LVI SBPO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL
DE 04 ATÉ 07 NOVEMBRO 2024
FORTALEZA | CEARÁ

APLICAÇÃO DE MODELAGEM MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO PARA SELEÇÃO DE IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS ERGONÔMICAS PARA PROFESSORES DO ENSINO MÉDIO DE UMA ESCOLAR PARTICULAR

Gisele de Souza Dantas
Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção UFRN
Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal/RN
Giseledantas.eng@gmail.com

Joyce Abreu Maia
Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção UFPE
Cidade Universitária, Recife/PE
Joycemaia7373@gmail.com

Karinne Lucena de Sena
Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção UFRN
Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal/RN
karinnesena@gmail.com

Allyson Aires
Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção UFRN
Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal/RN
allysonaires@gmail.com

Ricardo Pires de Souza
Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção UFRN
Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal/RN
ripiso@gmail.com

RESUMO

Este estudo investiga as condições ergonômicas dos professores do ensino médio em escolas particulares, com o objetivo de selecionar as melhores medidas para melhorar o bem-estar dos professores em sala de aula. Realizando uma análise ergonômica do trabalho e utilizando de modelos multicritério de apoio à decisão, foi realizado uma análise detalhada das atividades e condições de trabalho de dez professores. O modelo selecionou para o estudo a melhor medida para auxiliar no desempenho ergonômico dos professores, apresentando em sua análise de sensibilidade uma aceitação de 89,4%, o que demonstrou um resultado robusto. Dessa forma, os resultados indicaram que a implementação de medidas ergonômicas selecionadas pode reduzir significativamente a fadiga física e mental, melhorando tanto a qualidade de vida dos professores quanto o desempenho geral da escola. Com base nos achados, recomenda-se a aplicação dessas medidas e a realização de estudos complementares para otimizar ainda mais as condições de trabalho.

PALAVRAS CHAVE. Modelagem Multicritério, Ergonomia, Professores.

Tópicos ADM – Apoio à Decisão Multicritério

ABSTRACT

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193748
https://proceedings.science/p/193748?lang=pt-br

This study examines the ergonomic conditions of high school teachers in private schools, aiming to select the most effective measures to enhance teachers' well-being in the classroom. Conducting an ergonomic work analysis and utilizing multicriteria decision support models, a detailed assessment of the activities and working conditions of ten teachers was performed. The model identified the best measure to improve the teachers ergonomic performance, with a sensitivity analysis showing an acceptance rate of 89.4%, demonstrating robust results. The findings suggest that implementing the selected ergonomic measures can significantly reduce physical and mental fatigue, thereby improving both the quality of life for teachers and the overall performance of the school. Based on these results, it is recommended to apply these measures and conduct further studies to optimize working conditions even more.

KEYWORDS. MCDA. Ergonomics. Teachers.

Paper topics ADM - Multicriteria Decision Support

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193748
https://proceedings.science/p/193748?lang=pt-br

1. Introdução

A qualidade do ambiente de trabalho dos professores do ensino médio é crucial não apenas para a eficácia do ensino, mas também para a saúde e o bem-estar desses profissionais. [Smith 2019]. No contexto escolar, condições ergonômicas inadequadas podem resultar em problemas de saúde ocupacional, afetando adversamente tanto o desempenho quanto a qualidade de vida dos professores [Jones e Silva 2018].

Segundo [Santos et al. 2019], a ergonomia é uma disciplina multidisciplinar que visa adaptar o trabalho ao trabalhador, levando em consideração aspectos físicos, cognitivos e organizacionais. No ambiente educacional, a ergonomia assume uma importância especial, pois os professores passam longas horas em salas de aula, realizando uma variedade de tarefas que podem gerar fadiga física e mental se as condições não forem adequadas.

Diversos estudos destacam a importância dos modelos multicritério na tomada de decisão em saúde ocupacional. Segundo [Almeida e Guimarães 2018], esses modelos fornecem uma estrutura analítica para avaliar e comparar alternativas em relação a múltiplos critérios, permitindo uma seleção mais objetiva e fundamentada das melhores estratégias de intervenção.

Portanto, a aplicação de modelos multicritério para selecionar prioridades na implementação de medidas ergonômicas surge como uma abordagem promissora para identificar e abordar as áreas mais críticas de intervenção. Ao considerar critérios como impacto na saúde dos professores, capacidade de aplicação e custo-benefício, esses modelos oferecem uma abordagem abrangente e sistemática para priorizar ações e alocar recursos de maneira eficiente.

Assim, o presente estudo busca explorar a aplicação de modelos multicritério para escolha de prioridades na implementação de medidas ergonômicas para professores do ensino médio. Com base nos estudos de análise ergonômica do trabalho e da modelagem multicritério de apoio a decisão, além de uma análise de um estudo de caso, pretende-se fornecer *insights* valiosos para gestores escolares e profissionais de saúde ocupacional na promoção de ambientes de trabalho mais saudáveis e produtivos para os professores do ensino médio.

2. Referencial teórico

2.1 Análise Ergonômica do Trabalho (AET)

A ergonomia é uma ferramenta que se concentra no conforto e bem-estar dos trabalhadores, desempenhando um papel fundamental na promoção da qualidade de vida no ambiente de trabalho. De acordo com [Wisner 1987], ela pode ser definida como o conjunto de conhecimentos sobre o desempenho humano em atividades laborais, com o objetivo de aplicá-los no design de tarefas, ferramentas, máquinas e sistemas de produção. Assim, a ergonomia visa melhorar e preservar a saúde dos trabalhadores, ao mesmo tempo em que busca garantir o funcionamento eficiente e satisfatório dos sistemas técnicos.

No Brasil, a Associação Brasileira de Ergonomia - ABERGO, define ergonomia, segundo a [Associação Internacional de Ergonomia (IEA) 2020], como a disciplina científica preocupada com a compreensão das interações entre humanos e outros elementos de um sistema, e a profissão que aplica teoria, princípios, dados e métodos para projetar a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho geral do sistema. Seu objetivo é promover intervenções e projetos integrados que visem aprimorar, de maneira holística e integrada, a segurança, o conforto, o bem-estar e a eficácia das atividades humanas.

Dessa forma, a ergonomia pode ser entendida como um campo de estudo mais amplo que aborda a relação entre o ser humano e o trabalho. Para analisar e realizar intervenções nas condições de trabalho visando à promoção da saúde e segurança dos trabalhadores se faz necessário o uso de uma ferramenta específica, conhecida como Análise Ergonômica do Trabalho (AET).

Segundo [Iida 2005, p. 02], a AET é um método destinado à identificação e correção de falhas ergonômicas no sistema e ambiente de trabalho, visando aplicar os conhecimentos da ergonomia para analisar, diagnosticar e corrigir situações reais de trabalho. O autor divide esse método em cinco etapas distintas:

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193748
https://proceedings.science/p/193748?lang=pt-br

i. Análise da demanda - compreender a natureza e a extensão dos problemas e descrevê-los;
ii. Análise da tarefa - entender os objetivos que o trabalhador deve alcançar;
iii. Análise da atividade - examinar o comportamento daqueles que executam a tarefa;
iv. Diagnóstico - identificar as causas subjacentes do problema;
v. Recomendações - sugerir medidas a serem adotadas para resolver o problema.

A Norma Regulamentadora 17 (NR-17) orienta que intervenções que busquem transformar os locais de trabalho e a organização do trabalho para adaptá-lo as características dos trabalhadores devem obedecer às etapas da metodologia da AET, independentemente do tipo de ramo industrial e grupo ocupacional que se pesquise. Segunda a norma NR-17, a AET deve abordar as condições de trabalho, incluindo as seguintes etapas (NR-17):

- análise da demanda e, quando aplicável, reformulação do problema;
- análise do funcionamento da organização, dos processos, das situações de trabalho e da atividade;
- descrição e justificativa para definição de métodos, técnicas e ferramentas adequados para a análise e sua aplicação, não estando adstrita à utilização de métodos, técnicas e ferramentas específicos;
- estabelecimento de diagnóstico;
- recomendações para as situações de trabalho analisadas; e
- restituição dos resultados, validação e revisão das intervenções efetuadas, quando necessária, com a participação dos trabalhadores.

2.2 Modelagem Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA)

De acordo com [Roy 1996], o processo decisório ocorre ao selecionar entre a realização ou não de ações, bem como ao determinar sua forma de execução. Em muitos casos, a tomada de decisão requer a análise de vantagens e desvantagens, avaliando os benefícios em relação aos riscos. Quando há pelo menos duas opções de ação disponíveis, cada uma com múltiplos objetivos, que podem ser conflitantes, isso pode caracterizar uma decisão multicritério [De Almeida 2013].

A modelagem de multicritérios de apoio à decisão é uma abordagem que visa auxiliar os tomadores de decisão na análise e na escolha de alternativas em situações complexas que envolvem múltiplos critérios. [Diaby e Goeree 2014], afirmam que a Análise de Decisão Multicritério (MCDA), configura-se como um conjunto de mecanismos com abordagem estruturada e explícita para apoiar decisões com múltiplos critérios ao incorporar informações qualitativas, o que por sua vez, possibilita a melhoria da qualidade da decisão.

Ainda, conforme [Roy 1996], há diversos métodos multicritério disponíveis para facilitar o processo de tomada de decisão os quais abordam diferentes tipos de problemas:

- Seleção (Pα), que opta por uma única alternativa;
- Classificação (Pβ), que agrupa alternativas em categorias com base em semelhanças;
- Ordenação (Pɣ), que determina uma ordem de prioridade para as alternativas;
- Descrição (Pδ), que descreve e avalia as alternativas.

[De Almeida 2013], ainda, categoriza os métodos de análise de decisão em compensatórios e não compensatórios. O autor indica que em métodos compensatórios, um desempenho inferior em um critério pode ser compensado por um desempenho forte em outro, sem permitir a existência de incomparabilidade. Em contraste, nos métodos não compensatórios, a falta de desempenho de uma alternativa em um critério não pode ser compensada, o que pode resultar em incomparabilidade entre as alternativas.

Existem diversos métodos dentro da área de Análise de Decisão Multicritério (MCDA), sendo alguns desse:

- Análise Hierárquica de Processos (AHP);

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193748
https://proceedings.science/p/193748?lang=pt-br

- MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique);
- Eletre (Elimination Et Choix Traduisant la Realité);
- TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution);
- FITradeoff (Flexible and Interactive Tradeoff Method).

2.2.1 FITradeoff

Dentro do contexto da Teoria do Valor Multiatributo (MAVT) de [Keeney e Raiffa 1976] o FITradeoff ou método de Tradeoff Flexível e Interativo consiste em um método de tomada de decisão multicritério (MCDM/A) utilizada para resolver problemas de decisão que envolvem critérios múltiplos e frequentemente conflitantes em modelos aditivos [De Almeida et al. 2023]. O método FITradeoff foi desenvolvido originalmente por [De Almeida et al. 2016] para resolver problemas de decisão multicritério para a problemática de escolha e posteriormente em 2019 foi adaptado por [Frej et al. 2019] para trabalhar com a problemática do ranking. Outros estudos foram desenvolvidos e o método foi expandido para outros tipos de problemática, como a problemática de classificação no estudo de [Kang et al. 2020], a problemática de carteira, baseada na relação custo-benefício por [Frej et al. 2021] e a problemática de portifólio, apresentado por [Marques et al. 2022].

O FITradeoff visa identificar a melhor alternativa entre um conjunto específico de ações, utilizando os julgamentos de *tradeoffs* fornecidos pelo tomador de decisão. Embora seja uma variação do modelo tradicional de procedimento de *tradeoff*, reconhecido como o mais robusto axiomaticamente [Weber e Borcherding 1993], sua principal distinção em relação ao modelo anterior está no processo de elicitação [De Almeida et al. 2016]. Em comparação com o procedimento de *tradeoff*, o FITradeoff exige que os tomadores de decisão forneçam uma quantidade menor de informações, já que o método utiliza informações parciais em vez de informações completas sobre as preferências dos decisores.

Notável por sua flexibilidade e caráter interativo, o método do FITradeoff pode ser ajustado e adaptado para diversas condições e circunstâncias em constante evolução. Sua condução interativa é facilitada por meio de um Sistema de Apoio à Decisão (SAD), que oferece uma representação visual para auxiliar o tomador de decisão na análise de resultados intermediários [Frej et al. 2017]. O método FITradeoff é aplicado a partir do SAD disponível no site cdsid.org.br/fitradeoff.

3. Metodologia

Este estudo aborda a aplicação de modelagem multicritério de apoio à decisão para a seleção de medidas ergonômicas destinadas a melhorar as condições de trabalho dos professores do ensino médio. A metodologia adotada foi estruturada em duas fases distintas.

Na primeira fase, foram utilizadas ferramentas reconhecidas de avaliação ergonômica, incluindo o questionário de Corlett e o NASA Task Load Index (NASA-TLX), para identificar as áreas de desconforto corporal e avaliar a carga de trabalho percebida pelos professores. Essa etapa visou estabelecer um espaço de alternativas, permitindo a identificação de medidas ergonômicas potenciais que pudessem abordar as questões identificadas durante a avaliação inicial. Para a realização desse estudo utilizou-se uma amostra de 10 professores.

Na segunda fase, foi aplicado o método FITradeoff para a seleção das medidas ergonômicas mais adequadas. Inicialmente, os dados obtidos na avaliação ergonômica foram utilizados para definir os critérios de avaliação das alternativas, tais como eficácia da medida, custo de implementação, aceitação pelos professores e facilidade de implementação. Em seguida, o método FITradeoff foi empregado para facilitar o processo de tomada de decisão, permitindo comparações pareadas entre as alternativas com base nos critérios estabelecidos. Esse método proporcionou uma abordagem flexível e interativa, permitindo que os decisores expressassem suas preferências de forma progressiva, sem a necessidade de avaliar todas as alternativas de uma só vez. Ao final do processo, as medidas ergonômicas mais promissoras foram selecionadas para

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193748
https://proceedings.science/p/193748?lang=pt-br

sugestão de implementação, visando melhorar significativamente o ambiente de trabalho dos professores do ensino médio.

4. Resultados e Discussões

4.1 Análise de atividades na visão ergonômica

Para o estudo, foram consideradas as atividades realizadas no posto de trabalho de dez professores do ensino médio em uma escola privada localizada em Fortaleza, no estado do Ceará. A empresa do estudo possui mais de 28 anos de experiência, atuando na cidade de Fortaleza, localizada no estado do Ceará, com mais de 100 funcionários e mais de 500 alunos matriculados no ensino médio. Foram sugeridas as estratégias para redução dos riscos ergonômicos com base nas preferências do decisor e nos desempenhos das alternativas em cada um dos critérios definidos.

Inicialmente, a atividade foi analisada por meio da observação das tarefas realizadas pelos trabalhadores. Levando em conta uma carga horária efetiva de 8 horas por dia, os colaboradores permanecem em pé e utilizam o quadro durante esse período, em alguns momentos na posição sentado. Para aproveitar ao máximo a área disponível da lousa, os professores são compelidos a realizar alguns movimentos inadequados, como elevar os braços acima dos ombros, aumentar o ângulo de inclinação do corpo e curvar a coluna e devido ao grande volume de alunos os professores precisam aumentar o tom da voz forçando – a várias vezes durante a aula. Para analisar a atividade relatada, foram utilizadas as ferramentas ergonômicas o diagrama de Corlett, e o método NASA TLX.

4.1.1 Diagrama de Corllet

Por meio desse diagrama, é possível avaliar aspectos como postura corporal, movimentos repetitivos, esforço físico, demandas mentais, entre outros. Após a aplicação do Diagrama de Corlett na análise ergonômica do trabalho com os professores, os resultados indicaram a ocorrência de dores no pescoço e ombros. A análise detalhada do diagrama revelou que os professores frequentemente precisavam se esticar e elevar os braços acima dos ombros para utilizar o quadro, o que gerava uma sobrecarga nessas regiões do corpo. Além disso, foram observadas posturas inadequadas, como inclinação excessiva do corpo e curvatura da coluna, ao tentar alcançar todas as áreas da lousa.

Na análise ergonômica dos professores do ensino médio, este método revelou que as áreas mais afetadas incluem o pescoço, o ombro, a costa superior, a costa inferior e o punho. Esses resultados podem ser explicados da seguinte forma:

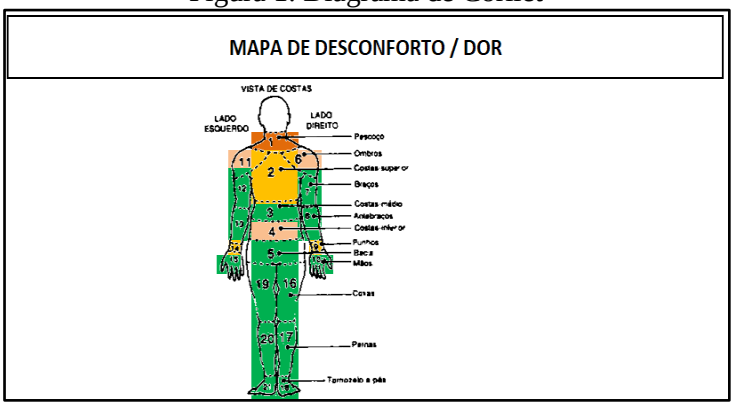
- **Pescoço:** Professores frequentemente passam longos períodos em pé ou sentados, olhando para baixo ao corrigir provas ou preparar aulas. Essa postura pode causar tensão muscular e desconforto no pescoço, devido à posição estática e à necessidade de inclinar a cabeça repetidamente.
- **Ombro:** O uso constante dos braços para escrever no quadro, manusear materiais didáticos e carregar objetos pesados (como livros e cadernos) pode levar a dores e tensões nos ombros. Além disso, a postura inadequada e a falta de pausas adequadas contribuem para o acúmulo de estresse nessa região.
- **Costa Superior:** A manutenção de posturas estáticas e inadequadas durante a preparação e a execução das aulas, juntamente com o uso de mesas e cadeiras não ergonômicas, pode causar desconforto na parte superior das costas. Movimentos repetitivos, como escrever no quadro ou usar o computador, também agravam essa situação.
- **Costa Inferior:** A dor na parte inferior das costas é comum entre professores devido à combinação de ficar em pé por longos períodos, sentar-se em cadeiras não ergonômicas e levantar objetos pesados de maneira inadequada. Esses fatores resultam em uma carga excessiva na região lombar, levando ao desconforto e à dor crônica.
- **Punho:** O uso contínuo de instrumentos de escrita, como canetas e marcadores, bem como o uso de computadores e tablets, pode causar desconforto e dor nos punhos.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193748
https://proceedings.science/p/193748?lang=pt-br

Movimentos repetitivos e a falta de apoio adequado para as mãos durante essas atividades são as principais causas dos problemas nesta área.

Os fatores contribuintes para o desconforto e as dores relatadas conforme figura 1 abaixo:

Figura 1: Diagrama de Corllet



Fonte: Esta pesquisa (2024)

4.1.2 Método NASA TLX

A carga de trabalho depende da percepção subjetiva do indivíduo frente as situações de trabalho. É uma avaliação sob o ponto de vista de quem executa a tarefa e não da tarefa propriamente dita, uma vez que depende de características individuais [Corrêa 2003]. Para [Guérin et al. 2001], a carga de trabalho em termos ergonômicos envolve a relação dos esforços do trabalhador para que a tarefa seja executada.

Segundo [Boer 1997], a carga de trabalho pode ser entendida como os recursos humanos que o trabalhador necessita utilizar para realizar uma determinada tarefa.

De acordo com [Vidal 2008], a carga de trabalho é o reflexo da rigidez das tarefas sobre o indivíduo, podendo afetar de diversas formas a sua performance.

Método NASA TLX, de acordo com [Cardoso e Gontijo 2012], as medidas subjetivas da carga de trabalho apresentam-se como as mais confiáveis e com melhor desempenho para mensurar a carga mental. [Task Load Index 1986] é um questionário multidimensional que busca avaliar a subjetividade da carga de trabalho.

A análise foi conduzida utilizando o método NASA TLX, que envolve a avaliação subjetiva dos entrevistados sobre a carga de trabalho percebida em seis dimensões. Os resultados são combinados para produzir um índice global de carga de trabalho percebida, conforme podemos observar no Quadro 1:

Quadro 1: Resultado NASA TLX

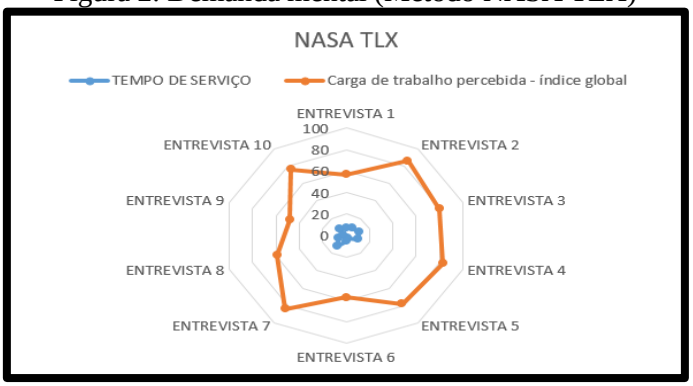
Entrevistados	Tempo de serviço	Carga de trabalho percebida - índice global
1	7 anos	57
2	9 anos	86
3	11 anos	80
4	10 anos	83
5	3 anos	78
6	5 anos	57
7	12 anos	84
8	6 anos	59
9	2 anos	48
10	8 anos	76

Fonte: Esta pesquisa (2024)

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193748
https://proceedings.science/p/193748?lang=pt-br

Os resultados mostram uma variação significativa na carga de trabalho percebida entre os professores, com índices globais que vão de moderados (48) a muito altos (86). A experiência e o tempo de serviço parecem influenciar a percepção da carga de trabalho, embora não de maneira linear. Professores com mais anos de serviço tendem a relatar cargas de trabalho mais altas, mas isso não é uma regra fixa, como visto nos resultados dos entrevistados com menos tempo de serviço também relatando altas cargas de trabalho.

Figura 2: Demanda mental (Método NASA TLX)



Fonte: Esta pesquisa (2024)

Com base nos resultados da análise ergonômica que revelaram dores no pescoço, costas superiores, costas inferiores, punhos e ombros, bem como uma carga de trabalho percebida considerável, aqui estão quatro medidas ergonômicas sugeridas para implementação em uma escola do ensino médio: adequação da altura do quadro, intervalos regulares e pausas ativas, treinamento em ergonomia e gestão do tempo, suporte emocional e gerenciamento do estresse, distribuição de carga de trabalho.

Essas medidas ergonômicas visam abordar tanto os aspectos físicos quanto mentais do trabalho dos professores, visando reduzir o desconforto físico e a carga de trabalho percebida, ao mesmo tempo em que promovem um ambiente de trabalho mais saudável e produtivo na escola do ensino médio. Ao utilizar o método FITradeoff de multicritérios para ordenar essas medidas ergonômicas, é possível desenvolver uma abordagem sistemática e equilibrada para melhorar as condições de trabalho dos professores do ensino médio, priorizando as ações que oferecem os maiores benefícios em termos de saúde, bem-estar e desempenho no trabalho.

4.2 Aplicação de modelagem multicritério de apoio à decisão

Realizada a análise ergonômica do estudo, considerando a problemática e os objetivos e critérios observados, foi definido por se tratar de um problema de escolha envolvendo múltiplos critérios, a escolha do método FITradeoff, que busca resolver o problema dos múltiplos critérios, solicitando que o decisor compare consequências distintas De Almeida et al. (2016) e oferece, através do software, a visualização gráfica dos resultados.

O decisor nesse estudo foi selecionado pela sua alta influencia e poder de tomada de decisão na organização, sendo esse o coordenador da instituição. Além disso, alguns especialistas foram designados para colaborar na elaboração do problema, sendo esses especialistas na área de ergonomia, além dos analistas, sendo esse um membro do estudo.

Verificando que o objetivo fundamental do estudo é a escolha de medidas ergonômicas para aplicação nos professores no ensino médio, e a partir do estudo ergonômico foi realizado a definição de sete atributos (critérios) para analisar as consequências das alternativas (Tabela 1).

Tabela 1: Definição dos critérios

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193748
https://proceedings.science/p/193748?lang=pt-br

Critérios	Tipo	Escala/Unid.	Preferência
Custo de aplicar	Natural	Numérica/R$	Minimização
Tempo para aplicação	Natural	Numérica/Hora	Minimização
Capacidade de aplicação	Construído	Likert /5 níveis	Minimização
Impacto na Saúde	Construído	Likert /5 níveis	Maximização
Eficiência	Construído	Likert /5 níveis	Maximização
Saúde mental	Construído	Likert /5 níveis	Maximização
Saúde física	Construído	Likert /5 níveis	Maximização

Fonte: Esta pesquisa (2024)

Os critérios “Custo de aplicar” e “Tempo para aplicação” foram selecionados como critérios naturais, buscando minimizar seus resultados. O primeiro reflete o custo em reais para a compra de equipamentos, contratação de profissionais e treinamento, enquanto o segundo verifica o tempo necessário para a aplicação das medidas em horas. O terceiro critério, “Capacidade de aplicação”, foi construído utilizando a escala Likert, onde se avalia a dificuldade de implantação das medidas ergonômicas na instituição, variando de 1 (mais fácil) a 5 (mais difícil), com o objetivo de minimizar. A partir do quarto critério, “Impacto na saúde”, até o sétimo critério, “Saúde física”, todos visam maximizar seus resultados, sendo construídos com base em uma escala Likert de 1 a 5, em que 1 representa 'ruim' e 5 'muito bom'.

O critério “Impacto na saúde” avalia como cada medida ergonômica afetará a saúde e o bem-estar dos professores. Já o critério “Eficiência” considera como as medidas impactarão a eficiência e a produtividade no local de trabalho. Os critérios “Saúde mental” e “Saúde física” analisam o impacto das medidas em relação a esses aspectos específicos. Ao avaliar os critérios de impacto na saúde, verificou-se que os critérios 'Saúde mental' e 'Saúde física' apresentavam sobreposição com o critério 'Impacto na saúde'. Como resultado, decidiu-se utilizar apenas 'Impacto na saúde' como um critério global, englobando tanto os aspectos físicos quanto mentais, para evitar redundâncias e simplificar o processo de avaliação multicritério, conforme orientado por [De Almeida et al., 2013].

As medidas ergonômicas sugeridas neste estudo foram selecionadas com base em sua fundamentação na literatura científica, destacando sua eficácia comprovada em contextos semelhantes ao ambiente escolar. Estudos como os de [Jones e Silva, 2018] e [Santos et al., 2019] demonstram que a aplicação de mobiliário ajustável, pausas regulares e capacitação em ergonomia podem reduzir significativamente os impactos negativos das atividades docentes sobre a saúde física e mental. Além disso, a seleção das medidas considerou sua viabilidade prática e o potencial de impacto positivo no bem-estar dos professores, assegurando uma abordagem baseada em evidências para a escolha das alternativas.

Assim, foram apresentadas quatro opções de medidas ergonômicas possíveis de serem aplicadas na instituição, com base nos especialistas e no decisor do estudo. Todas as quatro alternativas estão alinhadas com os objetivos da instituição e formaram um conjunto discreto e estável, sem alteração ao longo da aplicação do modelo. Para visualizar essas alternativas alinhadas aos critérios selecionados, foi elaborada uma matriz de consequências.

Tabela 2: Matriz de consequências

Alternativa/ Critérios	Custo de aplicar (VC)	Tempo para aplicação (AT)	Capacidade de aplicação (DI)	Impacto na Saúde (AE)	Eficiência (CM)	Saúde mental (SM)	Saúde física (SF)
Mobiliado ajustável	12970	1	5	4	5	1	5
Equipamentos de tecnologia ergonomicamente corretos	2168	1	4	3	4	2	4
Capacitação e treinamento em Ergonomia	3000	4	1	2	3	4	2

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193748
https://proceedings.science/p/193748?lang=pt-br

Ginástica laboral	5280	48	3	5	2	5	4

Fonte: Esta pesquisa (2024)

Com a elaboração da matriz de consequências, o analista realizou a apresentação do método ao decisor, explicando a ferramenta iniciando assim a aplicação do SAD-FITradeoff. Foi explicado e informado todo o processo, etapas que seriam realizadas durante a aplicação. De forma a simplificar o estudo, na avaliação intracritério, embora o sistema permita, foi determinada a linearidade das funções de valor marginal em todos os critérios.

Em seguida foi realizada a ordenação das escalas e pesos dos critérios, sendo também informado ao decisor sua importância e o processo de avaliação dos critérios, dada a sua importância. Após essa etapa, o analista apresentou também a possibilidade de realizar a avaliação de forma holística entre os critérios ou através da elicitação por decomposição, de forma que foi definido pelo decisor a realização por decomposição, em que é comparada duas alternativas hipotéticas, considerando os *tradeoffs* entre os critérios.

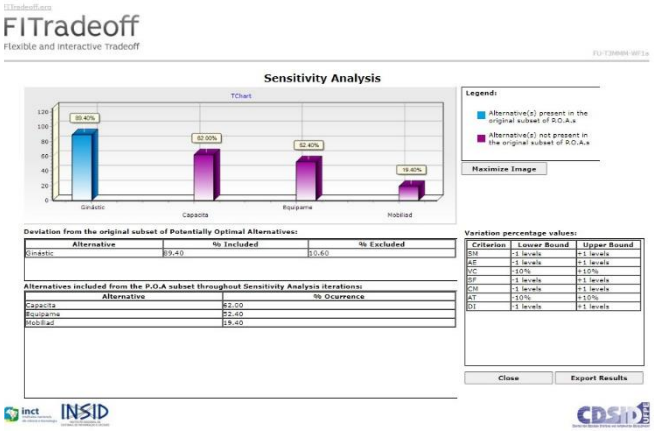
A ordenação das constantes de escala dos critérios foi a seguinte:

$$k_{Saúde\ mental} > k_{Impacto\ na\ saúde} > k_{Custo\ de\ aplicar} > k_{Saúde\ física} > k_{Eficiência} > k_{Tempo\ de\ aplicação} > k_{Capacidade\ de\ aplicação}$$

Após a terceira pergunta já se chegou ao resultado de seleção de medida ergonômica que deveria ser escolhida, apresentada pelo modelo, sendo essa "Ginástica laboral". A solução foi apresentada ao decisor, o qual ficou satisfeito com a proposta apresentada, uma vez que esta alinhada com o objetivo da instituição e que refletia também na análise ergonômica realizada anteriormente. Como a elicitação por decomposição não ofereceu muitas interações, chegando na solução ótima em poucas rodadas, não foi necessária a realização de forma holística.

Com a melhor alternativa proposta pelo modelo no *software* ainda, orientada pelo analista, foi realizada uma análise de sensibilidade (AS) no SAD, juntamente com o decisor, avaliando os todos parâmetros e dados de entrada de forma colaborativa. Para os critérios construídos (Capacidade de aplicação; Impacto na Saúde; Eficiência; Saúde mental; Saúde física) foi proposta uma variação um nível para mais ou menos, enquanto para os critérios naturais (Custo de aplicar; Tempo para aplicação), foram aplicados uma variação de 10% para mais ou menos. O resultado da análise foi bastante satisfatório, o que confirma a robustez do modelo, em que a alternativa selecionada apresentou 89,4% de potencial em continuar sendo a ótima, validando assim o modelo.

Figura 3: Análise de sensibilidade



Fonte: Dados da pesquisa (2024)

5. Conclusão

A aplicação de modelos multicritério de apoio à decisão para a seleção de implementação de medidas ergonômicas para professores do ensino médio em escolas particulares se mostrou

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193748
https://proceedings.science/p/193748?lang=pt-br

como um processo crucial e assertivo. Esta abordagem visa otimizar o bem-estar dos professores, promovendo um ambiente de trabalho mais saudável e produtivo. A seleção criteriosa das medidas ergonômicas a serem implementadas pode não apenas melhorar a qualidade de vida dos professores, mas também contribuir para a eficiência do ensino e o desempenho geral da instituição de ensino.

O estudo se mostrou bastante eficiente quanto a sua expectativa em selecionar para a instituição qual melhor medida estaria mais adequada ao investimento inicial para melhorar as condições de trabalho. O decisor se mostrou bastante entusiasmado com o resultado, colocando como próximas ações a implementação da medida na organização.

Para trabalhos futuros, sugere-se o uso de métodos de estruturação de problemas como forma de complementar o entendimento, considerando os objetivos principais do problema e com a possibilidade de aumentar o espaço de ações que pode respondê-lo. Ainda, sugere-se a utilização de outros métodos de apoio à decisão de modo a verificar as aplicabilidades do FITradeoff quando comparado com outros métodos compensatórios.

Agradecimento:

O desenvolvimento deste trabalho contou com a colaboração de diversos profissionais. Dentre os quais agradecemos aos contadores que foram peça fundamental da pesquisa. É a intuição da UFRN que prestou suporte durante a pesquisa.

Referências

Almeida, J. M. e Guimarães, A. T. (2018). Aplicação de modelos multicritério na tomada de decisão em saúde ocupacional: uma revisão sistemática. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional.

Boer, L.C. (1997) Workload-watch as an element of human engineering testing and evaluation. In: Eleventh ship control symposium, v. 2.

Cardoso, M. S. e Gontijo, L. A. (2012). Avaliação da carga mental de trabalho e do desempenho de medidas de mensuração: NASA TLX e SWAT. Revista Gestão e Produção. v. 19, n. 4, p. 873-884.São Carlos. Abr. 2012.

Corrêa, F. P. (2003). Carga mental e Ergonomia. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina.

De Almeida, A. T. (2013). Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério, 1a Edição. São Paulo: Editora Atlas.

De Almeida, A. T. et al. (2016). A new method for elicitation of criteria weights in additive models: flexible and interactive tradeoff. *European Journal Of Operational Research*, [S.L.], v. 250, n. 1, p. 179-191. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2015.08.058.Keeney

De Almeida, A. T. et al. (2023). A summary on fitradeoff method with methodological and practical developments and future perspectives. Pesquisa Operacional, [S.L.], v. 43, n. 1, p. 1-25. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/0101-7438.2023.043spe1.00268356.

Diaby, V. e Goeree R. (2014). How to use multi-criteria decision analysis methods for reimbursement decision-making in healthcare: a step-by-step guide. Expert Rev Pharmacoecon Outcomes Res.14(1):81-99.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193748
https://proceedings.science/p/193748?lang=pt-br

Frej, E. A. et al. (2017). A Multicriteria Decision Model for Supplier Selection in a Food Industry Based on FITradeoff Method. **Mathematical Problems In Engineering**, [S.L.] http://dx.doi.org/10.1155/2017/4541914.

Frej, E. A. et al. (2019). Using data visualization for ranking alternatives with partial information and interactive tradeoff elicitation. **Operational Research**, [S.L.], v. 19, n. 4, p. 909-931. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1007/s12351-018-00444-2.

Frej, E. A. et al. (2021). A benefit-to-cost ratio based approach for portfolio selection under multiple criteria with incomplete preference information. *Information Science*s, [S.L.], v. 545, p. 487-498, fev. 2021. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.ins.2020.08.119.

Guérin, F. et al. (2001). Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da Ergonomia. São Paulo: Edgard Blucher; Fundação Vanzolini.

Iida, I. (2005). **Ergonomia**: Projeto e produção. São Paulo: Blucher. P.02.

Jones, A., e Silva, B. (2018). Workplace Ergonomics and its Impact on High School Teacher Performance and Well-being. International Journal of Ergonomics, 22(4), 321-335.

Kang, T. H. et al. (2020). Flexible and Interactive Tradeoff Elicitation for Multicriteria Sorting Problems. **Asia-Pacific Journal Of Operational Research**, [S.L.], v. 37, n. 05, p. 2050020. World Scientific Pub Co Pte Lt. http://dx.doi.org/10.1142/s0217595920500207.

Keeney, R. L. e Raiffa, H. (1976). Decisions with Multiple Objectives. New York: John Wiley and Sons.

Marques, A. C. et al. (2022). Multicriteria decision support for project portfolio selection with the FITradeoff method. **Omega**, [S.L.], v. 111, p. 102661. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2022.102661.

Nasa, NasaTLX (1986): Task Load Index. Paper and pencil version. Moffett Field. CA: NASA-Ames Research Center, Aerospace Human Factors Research Division.

Roy, B. (1996). Multicriteria Methodology for Decision Aiding. New York City: Springer, 1996. 293 p.

Santos, A. S et al. (2019). Ergonomia e qualidade de vida no trabalho dos professores: uma revisão integrativa. Revista Práticas em Gestão.

Smith, J. (2019). Ergonomics in Education: Ensuring a Comfortable Workplace for High School Teachers. Journal of Educational Ergonomics, 14(2), 45-58.

Vidal, M. C. (2008). Guia para Análise Ergonômica do Trabalho na empresa: uma metodologia realista, ordenada e sistemática. Rio de Janeiro: virtual científica.

Weber, M. e Borcherding, K. (1993). Behavioral influences on weight judgments in multiattribute decision making. **European Journal Of Operational Research**, [S.L.], v. 67, n. 1, p. 1-12. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(93)90318-h.

Wisner, A. (1987). Por Dentro do Trabalho - **Ergonomia**: Métodos e Técnicas. São Paulo: FTD/Oboré.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193748
https://proceedings.science/p/193748?lang=pt-br