

Artigo original

Aquisição de respirador mecânico para unidade hospitalar: uma abordagem multicritério à decisão

Acquisition of mechanical respirators for a hospital unit: a multi-criteria approach to the decision

Daniel Sampaio Gomes¹, Milton Erthal Junior²

1 Mestrando em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão Instituto Federal Fluminense, Rio de Janeiro, Brasil.

2 Professor, Instituto Federal Fluminense, Rio de Janeiro, Brasil.

Autor correspondente: Daniel Sampaio Gomes

Contato: danielsampaio2000@gmail.com

Palavras-chave:

Gestão Hospitalar.
Multicritério.
Ventilador
Mecânico.

Keywords:

Management
Hospital.
Mechanical
ventilator.
Multi-criteria.

RESUMO

O respirador mecânico é um equipamento obrigatório por lei nos hospitais, fundamental para a preservação da vida em casos de insuficiência respiratória. O objetivo deste trabalho é propor um método para a seleção do respirador mecânico mais indicado para instituições privadas de saúde, por meio do método multicritério-híbrido, para a análise de quatro respiradores comuns a três hospitais incluídos no estudo realizado em 2023. Para isso, seis critérios foram estabelecidos: modos ventilatórios, ventilação não invasiva, segurança, monitoração, preço e garantia. Os pesos dos critérios foram estabelecidos e posteriormente balanceados com o método AHP. Já o o ranqueamento foi realizado por meio do método Promethee. O respirador Leistung LUFT3 foi o melhor ranqueado. Assim, além de confirmar a aplicabilidade do método na avaliação de respiradores mecânicos com vista a sua compra, foi possível concluir que esta análise permite ao administrador hospitalar uma maior assertividade quanto à identificação dos equipamentos que especificamente atendam às suas necessidades. A metodologia proposta contribui para minimizar o efeito variável não previsto no processo decisório, como a influência de representantes de empresas e estratégias de venda de equipamentos.

ABSTRACT

The mechanical respirator is mandatory equipment by law in hospitals in the quest to maintain life in cases of respiratory failure. The objective of this work is to propose a method for selecting the most suitable mechanical respirator for private health institutions, using a multi-criteria-hybrid method, for the analysis of four respirators common to three hospitals included in the study carried out in 2023. Six criteria were established: ventilation modes, non-invasive ventilation, safety, monitoring, price and guarantee. The weights of the criteria were established and subsequently balanced using the AHP method, and the ranking was carried out using the Promethee method. The Leistung LUFT3 respirator was the best ranked. Thus, in addition to confirming the applicability of the method in the evaluation of mechanical respirators with a view to purchasing them, it was possible to conclude that this analysis allows the hospital administrator to be more assertive in identifying the equipment that specifically meets their needs. The proposed methodology helps to minimize the unforeseen variable effect on the decision-making process, such as the influence of company representatives and equipment sales strategies.

Recebido em:

26/04/2024

Aprovado em:

18/09/2024

Publicado em:

23/12/2024



Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons. Os usuários têm permissão para copiar redistribuir os trabalhos por qualquer meio ou formato, e também para, tendo como base o seu conteúdo, reutilizar, transformar ou criar, com, propósitos legais, até comerciais, desde que citada a fonte.

INTRODUÇÃO

A pandemia de Covid-19 causou escassez de ventiladores mecânicos, levando a uma produção acelerada de diversos modelos. A escolha certa desses equipamentos é crucial para atender às necessidades de saúde de cada instituição, sendo um desafio para a gestão hospitalar¹. O III Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica enumerou os ventiladores disponíveis no Brasil, e esse número vem crescendo ao longo do tempo, especialmente durante a pandemia de Covid-19². A Anvisa implementou medidas excepcionais para aumentar a produção desses equipamentos, incluindo-os na publicação da RDC 356/2020³.

A RDC 7/2010 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária⁴ estabelece que uma Unidade de Terapia Intensiva (UTI) deve possuir, no mínimo, um ventilador multiprocessado para cada 10 leitos. Além disso, a norma exige que 60% dos ventiladores presentes na UTI sejam do tipo multiprocessado, garantindo uma capacidade adequada para o manejo de pacientes críticos. Essas diretrizes visam assegurar a qualidade do atendimento intensivo e a disponibilidade de equipamentos essenciais para a ventilação mecânica dos pacientes. No entanto, a aplicação prática dessas normas pode variar, especialmente em contextos pós-pandemia, onde a demanda e a disponibilidade de equipamentos podem ter sido impactadas.

A aquisição de dispositivos médicos é uma tarefa complexa, exigindo métodos confiáveis devido às muitas variáveis decisivas. Verifica-se que a administração hospitalar baseia suas decisões de compra em experiências profissionais ou estudos observacionais⁵. Muitos hospitais enfrentam dificuldades na avaliação e seleção de equipamentos médicos eficientes.

Com a profissionalização da gestão hospitalar, os gerentes reconhecem a importância de fazer compras adequadas para o sucesso dos hospitais. Reduzir riscos e custos, maximizar o valor da compra, melhorar o desempenho e atender às demandas operacionais são objetivos-chave no processo de aquisição de equipamentos⁶⁻⁸.

O comportamento de compra é influenciado por vários fatores, incluindo culturais, sociais, pessoais e psicológicos. A cultura e as relações sociais moldam as percepções e preferências individuais, desempenhando um papel fundamental nas decisões de compra. Essa influência afeta as escolhas de produtos, marcas e comportamentos. Portanto, ter mecanismos que não sejam afetados por essas influências é essencial para uma compra racional e assertiva⁹.

O processo decisório influencia significativamente o destino das empresas devido à sua alta complexidade. Com a volatilidade do mundo corporativo, investimentos substanciais e incerteza ambiental, as empresas precisam adotar estratégias inovadoras para maximizar os indicadores de gestão¹⁰. O uso de ferramentas que facilitam a aquisição de equipamentos, sem considerar fatores sociais e interpessoais, também melhora a eficiência na alocação de recursos, reduzindo possíveis abusos de poder discricionário que poderiam beneficiar certas empresas. Essas empresas, por sua vez, podem explorar essas vantagens para obter lucro¹¹.

O objetivo deste trabalho é verificar o desempenho do modelo híbrido multicritério AHP/PROMETHEE, para fins de aquisição de respirador mecânico para unidades hospitalares privadas, no sentido de selecionar o equipamento mais adequado às necessidades da instituição de saúde.

MATERIAL E MÉTODO

O método AHP simplifica comparações através da conversão em números manipuláveis. Isso facilita a avaliação de elementos hierárquicos, diferenciando-se de outros métodos similares. Após comparações e determinação dos pesos dos fatores, calcula-se o valor de cada método, priorizando objetivos ambientais. A comparação pareada entre métodos é realizada com base na Escala Básica de Saaty após uma série de julgamentos¹².

Assim que as matrizes de comparação estiverem completas, os vetores de priorização po-

dem ser calculados. O cálculo dos fatores ou preferências mais importantes é a base matemática em que se baseia o método AHP. Alguns métodos foram propostos para calcular vetores de saliência a partir de matrizes de comparação pareada, A seguir, serão apresentadas as etapas de aplicação do método aproximado 12:

a) Soma dos elementos de uma coluna j:

$$s_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} \quad j = 1, \dots, n$$

b) Normalização dos valores de comparação:

$$n_{ij} = a_{ij} / s_j, \text{ para } i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, n$$

c) Cálculo do vetor prioridade pela média da linha i:

$$p_i = \sum_{j=1}^n n_{ij} / n, \quad i = 1, \dots, n$$

Para selecionar os critérios de aquisição dos respiradores nos três hospitais privados, doravante denominados por A, B e C, foi utilizada a sugestão de características descrita no III Consenso de Ventilação Mecânica, que são: modos ventilatórios, possibilidade de utilizar o equipamento com ventilação não invasiva, características de segurança e possibilidades de monitoração, além da introdução dos critérios relacionados ao preço e ao tempo de garantia. Os critérios adotados encontram-se descritos no **Quadro 1**.

Modos ventilatórios são formas pelas quais se ventila os pacientes, levando em consideração as diferentes conformações de disparo, ciclagem, usos e controles da pressão. Cada característica de um determinado respirador deve

ser levada em conta no momento da ventilação de acordo com a especificidade do paciente assim como da patologia que o acomete.

A disponibilidade do recurso de ventilação não invasiva no respirador, além de evitar a necessidade da compra de um equipamento específico para esse fim, pode, com seu emprego, reduzir drasticamente o número de pacientes ventilados mecanicamente.

Na avaliação da segurança dos ventiladores, é importante levar em consideração as particularidades dos alarmes e dispositivos de segurança. Alguns alarmes não devem ser desativados, como aqueles que indicam a falta ou alta distribuição de gás, falha na abertura ou fechamento da válvula expiratória, interrupção do fornecimento de gás ou energia elétrica, e desativação do ventilador.

A garantia do respirador mecânico é importante, pois esta assegura a disponibilidade do equipamento por um prazo legal, sem ônus para o comprador. Dependendo do tempo entre a compra e a falha ou defeito, há a possibilidade de substituição imediata do equipamento por outro novo.

O preço do ventilador mecânico é o valor comercial para aquisição do equipamento, informado em moeda corrente brasileira (real), considerando os diversos modelos disponíveis e que a compra deve ser realizada somente dos equipamentos regulamentados pela ANISA.

Para estabelecimento do sentido de preferência, foi determinado que os critérios - monitorização, tempo de garantia, itens de segurança,

Quadro 1 - Critérios adotados no estudo e descrição.

Critério	Descrição
Modos ventilatórios	Quantidade de modos ventilatórios disponíveis
Ter VNI*	Modo de ventilação não invasiva disponível
Itens de segurança	Características dos alarmes e mecanismos de segurança
Garantia	Tempo de cobertura do fabricante para defeitos
Monitorização	Monitorização ventilatória disponível
Preço	Valor do equipamento

*VNI – ventilação não invasiva

ter VNI e modos ventilatórios - deveriam seguir no sentido de maximização ao passo que o preço fosse minimizado, a fim de alcançar o melhor cenário para a aquisição do equipamento hospitalar.

Para a atribuição de pesos, foram necessárias a identificação clara e a formulação do problema de decisão. Isso envolveu a caracterização de critérios e alternativas relevantes conforme explicado na seção anterior. Foi utilizado o software Ipê 1.0®, após reunião com pelo menos dois gestores que têm participação direta na escolha dos equipamentos para a compra, em que os entrevistados alcançavam o consenso para aplicação do método.

Por meio do Software Visual Promethee foi possível a elaboração da matriz de preferência com base nas comparações par a par entre as alternativas para cada critério, com a criação de uma matriz de preferência parcial (P). O Índice de preferência foi calculado a partir dos índices de preferência para cada alternativa em relação às outras. Por fim, a ordenação de alternativas que foram classificadas com base nos índices de preferência, indicando a ordem de preferência relativa.

O método Prométhée é um método de apoio à decisão que ordena alternativas. Seu ponto de partida se dá a partir de uma matriz de avaliação de alternativas que se relaciona com os critérios, em que, para cada critério “j”, deve ser estabelecida uma função de preferência “P_j”, que pode se apresentar com valores entre 0 e 1. A função de preferência reproduz a maneira pela qual a preferência do decisor cresce com a diferença de desempenho entre alternativas para um dado critério, [g_j(a) – g_j(b)], em que g_j(a) corresponde ao desempenho da alternativa a no critério j¹³.

A intensidade de preferência é estabelecida em todos os critérios para cada par de alternativas. Calcula-se o índice de preferência por meio das intensidades de preferência e dos pesos atribuídos a cada um dos critérios pelos decisores. Este índice de preferência é um parâmetro que mensura a intensidade de preferência de uma alternativa sobre uma outra, considerando todos os critérios. Este pode ser obtido pela se-

guinte equação, em que $W = \sum^n w_j$, onde w_j é o peso do critério j¹³.

$$P(a, b) = \frac{1}{W} \sum_{j=1}^n w_j P_j(a, b)$$

Belton e Stewart (2002)¹⁴ relatam que o índice de preferência estabelece uma relação de preferência mensurada para ser empregada na ordenação de alternativas. Ao se determinar o índice de preferência, busca-se então calcular o fluxo positivo de sobreclassificação (Q⁺(a)), e o fluxo negativo de sobreclassificação (Q⁻(a)). O fluxo positivo estabelece uma relação de intensidade de preferência de uma alternativa sobre todas as outras, ou seja, o quanto uma alternativa sobreclassifica as demais. Logo, quanto maior Q⁺(a), melhor a alternativa. O fluxo positivo é dado pela equação a seguir em que n é o número de alternativas.

$$Q^+(a) = \sum_{a \neq b} \frac{P(a, b)}{n - 1}$$

Belton e Stewart (2002)¹⁴ prosseguem relatando que o fluxo negativo corresponde à intensidade de preferência de todas as alternativas sobre uma determinada alternativa, ou seja, o quanto uma alternativa é sobreclassificada pelas demais. Desse modo, a melhor alternativa apresenta-se com um Q⁻(a) menor. O fluxo negativo é dado pela equação:

$$Q^-(a) = \sum_{a \neq b} \frac{P(a, b)}{n - 1}$$

No PROMETHEE II, uma ordem prévia completa das alternativas é oriunda de um fluxo líquido calculado para cada alternativa. O fluxo líquido é estabelecido pela diferença entre o fluxo positivo e o fluxo negativo¹⁴.

Portanto, uma alternativa a vai sobreclassificar uma alternativa b se o fluxo líquido da a for maior que o fluxo líquido da b, ou seja, $Q(a) > Q(b)$. Uma alternativa a será indiferente a uma alternativa b se os fluxos líquidos calculados forem idênticos, ou seja, $Q(a) = Q(b)$. A partir

desses dados dos fluxos líquidos, é possível gerar os *rankings* de cada decisor, ordenando as alternativas de acordo com a ordem decrescente dos respectivos fluxos líquidos¹⁴.

O critério para escolha das quatro marcas de respiradores se deu devido a todas as unidades terem os mesmos equipamentos em comum, tornando as análises mais assertivas e excluindo do estudo, assim, os respiradores que não estão presentes em todas as unidades.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No topo da estrutura hierárquica, encontra-se o objetivo principal: a seleção do melhor

ventilador mecânico, enquanto que, no segundo nível da estrutura, é possível identificar os seis critérios mais relevantes para o processo da escolha. Por último, no terceiro nível, encontram-se os diversos modelos de ventiladores (**Figura 1**).

Assim, definidas as hierarquias, é necessário proceder à comparação aos pares em um total de seis critérios do segundo nível em relação ao primeiro nível hierárquico.

Nessa fase, a finalidade foi determinar a importância relativa de cada critério no alcance do objetivo definido. Assim, como há apenas um elemento no primeiro nível hierárquico, foi realizada a construção de uma única matriz para avaliar a intensidade das relações de pareamento entre os seis critérios para cada hospital estudado (**Quadros 2, 3 e 4**).

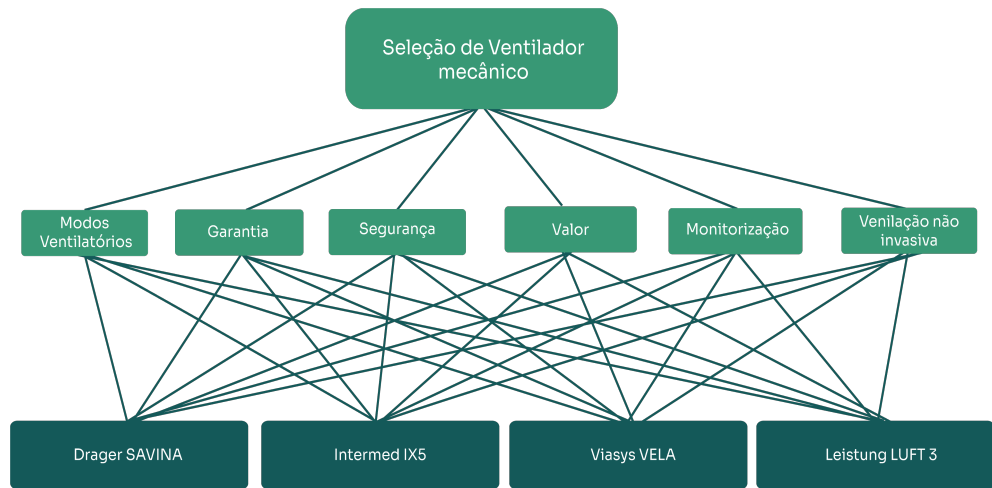


Figura 1. Estruturação do problema

Quadro 2. Matriz de comparações - Hospital A.

	SEGURANÇA	VALOR	VNI	MONITOR	MODOS	GARANTIA
SEGURANÇA	1	2	3	4	4	6
VALOR	1/2	1	4	5	4	7
VNI	1/3	1/4	1	3	3	4
MONITOR	1/4	1/5	1/3	1	1/4	2
MODOS	1/4	1/6	1/3	1/4	1	2
GARANTIA	1/6	1/7	1/4	1/2	1/2	1

Quadro 3. Matriz de comparações - Hospital B.

	SEGURANÇA	VALOR	VNI	MONITOR	MODOS	GARANTIA
SEGURANÇA	1	1/3	3	4	8	6
VALOR	3	1	6	8	4	7
VNI	1/3	1/6	1	1/2	3	2
MONITOR	1/4	1/8	2	1	7	3
MODOS	1/8	1/8	1/3	1/7	1	3
GARANTIA	1/6	1/7	1/2	1/3	4	1

Quadro 4 Matriz de comparações - Hospital C.

	SEGURANÇA	VALOR	VNI	MONITOR	MODOS	GARANTIA
SEGURANÇA	1	1	3	5	7	5
VALOR	1	1	4	6	8	6
VNI	1/3	1/4	1	3	7	5
MONITOR	1/5	1/6	1/3	1	5	2
MODOS	1/7	1/8	1/7	1/5	1	3
GARANTIA	1/5	1/6	1/5	1/2	3	1

Posteriormente, essa matriz foi normalizada, ajustando todos os critérios para a mesma unidade. Isso foi alcançado dividindo cada valor da matriz pelo total de sua respectiva coluna. Dessa maneira, ao cal-

cular o valor médio foi possível obter o peso atribuído a cada critério, representando a importância relativa de cada um na seleção do melhor ventilador mecânico em cada hospital estudado (**Quadros 5, 6 e 7**).

Quadro 5. Matriz normalizada (Hospital A)

	1	2	3	4	5	6
1	0,4	0,531982267	0,336448598	0,290909091	0,216216216	0,272727273
2	0,2	0,265991133	0,448598131	0,363636364	0,324324324	0,318181818
3	0,133333333	0,08866347	0,111949685	0,072727273	0,108108108	0,090909091
4	0,1	0,053198227	0,037383178	0,072727273	0,216216216	0,090909091
5	0,1	0,04435186	0,037383178	0,036363636	0,054054054	0,090909091
6	0,066666667	0,037978983	0,028037383	0,036363636	0,027027027	0,045454545

Quadro 6. Matriz normalizada (Hospital B)

	1	2	3	4	5	6
1	0,205128205	0,158640227	0,233766234	0,445623342	0,258064516	0,311688312
2	0,615384615	0,475920678	0,467532468	0,334215017	0,516129032	0,688311688
3	0,068376068	0,079320113	0,077922078	0,055702919	0,096774194	0,062937063
4	0,051282051	0,158640227	0,155844156	0,111405836	0,451612903	0,093073593
5	0,025641026	0,079320113	0,025974026	0,015915119	0,064516129	0,093073593
6	0,034188034	0,067986069	0,038961039	0,037135279	0,129032258	0,051948052

Quadro 7. Matriz normalizada (Hospital C)

	1	2	3	4	5	6
1	0,452586207	0,637168142	0,345773875	0,318471338	0,258064516	0,25862069
2	0,452586207	0,318584071	0,461038961	0,489958158	0,516129032	0,517241379
3	0,150862069	0,159292035	0,115226337	0,183574879	0,193548387	0,172413793
4	0,090517241	0,05398283	0,03815261	0,031847134	0,064516129	0,068965517
5	0,064655172	0,031847134	0,03815261	0,031847134	0,064516129	0,103448276
6	0,045689655	0,031847134	0,023009246	0,015923567	0,032258064	0,051724138

Conforme observado na **Figura 2**, o critério “Preço” e “Autonomia” foram os que mais impactaram o objetivo.

A partir do cálculo de prioridades, foi possível obter a razão de consistência de 0,075, 0,063 e 0,093 respectivamente nos hospitais A, B e C. Considerando que esses valores se encontram

dentro dos padrões ($RC \leq 0,1$), é possível concluir que as comparações realizadas são coerentes.

No **Quadro 8** é apresentada a estruturação do problema de ordenamento para aplicação no software Visual Promethee, com os critérios, seus respectivos pesos e sentido de preferência, além dos valores atribuídos às alternativas.

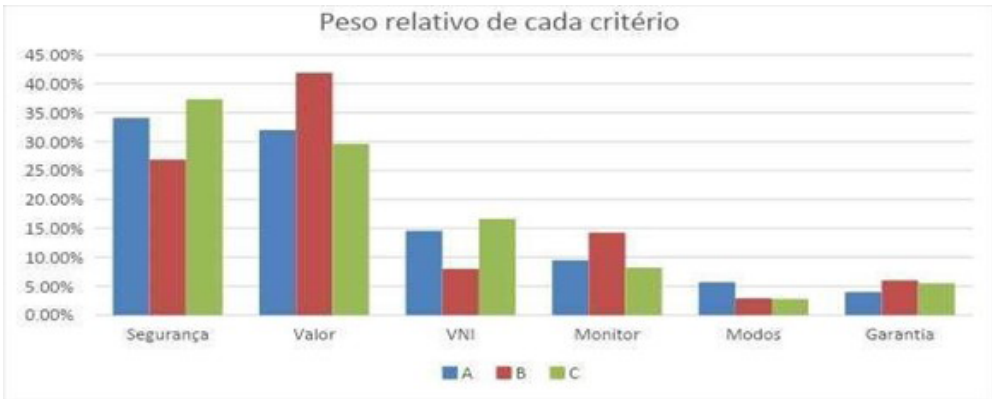


Figura 2. Peso relativo de cada critério.

Quadro 8. Estruturação do problema (Visual Promethee)

		Critérios					
		Modos ventilatórios	VNI	Segurança	Monitorização	Valor	Garantia
Unidade		unitário	Y/N	unitário	unitário	Reais	meses
Min/Max		max	Max	max	max	min	max
alternativas	Drager SAVINA	6	Yes	4,5	8	80000	12
	Intermed IX5	8	Yes	8,0	6	65000	12
	Viasys VELA	6	Yes	8,5	8	84000	24
	Leistung LUFT 3	10	Yes	9,0	5	65000	24

O comando *Gaia* do Visual Promethee, que fornece o correspondente Plano Gaia (**Figura 3**), permitiu uma análise visual do problema de decisão estudado em que a alternativa Leistung LUFT3 apresentou o maior fluxo líquido para o hospital A. Com esse resultado, foi possível caracterizar que, dentre as alternativas estudadas, foi a que apresentou a maior distância em relação à origem, na direção do eixo de decisão (π), com o melhor desempenho em relação aos demais critérios. É importante ressaltar que o valor de $\Delta = 99,4\%$ foi apresentado no plano Gaia, uma medida da qualidade do gráfico, que pode ser considerada como adequada, já que Δ foi mais alta que 70%, o valor mínimo para sua confiabilidade.

A alternativa Intermed IX5 apresentou o maior fluxo líquido para o hospital B, com um valor de $\Delta = 99,4\%$ no plano Gaia (**Figura 4**), enquanto a alternativa Intermed Leistung LUFT3 apresentou o maior fluxo líquido para o hospital C, como valor de $\Delta = 99,4\%$ no plano Gaia (**Figura 5**).

Neste estudo, em atendimento à preocupação quanto à necessidade de implementar melhorias na instrução do processo de aquisição de respiradores, equipamentos essenciais no tratamento de pacientes hospitalizados, foi proposto o estabelecimento de método de seleção para respirador mecânico para três instituições privadas de saúde no município de Campos dos Goytacazes/RJ, considerando a compatibilidade do respirador com a especificidade do serviço e o custo, entre outros fatores selecionados.

Em relação às alternativas, foi possível evidenciar a semelhança entre elas quanto mais próximas estiverem uma da outra. De fato, ao analisar os gráficos obtidos, observa-se que os modelos à direita do eixo vertical estão mais próximos, indicando características semelhantes. No entanto, destaca-se o modelo Drager SAVINA, que se encontra isolado dos demais modelos, fato decorrente do seu posicionamento como o modelo de alto valor, mas com restrições de recursos de segurança.

No que diz respeito aos critérios, eles são representados por eixos que se estendem do cen-



Figura 3. PROMETHEE GAIA (Hospital A).



Figura 4. PROMETHEE GAIA (Hospital B).

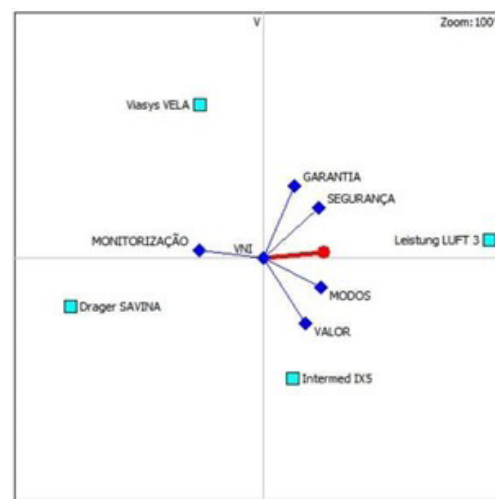


Figura 5. PROMETHEE GAIA (Hospital C).

tro, com critérios compartilhando preferências análogas sendo representados por eixos orientados de maneira semelhante. Em contrapartida, critérios com preferências divergentes ou que entram em conflito foram retratados por eixos apontando em direções opostas, verificado nos ventiladores à esquerda do eixo vertical do plano *Gaia*.

Nos cenários apresentados, observou-se que o critério “monitorização”, ao aparecer de forma isolada, indica que entra em conflito com alguns critérios, como, por exemplo, “valor” e “modos ventilatórios”. Isso ocorre devido ao fato de que os modelos com valores mais elevados no critério “preço” geralmente apresentam maior quantidade de modos para ventilar.

No que diz respeito ao critério de monitorização, ao aparecer isolado, sinaliza um conflito com os critérios e modos. Isso ocorre provavelmente porque os dispositivos com enfoque na monitorização geralmente tendem a apresentar menor quantidade de modos ventilatórios.

Para finalizar a análise gráfica, é crucial considerar o eixo de decisão representado pelo eixo vermelho mais espesso apresentado pelo plano GAIA. Esse eixo assemelha-se a uma média ponderada dos eixos de critérios, proporcionando dados valiosos para identificar critérios que estejam subestimados ou superestimados. Além disso, ele representa a direção do compromisso, levando em consideração a percepção dos decisores quanto à importância relativa dos critérios, ou seja, os pesos atribuídos.

A segurança, no caso de alarmes clínicos, tem o foco no corpo clínico, pois a sobreposição de alarmes pode comprometer a ação em casos mais urgentes devido a inúmeros sons no ambiente de pacientes graves^{15, 16}. Ter condições de priorizar e não permitir que o alarme seja desligado enquanto não resolvido o problema inicial pode ser um recurso importante na prática¹⁵.

O preço nos estudos de Lima Junior e colaboradores foi¹⁷, respectivamente, o terceiro e primeiro critério entre os critérios estudados, afetando a avaliação e a seleção de equipamentos, que se aproximam dos resultados do presente estudo.

Velasquez e Hester(2013)¹⁸ apontaram que o preço dos produtos e serviços são muito importantes para a rentabilidade de todos os hospitais; que os gestores hospitalares devem procurar fornecedores de baixo custo e que, dessa forma, o preço é muito importante em concordância com o que foi observado nos três hospitais incluídos no estudo.

Macharis e colaboradores (2004)¹⁹ apontam que a determinação dos pesos é um passo importante na maioria dos métodos de multicritério e reforça o ponto de vista de Velasquez e Hester (2013)¹⁸. Estes últimos identificam como desvantagem do uso isolado do método Promethee a falta de precisão na obtenção dos pesos e na atribuição de valores, ressaltando a ausência de um método claro para essas tarefas. Sugerem a integração do método AHP para melhorar a atribuição desses valores.

Ivlev e colaboradores (2015)⁸ observaram que alguns métodos multicritérios explorados para a aquisição de aparelhos de ressonância magnética em unidade hospitalar tinham uma desvantagem significativa, pois os métodos não levavam em conta a competência dos especialistas na tarefa de seleção, fato que, ao contrário deste estudo, foi contemplado na presente pesquisa, superando, assim, a fraqueza descrita.

Já Bahadori e colaboradores (2020)²⁰ descrevem a relação direta da escolha correta de equipamentos médicos e insumos na recuperação dos pacientes e no bom funcionamento e desempenho dos profissionais da assistência, realçando a importância deste estudo não somente para fins gerenciais e financeiros, mas também humanos no que tange a recuperação da saúde de pacientes. O autor ainda recomenda que os gestores hospitalares e a equipe de compras da unidade desenvolvam o protocolo de avaliação da qualidade de equipamentos e insumos e assim devem ser avaliados periodicamente por enfermeiros, médicos e pacientes, colocando-os como peças importantes na elaboração de pesos dos critérios,

O Centro Dinamarquês de Avaliação e Tecnologia em Saúde aponta a necessidade de uma melhor tomada de decisão com a utilização conjunta de uma ferramenta adequada para apoiar

tomadores de decisão em relação a dispositivos médicos adquiridos no contexto de cuidados de saúde da África do Sul²¹. Esse dado foi corroborado por Amid e colaboradores (2011)⁶, que também demonstraram a importância de novas estratégias em uma cadeia de suprimentos, uma vez que descrevem a seleção de fornecedores e equipamentos como um problema de decisão multicritério, no qual os critérios têm importância relativa diferente, o que reforça os atributos desta pesquisa.

Já Essig (2011)²² esclarece que formular uma única estratégia global para a função de compras é uma tarefa desafiadora e aponta que a aplicação de um conjunto diversificado de estratégias e táticas, adaptado às diferentes compras e fornecedores, pode ser mais eficaz. Ressalta, ainda, que o desenvolvimento da estratégia de compras só pode ser compreensível quando aplicado um modelo de hierarquia diferenciando enquanto integra diferentes níveis de análise.

A sinergia resultante desse processo de integração de mais de um MDCM desempenha um papel fundamental na construção de modelos de análise de decisão mais abrangentes e robustos. Ao superar as limitações individuais de cada método, essa abordagem proporciona uma visão mais completa, holística e eficaz na resolução de problemas complexos de decisão, tornando-se uma ferramenta valiosa para decisores em diversos campos. Essa fusão de métodos não apenas reflete a busca por soluções mais abrangentes, mas também destaca a necessidade de adaptabilidade diante da diversidade de desafios enfrentados na tomada de decisões. Essa abordagem inovadora impulsiona a evolução contínua no campo do Apoio Multicritério à Decisão, destacando-se como um caminho promissor para enfrentar a complexidade crescente nos processos decisórios contemporâneos²³.

O presente estudo buscou propor e verificar o desempenho do modelo híbrido multicritério AHP/PROMETHEE, para fins de aquisição de respirador mecânico para unidades hospitalares privadas. Foram analisados quatro respiradores que eram comuns aos três hospitais. Com base nos dados coletados, foi realizada a análise multi-

critério entre as fabricantes por meio do método PROMETHEE II, que indicou o respirador Leistung LUFT3 com o maior destaque no ranking de desempenho para atender às demandas dos hospitais A e C, enquanto o respirador Intermed IX5 foi o mais adequado ao hospital B. Com isso, foi possível confirmar a aplicabilidade desse tipo de método ao contexto da avaliação de respiradores mecânicos para sua compra. Esse tipo de análise permite aos administradores hospitalares identificarem com maior assertividade quais são respiradores que se enquadram às suas necessidades sem que a decisão tenha qualquer influência de representantes dos equipamentos e/ou de estratégias de venda.

Por fim, como perspectiva e sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se o envolvimento dos diversos profissionais responsáveis na ponderação dos pesos, uma vez que a inclusão das informações provenientes daqueles que operam os equipamentos é de grande importância e pode influenciar diretamente na escolha dos ventiladores mecânicos.

REFERÊNCIAS

1. Andellini M, De Santis S, Nocchi F, Bassanelli E, Pechia L, Ritrovato M. Clinical needs and technical requirements for ventilators for COVID-19 treatment critical patients: an evidence-based comparison for adult and pediatric age. *Health Technol (Berl)*. 2020;10(6):1403-11.
2. Toufen Junior C, Carvalho CRRd. Ventiladores mecânicos. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. 2007;33.
3. ANVISA. Ventiladores pulmonares: Brasil amplia a produção. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2020/ventiladores-pulmonares-brasil-amplia-a-producao>>. Acesso em: 18 fev. 2023.
4. ANVISA. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 7, de 24 de fevereiro de 2010. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-da-diretoria-colegiada-rdc-n-7-de-24-de-fevereiro-de-2010-2918590>. Acesso em: 18 fev. 2023.
5. Keller JP. Chapter 68 - Comparative evaluations of medical devices. In: Iadanza E, editor. *Clinical Engineering Handbook (Second Edition)*: Academic Press; 2020. p. 451-7.
6. Amid A, Ghodsypour SH, O'Brien C. A weighted max-min model for fuzzy multi-objective supplier

- selection in a supply chain. *International Journal of Production Economics*. 2011;131(1):139-45.
7. Chang B, Chang C-W, Wu C-H. Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria. *Expert Systems with Applications*. 2011;38(3):1850-8.
 8. Ivlev I, Vacek J, Kneppo P. Multi-criteria decision analysis for supporting the selection of medical devices under uncertainty. *European Journal of Operational Research*. 2015;247(1):216-28.
 9. Mattei D, Machado M, de Oliveira PA. Comportamento do consumidor: fatores que influenciam no processo de decisão de compra dos consumidores finais. *Maringá Management*. 2006;3(2).
 10. Wright P, Kroll MJ, Parnell J. *Administração estratégica: conceitos*. São Paulo: Atlas; 2000.
 11. Castro LId. *Combate à corrupção em licitações públicas*. Economia Dd, editor. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.; 2007.
 12. Saaty TL. How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*. 1990;48(1):9-26.
 13. Brans JP, Vincke P. Note—A Preference Ranking Organisation Method. *Management Science*. 1985;31(6):647-56.
 14. Belton V, Stewart T. *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach* 2002.
 15. Edworthy JR, Schlesinger JJ, McNeer RR, Kristensen MS, Bennett CL. Classifying Alarms: Seeking Durability, Credibility, Consistency, and Simplicity. *Bio-med Instrum Technol*. 2017;51(s2):50-7.
 16. Lacherez P, Seah E, Sanderson P. Overlapping Melodic Alarms Are Almost Indisciminable. *Human factors*. 2007;49:637-45.
 17. Lima FR, Osiro L, Carpinetti LCR. A fuzzy inference and categorization approach for supplier selection using compensatory and non-compensatory decision rules. *Applied Soft Computing*. 2013;13(10):4133-47.
 18. Velasquez M, Hester P. An analysis of multi-criteria decision making methods. *International Journal of Operations Research*. 2013;10:56-66.
 19. Macharis C, Springael J, Brucker K. PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis. *European Journal of Operational Research*. 2004;153:307-17.
 20. Bahadori M, Hosseini SM, Teymourzadeh E, Ravan-gard R, Raadabadi M, Alimohammadzadeh K. A supplier selection model for hospitals using a combination of artificial neural network and fuzzy VIKOR. *International Journal of Healthcare Management*. 2020;13(4):286-94.
 21. Govender M, Mueller DB, Basu D. Purchasing of medical equipment in public hospitals: the mini-HTA tool. *S Afr Med J*. 2011;101(11):807-8.
 22. Essig M. *Purchasing and Supply Chain Management: Analysis, Strategy, Planning and Practice*, 5th ed., Arjan van Weele. Cengage Learning, Andover, UK (2010). ISBN: 978-1-4080-1896-5. *Journal of Purchasing and Supply Management*. 2011;17.
 23. Moreira MÂ, de Araújo Costa IP, Pereira MT, dos Santos M, Gomes CF, Muradas FM. PROMETHEE-SAPEVO-M1 a Hybrid Approach Based on Ordinal and Cardinal Inputs: Multi-Criteria Evaluation of Helicopters to Support Brazilian Navy Operations. *Algorithms* [Internet]. 2021; 14(5). Available from: https://mdpi-res.com/d_attachment/algorithms/algorithms-14-00140/article_deploy/algorithms-14-00140-v2.pdf?version=1619683879.