

COMPARISON BETWEEN DIFFERENTIAL EVOLUTION AND SIMULATED ANNEALING ALGORITHMS APPLIED TO THE CONSTRUCTAL DESIGN OF THE DOUBLE-T SHAPED CAVITIES

G. V. Gonzales, L. A. Isoldi, L. A. O. Rocha, E. D. dos Santos e
A. J. Silva Neto

Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional - FURG

Outubro de 2018

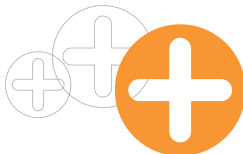


INSTITUTO FEDERAL
Fluminense



IPRJ
Universidade do Estado
do Rio de Janeiro





XXI **ENMC**
ENCONTRO NACIONAL DE
MODELAGEM COMPUTACIONAL

IX **ECTM**
ENCONTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE MATERIAIS



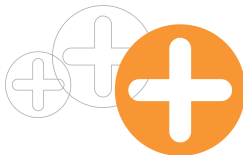
- 1 Introdução
 - Motivação e Objetivos
 - Breve Estado da Arte
- 2 Modelagem Matemática e Numérica
- 3 Otimização
 - Design Construtal
 - Configuração dos Algoritmos
- 4 Resultados
- 5 Conclusão
- 6 Referências
- 7 Agradecimentos



INTRODUÇÃO: MOTIVAÇÃO

s Com a miniaturização dos circuitos eletrônicos e desenvolvimento de dispositivos cada vez mais compactos, técnicas tradicionais de troca térmica por convecção forçada não são mais suportadas. Alternativas apontam para cavidades ou caminhos com material de alta condutibilidade.





XXI **ENMC**
ENCONTRO NACIONAL DE
MODELAGEM COMPUTACIONAL

IX **ECTM**
ENCONTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE MATERIAIS



INTRODUÇÃO: OBJETIVOS

- Otimizar parcialmente uma cavidade em forma de Duplo-T;
- Comparar os resultados de duas meta-heurísticas aplicadas ao problema
- Analisar diferentes parâmetros de cada algoritmo;
- Avaliar estatisticamente as diferenças entre os resultados da reprodução dos efeitos dos graus de liberdade sobre a geometria ótima e a temperatura máxima minimizada;
- Recomendar não só o algoritmo mas também a configuração de parâmetros mais adequada ao problema de otimização;

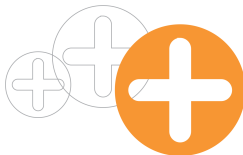


INSTITUTO FEDERAL
Fluminense



IPRJ
Universidade do Estado
do Rio de Janeiro





XXI **ENMC**
ENCONTRO NACIONAL DE
MODELAGEM COMPUTACIONAL

IX **ECTM**
ENCONTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE MATERIAIS



INTRODUÇÃO: BREVE ESTADO DA ARTE

- Cavidade em formato de "C" e "T" em Biserni et. al. (2004).
- Cavidade em forma de "H" em Biserni et. al. (2007).
- Cavidade em forma de "Y" em (Lorenzini et. al. (2011).
- Cavidade em forma de "Y" aplicação do Algoritmo Genético em Lorenzini et. al. (2014).
- Comparação entre aplicação do SA com GA na otimização da cavidade em forma de Y em Gonzales et. al. (2015a).
- Otimização parcial até 3 graus de liberdade da cavidade em duplo-T em Gonzales et. al. (2015b).

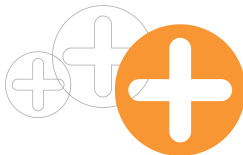


INSTITUTO FEDERAL
Fluminense



IPRJ
Universidade do Estado
do Rio de Janeiro





XXI ENMC
ENCONTRO NACIONAL DE
MODELAGEM COMPUTACIONAL

IX ECTM
ENCONTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE MATERIAIS



MODELAGEM MATEMÁTICA E NUMÉRICA

Hipóteses Simplificativas:

1. Regime Permanente
2. Geração uniforme de calor
3. Condutividade térmica constante
4. Domínio bidimensional

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + q''' = \rho C_p \frac{\partial \theta}{\partial t} \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{q'''}{k} = 0 \quad (2)$$



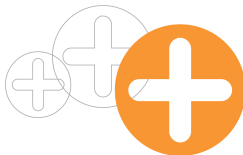
INSTITUTO FEDERAL
Fluminense



IPRJ
Universidade do Estado
do Rio de Janeiro



BÚZIOS
CONVENTION
& VISITORS BUREAU



XXI **ENMC**
ENCONTRO NACIONAL DE
MODELAGEM COMPUTACIONAL

IX **ECTM**
ENCONTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE MATERIAIS

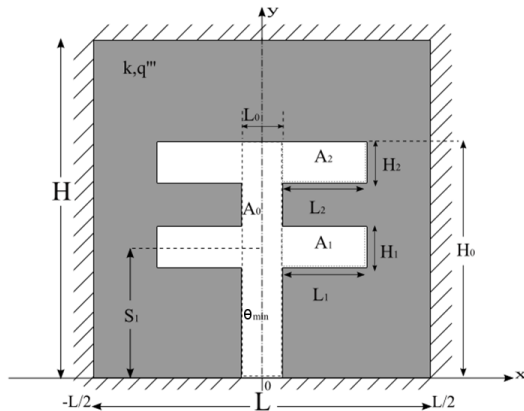


Figura: Domínio Computacional da Cavidade em Forma de Duplo-T.



INSTITUTO FEDERAL
Fluminense

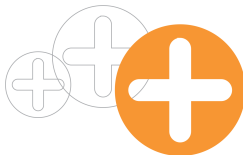


IPRJ
Universidade do Estado
do Rio de Janeiro



UESC





XXI **ENMC**
ENCONTRO NACIONAL DE
MODELAGEM COMPUTACIONAL

IX **ECTM**
ENCONTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE MATERIAIS



MODELAGEM MATEMÁTICA E NUMÉRICA

Restrições:

$$A = HL \quad (3)$$

$$A_c = A_0 + 2A_1 + 2A_2 \quad (4)$$

$$\phi_c = A_c/A \quad (5)$$



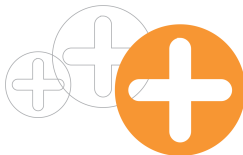
INSTITUTO FEDERAL
Fluminense



IPRJ
Universidade do Estado
do Rio de Janeiro



BÚZIOS
CONVENTION
& VISITORS BUREAU



MODELAGEM MATEMÁTICA E NUMÉRICA

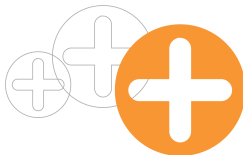
Adimensionalização do Problema:

$$\tilde{\theta} = \frac{\theta - \theta_{min}}{q''' \cdot \frac{A}{k}} \quad (6)$$

$$\tilde{x}, \tilde{y}, \tilde{H}_0, \tilde{H}_1, \tilde{H}_2, \tilde{L}_0, \tilde{L}_1, \tilde{L}_2, \tilde{H}, \tilde{L}, \tilde{S}_1 = \frac{x, y, H_0, H_1, H_2, L_0, L_1, L_2, H, L, S_1}{A^{1/2}} \quad (7)$$

$$\frac{\partial^2 \tilde{\theta}}{\partial \tilde{x}^2} + \frac{\partial^2 \tilde{\theta}}{\partial \tilde{y}^2} + 1 = 0 \quad (8)$$

$$\tilde{\theta}_{max} = \frac{\theta_{max} - \theta_{min}}{q''' \cdot \frac{A}{k}} \quad (9)$$



XXI ENMC
ENCONTRO NACIONAL DE
MODELAGEM COMPUTACIONAL

IX ECTM
ENCONTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE MATERIAIS



MODELAGEM MATEMÁTICA E NUMÉRICA

A função representada pela Eq. 9 é resolvida numericamente através da resolução da Eq. 8 para a determinação dos campos de temperatura em todo o domínio computacional para diferentes configurações de $(H, L, H_0, L_0, H_1, L_1, H_2, L_2$ e $S_1)$ e calculando o $\tilde{\theta}_{max}$ para minimizar o seu valor através da variação da configuração geométrica.

A solução numérica é dada pela aplicação do método de Elementos Finitos (FEM), baseado em elementos triangulares, desenvolvido no ambiente MATLAB[®], com o pacote PDE (partial-differential-equations) toolbox.

A malha utilizada é não-uniforme em ambos eixos x e y , e varia de uma geometria para outra. O tamanho é de 80649 mil elementos.



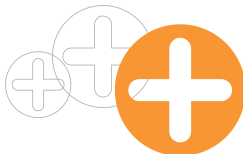
INSTITUTO FEDERAL
Fluminense



IPRJ
Universidade do Estado
do Rio de Janeiro



BÚZIOS
CONVENTION
& VISITORS BUREAU



XXI **ENMC**
ENCONTRO NACIONAL DE
MODELAGEM COMPUTACIONAL

IX **ECTM**
ENCONTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE MATERIAIS



OTIMIZAÇÃO

A metodologia de otimização aplicada neste trabalho utiliza-se do método Constructal Design associado as meta-heurísticas de Evolução Diferencial e Recozimento Simulado.

- **Constructal Desing:** para definição dos objetivos, restrições, graus de liberdade e espaço de busca.
- **Algoritmos de Otimização:** neste trabalho aplicamos os algoritmos de Evolução Diferencial e Recozimento Simulado para a obtenção das geometrias ótimas.
- **Comparação dos Resultados:** São utilizados os valores de média entre 30 execuções de cada algoritmo e comparados com os melhores resultados encontrados entre todas as rodadas.



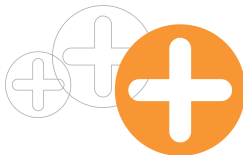
INSTITUTO FEDERAL
Fluminense



IPRJ
Universidade do Estado
do Rio de Janeiro



BÚZIOS
CONVENTION
& VISITORS BUREAU



Constructal Design

Definição dos Graus de Liberdade e Restrições:

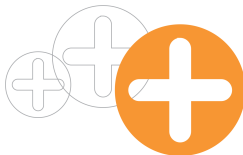
- Nove variáveis (H , L , H_0 , L_0 , H_1 , L_1 , H_2 , L_2 e S_1);
- Quatro restrições (A , A_c , A_1 e A_2);

$$\phi_c = A_c/A = \tilde{H}_0 \tilde{L}_0 + 2\phi_1 + 2\phi_2 \quad (10)$$

$$\phi_1 = \tilde{H}_1 \tilde{L}_1 \quad (11)$$

$$\phi_2 = \tilde{H}_2 \tilde{L}_2 \quad (12)$$

- Temos cinco graus de liberdade (H/L , H_0/L_0 , H_1/L_1 , H_2/L_2 e S_1/H_0) para o fechamento das equações;



XXI **ENMC**
ENCONTRO NACIONAL DE
MODELAGEM COMPUTACIONAL

IX **ECTM**
ENCONTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE MATERIAIS



Constructal Design

- Durante o processo de otimização, foram mantidos constantes os valores das restrições ($\phi_c = 0.1$, $\phi_1 = \phi_2 = 0.015$)
- O grau de liberdade H/L foi variado entre $0.3 \leq H/L \leq 30$
- Foram variados os graus de liberdade: H_0/L_0 , H_1/L_1 , H_2/L_2 e S_1/H_0 .



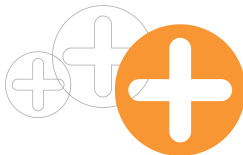
INSTITUTO FEDERAL
Fluminense



IPRJ
Universidade do Estado
do Rio de Janeiro



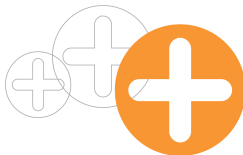
BÚZIOS
CONVENTION
& VISITORS BUREAU



Configurações dos Algoritmos

Tabela: Versões do Algoritmo Differential Evolution.

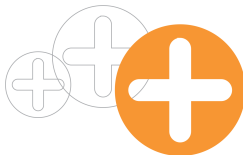
	DE1	DE2	DE3	DE4
F	1,5	2,0	1,5	2,0
Taxa Cruz.	0,7	0,9	0,7	0,9
Tipo	rand/1/bin	rand/1/bin	best/2/bin	best/2/bin
Iter	25 G x 20 I = 500	-	-	-



Configurações dos Algoritmos

Tabela: Versões do Algoritmo Simulated Annealing.

	SA_E	SA_B	SA_BE	SA_C1	SA_C2
C. Schedule	Exponencial	Boltz	BoltzExp	ConstExp1	ConstExp
StallIterLimit.	250	-	-	-	-
Reannealing	150	-	-	-	-
Iter	500	-	-	-	-



XXI **ENMC**
ENCONTRO NACIONAL DE
MODELAGEM COMPUTACIONAL

IX **ECTM**
ENCONTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE MATERIAIS



Resultados

Resultado...



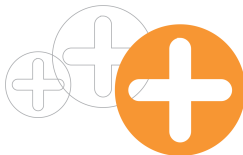
INSTITUTO FEDERAL
Fluminense



IPRJ
Universidade do Estado
do Rio de Janeiro



CONVENTION
& VISITORS BUREAU



XXI **ENMC**
ENCONTRO NACIONAL DE
MODELAGEM COMPUTACIONAL

IX **ECTM**
ENCONTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE MATERIAIS



Conclusão

Conclusão...



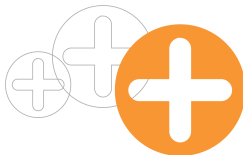
INSTITUTO FEDERAL
Fluminense



IPRJ
Universidade do Estado
do Rio de Janeiro



BÚZIOS
CONVENTION
& VISITORS BUREAU



XXI **ENMC**
ENCONTRO NACIONAL DE
MODELAGEM COMPUTACIONAL

IX **ECTM**
ENCONTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE MATERIAIS



Referências

Referências...



INSTITUTO FEDERAL
Fluminense



IPRJ
Universidade do Estado
do Rio de Janeiro



BÚZIOS
CONVENTION
& VISITORS BUREAU



XXI **ENMC**
ENCONTRO NACIONAL DE
MODELAGEM COMPUTACIONAL

IX **ECTM**
ENCONTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE MATERIAIS



Agradecimentos

Agradecimentos...



INSTITUTO FEDERAL
Fluminense



IPRJ
Universidade do Estado
do Rio de Janeiro



BÚZIOS
CONVENTION
& VISITORS BUREAU