-0,0943	6°
A ₆	0,4929	0,0957	0,3971	1°
A ₇	0,3700	0,3100	0,0600	5°
A ₈	0,3614	0,1943	0,1671	4°

Por fim, os fluxos de saída e entrada foram determinados pelas Equações (6) e (7), respectivamente. E para chegar ao objetivo deste estudo, foi utilizada a metodologia do PROMETHEE II para calcular o fluxo líquido da sobreclassificação das alternativas utilizando a Equação (8). Os valores dos fluxos de saída, entra e líquido, bem como o ranking das alternativas definido pelo fluxo líquido estão apresentados na Tabela 9.

Considerando os resultados apresentados na Tabela 9, pode-se chegar à conclusão de que a melhor alternativa apontada para a adequação da capacidade do HU-UNIVASF à sua demanda, segundo a análise que usa as preferências do decisor, seria a alternativa A₆, definida como a melhoria do fluxo de informação entre os setores do hospital, pois se este fluxo não funcionar corretamente, pode ocorrer atrasos e falhas no atendimento de pacientes. Um hospital, como qualquer outra organização deve ter um sistema de informação que integre os diversos departamentos, pois o fluxo de informação tem como objetivo disseminar a informação de forma ágil e confiável, desde o nível operacional até o estratégico [39]. Além disso, Williams et al. [40] diz que a utilização da tecnologia da informação em hospitais tem potencial para aumentar a qualidade do atendimento aos pacientes a partir de registros pessoais de saúde, registros médicos eletrônicos, sistemas de entrada de solicitações dos médicos e acesso eletrônico aos resultados do diagnóstico. Vale ressaltar que o método não determina a alternativa que solucionará o problema, ele apenas aponta um *ranking* baseado nas preferências do decisor.

A segunda e terceira alternativa mais viáveis, de acordo com o *ranking* apresentado na Tabela 9 foram a A_3 (contratação de mais ortopedistas e anestesistas) e A_2 (planejamento das férias dos funcionários), respectivamente. A alternativa A_3 visa o preenchimento das vagas disponíveis pelo concurso público. A decisão de contratar ou não mais ortopedistas e anestesistas, especialidades onde o hospital mais carece de profissionais, não cabe diretamente ao gerente administrativo, pois ele não tem essa autoridade no hospital. Mas ele pode usar a sua influência para solicitar a abertura de mais concurso para o preenchimento de vagas.

Já a alternativa A_2 tem como objetivo evitar que muitos funcionários entrem de férias no mesmo período. Em períodos de picos de demanda, o hospital irá precisar de todos os seus funcionários trabalhando efetivamente de acordo com a carga horária de cada um. Caso a maioria dos funcionários decidam usar seus dias de férias nesta época, o hospital terá muita dificuldade de atendimento por falta de mão de obra, suprimento essencial para a prestação de serviço em um hospital, o que ocasionará o aumento das filas e do tempo de permanência do paciente. Por outro lado, os meses que têm uma demanda mais baixa seria o melhor período para conceder as férias de alguns dos funcionários.

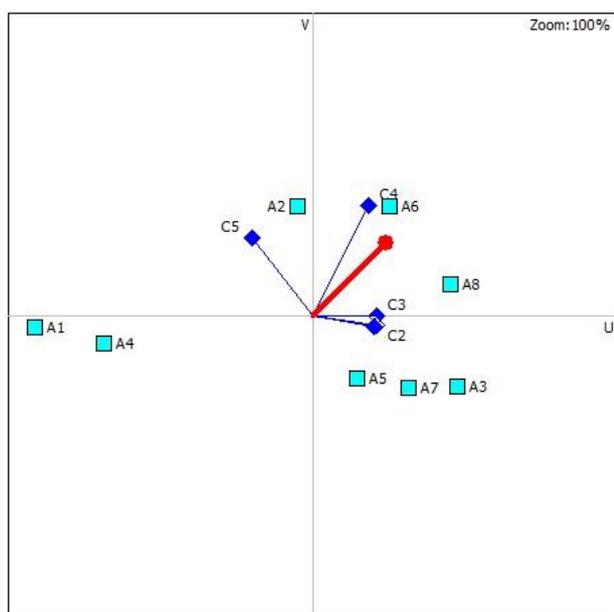


Figura 6 Plano GAIA

O plano GAIA é uma forma de representar os resultados em um gráfico tridimensional. As

alternativas são representadas por pontos e os critérios são representados por vetores. A Figura 6 mostra os componentes deste plano, que são o eixo de decisão, em vermelho, as alternativas e os critérios. A partir do plano GAIA, pode-se dizer que as alternativas A_1 e A_4 têm características diferentes das outras alternativas pois elas se encontram mais dispersas e afastadas das outras. Os critérios C_1 , C_2 e C_3 estão na mesma direção e são considerados similares, ou seja, quando uma determinada alternativa tem um bom desempenho em um desses três critérios, ela tende a ter bom desempenho nos outros dois critérios também. Vale ressaltar que o critério C_1 não aparece bem definido na Figura 6 porque o plano é tridimensional, o que dificulta a visualização de todos os elementos do gráfico quando colocado em um plano bidimensional. O critério C_4 está na mesma direção do eixo de decisão e da alternativa A_6 , o que implica dizer que, para o decisor, a melhoria do fluxo de informações afeta diretamente o aumento da qualidade de atendimento do hospital. Além disso, o eixo de decisão se encontra próximo da alternativa A_6 , pois esta foi a primeira alternativa do *ranking*, o que reafirma que os resultados apresentados na Tabela 9 estão corretos. A medição da qualidade do plano GAIA foi de 82,8%, considerando que esse valor deve estar acima de 70%, a qualidade deste gráfico é considerada como adequada.

Tabela 10 Intervalos de estabilidade

Crítérios	Limite inferior	Limite superior	Amplitude de estabilidade
C_1	0,0000	0,2545	0,2545
C_2	0,2114	0,3773	0,1659
C_3	0,1173	0,1592	0,0419
C_4	0,0629	0,2276	0,1647
C_5	0,2177	0,2687	0,0510

Uma outra análise que se pode fazer sobre este problema de decisão multicritério é a análise de sensibilidade, onde é avaliado o impacto provocado na saída do modelo a partir de alterações feitas nos dados de entrada. A Tabela 10 mostra os limites dos pesos entre os quais os critérios podem variar para que não ocorra alteração na ordenação das alternativas. Os critérios C_3 e C_5 são os mais suscetíveis a mudanças, pois a amplitude de estabilidade deles é baixa, o que indica que se o decisor mudar as suas preferências em relação a esses

critérios, a ordenação das alternativas irá mudar também. Já o critério C_1 tem uma amplitude de estabilidade grande, sendo menos sensível a mudanças. Mesmo que o decisor altere as suas preferências em relação a este critério, a ordenação das alternativas tem uma grande probabilidade de não ser alterada.

Portanto, as análises dos resultados apresentados mostram que a alternativa A_6 sobreclassifica todas as outras em um *ranking* com fluxos líquidos bem delimitados. O modelo aplicado neste trabalho foi considerado válido após a aplicação da análise de sensibilidade dos resultados. O *ranking* obtido pelos fluxos líquidos e o plano GAIA reafirmam a validação do modelo para o problema deste estudo.

4.3 Plano de ação

Após a validação do *ranking* de alternativas obtido pelo PROMETHEE II, foi feito um plano de ação das três primeiras alternativas com o intuito de mostrar como essas alternativas podem ser eficazes na adequação da capacidade do hospital à sua demanda. Para isso, foi utilizado o 5W2H, uma ferramenta da gestão da qualidade que serve de apoio para a elaboração do plano de ação. A Tabela 11 mostra o plano de ação para cada uma das três primeiras alternativas.

Tabela 11 Plano de ação

O que	Melhorar o fluxo de informações entre os setores do hospital	Contratar mais ortopedistas e anestesistas	Planejamento das férias dos funcionários
Quem	Todos os funcionários	Presidente da EBSEH	Divisão de Gestão de Pessoas
Por que	Evitar atrasos e falhas no atendimento de pacientes. Um sistema de informação que integre os diversos departamentos dissemina a informação de forma ágil e confiável, desde o nível operacional até o estratégico.	Preenchimento das vagas disponíveis pelo concurso público e aumento da quantidade de mão de obra em setores importantes do hospital.	Evitar que muitos funcionários entrem de férias no mesmo período e deixe o hospital superlotado em períodos de pico de demanda.
Onde	HU-UNIVASF	HU-UNIVASF	HU-UNIVASF
Quando	Curto prazo	Médio prazo	Médio prazo
Como	Utilizando corretamente sistemas de informações gerenciais (AGHU) e colaborando para a disseminação da informação.	Liberação de contratação dos profissionais aprovados em concurso.	Fazer um planejamento das férias dos funcionários para que sejam em meses com menor demanda no hospital, mostrando a eles a importância de não entrar de férias em épocas de grande demanda.
Quanto	Custos com treinamento dos funcionários para saber utilizar o sistema	Custos com salários e encargos dos contratados	Não se aplica

5 Conclusão

Este trabalho apresentou a utilização de previsões de demanda e da decisão multicritério para a adequação da capacidade à demanda de um hospital. Para alcançar este objetivo, foram utilizadas previsões de demanda de modelos de séries temporais e causais, além do modelo de decisão multicritério PROMETHEE II com aplicação no Hospital Universitário da Universidade Federal do Vale do São Francisco.

A previsão da demanda de pacientes do hospital se mostrou necessária para a tomada de decisão, pois no momento em que se tem uma previsão para os atendimentos dos próximos meses, considerando a série de dados passada, é possível fazer um melhor planejamento dos recursos que serão necessários para a prestação do serviço. O modelo de regressão linear apresentou uma previsão de 7.385 pacientes em julho e 7.672 em agosto. Já o método de *Holt-Winters* apresentou uma previsão de 10.452 pacientes para o mês de julho. A diferença entre

esses dois modelos está justamente nos coeficientes sazonalidade e tendência, sendo que o *Holt-Winters* considera essas variáveis e a regressão linear apenas fornece uma previsão baseada em uma equação de ajustamento da tendência linear dos dados. Baseado nessas previsões, o MCDA foi fundamental para avaliar as possíveis alternativas para resolver um dos grandes problemas do HU-UNIVASF: a superlotação.

Com base nos resultados apresentados, pôde-se chegar à conclusão de que este hospital apresenta picos de demanda nos meses de junho a agosto e uma das melhores alternativas para solucionar este problema seria a melhoria no fluxo de informações do HU-UNIVASF, através de treinamento dos funcionários e incentivo à utilização de sistemas de informação gerencial. Vale ressaltar que o método não determina que uma determinada alternativa será a solução do problema, ele apenas aponta um *ranking* de alternativas baseado nas preferências do decisor.

Com isso, foi possível traçar um plano de ação para as três melhores alternativas, segundo o PROMETHEE II, mostrando que os métodos de decisão multicritério juntamente com as previsões de demanda são capazes de apontar soluções para a resolução de problemas em hospitais. Para trabalhos futuros, sugere-se que siga a metodologia deste trabalho para previsões separadas por setores do hospital, como urgência e emergência por exemplo, para verificar em qual setor se encontra as maiores demandas. Além disso, sugere-se também que, se aplique uma das três alternativas apontadas pelo método e depois verifique se essas ações tiveram efeito na adequação da capacidade do hospital à sua demanda.

Referências

1. Moreira DA (2008) Administração da produção e operações. 2. ed. rev. ampl. São Paulo: Cengage Learning.
2. Barros O et al (2010) Demand Forecasting and Capacity Planning for Hospitals. Documentos de Trabajo N° 123, Departamento de Engenharia Industrial, Universidad de Chile.
3. Novaes MLO (2007) Modelo de previsão de demandas e redução de custos da farmácia hospitalar. 2007. 214 f. Dissertação (Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial) – Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro.
4. Kim K et al (2014) Predicting Patient Volumes in Hospital Medicine: A Comparative Study of Different Time Series Forecasting Methods. Technical Report, Northwestern University.
5. Rodriguez DSS, Costa HG, Carmo L (2013) Métodos de auxílio multicritério à decisão aplicados a problemas de PCP: Mapeamento da produção em periódicos publicados no Brasil. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 20, n. 1, p. 134-146.
6. Ma X et al. (2015) Capacity planning and appointment scheduling for new patient oncology consults. *Health care Manag Sci*, p. 1-15. DOI 10.1007/s10729-015-9331-5
7. Mackay M, Lee M (2005) Choice of models for the analysis and forecasting of hospital beds. *Health Care Manag Sci*, v. 8, p. 221-230. DOI 10.1007/s10729-005-2013-y
8. Akcali E, Côté MJ, Lin C (2006) A network flow approach to optimizing hospital bed capacity decisions. *Health Care Manag Sci*, v. 9, p. 391-404. DOI 10.1007/s10729-006-0002-4
9. Morici MC (2011) Recursos humanos em hospitais do Sistema único de saúde: entre a assistência e a gestão. 182 f. Dissertação (Pós-graduação em Administração) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
10. Brasil (2002) Ministério da Saúde. Secretaria de Assistência à Saúde. Departamento de Sistemas e Redes Assistenciais. Padronização da nomenclatura do senso hospitalar. 2 ed. Revista. Brasília.
11. Heizer JH, Render B (2001) Administração de operações: bens e serviços. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC.
12. Sezen B (2008) Relative effects of design, integration and information sharing on supply chain performance. *Supply Chain Manag*, v. 13, n. 3, p. 233-240. DOI 10.1108/13598540810871271
13. Peinado J, Graeml AR (2007) Administração da produção: operações industriais e de serviços. Curitiba: UnicenP.
14. Fitzsimmons JA, Fitzsimmons MJ (2010) Administração de serviços: operações, estratégia e tecnologia de informação. 6. ed. Porto Alegre: Bookman.
15. Davis MM, Chase RB, Aquilano NJ (2001) Fundamentos da administração da produção. Bookman.
16. Barbosa DDS (2010) Previsão de Demanda em um Comércio de Móveis e Eletrodomésticos. 2010. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.
17. Martinich JS (1997) Production and Operations Management: An Applied Modern Approach. John Wiley & Sons.
18. Abraham G, Byrnes GB, Bain CA (2009) Short-term forecasting of emergency in patient flow. *IEEE T Info Technol B*, v. 13, n. 3, p. 380-388. DOI 10.1109/TITB.2009.2014565
19. Perry AG et al (2010) A Comparison of Methods for Forecasting Emergency Department Visits for

- Respiratory Illness Using Telehealth Ontario Calls. *C J Public Health*, p. 464-469.
20. Schweigler LM et al (2009) Forecasting models of emergency department crowding. *Acad Emerg Med*, v. 16, n. 4, p. 301-308. DOI 10.1111/j.1553-2712.2009.00356.x
 21. Jones SS et al (2008) Forecasting daily patient volumes in the emergency department. *Acad Emerg Med*, v. 15, n. 2, p. 159-170. DOI 10.1111/j.1553-2712.2007.00032.x
 22. Almeida AT (2013) Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério. Editora Atlas AS.
 23. Stummer C et al (2004) Determining location and size of medical departments in a hospital network: A multiobjective decision support approach. *Health Care Manag Sci*, v. 7, n. 1, p. 63-71. DOI 10.1023/B:HCMS.0000005399.23600.69
 24. Ishizaka A, Nemery P (2013) Multi-criteria decision analysis: methods and software. John Wiley & Sons.
 25. Roy B (1996) *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Springer Science & Business Media.
 26. Belton V, Stewart T (2010) Problem structuring and multiple criteria decision analysis. In: *Trends in multiple criteria decision analysis*. Springer US. p. 209-239.
 27. Brans JP, Mareschal B (2002) *Promethee-Gaia: une methodologie d'aide à la décision en présence de critères multiples*. Édition Éllipses, Bruxelles.
 28. Carvalho JRM, Carvalho EKM, Wilson FC (2011) Avaliação da sustentabilidade ambiental de municípios paraibanos: Uma aplicação utilizando o método PROMETHEE II. *Gestão & Regionalidade (Online)*, v. 27, n. 80.
 29. Silva ACGC, Fontes CHO, Barbosa AS (2015) Multicriteria evaluation model for organizational performance management applied to the Polo Fruit Exporter of the São Francisco Valley. *Comput Electron Agr*, v. 117, p. 168-176. DOI 10.1016/j.compag.2015.08.003
 30. Mareschal B (2012) THE PROMETHEE-GAIA FAQ. http://www.promethee-gaia.net/faq-pro/?action=article&cat_id=003002&id=4&lang=. Acesso em: 29 jul 2016.
 31. Cervo AL, Bervian PA, Silva R (2007) *Metodologia científica*. 6.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall.
 32. Ganga GMD (2012) *Trabalho de conclusão de curso (TCC) na engenharia de produção: um guia prático de conteúdo e forma*. São Paulo: Atlas.
 33. Gil AC (2002) *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas.
 34. Kothari CR (2004) *Research methodology: Methods and techniques*. New Age International.
 35. Dodgson JS et al (2009) *Multi-criteria analysis: a manual*. Department for Communities and Local Government: London.
 36. EBSE RH, Hospitais Universitários Federais. *Plano de Reestruturação do Hospital Universitário da Universidade Federal do Vale do São Francisco*. Petrolina, 2015. <http://www.ebserh.gov.br/documents/220938/560056/Plano+de+reestrutura%C3%A7%C3%A3o/74748a46-48ce-453a-95fe-1df457c690c9>. Acesso em: 04 jan. 2016.
 37. Amaral TM, Vieira BKG (2016) Aplicação da ferramenta SERVQUAL: Um caso prático no Hospital Universitário da Universidade Federal do Vale do São Francisco. *Revista Eletrônica Produção em Foco*, v. 6, n. 2.
 38. IESS (2015) Planos de saúde médico-hospitalares perdem 766 mil beneficiários em 2015. Instituto de Estudos de Saúde Suplementar. <http://www.iess.org.br/?p=imprensa&categoria=noticia&id=116>. Acesso em: 13 jul 2016.
 39. Héris HR, Silva MA, Sousa ACAP (2011) Análise das Práticas de Gestão da Informação do Hospital Maternidade Guiomar Fernandes – HMGF no município de Alexandria – RN. *Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde*, pg 27-40.
 40. Williams C et al (2015) The effect of information technology on hospital performance. *Health Care Manag Sci*, p. 1-9. DOI 10.1007/s10729-015-9329-z

ANEXOS

ANEXO 1 – Regras de formatação da revista *Health Care Management Science*

Instructions for Authors

EDITORIAL PROCEDURE

Double-blind peer review

Submitted papers are subjected to a blind review process. Each paper will be assigned to reviewers who will oversee the manuscript review process. To facilitate this process, the remainder of the paper should contain no indication of the identity of the authors. This journal follows a double-blind reviewing procedure. Authors are therefore requested to submit two version of their manuscript:

- The full version including all author names and affiliations.
- A blinded manuscript without any author names and affiliations in the text or on the title page. Self-identifying citations and references in the article text should either be avoided or left blank.

MANUSCRIPT SUBMISSION

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

TITLE PAGE

Title Page

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

CLASSIFICATION CODE

MSC

An appropriate number of MSC codes should be provided. The Mathematics Subject Classification (MSC) is used to categorize items covered by the two reviewing databases, Mathematical Reviews and Zentralblatt MATH, see

- www.ams.org/msc

TEXT

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in LaTeX. Please use Springer’s LaTeX macro package and choose the formatting option “twocolumn”.

The submission should include the original source (including all style files and figures) and a PDF version of the compiled output.

- [LaTeX macro package \(zip, 182 kB\)](#)

Word files are also accepted.

Headings

Please use the decimal system of headings with no more than three levels.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols. Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

SCIENTIFIC STYLE

Please always use internationally accepted signs and symbols for units (SI units).

Please use the standard mathematical notation for formulae, symbols etc.:

Italic for single letters that denote mathematical constants, variables, and unknown quantities

Roman/upright for numerals, operators, and punctuation, and commonly defined functions or abbreviations, e.g., cos, det, e or exp, lim, log, max, min, sin, tan, d (for derivative)

Bold for vectors, tensors, and matrices.

REFERENCES

Citation

Reference citations in the text should be identified by numbers in square brackets. Some examples:

1. Negotiation research spans many disciplines [3].
2. This result was later contradicted by Becker and Seligman [5].
3. This effect has been widely studied [1-3, 7].

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

The entries in the list should be numbered consecutively.

- Journal article
Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8
Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:
Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 965:325–329
 - Article by DOI
Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med.* doi:10.1007/s001090000086
 - Book
South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London
 - Book chapter
Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257
 - Online document
Cartwright J (2007) Big stars have weather too. *IOP Publishing PhysicsWeb*. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007
 - Dissertation
Trent JW (1975) *Experimental acute renal failure*. Dissertation, University of California
- Always use the standard abbreviation of a journal’s name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see
- [ISSN.org LTWA](http://www.issn.org/LTWA)
If you are unsure, please use the full journal title.
For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list.
 - [EndNote style \(zip, 2 kB\)](#)
Authors preparing their manuscript in LaTeX can use the bibtex file spbasic.bst which is included in Springer’s LaTeX macro package.

TABLES

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.

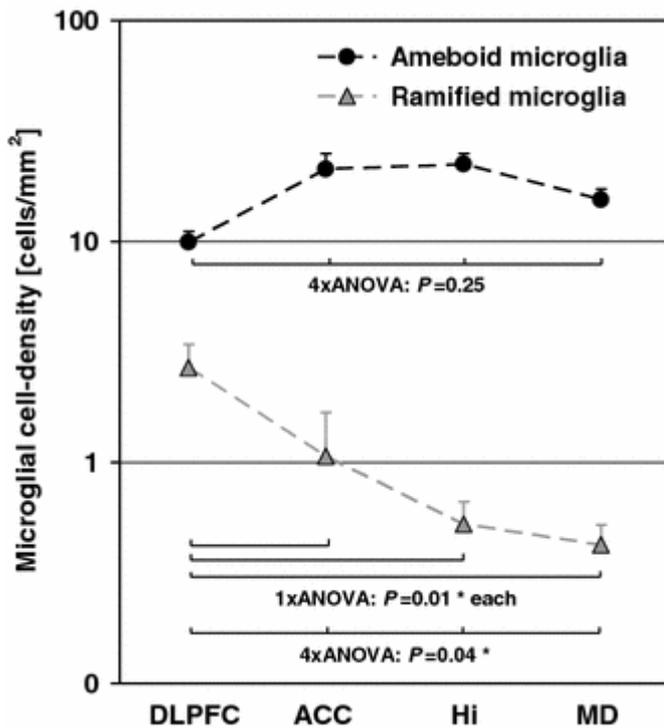
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

ARTWORK AND ILLUSTRATIONS GUIDELINES

Electronic Figure Submission

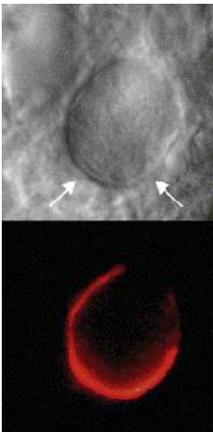
- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Line Art



- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

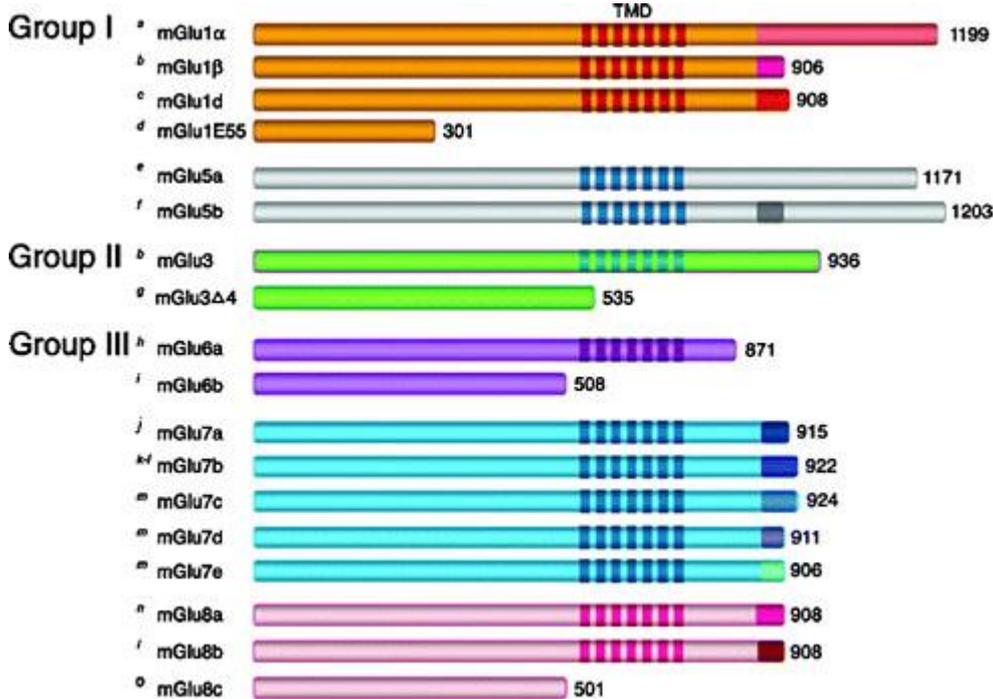
Halftone Art



- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.

- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

Combination Art



- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Color Art

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

- Figures should be submitted separately from the text, if possible.
- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
- For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

ELECTRONIC SUPPLEMENTARY MATERIAL

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Before submitting research datasets as electronic supplementary material, authors should read the journal's Research data policy. We encourage research data to be archived in data repositories wherever possible.

Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

Audio, Video, and Animations

- Aspect ratio: 16:9 or 4:3
- Maximum file size: 25 GB
- Minimum video duration: 1 sec
- Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

- Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.
- If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as "Online Resource", e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4".
- Name the files consecutively, e.g. "ESM_3.mpg", "ESM_4.pdf".

Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

DOES SPRINGER PROVIDE ENGLISH LANGUAGE SUPPORT?

Manuscripts that are accepted for publication will be checked by our copyeditors for spelling and formal style. This may not be sufficient if English is not your native language and substantial editing would be required. In that case, you may want to have your manuscript edited by a native speaker prior to submission. A clear and concise language will help editors and reviewers concentrate on the scientific content of your paper and thus smooth the peer review process.

The following editing service provides language editing for scientific articles in all areas Springer publishes in:

- [Edanz English editing for scientists](#)

Use of an editing service is neither a requirement nor a guarantee of acceptance for publication. Please contact the editing service directly to make arrangements for editing and payment.

ETHICAL RESPONSIBILITIES OF AUTHORS

This journal is committed to upholding the integrity of the scientific record. As a member of the Committee on Publication Ethics (COPE) the journal will follow the COPE guidelines on how to deal with potential acts of misconduct.

Authors should refrain from misrepresenting research results which could damage the trust in the journal, the professionalism of scientific authorship, and ultimately the entire scientific endeavour. Maintaining integrity of the research and its presentation can be achieved by following the rules of good scientific practice, which include:

- The manuscript has not been submitted to more than one journal for simultaneous consideration.
- The manuscript has not been published previously (partly or in full), unless the new work concerns an expansion of previous work (please provide transparency on the re-use of material to avoid the hint of text-recycling (“self-plagiarism”)).
- A single study is not split up into several parts to increase the quantity of submissions and submitted to various journals or to one journal over time (e.g. “salami-publishing”).
- No data have been fabricated or manipulated (including images) to support your conclusions
- No data, text, or theories by others are presented as if they were the author’s own (“plagiarism”). Proper acknowledgements to other works must be given (this includes material that is closely copied (near verbatim), summarized and/or paraphrased), quotation marks are used for verbatim copying of material, and permissions are secured for material that is copyrighted.

Important note: the journal may use software to screen for plagiarism.

- Consent to submit has been received explicitly from all co-authors, as well as from the responsible authorities - tacitly or explicitly - at the institute/organization where the work has been carried out, **before** the work is submitted.
- Authors whose names appear on the submission have contributed sufficiently to the scientific work and therefore share collective responsibility and accountability for the results.

In addition:

- Changes of authorship or in the order of authors are not accepted **after** acceptance of a manuscript.
- Requesting to add or delete authors at revision stage, proof stage, or after publication is a serious matter and may be considered when justifiably warranted. Justification for changes in authorship must be compelling and may be considered only after receipt of written approval from all authors and a convincing, detailed explanation about the role/deletion of the new/deleted author. In case of changes at revision stage, a letter must accompany the revised manuscript. In case of changes after acceptance or publication, the request and documentation must be sent via the Publisher to the Editor-in-Chief. In all cases, further documentation may be required to support your request. The decision on accepting the change rests with the Editor-in-Chief of the journal and may be turned down. Therefore authors are strongly advised to ensure the correct author group, corresponding author, and order of authors at submission.
- Upon request authors should be prepared to send relevant documentation or data in order to verify the validity of the results. This could be in the form of raw data, samples, records, etc.
If there is a suspicion of misconduct, the journal will carry out an investigation following the COPE guidelines. If, after investigation, the allegation seems to raise valid concerns, the accused author will be contacted and given an opportunity to address the issue. If misconduct has been established beyond reasonable doubt, this may result in the Editor-in-Chief’s implementation of the following measures, including, but not limited to:
 - If the article is still under consideration, it may be rejected and returned to the author.
 - If the article has already been published online, depending on the nature and severity of the infraction, either an erratum will be placed with the article or in severe cases complete retraction of the article will occur. The reason must be given in the published erratum or retraction note.
 - The author’s institution may be informed.

COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

To ensure objectivity and transparency in research and to ensure that accepted principles of ethical and professional conduct have been followed, authors should include information regarding sources of funding, potential conflicts of interest (financial or non-financial), informed consent if the research involved human participants, and a statement on welfare of animals if the research involved animals.

Authors should include the following statements (if applicable) in a separate section entitled “Compliance with Ethical Standards” when submitting a paper:

- Disclosure of potential conflicts of interest
- Research involving Human Participants and/or Animals
- Informed consent

Please note that standards could vary slightly per journal dependent on their peer review policies (i.e. single or double blind peer review) as well as per journal subject discipline. Before submitting your article check the instructions following this section carefully. The corresponding author should be prepared to collect documentation of compliance with ethical standards and send if requested during peer review or after publication.

The Editors reserve the right to reject manuscripts that do not comply with the above-mentioned guidelines. The author will be held responsible for false statements or failure to fulfill the above-mentioned guidelines.

DISCLOSURE OF POTENTIAL CONFLICTS OF INTEREST

Authors must disclose all relationships or interests that could influence or bias the work. Although an author may not feel there are conflicts, disclosure of relationships and interests affords a more transparent process, leading to an accurate and objective assessment of the work. Awareness of real or perceived conflicts of interests is a perspective to which the readers are entitled and is not meant to imply that a financial relationship with an organization that sponsored the research or compensation for consultancy work is inappropriate. Examples of potential conflicts of interests **that are directly or indirectly related to the research** may include but are not limited to the following:

- Research grants from funding agencies (please give the research funder and the grant number)
- Honoraria for speaking at symposia
- Financial support for attending symposia
- Financial support for educational programs
- Employment or consultation
- Support from a project sponsor
- Position on advisory board or board of directors or other type of management relationships
- Multiple affiliations
- Financial relationships, for example equity ownership or investment interest
- Intellectual property rights (e.g. patents, copyrights and royalties from such rights)
- Holdings of spouse and/or children that may have financial interest in the work

In addition, interests that go beyond financial interests and compensation (non-financial interests) that may be important to readers should be disclosed. These may include but are not limited to personal relationships or competing interests directly or indirectly tied to this research, or professional interests or personal beliefs that may influence your research.

The corresponding author collects the conflict of interest disclosure forms from all authors. In author collaborations where formal agreements for representation allow it, it is sufficient for the corresponding author to sign the disclosure form on behalf of all authors. Examples of forms can be found

- [here](#):

The corresponding author will include a summary statement **on the title page that is separate from their manuscript**, that reflects what is recorded in the potential conflict of interest disclosure form(s).

See below examples of disclosures:

Funding: This study was funded by X (grant number X).

Conflict of Interest: Author A has received research grants from Company A. Author B has received a speaker honorarium from Company X and owns stock in Company Y. Author C is a member of committee Z.

If no conflict exists, the authors should state:

Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

AFTER ACCEPTANCE

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer’s web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

Copyright transfer

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

- [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](#)

Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

Color illustrations

Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version, authors will be expected to make a contribution towards the extra costs.

Proof reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.

OPEN CHOICE

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink.

- [Open Choice](#)

Copyright and license term – CC BY

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative Commons Attribution License.

- [Find more about the license agreement](#)