



APLICAÇÃO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS ERGONÔMICOS: ESTUDO DE CASO REALIZADO EM UMA EMPRESA DO SETOR DE ALIMENTOS.

Application of a Multicriteria Analysis for solving an Ergonomic Problem: A Case in a Food Sector Company.

Kaio V. T. Correia – kaio3000@gmail.com

Luciano F. Monteiro – lucianofm2007@gmail.com
Universidade Federal de Sergipe, Núcleo de Engenharia de Produção
Av. Marechal Rondon, s/n
49100-000 – São Cristóvão - Sergipe

***Resumo:** Este artigo apresenta uma breve análise ergonômica dos parâmetros climáticos obtidos in loco com os valores parametrizados por agências reguladoras nacionais e internacionais seguido por análise de sua adequação. Após visualização do problema, propostas para a sua minimização foram mostradas, seguidamente alguns conceitos da análise multicritério são apresentados e utilizados para fundamentar a importância da tomada de decisão. Por fim uma ferramenta multicritério é adotada – o software PROMETHEE II – que proporciona um ranking do quadro de soluções propostas e mostra quais dentre elas se enquadra melhor a empresa.*

***Palavras-chave:** Análise Multicritério, Estresse Térmico, Condições Ambientais, ISO 7243, PROMETHEE II.*

Abstract:

This paper presents a brief ergonomic analysis of the climatic parameters obtained in loco with values parameterized by the established regulatory agencies followed by analysis of its adequacy. Afterwards some concepts of multicriteria analysis are presented and used to evaluate possible solutions to correct the problem. The multicriteria tool choose is the Visual PROMETHEE Academic.

Keywords: Multicriteria Decision Aid; Thermal Stress; Environmental Conditions; Visual PROMETHEE Academic; ISO 7243.



1. INTRODUÇÃO

Segundo a temperatura é um ponto que deve merecer o maior cuidado quando se busca criar adequadas condições ambientais de trabalho. Há temperaturas que nos dão uma sensação de conforto, enquanto outras se tornam desagradáveis e até prejudiciais à saúde. Embora os seres humanos possam sobreviver em ambiências extremas, ao se tratar de condições climáticas e eficiência de trabalho, nem todos os ambientes são considerados adequados para gerar uma produtividade ótima nos seres humanos enquanto trabalhadores (KROEMER E GRANDJEAN, 2005).

O stress térmico ambiental é outro fator que está associado diretamente com o conforto térmico. Segundo Laville (1977), durante o trabalho físico no calor, constata-se que a capacidade muscular se reduz, o rendimento decai e a atividade mental se altera, apresentando perturbação da coordenação sensório-motora.

O presente trabalho objetiva demonstrar a aplicabilidade da análise multicritério para a tomada de decisão relativa a aspectos ergonômicos relacionados ao stress térmico. Para tanto, foi feito um estudo de caso em uma empresa do setor alimentício no município de Aracaju, onde se realizou um estudo ergonômico da temperatura local. Foram detectados problemas no que tange a esses aspectos, gerando algumas soluções possíveis, as quais foram analisadas por meio de uma ferramenta Multicritério de forma a encontrar a melhor solução, considerando os aspectos quantitativos e qualitativos associados às mesmas.

A tomada de decisões tem um processo bem identificado: que é o de definir o problema, diagnosticar as suas causas, determinar as soluções possíveis e, finalmente, decidir qual a melhor (MINTZBERG E WESTLEY, 2001). Um dos instrumentos de suporte a tomada de decisão é a chamada Análise Multicritério. Gomes (2002) coloca que tal instrumento pode ser definido como um conjunto de técnicas de apoio à tomada de decisão, que têm a finalidade de investigar um número de alternativas, considerando múltiplos critérios e objetivos em conflito. É possível gerar soluções de compromisso e uma hierarquização das alternativas, de acordo com o grau de atração destas para o tomador de decisão.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir são apresentados os instrumentos para a medição das condições de trabalho e a ferramenta utilizada para a tomada de decisão dentre as possíveis soluções encontradas.



2.1. Materiais

A seguir são apresentados os materiais:

- Termômetro de Globo/Medidor de Stress Térmico Digital Portátil - TGD-200 - INSTRUTHERM;
- Termo-higro-decibel-luxim. THDL - 400 digital - INSTRUTHERM;
- PROMETHEE II.

2.2. Métodos

A metodologia do presente estudo é dívida em quatro etapas:

- Pesquisa e revisão bibliográfica através de livros, jornais, normas, etc., direcionadas a definição de conceitos e parâmetros acerca dos aspectos climáticos na saúde dos trabalhadores influenciando assim, a sua produtividade;
- Uso de instrumentos medidores das condições ambientais de trabalho, baseado nas especificações técnicas dos respectivos manuais;
- Propor soluções possíveis que visam sanar os problemas existentes;
- Utilização da ferramenta PROMETHEE II, que por se tratar de uma ferramenta de apoio à decisão, simula e analisa diferentes cenários resultando em uma solução ótima de acordo com os anseios da empresa.

2.3. Medições

O Medidor de Stress Térmico teve que ser posicionado próximo a uma das paredes, utilizando um tripé, conforme recomendado pelo manual técnico, próximo do local com maior incidência de luz solar. Ali permaneceu desligado, por 20 minutos, a fim de estabilizar as sondas do equipamento. Após o tempo de estabilização, o mesmo foi ligado, utilizando o botão de Liga/Desliga (L/D), posicionado em seu painel frontal.

Como este equipamento possui três sondas diferentes (sonda de globo, sonda de bulbo seco e sonda de bulbo úmido) para a medição da temperatura, fez-se necessário realizar tomadas de medição para cada uma das sondas. Dez medições foram realizadas para cada sonda em intervalos de um minuto para cada amostra.



No segundo experimento, a sonda THDL foi posicionada em quatro diferentes pontos do ambiente analisado. A escolha desses pontos levou em consideração as principais fontes de calor do ambiente, localizados em diferentes pontos do local em questão.

A metodologia consistiu em cinco medições, utilizando as três sondas, em intervalos de 15 segundos, para cada área designada.

2.4. Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo

A temperatura efetiva ótima será aquela em que o conforto térmico é máximo, ou seja, não há stress térmico ou este é mínimo (KROEMER E GRANDJEAN, 2005). Essa condição pode ser medida através da combinação das medições de temperatura de bulbo seco, bulbo úmido e termômetro de globo. Tais temperaturas geram um índice chamado de IBUTG (Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo), o qual é utilizado para avaliações de sobrecarga térmica.

A norma brasileira NR-15/2008, em seu anexo 3 (limites de tolerância para exposição ao calor), traz as seguintes equações:

Para ambientes internos ou externos com carga solar (fonte de calor por radiação):

$$IBUTG = 0,7tbn + 0,1tbs + 0,2tg \quad (1)$$

Onde:

- tbn: temperatura de bulbo úmido natural;
- tbs: temperatura de bulbo seco;
- tg: temperatura de globo.

A ISO 7243:1989 relata que o IBUTG é um dos índices de análises empíricos que representa o índice de stress térmico ao qual um indivíduo é exposto. Onde suas análises levam em consideração o esforço do trabalho realizado, percentual trabalho-descanso e ambiente analisado.

2.5. Caracterização Climática do Posto de Trabalho

O controle da temperatura do ambiente analisado é realizado através do uso de um equipamento de ar condicionado. A refrigeração do ambiente é feita por um equipamento de



ar condicionado com potência de 9.000 BTUS. O aparelho está localizado no canto superior, próximo ao teto, e direcionado de forma a contemplar a empresa inteira, objetivando a homogeneização da temperatura.

No momento da análise, o ar condicionado estava programado na temperatura de 15°C, temperatura mínima executada pelo aparelho. A empresa analisada possui uma área de aproximadamente 25m² dentro do perímetro analisado existem duas portas: uma de entrada e outra de saída, as quais trocam calor com o ambiente externo. A radiação oriunda dos raios solares é também uma causa de perturbações na temperatura local, uma vez que a fachada da loja é toda de vidro. Outro componente de variação da temperatura local é a presença de computadores e da televisão, que permanecem ligados durante todo o período de trabalho e, conseqüentemente, esquentam com o passar do tempo, porém o calor emanado por esses equipamentos não representam alterações significativas na temperatura.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Níveis de stress térmicos

As médias das dez medições para cada sonda formaram o banco de dados para o cálculo do IBUTG. Aplicando-se a equação 1, obteve-se a temperatura efetiva corrigida de 27,55°C. Observou-se em determinados momentos que o valor IBUTG atingiu 28,88°C, que está fora dos padrões ideais da temperatura máxima ideal para conforto térmico previsto pela norma brasileira NR-17/2007, onde o índice de temperatura efetiva tem que está entre 20° e 23°C.

Segundo padrões internacionais definidos pela ISO 7243 para ambientes internos, os limites são estabelecidos através da carga de trabalho e ao tempo de descanso segundo a seguinte tabela:

Tabela 1 – IBUTG limiar dos valores limites (°C).

Regime trabalho- descanso	Carga de trabalho		
	Leve	Moderado	Pesado
Trabalho contínuo	30.0	26.7	25.0
75% trabalho+25% descanso; cada hora	30.6	28.0	25.9



50% trabalho+50% descanso; cada hora	31.4	29.4	27.9
25% trabalho+75% descanso; cada hora	32.2	31.1	30.0

Fonte: ISO 7243

A empresa analisada apresenta um regime de trabalho contínuo em regime de 8h de trabalho, com pausa para o almoço, uma carga de trabalho considerada moderada, a qual compreende o valor limite de 26.7°C segundo a ISO 7243. Pode-se então concluir que o ambiente analisado descumpra todas as normas referenciadas acima, uma vez que a temperatura encontrada está acima deste valor.

3.2. Análise Multicritério e Modelagem do Problema

Em um problema multicritério é necessário, em primeiro lugar, estabelecer claramente qual o objetivo da análise. Em geral podem ser definidas três problemáticas multicritério: ordenação, escolha e alocação em classes (BARBA-ROMERO & POMEROL, 1997). Seguindo tais aspectos o objetivo dessa análise é fornecer a melhor solução viável de acordo com os anseios da empresa, logo uma análise *in loco* seguida de entrevistas com o proprietário da empresa geraram algumas soluções visando à diminuição do stress térmico ambiente. Após a determinação das soluções os respectivos critérios de decisão foram adotados, pois segundo Gomes *et. al.*(2009) a teoria da decisão não é uma teoria descritiva ou explicativa, já que não faz parte de seus objetivos descrever ou explicar como e/ou o porquê de certas decisões. Pelo contrário, trata-se de uma teoria ora prescritiva, ora normativa, no sentido de pretender ajudar as pessoas a tomarem decisões melhores, em face de suas preferências básicas. Essa teoria parte do pressuposto de que os indivíduos são capazes de expressar suas preferências básicas, e são racionais, quando enfrentam situações de decisão simples. Para tanto foi adotado uma escala Likert na determinação dos pesos, que por se tratar de critérios qualitativos, necessitam de um nível de concordância com a afirmação. A tabela a seguir mostra as soluções encontradas, critérios e seus respectivos pesos.

Tabela 2 – Lista das soluções, critérios e respectivos pesos adotados.

Critérios				
Soluções	Custo	Estética	Consumo	Manutenção



			/h	
Troca do ar-condicionado	R\$ 2500,00	Muito baixo	Alto	Médio
Instalar um novo ar-condicionado	R\$ 2000,00	Alto	Muito Alto	Alto
Sistemas de vedação	R\$ 1000,00	Médio	Muito baixo	Baixo

Fonte: Autoria própria.

Admitiu-se que todas as soluções encontradas reduzam de forma significativa o stress térmico do ambiente, visando adequar-se às normas supracitadas.

3.3. Aplicação da ferramenta PROMETHEE II

A ferramenta Visual PROMETHEE fornece ferramentas prescritivas e descritivas para os problemas de apoio à decisão multicritério. Estes métodos são altamente apreciados pelos usuários finais devido à sua simplicidade, sua natureza interativa e gráfica ferramentas fornecidas (BEHZADIAN *et. al.*, 2010). Estas características permitiram que, após a modelagem do problema e tratamento dos dados, todas as informações lançadas na ferramenta gerassem o seguinte ranking:

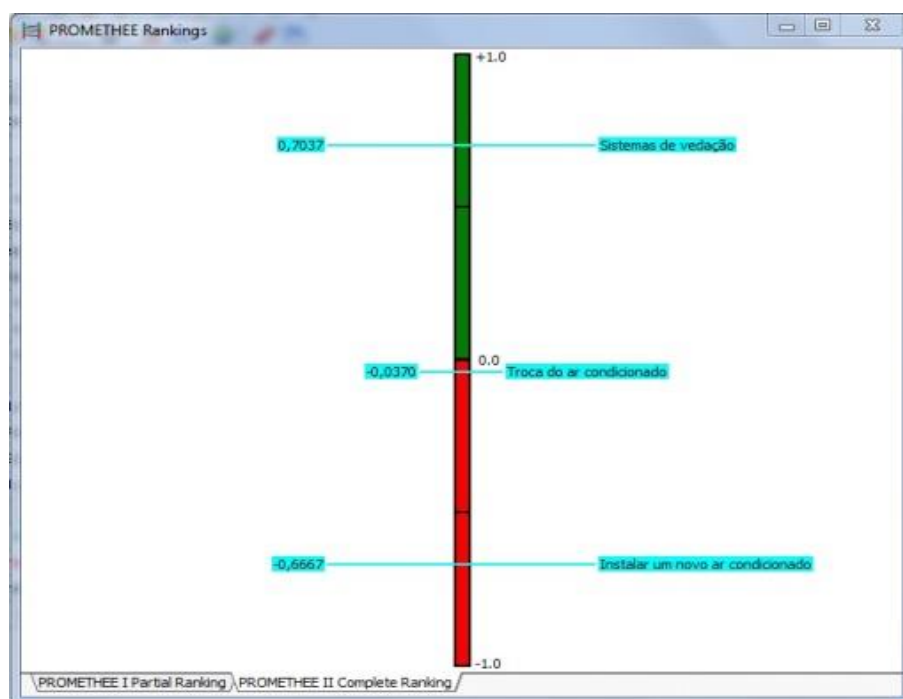


Figura 1 – Ranking das decisões.



O ranking gerado pelo programa, mostrado na Figura 1, traz uma escala com valores entre -1 até +1, onde é possível visualizar a posição de cada solução proposta, seguida do seu respectivo valor numérico na escala. A escala gerada pelo programa ajuda a visualizar a melhor opção dentro do conjunto de soluções propostas, que venha atender todos os aspectos pré-determinados pela empresa.

4. CONCLUSÕES

Notadamente, fica evidente que após a utilização da ferramenta PROMETHEE II, a melhor solução encontrada foi o uso de um Sistema de Vedação, o qual apresentou um valor de 0,7037 no ranking mostrado na figura 1. Mostrando assim, dentre as soluções propostas, essa foi a que demonstrou a maior adequação aos critérios pré-estabelecidos pela empresa.

Este trabalho mostra a aplicabilidade da Análise Multicritério no auxílio à tomada de decisão em um problema ergonômico, relatando a importância não somente da identificação e correção desse tipo problema, como também a escolha de uma solução que vise se adequar com os anseios da empresa.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a ajuda do Prof. Me. Thomas Edson Espíndola Gonçalo que forneceu dicas importantes sobre a utilização do software deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBA-ROMERO, S.; POMEROL, J. C. **Decisiones Multicritério: Fundamentos Teóricos e Utilización Prática**. Alcalá: Colección de Economía, 1997.

BEHZADIAN, M. et al. PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. **European Journal of Operational Research**, p. 198-215, 2010.

BRASIL, MINISTÉRIO DO TRABALHO. **Normas e Manuais Técnicos: Portaria SIT nº 43**. Brasília: Ministério do Trabalho, 2008.

GOMES, E. G.; LINS, M. P. E.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Seleção do melhor município: integração- SIG multicritério. **Investigação Operacional**, p. 22, 2002.

ISBN 978-85-7822-431-8



GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. D. Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério. **Revista e Ampliada**, p. 324, 2009.

GRANDJEAN, E.; KROEMER, K. M. E. **Manual de Ergonomia**: Adaptando o trabalho ao homem. São Paulo: Bookman, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO**: 7243. Geneva: [s.n.], 1989.

LAVILLE, A. **Ergonomia**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1977.

MINTZBERG, H.; WESTLEY, F. Decision Making: It's Not What You Think. **MIT Sloan Management Review**, p. 89, 2001.

VERDUSSEN, R. **Ergonomia a Racionalização Humanizada do Trabalho**. Rio de Janeiro: Livro Técnico Científico, 1978.