

Mach2D sem volumes fictícios

Guilherme Bertoldo

4 de Dezembro de 2012

Conteúdo

1	Introdução	1
2	Aproximações para as condições de contorno	1
2.1	Aproximações envolvendo u	1
2.2	Aproximações envolvendo v	2
2.3	Aproximações envolvendo T	2
2.4	Aproximações envolvendo p	2
3	Parâmetros de entrada	2
4	Resultados	3
4.1	Código base - Mach2D-5.8.2.1-r108 (Branch: transient)	3
4.2	Código sem volumes fictícios - Mach2D-5.8.2.1-r164 (Branch: REAL)	3
4.3	Comparação dos resultados	3
5	Conclusões	4

1 Introdução

Este relatório apresenta alguns resultados obtidos com o código Mach2D-5.8.2.1-r164 (Branch: REAL), cuja principal característica é não utilizar volumes fictícios. A documentação do código é descrita em

Documentação do código Mach-2D.

Escoamento bidimensional externo sobre a parte frontal de um corpo de simetria plana ou axial.

Euler

Versão: 5.8.2.1

(Revisão - 004; Branch: REAL)

(3 de dezembro de 2012)

As condições de contorno aplicadas neste código são aproximações daquelas apresentadas na documentação. Tais aproximações foram utilizadas para simplificar a implementação e são descritas na próxima seção. As condições de contorno exatas serão implementadas em outra revisão.

Os resultados obtidos com o código Mach2D-5.8.2.1-r164 (Branch: REAL) serão comparados com os do código base Mach2D-5.8.2.1-r108 (Branch: transient), que utiliza volumes fictícios.

2 Aproximações para as condições de contorno

Somente as aproximações diferentes daquelas apresentadas na documentação serão comentadas nesta seção.

2.1 Aproximações envolvendo u

1. Contorno oeste

Utilizou-se a aproximação

$$u_w = u_p. \quad (1)$$

2. Contorno leste

Utilizou-se a aproximação

$$u_e = u_p. \quad (2)$$

2.2 Aproximações envolvendo v

1. Contorno leste

Utilizou-se a aproximação

$$v_e = v_p. \quad (3)$$

2.3 Aproximações envolvendo T

1. Contorno sul

Utilizou-se a aproximação

$$T_s = T_p. \quad (4)$$

2. Contorno oeste

Utilizou-se a aproximação

$$T_w = T_p. \quad (5)$$

3. Contorno leste

Utilizou-se a aproximação

$$T_e = T_p. \quad (6)$$

2.4 Aproximações envolvendo p

São idênticas às da temperatura.

3 Parâmetros de entrada

Os parâmetros de entrada são dados na Tab. 1. Os dados comuns a todas as simulações são apresentados nesta tabela. Além dessas informações, o corpo considerado no escoamento é um cone com semi-ângulo de 10° .

Tabela 1: Parâmetros numéricos de entrada

Simulation identification (up to 100 characters)	sim_id	
Number of real volumes in the csi direction	nx2	30
Number of real volumes in the eta direction	ny2	30
length of the elliptical x semi-axis (m)	la	2.9356409098089E+00
length of the elliptical y semi-axis (m)	lb	2.0000000000000E+00
length of the body (m)	lr	2.8356409098089E+00
base radius/semi-height of the body (m)	rb	5.0000000000000E-01
Kind of grid (1=uniform, 2=geometric progression, 3=power law)	kg	1
Kind of centroid mean (1=simple mean, 2=weighted mean)	kcm	1
Kind of coord. system (1=cylindrical, 0 = cartesian)	coord	1
width of the volume closer to the wall (m)	a1	1.0000000000000E-03
Exponent of the power law for the north boundary	akn	2.0000000000000E+00
Exponent of the power law for the south boundary	aks	1.0000000000000E+00
Maximum number of iterations for time cycle	itmax	500000
"Maximum number of iterations for the correction cycle"	itimax	1
Maximum number of iterations for mass cycle	imax	1
Number of iterations up to which dt = dt1	it1	100
Number of iterations from which dt = dt2	it2	300
Initial time step (s)	dt1	
Final time step (s)	dt2	
Maximum number of iterations for solving the linear systems for u, v and T	nitm_u	5
Maximum number of iterations for solving the linear system for p	nitm_p	5
Number of iterations to calculate the mean of the residuals	nit_res	1
Tolerance in the MSI for solving the linear systems for u, v and T	tol_u	1.0000000000000E-02
Tolerance in the MSI for solving the linear system for p	tol_p	1.0000000000000E-02
Tolerance for the sum of residuals	tol_res	1.0000000000000E-20
Frequency of printing in the listing file	wlf	1
1 = do not open result files, 0 = open	sem_a	1
0 = visualize the plot, 1 = do not visualize	sem_g	1
Frequency of writing data for graphics	w_g	1
1 = write the fields, 0 = do not	w_cam	0
Number of iterations up to which beta = beta1	itb1	300
Number of iterations from which beta = beta2	itb2	1000
Initial beta (UDS/CDS mixing constant (0=UDS, 1=CDS))	beta1	0.0000000000000E+00
Final beta (UDS/CDS mixing constant (0=UDS, 1=CDS))	beta2	0.0000000000000E+00
GF = gamma = Cp / Cv (for the free stream)	GF	1.4000000000000E+00
Perfect gas constant (J/kg.K)	Rg	2.8700000000000E+02
Free stream pressure (Pa)	PF	1.0000000000000E+05
Free stream temperature (K)	TF	3.0000000000000E+02
Free stream Mach number	MF	4.0000000000000E+00

4 Resultados

4.1 Código base - Mach2D-5.8.2.1-r108 (Branch: transient)

A Tab. 2 apresenta os resultados do conjunto de simulações S0117 feitas com o código base para diversos valores de Δt . Observa-se que o efeito do Δt aumenta com a redução deste.

Tabela 2: Resultados principais do conjunto de simulações S0117.

Sim.	nx	ny	it	tcpu	dt1	dt2	RAM	Cdfi	res	(SXX-S09)/S09
S01	30	30			1.0E+00	1.0E+00				
S02	30	30			5.0E-01	5.0E-01				
S03	30	30	500001	586.877	1.0E-01	1.0E-01	15.4	7.852045220515701E-02	3.58E-13	-2.5E-14
S04	30	30	500001	597.593	5.0E-02	5.0E-02	15.4	7.852045220515835E-02	2.59E-13	-8.1E-15
S05	30	30	500001	613.662	1.0E-02	1.0E-02	15.4	7.852045220515901E-02	5.13E-13	0.0E+00
S06	30	30	500001	621.251	5.0E-03	5.0E-03	15.4	7.852045220515901E-02	1.60E-13	0.0E+00
S07	30	30	500001	624.891	1.0E-03	1.0E-03	15.4	7.852045220515901E-02	1.61E-14	0.0E+00
S08	30	30	500001	625.243	5.0E-04	5.0E-04	15.4	7.852045220515902E-02	8.63E-15	0.0E+00
S09	30	30	500001	612.17	1.0E-04	1.0E-04	15.4	7.852045220515899E-02	1.37E-15	0.0E+00
S10	30	30	500001	599.317	5.0E-05	5.0E-05	15.4	7.852045220515898E-02	1.12E-15	0.0E+00
S11	30	30	500001	586.441	1.0E-05	1.0E-05	15.4	7.852045220515882E-02	1.55E-16	0.0E+00
S12	30	30	500001	568.168	5.0E-06	5.0E-06	15.4	7.852045220515595E-02	7.65E-16	-3.9E-14
S13	30	30	500001	553.303	1.0E-06	1.0E-06	15.4	7.852045220513727E-02	5.64E-17	-2.8E-13
S14	30	30	500001	544.502	5.0E-07	5.0E-07	15.4	7.852045220510701E-02	6.18E-17	-6.6E-13
S15	30	30	500001	510.996	1.0E-07	1.0E-07	15.4	7.852045220487590E-02	4.99E-17	-3.6E-12

4.2 Código sem volumes fictícios - Mach2D-5.8.2.1-r164 (Branch: REAL)

A Tab. 3 apresenta os resultados do conjunto de simulações S0118 feitas com o código sem volumes fictícios e utilizando os mesmos parâmetros de entrada do conjunto de simulações S0117.

Tabela 3: Resultados principais do conjunto de simulações S0118.

Sim.	nx	ny	it	tcpu	dt1	dt2	RAM	Cdfi	res	(SXX-S09)/S09
S01	30	30			1.0E+00	1.0E+00				
S02	30	30			5.0E-01	5.0E-01				
S03	30	30			1.0E-01	1.0E-01				
S04	30	30			5.0E-02	5.0E-02				
S05	30	30	500001	575.144	1.0E-02	1.0E-02	15.4	7.852045220517793E-02	2.39E-13	0.0E+00
S06	30	30	500001	595.109	5.0E-03	5.0E-03	15.4	7.852045220517796E-02	2.29E-13	0.0E+00
S07	30	30	500001	582.928	1.0E-03	1.0E-03	15.4	7.852045220517796E-02	1.70E-13	0.0E+00
S08	30	30	500001	580.208	5.0E-04	5.0E-04	15.4	7.852045220517793E-02	8.49E-14	0.0E+00
S09	30	30	500001	568.212	1.0E-04	1.0E-04	15.4	7.852045220517800E-02	1.05E-13	0.0E+00
S10	30	30	500001	567.019	5.0E-05	5.0E-05	15.4	7.852045220517800E-02	2.01E-14	0.0E+00
S11	30	30	500001	551.886	1.0E-05	1.0E-05	15.4	7.852045220517784E-02	1.20E-14	0.0E+00
S12	30	30	500001	552.347	5.0E-06	5.0E-06	15.4	7.852045220517602E-02	9.32E-16	-2.5E-14
S13	30	30	500001	548.678	1.0E-06	1.0E-06	15.4	7.852045220515451E-02	6.07E-17	-3.0E-13
S14	30	30	500001	546.474	5.0E-07	5.0E-07	15.4	7.852045220513340E-02	6.18E-17	-5.7E-13
S15	30	30	500001	508.728	1.0E-07	1.0E-07	15.4	7.852045220487161E-02	4.28E-17	-3.9E-12

4.3 Comparação dos resultados

As Tabs. 4 e 5 comparam, respectivamente, o coeficiente de arrasto invíscido frontal (Cdfi) e o tempo de CPU (tcpu) obtidos com o código base e com o novo código.

Tabela 4: Comparação de Cdfi das simulações S0117 e S0118.

Sim.	Cdfi (S0117)	Cdfi (S0118)	dif. rel.
S01			
S02			
S03	7.852045220515701E-02		
S04	7.852045220515835E-02		
S05	7.852045220515901E-02	7.852045220517793E-02	2.4E-13
S06	7.852045220515901E-02	7.852045220517796E-02	2.4E-13
S07	7.852045220515901E-02	7.852045220517796E-02	2.4E-13
S08	7.852045220515902E-02	7.852045220517793E-02	2.4E-13
S09	7.852045220515899E-02	7.852045220517800E-02	2.4E-13
S10	7.852045220515898E-02	7.852045220517800E-02	2.4E-13
S11	7.852045220515882E-02	7.852045220517784E-02	2.4E-13
S12	7.852045220515595E-02	7.852045220517602E-02	2.6E-13
S13	7.852045220513727E-02	7.852045220515451E-02	2.2E-13
S14	7.852045220510701E-02	7.852045220513340E-02	3.4E-13
S15	7.852045220487590E-02	7.852045220487161E-02	-5.5E-14

Tabela 5: Comparação do tcpu das simulações S0117 e S0118.

Sim.	tcpu (S0117)	tcpu (S0118)	dif. rel.
S01			
S02			
S03	586.877		
S04	597.593		
S05	613.662	575.144	-6.3%
S06	621.251	595.109	-4.2%
S07	624.891	582.928	-6.7%
S08	625.243	580.208	-7.2%
S09	612.17	568.212	-7.2%
S10	599.317	567.019	-5.4%
S11	586.441	551.886	-5.9%
S12	568.168	552.347	-2.8%
S13	553.303	548.678	-0.8%
S14	544.502	546.474	0.4%
S15	510.996	508.728	-0.4%

5 Conclusões

Comparando-se os resultados do código base com os do novo código, conclui-se que

1. O intervalo de dt para o qual há convergência é menor no novo código, o que pode ocorrer devido às aproximações das condições de contorno e suas implicações na diagonal dominância dos coeficientes dos sistemas lineares. Se estas aproximações fossem modificadas, talvez seria possível ampliar tal intervalo.
2. O comportamento do “efeito- dt ” para ambos os códigos é similar, isto é, com a redução de dt , aumenta-se a perturbação em Cdf.
3. Para todas as simulações realizadas, a diferença relativa entre Cdfi do código base e do novo código é da ordem de 10^{-13} , enquanto a diferença absoluta é da ordem de 10^{-14} .
4. Para sete dos 11 valores de dt simulados, o tempo de CPU do novo código foi cerca de 6% mais rápido.