

ENGENHARIAS ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO:

O TERCEIRO PILAR

LILIAN BOELHO DE FREITAS
(ORGANIZADORA)

Atena
Editora

Ano 2021



ENGENHARIAS ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO:

O TERCEIRO PILAR

LILIAN BOELHO DE FREITAS
(ORGANIZADORA)

Atena
Editora

Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Engenharias elétrica e de computação: o terceiro pilar

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizadores: Lilian Coelho de Freitas

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia elétrica e de computação: o terceiro pilar /
Organizadora Lilian Coelho de Freitas. – Ponta Grossa -
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-543-0
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.430213009>

1. Engenharia elétrica. 2. Computação. I. Freitas, Lilian
Coelho de (Organizadora). II. Título.

CDD 621.3

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO





Os avanços na pesquisa científica em Engenharias Elétrica e de Computação tem revolucionado nossa vida em sociedade. Conexões cada vez mais rápidas, processadores super velozes e a autonomia dos sistemas decorrentes do progresso em Inteligência Artificial são alguns exemplos de aplicações em nosso dia-a-dia.

Este e-book torna acessível os resultados da pesquisa científica realizada por diversos pesquisadores do país. Ao decorrer dos capítulos, apresenta-se aplicações práticas de inteligência artificial, gerência de redes e técnicas de otimização. Aproveite esse momento para aprimorar seus conhecimentos.

Desejo aos autores, meu mais sincero agradecimento pelas significativas contribuições, e aos nossos leitores, desejo uma proveitosa leitura, repleta de boas reflexões.

Lilian Coelho de Freitas

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PLANNING AS MIXED-HORN FORMULAS SATISFIABILITY	
Razer Anthom Nizer Rojas Montaña	
Bruno César Ribas	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.4302130091	
CAPÍTULO 2	15
ASSIMILAÇÃO DE DADOS POR REDES NEURAIS EM AUSÊNCIA PARCIAL DE OBSERVAÇÕES	
Rosangela Saher Corrêa Cintra	
Haroldo Fraga de Campos Velho	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.4302130092	
CAPÍTULO 3	30
CONCEPÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE UMA CLASSIFICAÇÃO OBJETIVA PARA SALAS DE ÓPERA UTILIZANDO MÉTODOS COMPUTACIONAIS	
Marco Antônio M. Vecci	
Calebe Giaculi Júnior	
Bruno Alberto Soares Oliveira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.4302130093	
CAPÍTULO 4	42
SERVIDOR DE GERÊNCIA DE REDE	
Roger Robson dos Santos	
Jackson Mallmann	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.4302130094	
SOBRE A ORGANIZADORA	55
ÍNDICE REMISSIVO	56

CONCEPÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE UMA CLASSIFICAÇÃO OBJETIVA PARA SALAS DE ÓPERA UTILIZANDO MÉTODOS COMPUTACIONAIS

Data de aceite: 01/09/2021

Data de submissão: 18/06/2021

Marco Antônio M. Vecci

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
– Departamento de Engenharia de Estruturas
e DEES)
Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/9538829669531950>

Calebe Giaculi Júnior

Instituto Federal de Minas Gerais - Campus
Bambuú (IFMG) – Departamento de Engenharia
e Computação
Bambuú – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/4325582561181007>

Bruno Alberto Soares Oliveira

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
– Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Elétrica
Bambuú – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/2112685965030446>

RESUMO: Criar a classificação de salas de ópera é uma tarefa não exata, pois depende de diversos fatores subjetivos. Baseado em uma Classificação Subjetiva (Hidaka e Beranek, J. Acoust. Soc. Am. 107, 340–354 (2000)), criou uma Classificação Objetiva utilizando o método de tomada de decisão multicritério *PROMETHEE II*, utilizando como critérios os parâmetros acústicos objetivos para 22 salas de ópera apresentados em Beranek (Springer Verlag, NY, 2004), sendo que 13 também foram incluídas no

estudo realizado por Hidaka e Beranek (2000). Assim, basearam-se em um ranking subjetivo simplificado, o qual considerou apenas as 13 salas que continham dados acústicos disponíveis, o que possibilitou a comparação e a validação da classificação objetiva proposta. São introduzidos os principais conceitos e apresentadas as adequações necessárias para que o trabalho pudesse ser realizado. Como resultado inicial se obteve um ranking objetivo com 4 salas de ópera classificadas com posições iguais e 5 salas com diferença de até duas posições em comparação com a classificação realizada por Hidaka e Beranek (2000), de um total de 13 salas analisadas. Posteriormente, aprimorou-se tal classificação objetiva utilizando o método de otimização Elipsoidal, visando que este chegasse o mais próximo possível da classificação apresentada em Hidaka e Beranek (2000). Nesta etapa foi possível diminuir a discrepância entre 4 salas de ópera. Como resultado final, a Classificação Objetiva Otimizada foi utilizada para criar um ranking contendo todas as 22 salas de ópera com parâmetros acústicos disponíveis, sendo que 9 destas não foram analisadas no estudo realizado por Hidaka e Beranek (2000).

PALAVRAS-CHAVE: Sala de ópera, *PROMETHEE II*, elipsoidal, ranking objetivo.

CONCEPTION AND OPTIMIZATION OF OBJECTIVE RANKING FOR OPERA ROOMS USING COMPUTATIONAL METHODS

ABSTRACT: Creating the classification of opera rooms is not an exact task, as it depends on several

subjective factors. Based on a Subjective Classification (Hidaka and Beranek, *J. Acoust. Soc. Am.* 107, 340–354 (2000)), he created an Objective Classification using the *PROMETHEE II* multi-criteria decision-making method, using the parameters as criteria objective acoustics for 22 opera houses presented in Beranek (Springer Verlag, NY, 2004), 13 of which were also included in the study by Hidaka and Beranek (2000). Thus, they were based on a simplified subjective ranking, which considered only the 13 rooms that had available acoustic data, which enabled the comparison and validation of the proposed objective classification. The main concepts are introduced and the necessary adjustments for the work to be carried out are presented. As an initial result, an objective ranking was obtained with 4 opera rooms classified with equal positions and 5 rooms with a difference of up to two positions compared to the classification carried out by Hidaka and Beranek (2000), out of a total of 13 rooms analyzed. Subsequently, this objective classification was improved using the Ellipsoidal optimization method, aiming to get it as close as possible to the classification presented in Hidaka and Beranek (2000). At this stage it was possible to reduce the discrepancy between 4 opera rooms. As a final result, the Optimized Objective Classification was used to create a ranking containing all 22 opera rooms with available acoustic parameters, 9 of which were not analyzed in the study carried out by Hidaka and Beranek (2000).

KEYWORDS: Opera room, *PROMETHEE II*, ellipsoidal, objective ranking.

1 | INTRODUÇÃO

Classificar a qualidade sonora de um ambiente é uma tarefa não exata, pois depende de diversos parâmetros subjetivos e objetivos, e outro ponto é que análise sonora deste ambiente pode obter um resultado bom para uma pessoa, e ruim para outra. Uma tentativa de determinar quais características acústicas que admiradores de música erudita preferem em uma sala de ópera muitas vezes está intrinsecamente relacionada com a sensação que estes tiveram quando frequentaram determinado ambiente, assim uma gama de elementos é responsável para criar a satisfação: a composição, o maestro, a orquestra, e a sala de ópera devem ter boa qualidade para criar uma audição memorável. Para o profissional da área da música, seja ele um maestro, um músico, ou um engenheiro acústico, é vital distinguir quais destes fatores contribuem para uma boa qualidade sonora do ambiente (Beranek, 2004).

As propriedades acústicas de uma sala de ópera são fortemente influenciadas pelas suas características construtivas, e existem algumas que são importantes, como por exemplo: em salas de concerto têm-se a necessidade da existência de superfícies reflexivas perto do palco (Beranek, 2004). As diferentes formas de construção de tais ambientes alteram diretamente os seus parâmetros acústicos objetivos, os quais são uma representação numérica das características perceptivas do som, e sua análise nos dá uma boa ideia da qualidade acústica de um ambiente para determinada aplicação, como por exemplo: um ambiente projetado para a audição de uma orquestra pode não ser adequado para a voz falada ou para a o show de uma banda de rock.

Hidaka e Beranek (2000) criaram uma classificação subjetiva para 23 salas de ópera, a qual serviu de base e como fonte de dados para a validação do trabalho desenvolvido. Em Beranek (2004) é apresentada uma tabela com parâmetros acústicos objetivos para 23 salas de ópera, sendo que 13 destas também estão incluídas no estudo subjetivo apresentado em Hidaka e Beranek (2000). Dessa forma, o objetivo deste trabalho é criar uma CO utilizando como critérios tais parâmetros acústicos objetivos e comparar seu resultado com o obtido com a CS apresentada em Hidaka e Beranek (2000).

A CO foi criada considerando diversos parâmetros, como o tempo de reverberação (RT) e o BQI, o que a classifica como um problema de tomada de decisão multicritério (MCDM). Tais problemas geralmente lidam com a classificação de várias alternativas do melhor para o pior, considerando múltiplos critérios (Behzadian et al., 2009). Para resolver este problema, implementou-se o método *PROMETHEE II* no *Matlab*. Existem várias versões desta família de métodos, e optou-se pelo tipo II pelo fato deste gerar uma classificação completa sem incomparabilidade (Brans e Vincke, 1986).

São apresentados os resultados da implementação deste método de classificação e as dificuldades e particularidades encontradas na tentativa de otimizar esta CO utilizando o método Elipsoidal. É apresentado o melhor resultado obtido após vários testes, e por último, o procedimento de classificação foi utilizado para criar um ranking com todas as 22 salas de ópera com dados acústicos disponíveis, contendo 13 salas incluídas em Hidaka e Beranek (2000) e mais outras 9 salas que não haviam sido previamente classificadas.

2 | METODOLOGIA

Esta parte do artigo descreve em seus próximos subitens a metodologia utilizada para criar a CO, e posteriormente o procedimento utilizado para otimizá-la.

2.1 Parâmetros acústicos objetivos

Beranek (2004) e Hidaka e Beranek (2000) relacionam diversas medidas físicas de qualidade acústica. A Figura 1 apresenta os descritores utilizados, assim como o seu respectivo nome e o critério que este foi referenciado na implementação do algoritmo de classificação utilizado. Os PO para 23 salas de ópera foram obtidos Beranek (2004) p. 558. A sala Royal Opera House (LO) não foi considerada, pois não há dado para um parâmetro acústico.

Símbolo	Nome	Critério Relacionado
$RT_{occ,M}$	Tempo de Reverberação	g_1
$EDT_{unocc,M}$	Tempo de Decaimento Inicial	g_2
$C_{80,3}$	Fator de Clareza	g_3
G_{125}	Fator de Intensidade para a banda de 125Hz	g_4
G_M	Fator de Intensidade para as médias frequências	g_5
BQI	<i>Binaural Quality Index</i>	g_6
$ITDG$	Tempo de Atraso Inicial	g_7

Figura 1. Parâmetros Acústicos Objetivos (detalhados em Beranek (2004) e Hidaka e Beranek (2000)).

2.2 Classificação subjetiva (CS)

Hidaka e Beranek (2000) apresentam o procedimento utilizado para comparar e classificar 23 salas de ópera. Questionários foram enviados para diversos maestros, e lhes foi solicitado para avaliar as características acústicas das SO's que eles conheciam bem em escalas de 5 subdivisões, que foram marcadas com números de 1 até 5. Neste trabalho foram consideradas apenas as SO's que têm seus parâmetros acústicos objetivos disponíveis em Beranek (2004). Assim, a classificação subjetiva considerada contém 13 salas de ópera, e seu resultado está apresentado na Figura 2.

Rating	Opera House	
1	Teatro Colón, Buenos Aires	BA
2	Semperoper, Dresden	DS
3	Teatro alla Scalla, Milan	MS
4	New National Theater, Tokyo	TT
5	Opéra Garnier, Paris	PG
6	Staatsoper, Prague	PS
7	Staatsoper, Vienna	VS
8	Metropolitan Opera, New York	NM
9	Festspielhaus, Salzburg	SG
10	Staatsoper, Hamburg	HS
11	Deutscheoper, Berlin	BD
12	Civic Opera, Chicago	CC
13	Komischeoper, Berlin	BK

Figura 2. Classificação Subjetiva de 13 salas de ópera (Hidaka e Beranek, 2000). Obs.: Apenas foram consideradas as salas que contêm dados acústicos disponíveis em Beranek (2004).

A classificação apresentada na Figura 2 foi empregada como a referência para a criação e comparação com a CO utilizando o *PROMETHEE II*, cujas principais características de sua implementação e formulação são apresentadas na seção a seguir.

2.3 Classificação objetiva utilizando o *PROMETHEE II*

Para criar a classificação objetiva utilizou os parâmetros acústicos objetivos

apresentados em Beranek (2004). Esta parte do trabalho descreve como o *PROMETHEE II* foi implementado, e quais foram as considerações para a modelagem e resolução do problema proposto.

Para a implementação do *PROMETHEE II* algumas considerações foram adotadas. Primeiro, não temos parâmetros acústicos que são ideais, apenas valores recomendados. Para o caso em questão, adotou-se que os parâmetros acústicos da sala com a melhor classificação (Teatro Cólón em Buenos Aires - *BA*). Desta forma, realizou-se a classificação a partir da segunda SO na CS.

Assim, o problema multicritério foi modelado de tal maneira que quanto mais os parâmetros acústicos de determinada sala se aproximassem dos parâmetros da sala considerada como sendo ideal (*BA*), melhor será sua classificação final.

Cada um dos 7 critérios apresentados na Figura 1 foram obtidos considerando o valor absoluto da diferença entre o valor do PO da sala em questão comparado ao da sala (*BA*). Por exemplo, o valor para o critério do $RT_{occ,M}$ para sala de ópera *DS* é dado por:

$$g_{1(DS)} = |RT_{occ,M(BA)} - RT_{occ,M(DS)}| = |1.56 - 1.6| = 0.04$$

Dessa forma foi possível estabelecer a matriz de critérios como representado na Figura 3.

A seguir são detalhados os passos (*Steps*) descritos no algoritmo representado na Figura 4:

- *Step1* – O cálculo de $d_{j(a,b)}$ é a diferença entre os valores do critério j para as SO a e b . Por exemplo: $d_{1(DS,MS)} = g_{1(DS)} - g_{1(MS)} = -0.28$
- *Step2* – A aplicação da função de preferência foi realizada utilizando um critério gaussiano como descrito em Brans e Vincke (1986). E inicialmente utilizou $\sigma = 0.5$, logo:

$$P_j(a, b) = \begin{cases} 0, & \text{se } d_{j(a,b)} \leq 0 \\ 1 - \exp\left(-\frac{d_{j(a,b)}^2}{0.5}\right), & \text{se } d_{j(a,b)} > 0. \end{cases}$$

- *Step3* – O cálculo de $\pi(a, b)$ foi realizado considerando inicialmente um vetor de pesos igual a: $[w_1, w_2, \dots, w_j] = [1, 1, 1, 1, 1, 3, 2]$
- *Step4* – O parâmetro $\varphi^+(a)$ indica que quanto maior for seu valor, mais a sala de ópera a domina as outras candidatas, e de forma análoga, quanto menor for $\varphi^-(a)$, menos a é dominada (Brans e Vincke, 1986).
- *Step5* – Para o caso implementado, quanto menor o valor de $\varphi(a)$, significa que a SO tem os parâmetros acústicos mais próximos dos ideais.

Hall Name		g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	SROP
DS	Semperoper, Dresden	0.0400	0.1100	0.3000	0	0.3000	0.0700	2	2
MS	Teatro alla Scalla, Milan	0.3200	0.5800	2.5000	0.6000	2.7000	0.1700	2	3
TT	New National Theater, Tokyo	0.0700	0.0200	0.5000	0.4000	0.7000	0	2	4
PG	Opéra Garnier, Paris	0.3800	0.5600	3.5000	0.6000	1.7000	0.1500	3	5
PS	Staatsoper, Prague	0.3300	0.5500	2	0.3000	0.2000	0.0100	2	6
VS	Staatsoper, Vienna	0.2000	0.2900	1.6000	0.4000	0.4000	0.0500	1	7
NM	Metropolitan Opera, New York	0.0900	0.1000	0.6000	0.4000	1.9000	0.0300	0	8
SG	Festspielhaus, Salzburg	0.0600	0.0800	0.4000	0.4000	1.2000	0.2500	9	9
HS	Staatsoper, Hamburg	0.3300	0.3700	1.1000	0.5000	1.1000	0.1900	16	10
BD	Deutscheoper, Berlin	0.2000	0.1200	0.4000	0.1000	1.2000	0.2600	15	11
CC	Civic Opera, Chicago	0.0500	0.2300	1	0.1000	2.1000	0.1200	23	12
BK	Komischeoper, Berlin	0.3100	0.4900	2	0.3000	3.6000	0.0300	2	13
AM	Music Theater, Amsterdam	0.2600	0.4200	0.8000	0.2000	0.7000	0.1000	14	-
BE	Erkel Theater, Budapeste	0.2600	0.3200	2.7000	0.4000	0.9000	0.2000	1	-
BS	Staatsoper, Budapeste	0.2200	0.3500	0.8000	0.5000	2.0000	0	3	-
EO	Opera House, Essen	0.0500	0.1800	0.2000	0.2000	2.8000	0.1100	2	-
RE	Eastman Theater, Rochester	0.0700	0.1800	0.3000	0.3000	1.2000	0.1100	4	-
SO	Opera House, Seattle	0.4600	0.7800	1.5000	0.9000	0.3000	0.1700	7	-
TB	Bunka Kaikan, Tokyo	0.0500	0.0300	0	0	2.1000	0.0900	4	-
NT	Nissei Theater, Tokyo	0.4600	0.6600	3.3000	0.5000	2.9000	0.0700	1	-
WJ	Opera House, Washington	0.2800	0.4500	3.2000	0.6000	0.7000	0.1200	3	-

Figura 3. Matriz de Critérios.

Step 1: Determination of deviations based on pair-wise comparisons

$$d_j(a,b) = g_j(a) - g_j(b) \quad (1)$$

Where $d_j(a,b)$ denotes the difference between the evaluations of a and b on each criterion.

Step 2: Application of the preference function

$$P_j(a,b) = F_j[d_j(a,b)] \quad j=1, \dots, k \quad (2)$$

Where $P_j(a,b)$ denotes the preference of alternative a with regard to alternative b on each criterion, as a function of $d_j(a,b)$.

Step 3: Calculation of an overall or global preference index

$$\forall a, b \in A, \quad \pi(a,b) = \sum_{j=1}^k P_j(a,b)w_j \quad (3)$$

Where $\pi(a,b)$ of a over b (from 0 to 1) is defined as the weighted sum $p(a,b)$ of for each criterion, and w_j is the weight associated with j th criterion.

Step 4: Calculation of outranking flows/ The PROMETHEE I partial ranking

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a,x) \quad (4) \quad \text{and} \quad \phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x,a) \quad (5)$$

Where $\phi^+(a)$ and $\phi^-(a)$ denote the positive outranking flow and negative outranking flow for each alternative, respectively.

Step 5: Calculation of net outranking flow/ The PROMETHEE II complete ranking

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad (6)$$

Where $\phi(a)$ denotes the net outranking flow for each alternative.

Figura 4. Algoritmo utilizado para a implementação do PROMETHEE II (Behzadian et al., 2009).

3 I RESULTADOS E PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

O algoritmo *PROMETHEE II* foi implementado no *Matlab*, e foi possível perceber que existe uma relação entre a CS com a CO criado, assim como ilustrado na Figura 5. Nota-se que três salas de ópera obtiveram a mesma classificação que a CS (*DS*, *TT* e *PS*) e cinco tiveram uma diferença de uma ou duas posições (*VS*, *SG*, *HS*, *BD* e *CC*).

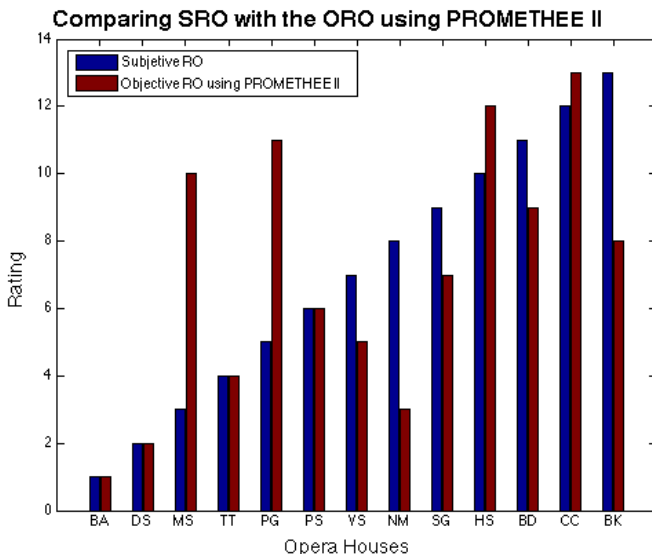


Figura 5. Classificação Objetiva criada utilizando o *PROMETHEE II*.

Na tentativa de obter a melhor classificação possível, um problema de otimização foi modelado. Como parâmetros de entrada, optou-se pela variação dos pesos (w_j , $j = 1, 2, \dots, 7$), e como função objetivo, optou-se por trabalhar com o somatório das diferenças entre a CS e a CO, dessa forma obteve-se:

$$f_{obj}(w_1, w_2, \dots, w_7) = \sum_{i=1}^N (c_{CS}(i) - c_{CO}(i))^2$$

Para avaliar a natureza da função objetivo, os pesos w_1 até w_5 foram fixados em 1, e variou-se os valores de w_6 e w_7 no intervalo de 0 até 1. A Figura 6 mostra este resultado para a função objetivo modelada. Devido a presença de quinais na f_{obj} , a aplicação de métodos determinísticos que utilizem o gradiente não puderam ser utilizados, e uma possibilidade encontrada foi a utilização do método Elipsoidal, o qual utiliza o cálculo do sub-Gradiente para achar a direção de busca.

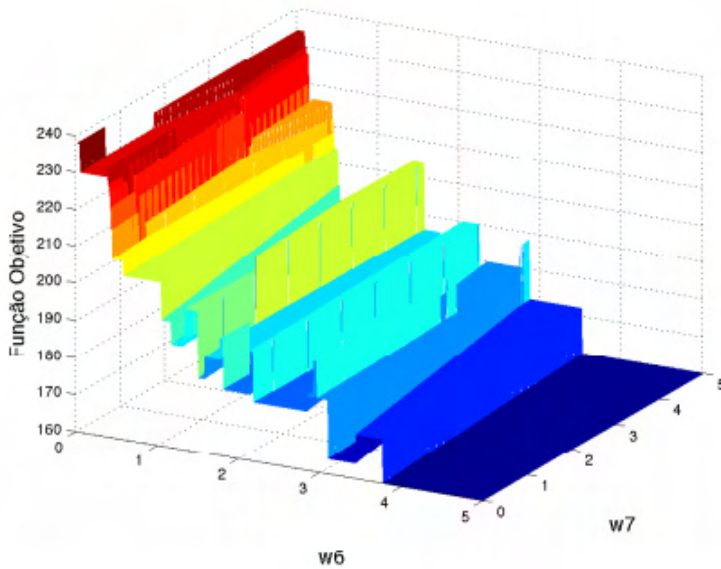


Figura 6. Função Objetivo considerando apenas as variações dos parâmetros w_6 e w_7 .

O algoritmo foi lançado considerando a variação de todos os parâmetros, porém se analisarmos a Figura 6 podemos ver a presença de semiplanos, e quando o algoritmo caía nestes subespaços o cálculo da derivada numérica (obtida a partir de pequenas variações em cada um dos eixos referentes aos critérios) retornava um valor nulo, o que interrompia seu processamento. Isto pode ser verificado na Figura 7, quando o algoritmo executou um número de 11 iterações.

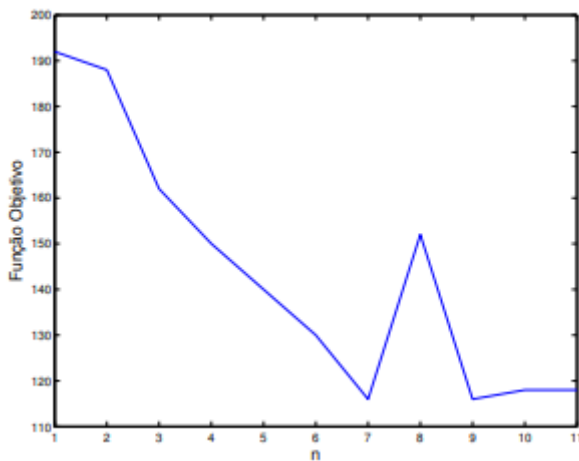


Figura 7. Histórico da Função Objetivo pelo número de iterações.

Outros fatores importantes que foram observados, foi que cada hora que o algoritmo era lançado, encontrava uma solução diferente. Tal ação pode ter sido causada pela característica multimodal da função objetivo, porém devido a alta dimensionalidade do problema, não foi possível concluir a veracidade desta suposição. Outro ponto, é que foi possível verificar que a função objetivo oscila, todavia é possível notar um ganho entre o valor inicial da função objetivo e o valor final, e foi isto que motivou o aprofundamento do método escolhido.

Para buscar um resultado melhor, incrementou-se o algoritmo de forma que diversos lançamentos sucessivos fossem efetivados, e um histórico do valor final da f_{obj} foi sendo armazenado, assim como a posição do vetor solução para os pesos.

O número de lançamentos foi sendo aumentado até que um ganho ocasionado por esta alteração não fosse percebido, e um bom número encontrado foi o de 3000 lançamentos. O resultado de tal análise está representado na figura 8.

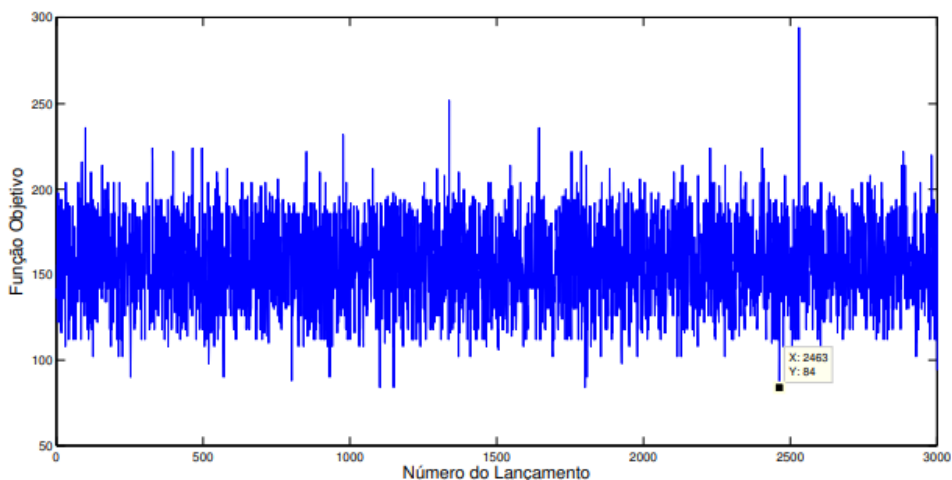


Figura 8. Histórico do valor final para a f_{obj} considerando um número de lançamentos igual a 3000.

Para esta análise, encontrou-se que o valor mínimo encontrado para a função objetivo foi: $f_{obj} = 84$.

Analisando a Figura 8 nota-se a presença de 4 lançamentos em que ocorreu este valor mínimo para a f_{obj} , porém em cada caso encontrou-se um vetor solução, mostrando que foram encontrados mais de um ponto de mínimo.

Desta forma obteve-se a classificação objetiva otimizada (COO), e seu resultado assim como uma comparação com as outras classificações estão representadas na Figura 9.

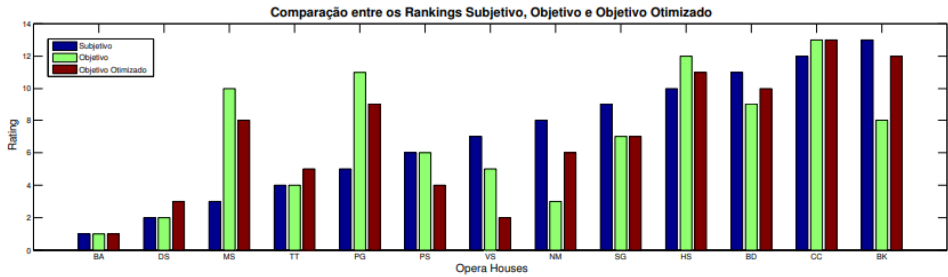


Figura 9. Comparação entre as Classificações Subjetiva (CS), Objetiva (CO) e Objetiva Otimizada (COO).

Outros critérios de implementação foram variados a fim de avaliar o resultado, os quais foram:

- Variação do intervalo de busca – o intervalo inicialmente fixado entre valores de 0 e 5, 0 e 1, 0 e 10 e 0 e 100, porém esta alteração não modificou os resultados.
- Variação do parâmetro σ – Este parâmetro, inicialmente fixado em 0.5 foi variado para valores iguais a 0.01, 0, 1, 0.3, 0.7, 0.9, 0.95 e 0.99, e percebeu que isto altera no melhor valor encontrado para a função objetivo, e os valor que geraram os melhores resultados foram os de 0.95 e 0.99. E para estes, teve-se que: $f_{obj} = 80$ e $w = [0.1983 \ 0.1038 \ 0.0082 \ 0.1270 \ 1.0000 \ 0.7559 \ 1.0000]$.

O último resultado obtido foi a inserção dos dados das outras 9 SO's que não foram incluídas no questionário realizado por Hidaka e Beranek (2000). A classificação das 22 salas, cujos parâmetros acústicos estão disponíveis em Beranek (2004), está apresentada na Figura 10.

Rating	Opera House	NOF
1	BA Teatro Colón, Buenos Aires	-
2	DS Semperoper, Dresden	-2.49
3	NM Metropolitan Opera, New York	-2.30
4	TT New National Theater, Tokyo	-2.00
5	VS Staatsoper, Vienna	-1.99
6	BE Erkel Theater, Budapeste	-1.08
7	PS Staatsoper, Prague	-0.92
8	EO Opera House, Essen	-0.86
9	RE Eastman Theater, Rochester	-0.26
10	TB Bunka Kaikan, Tokyo	-0.21
11	BS Staatsoper, Budapeste	0.24
12	SG Festspielhaus, Salzburg	0.47
13	NT Nissei Theater, Tokyo	0.55
14	AM Music Theater, Amsterdam	0.63
15	BK Komischeoper, Berlin	0.71
16	BD Deutscheoper, Berlin	0.78
17	WJ Opera House, Washington	0.79
18	MS Teatro alla Scalla, Milan	1.06
19	SO Opera House, Seattle	1.53
20	PG Opéra Garnier, Paris	1.70
21	HS Staatsoper, Hamburg	1.73
22	CC Civic Opera, Chicago	1.94

Figura 10. Classificação Objetiva Otimizada para as 22 salas de ópera cujos dados acústicos estão disponíveis em Beranek.

4 I CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Verificou-se que a utilização do algoritmo *PROMETHEE II* para a classificação objetiva de salas de ópera apresentou resultados consideráveis, pois gerou uma classificação com 4 posições iguais e com 5 salas de ópera apresentando diferença de até duas posições, de um total de 13 SO's em questão.

A utilização de um método de otimização para buscar uma classificação mais próxima do ranking subjetivo trouxe melhorias, pois diminuiu a discrepância na classificação de 4 salas de ópera (*MS*, *PG*, *NM*, e *BK*). Porém através da utilização do método de otimização Elipsoidal, não foi possível garantir que o ranking foi completamente otimizado, e se faz necessário o estudo de outros métodos de otimização e outras formas de modelagem da função objetivo, os quais ainda estão em estudo.

A criação de uma classificação incontestável não é possível, devido ao fato desta ser uma tentativa de quantificar parâmetros muitas vezes subjetivos, e que seu resultado é dependente de opiniões pessoais.

E mesmo com essas restrições, foi possível validar e aproveitar o principal resultado obtido, que foi a criação de uma classificação mediante apenas a avaliação de critérios objetivos, a qual é menos trabalhosa e pode ser estendida de forma simples a medida que mais salas de ópera entram em análise.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio financeiro da CAPES - Brasil.

NOMENCLATURA

<i>BQI</i>	Binaural Quality Index	SO	Sala de Ópera
CS	Classificação Subjetiva	n	Tempo discreto
CO	Classificação Objetiva	$c_{cs}(i)$	Posição da CS para SO(i)
COO	Classificação Objetiva Otimizada	$c_{co}(i)$	Posição da CO para SO(i)
<i>MCDM</i>	<i>Multi-Criteria Decision Making</i>	N	Número de salas de ópera (neste caso $N = 12$)
PO	Parâmetros Objetivos	w_1, w_2, \dots, w_7	Pesos para cada um dos 7 parâmetros acústicos
<i>RT</i>	<i>Reverberation Time</i>	i	Índice da SO

AUTORIZAÇÕES/RECONHECIMENTO

Os autores são os únicos responsáveis pelo material reproduzido nesse artigo.

REFERÊNCIAS

Behzadian, H., Kazemzadeh, R.B., Albadvi, A. e Aghdasi, M., 2009. “**Promethee: A comprehensive literature review on methodologies and applications**”. European Journal of Operational Research, Vol. 200, pp. 198–215.

Beranek, L.L., 2004. **Concert Halls and Opera Houses: Music, Acoustics, and Architecture**. Springer Verlag, New York.

Brans, J.P. e Vincke, P., 1986. “**A preference ranking organization method: (the promethee method for multiple criteria decision-making)**”. Management Science, Vol. 31, No. 6, pp. 647–656.

Hidaka, T. e Beranek, L.L., 2000. “**Objective and subjective evaluations of twenty-three opera houses in europe, japan and the americas**”. The Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 107, pp. 368–383.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Assimilação de dados 15, 16, 17, 19, 20, 21

C

Classificação objetiva otimizada 30, 38, 40, 41

D

Domain Name System (DNS) 47

Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) 46

F

Filtro de Kalman por conjunto 15

Firewall 43, 45, 46, 49, 50, 53, 54

Fórmula Horn-Mista 1

I

Internet 43, 44, 45, 46, 47, 48, 53, 54

M

Modelo atmosférico 15, 16

O

Otimização Elipsoidal 30, 40

P

PROMETHEE II 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 40

R

Rede neural artificial 15

S

Satplan 1, 2, 3, 4

ENGENHARIAS ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO:

O TERCEIRO PILAR

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

 Atena
Editora

Ano 2021

ENGENHARIAS ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO:

O TERCEIRO PILAR

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

 Atena
Editora

Ano 2021