ESTUDO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR USANDO O ABAQUS 6.12 STUDENT EDITION – CHAMINÉ COM VARIAÇÃO DE TEMPERATURA INTERNA E EXTERNA

1. INTRODUÇÃO

1.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA:

O Método dos Elementos Finitos aplicado à solução de problemas de campo

Durante o processo de solução de muitos problemas em Engenharia recai-se na solução de problemas de campos potenciais. Tais campos são governados pelas equações de Laplace e Poisson, podendo citar entre eles os problemas de condução de calor, distribuição do potencial elétrico ou magnético, fluxo em meios porosos, fluxo irrotacional de fluidos ideais, torção de barras prismáticas além de outros. Este tipo de problemas obedece a seguinte equação:

$\nabla\cdot\nabla\phi\equiv\textbf{0}$

onde o escalar Φ é conhecido como potencial escalar. Tal campo é conhecido como campo conservativo e, portanto, teremos:

$$\nabla \cdot \nabla \phi \equiv \nabla^2 \phi \equiv \mathbf{0}$$

Que demonstra que tal potencial escalar satisfaz a equação de Laplace. O estudo de campos de fluidos incompressíveis irrotacionais e campos gravitacionais são dois fenômenos para os quais o desenvolvimento acima, envolvendo a solução da equação de Laplace se aplica e trataremos de estudar um deles em detalhes: o problema de condução de calor em regime estacionário.

Com relação às condições de contorno que podem aparecer em problemas potenciais, podemos subdividi-las em Condições de Contorno de Dirichlet, Neumann e Cauchy, ou ainda, de primeira, segunda e terceira espécie, respectivamente. Para problemas submetidos a condições de contorno de Dirichlet, o valor do potencial é especificado na fronteira δB , ou seja:

Φ = *g* em δB

A especificação da voltagem no contorno no caso de um campo de condução elétrica e da temperatura no caso de um campo de condução de calor são exemplos desta condição de contorno. Na condição de contorno de Neumann a derivada normal do potencial é especificada no contorno, ou seja:

$$\frac{\partial \phi}{\partial n} = p \qquad \text{em} \qquad \partial \mathbf{B}$$

Condição de contorno cinemática de um campo de fluidos, no qual a componente normal da velocidade do fluido na fronteira deve ser igual à velocidade da fronteira é um exemplo da condição de contorno de Neumann. A condição de contorno de Cauchy ocorre quando o potencial e sua derivada normal obedecem a uma relação na forma:

$$\frac{\partial \phi}{\partial n} + \alpha \phi = -q \qquad \text{em} \qquad \partial \mathbf{B}$$

Tipicamente, esta condição ocorre quando existe uma camada resistente no contorno, como, por exemplo, quando existe uma camada metálica na fronteira no problema de condução de calor.

Problema da transferência de calor

Estamos interessados em determinar a distribuição de temperatura em um determinado sólido B. Em geral, as equações que governam a distribuição de temperaturas, tensões e deformações são acopladas, quer dizer, estas variáveis estão inter-relacionadas e devem ser determinadas simultaneamente. No entanto, em numerosos problemas práticos, a influência da tensão e deformação na distribuição de temperaturas é bastante pequena e geralmente pode ser deixada de lado. Desta maneira, quando da análise de um problema de tensões-deformações com efeitos térmicos, podemos como primeiro passo determinar, independente de outras variáveis a temperatura considerando o sólido como rígido. O segundo passo consistirá em determinar a distribuição de tensões e deformações no sólido quando submetido aos efeitos mecânico e térmico, sendo este último já conhecido.

Mecanismos de transferência de calor

Antes de abordarmos o problema de transferência de calor, devemos nos recordar que a energia calorífica se transfere de uma partícula para outra de uma certa matéria quando estas se encontram a diferentes temperaturas. Estas duas partículas podem ou não fazer parte de um mesmo sólido ou de um mesmo fluido, dependendo do sistema considerado. Teoricamente neste sistema deveríamos incluir não apenas o corpo em estudo, mas também todo o meio que o rodeia. Do ponto de vista prático, sempre será possível detectar uma região fechada de forma que a influência de todo o meio exterior possa ser deixada de lado. O mecanismo através do qual a transferência de calor se realiza entre as partículas depende da natureza (material) do sistema assim definido e mais especificamente da característica do material e do meio Método dos Elementos Finitos Aplicado à Engenharia de Estruturas Página 4 ambiente em que estas partículas se encontram. Podemos assim distinguir 3 modos de transferência de calor: condução, radiação e convecção.

Condução: entre duas partículas de um corpo sólido que estão a diferentes temperaturas, o calor se transfere através de condução, processo que tem lugar a nível atômico e molecular. A lei linear de condução de calor será dada por:

 $q = -K.\Delta.\theta$

onde:

K é o tensor de condutividade térmica;

Φ é o operador gradiente;

 Θ é a temperatura;

q é o vetor fluxo de calor.

Em particular, a densidade de fluxo por unidade de superfície de normal *n* será dada por:

 $q = q.n = -K.\Delta.\theta.n$

Sendo que q(P) nos indica a quantidade de calor que passa no ponto P por unidade de superfície orientada segundo a normal *n*. Observa-se que se q(P)<0 indica que está sendo retirada energia calorífica da parte do corpo limitado pela superfície normal. Esta lei foi estabelecida por Fourier baseada em observações elementares e atualmente podemos obtê-la por aplicação dos Princípios da Termodinâmica;

Radiação: se as partículas que trocam calor estiverem separadas por vazio, a transferência de calor não poderá se realizar através de condução, mas sim por radiação. Se as partículas estão separadas por um meio material também ocorrerá radiação, porém se este meio é um sólido ou um fluido esta radiação é desprezível. Já não ocorre o mesmo se o meio é um gás quando a transferência de calor por radiação pode ser importante. Algumas exceções ocorrem em sólidos como o quartzo e o vidro.

Convecção: Como vimos, em um fluido a transferência de calor se produz através dos mecanismos de condução e radiação, sendo em geral, o primeiro mecanismo predominante. Porém, se o fluido está em movimento ocorre um incremento na transferência de calor em virtude de porções deste fluido estarem a diferentes temperaturas mesmo que suficientemente próximas. Quando o movimento do fluido se deve exclusivamente à diferença de Método dos Elementos Finitos Aplicado à Engenharia de Estruturas Página 5 densidade pela diferença de temperatura, o processo é chamado convecção natural. Se o movimento do fluido se efetua por outro mecanismo, se chama convecção forçada.

Condução de calor em regime estacionário

Seja um corpo ocupando a região limitada e regular B do espaço euclidiano tridimensional pontual ξ , com densidade de energia calorífica **r** por unidade de volume prescrita ao corpo por radiação, com temperatura prescrita θ na fronteira $\partial B\theta$ com densidade de fluxo de calor q prescrita ao corpo por unidade de superfície ∂B - $\partial B\theta$

Pretende-se encontrar o campo de temperaturas q para o qual:



Onde é válida a seguinte equação constitutiva:

 $\boldsymbol{q} = -\boldsymbol{K}\nabla \boldsymbol{\theta}$

Determinação do campo de temperaturas

Pretende-se com este exemplo estudar a variação de temperatura em uma chaminé industrial constituída de um material que possui condutividade térmica de k=1.4W/m.K, como mostra a figura abaixo. A temperatura interna é Tg=100°C enquanto a temperatura externa é Ta=30°C com um coeficiente h=20W/m².K.



Figura 1. Esquema da chaminé a ser analisada

1.2. PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS

Como na figura:

1.3. PROPRIEDADES DO MATERIAL

Condutividade térmica = k = 1.4 W/m.K Coeficiente de transferência térmica = ho = 20 W/m².K Temperatura interna = Tg = 100° C = 373.15 K Temperatura externa = Ta = 30° C = 303.15 K

2. RESOLUÇÃO

O procedimento de resolução pode ser demonstrado no seguinte fluxograma (a ordem pode eventualmente ser quebrada em pontos específicos por conveniência):



2.1. INÍCIO DA ANÁLISE

- Se você ainda não iniciou o programa Abaqus/CAE, digite *cmd* no Menu Iniciar para abrir o Prompt de Comando e nele digite abq6122se cae para executar o Abaqus.
- Em Create Model Database na caixa Start Session que aparece, selecione With Standard/Explicit Model.

2.2. PRÉ-PROCESSAMENTO

- No menu Model à esquerda, clique com o botão direito em Model-1 e selecione Rename. Digite Chaminé.
- No menu Model à esquerda, dê duplo clique em Parts, no campo Name digite Chaminé, e selecione as opções: 3D, Deformable, Shell, Planar. Em approximate size digite 2. Clique em Continue...



 Clique em Create Lines: Rectangle (4 lines) na caixa de ferramentas e insira as seguintes coordenadas 0,0 – 0.6,0.6 – 0.2,0.2 – 0.4,0.4. Em seguida, desative a função Create Lines: Rectangle (4 lines) e clique em Done.



 Na caixa de ferramentas, clique em Partition Face: Sketch. Selecione a aresta externa direita. Na caixa de ferramentas selecione Create Lines: Connected e através dela particione a chaminé como na imagem. Clique em Done.



 No menu Model à esquerda, dê duplo clique em Materials. Na janela Edit Material. Selecione Thermal>Conductivity e digite 1.4 em Conductivity. Clique em OK.

Abaqus/CAE Student Edition 6.12-2 [Viewpo	rt 1]				
Eile Model Viewport View Matgria	I Section Prof	ile Composite Assign Special Feature Iools Plug-ins Help N?			
🗋 🗃 🖶 🖶 🛔 🗐 🎒 💋	$\oplus \mathcal{C} \cong \mathbb{R}$	L 🖸 11	🚺 🕐 🖤 🧶 🏷 🗥 🥂 🛄 🎭 Prope	nty defaults 🛛 🛨 🎒 👻	
Model Results Material Library	Module: Pro	perty 💌 Model: Chaminé 👻 Part: Chaminé 👻			
👹 Model Database 🛛 🔹 🐑 🍋 🦞	26 💷				1
Beneficial Particles Control Control Contro Control Contr	②金融副副報告 ● ● ● ■ ○ ■ ○ ■ ○ ■ ○ ■ ○ ■ ○ ■ ○ ■ ○ ■	Edit Material Renere Material 3 Description Material Bibacicus Genered Mechanical Diserred Description Genered Mechanical Description Gener			 .
Control of the second of		OK Canod	ļ		
<)					25 SIMULIA
À new model database has be The model "Model-1" has be	en created. m created.				

 No menu Model à esquerda, dê duplo clique em Sections. No campo Name: digite SeçãoChaminé, em Category selecione Shell, e em Type selecione Homogeneous. Clique em Continue...

Abaqus/CAE Student Edition 6.12-2 [Viewpo	ort: 1)				the second se		
Eile Model Viewport View Matgri	al Section §	Profile Composite Assign Special Feature Tools Plug-ins Help	n h ?				. Ø X
D 🗃 🖩 🖶 🛔 🎒 🎒 🕼	🕂 🕈 🔍	R 🖸 11 🗒 🗛 🗛 👘 🖓 🖓 中國 🖓 中國 🖓	⊾≣ Ø0∫) 👁 🛈 (🗢 📉 🗥 🥂 🐂 🔚 😭 Property	/ defaults 🔄 💋 🕶	
Model Results Material Library	Module:	Property Model: Chaminé Part: Chaminé					
👹 Model Database 🔹 🗘 🐑 🍋 🌾	1 2 00						¥
B Models (1)	1						
Chaminé	34. 50						
De Materials (1)							
Calibrations							
+ Profiles	-						
Assembly Steps (1)							
- Se Field Output Requests		Create Section					
History Output Requests	1	Name: SeçãoChaminé					
ALE Adaptive Mesh Constraints	1, 50	Category Type					
Interactions	2	Solid Homogeneous Solid Composite					
Contact Controls	+ 1	Beam Membrane					
Contact Initializations		Puid Surface General Shell Stiffness					
Constraints	-	© Other					
Connector Sections		Continue Cancel					
Po Amplitudes							
Loads	(XYZ) 📩						
Predefined Fields	÷, 🕹						
Remeshing Rules							
L Sketches							
Annotations							
⊟≣∳ Analysis □ , Jobs							
Adaptivity Processes							
Co-executions		Y					
		•					
		v					
							2.
e							źS SIMULIA
A new model database has h The model "Model-1" has be	een created en created	d.					
>>>							
-							

✓ Na janela Edit Section, digite 0.02 em Shell thickness: Value:, e clique em OK.

Absqus/CAE Student Edition 6.12-2 [Viewpo	rt 1]	A 11 10 (A)		8 - Î
Elle Model Viemport View Matgris	I Section Profile	mposite Assign Special Feature Iools Plug-ins Help 🎙?		×
🗋 🖓 📾 🖶 🛔 🏥 🎒 🎒 🕼	🕂 🅐 🔍 🖳 🖸	1↓ ▋ A & ► 📲 🖳 ဩ 그 빤 << 🖳 🏛 🗗 🗇 🚺 ! 🚺 👁 © ●	💌 🗂 🥂 🔚 🧱 Property defaults 🛛 🗐 🕶	
Model Results Material Library	Module: Property	Model: Chaminé Part: Chaminé		
👹 Model Database 🛛 🗧 🗮 🎭 🧐	22 📼			
B A Models (1)	* 📼			
B Parts (1)	311 100			- 1
⊕	- III			- 1
Calibrations Sections				- 1
Profiles	at. 100			- L
Assembly	ф. <u>са</u>	Edit Section		_
Field Output Requests		Name: SeçãoChaminé		_
History Output Requests		Type: Shell / Continuum Shell, Homogeneous		
Le Adaptive Mesh Constraints		Section integration: During analysis Before analysis		
Interactions	2	Basic Advanced		
Contact Controls	+ /	Thickness		
Contact Initializations		Shell thickness: Value: 0.02		
Constraints		Bernent distribution: F(x)		
Connector Sections Fields		Nodal distribution:		
Amplitudes		Material: Material-1 + E2		
- Eds Loads - Ens RCs	÷	Thickness integration rule: Simpson Gauss		_
Predefined Fields	<i>⇔</i> , ∧ ,	Thickness integration points: 5		
Remeshing Rules		Options: 🖕		
L Sketches		OK Cancel		
Annotations				
- Z Jobs				
Adaptivity Processes				
Optimization Processes				
		I		
		• • •		
x	- ×		¢S simul	.IA
A nev model database has be The model "Model-1" has be	en created. en created.			
333				
				100

 No menu Model à esquerda, abra Parts>Chaminé e dê duplo clique em Section Assignments. Selecione a chaminé por inteiro e clique em Done. Clique em OK.

Abaqus/CAE Student Edition 6.12-2 [Viewport: 1]	
E Ele Model Viewport View Material Section Profile Composite Assign Special Feature Tools	Plug-ins Help N?
I D 🚰 🖬 🖶 🌒 🕮 🕼 🕼 🖉 🖉 🕂 🔿 🧠 🏹 14 🗄 🗛 b 🛤 🛛 🕞 1	월 📜 1999 CA 🛯 🖳 1997 🗗 🚺 🕐 👁 👁 💌 🦳 🖓 🛸 poperty defaults 🚦 📾 🔹
Model Results Material Library Module Property V Model Charminé V Part Cha	int -
🝯 Model Database 🔄 🗘 🐑 🎭 😵	
Control of Contro	
Fill out the Edit Section Assignment dialog	js simu
A new model database has been created. The model "Model-1" has been created.	

 ✓ No menu Model à esquerda, abra Assembly, dê duplo clique em Instances e clique em OK na janela Create Instance.

Abaqus/CAE Student Edition 6.12-2 [Viewpo	t 1]					And in case of the local division of the loc		
Eile Model Viewport View Instanc	Constrair	it Feat <u>u</u> re <u>⊺</u> ools	Plug-ins Help N?					. 8 .
🗋 🗃 🖬 🖶 🛔 🎒 🎒 🞒	4 C 🖗	(🔍 🔯 11 🗆		< L 🖬 🗗 🗇 🗇	1	🗊 😑 📉 🐂 🥂 🖓 Asserr	nbly defaults 💽 🗊 🕶	
Model Results	Module:	Assembly •	Model: Chaminé • Step: Initial •					
👹 Model Database 🛛 🗘 🐑 🗞 🦉	14							. ¥
Models (1)	- B							
Chaminé	A							× .
🖯 📴 Parts (1)	2 14		Create Instance					-
B Chamine	₽₽ ©							
Sets (1)	IL In.		Perts					
Surfaces			Chaminé					
- 🏟 Skins	<u> 4</u>							
Stringers	-							
B Section Assignments (1)								
Le Orientations	 ,							
Composite Layups	(110)		Instance Type					
Be Mesh (Franty)	24		Dependent (mesh on part)					
Aterials (1)	···.		 Independent (mesh on instance) 					
S Calibrations			Note: To change a Dependent instance's					
8 Sections (1)			mesh, you must edit its part's mesh.					
Profiles			Auto-offset from other instances					
Assembly								
Resition Constraints			OK Apply Cancel					
- A Features								
🛃 Sets								
Ar Surfaces								
Connector Assignments								
Barring Features								
(s) of a Steps (1)								
Be History Output Requests								
Time Points								
- LE Adaptive Mesh Constraints								
Interactions								
Theraction Properties								
Contact Controls			Y					
Contact Initializations			+					
Constraints								
Connector Sections								
⊕ <i>F</i> Fields								
Po Amplitudes								•
Loads -		alle all Allen an arts das la ser	town from the distant					2
* +	· 💌 🤊	elect the parts to ins	tance from the dialog					₽S SIMULIA
A nev nodel database has be	en creat	ed.						
- the model model-1 Bas Dee	. create	-						
>>>								

 No menu model à esquerda, dê duplo clique em Steps. Digite Transferência de Calor no campo Name: e selecione Procedure type: General>Heat transfer. Clique em Continue... Na janela Edit Step, marque Steady-state em Response: e clique em Dismiss no aviso: "Deafult load variation with time has changed to Ramp linearly over step.". Clique em OK.

Abaqus/CAE Student Edition 6.12-2 [Viewp	ort: 1]						0X
Ele Model Viewport View Step	Qutput Othe	r Iools Plug-ins Help % ?					. Ø X
L) 🗃 🖩 🖶 🛔 🎒 🎒 💋	1 🕂 🔿 🔍	🔍 🖸 11 🗄 🗛 🕞 🛤	📲 🖻 🗖 🍽 🎯 📲	000) 📉 ") (" 🖁 🛄 🎲 Assem	bly defaults 💽 🗊 🕶	
Model Results	Module:	Step • Model: Chaminé • S	tep: 🗐 Initial 🐺				
👹 Model Database 🛛 🖢 💲 🍋 🍾	e 🚥 🛄						L L
Constitution Constate Constitution Constitution Constitution Const	加加 医黄色科	Create Step Nerre: [Trendencia de Calor Journ tree stay after Preseduer type: [General Dynamic, Explicit Dynamic, Explic					▲ . +
Loads							25 5 10 10 10
< · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		,					25 SIMULIA
The model "Model-1" has be	en created	a					

 No menu model à esquerda, dê duplo clique em Loads. Na janela Create Load selecione o Step Transferência de Calor, em Types for Selected Step selecione Surface heat flux e clique em Continue...

Abaqus/CAE Student Edition 6.12-2 - Mode	Database: C:\U:	sers\GustavoN\Dropbox\MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS\Aula 15 parte 1\Aula 15 parte 1.cae [Viewp	art 1)	
Eile Model Viewport View Load	BC Predefine	d Field Load Case Feature Tools Plug-ins Help N?		
🗋 🖸 🗃 🖬 🖶 🛔 🗐 🎒 🞒	+ C 🔍	토 🖸 11 🗄 🗛 R. 🛤 🔡 🖓 🖓 🎒	🚺 🕐 🐑 🧶 🏷 (* 🏪 🥅 🦣 Assembly defaults 🛛 🗐 🔹	
Model Results	Module:	.oad 🔮 Model: Chaminé 👻 Step: Transferência de Calor 👻		
Index Transition		ad Model Channel 9 Step Transference de Celor 9		.
	← X Fill	out the Create Load dialog		
The addel database recover	v operation	has completed.		μ3 3INOLΗ
The nodel database has bee	n saved to	"C:\Users\GustavoR\Dropbox\METODO DOS ELEMENTOS FIBITOS\kula 15 parte	l'Aula 15 parte 1.cae*.	

✓ Selecione toda a chaminé, clique em Done e então em Brown. Na janela Edit Load, digite 20 no campo Magnitude: e clique em OK.

Abaqus/CAE Student Edition 6.12-2 - Mod	del Database: C:\Users\GustavoN\Dropbox\METI	DDO DOS ELEMENTOS FINITOS\Aula 15 parte 1\Aula 15 parte 1.cae [Viewport	t 1)	
Eile Model Viewport View Load	BC Predefined Field Lgad Case Feature	e ∐ools Plug-ins ∐elp % ?		. e x
i 🗋 🗃 🖶 🖶 🛔 🎒 🎒 🎒	● ᠿ 🔍 🖸 💷 🗎 🗎		🚺 🕐 🜑 🗢 🚩 ") 🥂 🛼 🥅 🦣 Assembly defaults 💽 🗊 🔹	
Model Results	Module: Load • Model:	Chaminé 💌 Step: 🗄 Transferência de Calor 💌		
Model (Benatis) Model (Data) Characteristic (Data) Characterist	Model Codel Code	Cumid Beg Transfericci de Calor D		
< <u> </u>	, Fill out the Edit Load dialog			25 SIMULIA
The model database recover The model database has be	mry operation has completed. Nen saved to "C:\Users\GustavoN\I	prophox\MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS\&ula 15 parte 1	Naula 15 parte 1.cae".	
>>				

 No menu model à esquerda, dê duplo clique em BCs. Na janela Create Boundary Condition, altere o campo Name para *Temperatura Externa*, Step para Transferência de Calor e Types for Selected Step para Temperature. Clique em Continue....

Abaqus/CAE Student Edition 6.12-2 - Model	Database: C:\/	Users\GustavoN\Dropbox\MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS\Aula 15 parte 1	\Aula 15 parte Lcae [Viewport:	1]			and the later is			×
Ele Model Viewport View Load	BC Predefin	ned Field Load Case Feature Tools Plug-ins Help N?			_					
	+ ° <		🖳 🖽 🗗 🗇		D 🗢 💌 ") ("	🖪 🖬 🧱 Assem	bly defaults 💌	当 -		
Model Results	Module:	Load Model: Chaminé 👻 Step: Transferência de Calor								
👹 Model Database 🔄 🗘 🗈 🐁 🦃	ഥ 📰								L	
🗟 Models (1)									,	
Chamine Parts (1)	L								-	
De Materials (1)										
Calibrations	<u>us</u> 00	Create Boundary Condition	•							
+ Profiles	1. Ja	Name: Temperatura Externa								
Assembly Assembly Steps (7)	2	Sten: Transferência de Calor 💌								
Field Output Requests (1)		Procedure: Heat transfer								
History Output Requests	L	Category Types for Selected Step								
ALE Adaptive Mesh Constraints	072 +	Mechanical Temperature								
Interactions	+ +.	Fluid Connector material flow Submodel								
Contact Controls	÷2, ~.	Electrical/Magnetic Output	•							
Contact Initializations										
Contact Stabilizations										
Connector Sections										
Fields Amplitudes										
Loads (1)										
BC1 Predefined Fields		Continue Cancel	•							
Remeshing Rules										
Deptimization Tasks										
Annotations										
i∃‡≩ Analysis										
Adaptivity Processes										
Co-executions		Y								
- HA Optimization Processes		↑								
		è→ ×	· .							
			<u> </u>							
с п	← X Fi	II out the Create Boundary Condition dialog							2s simul	LIA
The model database recovery	operatio	n has completed.								
ine aogei database has been	h saved to	-C:\Users\Gustavow\DropDox\METODO DOS ELEMENTOS FIN	1105/Auta 15 parte 1/	auta 15 pa:	te 1.cae".					
>>>										
U										

 Selecione as arestas externas e clique em Done. Digite 303.15 no Campo Magnitude na janela Edit Boundary Condition e clique em OK.

Abaqus/CAE Student Edition 6.12-2 - Model	Database: C/	Users/GustavoN/Dropbox/MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS/Aula 15 par	te 1\Aula 15 parte 1.cae [Viewport:	1]					a mag	- 0 -×-
Elle Model Viewport View Load	BC Predefi	ned Field Lgad Case Feature Tools Plug-ins Help N?			_			_		. 8
	$+ c \sim$		S 4 11 14 16 16	000	D 🗢 📉 🗅 I	🗋 n 🛄 🏇 Assem	ibly defaults 💌	∰ -		
Model Results	Module	Load Model: Charminé Step: Transferência de C	alor 💌							
🝯 Model Database 💿 🗘 🗈 🍋 🦃	브 🖽		•					î		_
Models (1) Chaminé	L 📰		· · · ·							, – ,
(i) E Parts (1)	L									—
De Materials (1)	L									
8 Sections (1)		Fdit Roundary Condition								
Profiles	5.65	Name: Temperatura Externa								
(8) offer Steps (2)	4	Type: Temperature								
Field Output Requests (1) Br History Output Requests	R. 📥	Step: Transferência de Calor (Heat transfer)								
Time Points	L , L ,	Region: Set-1 📘								
ALE Adaptive Mesh Constraints	(112) ‡ ,	Distribution: Uniform 💓 f(x)								
钰 Interaction Properties	お人.	Magnitude: 303.15	14 C					•		
Contact Controls		Amplitude: (Ramp) 👻 Por								
Contact Stabilizations		Degrees of freedom: 11								
Constraints		OK Cancel	1					•		
⊕ <i>F</i> Fields										
Amplitudes B Loads (1)										
8 BCs (1)			•					•		
Predefined Fields			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·							
Remeshing Rules										
L Sketches			1					•		
Annotations										
Lobs										
Adaptivity Processes		Y								
T Optimization Processes		t t	<i>y</i>							
		• ×								
				_						
×	H X Fi	II out the Edit Boundary Condition dialog								25 SIMULIA
The model database recovery The model database has been	operation saved to	n has completed. "C:\Users\GustavoN\Dropbox\MÉTODO DOS ELEMENTOS I	/INITOS\Aula 15 parte 1\	Aula 15 pa	rte 1.cae".					
>>>										

 Repita para criar a condição de contorno da Temperatura Interna que possui magnitude de 373.15.

Abaqus/CAE Student Edition 6.12-2 - Model	Database: C/\	Jsers'iGustavoN\Dropbox\MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS\Aula 15 p	arte 1\Aula 15 parte 1.cae [Viewport:	1]			-		
Eile Model Viewport View Load	BC Predefin	ed Field Load Case Feature Iools Plug-ins Help N?		-	_				. E X
🗋 🗁 📾 🖶 👘 🎒 🎒	$\oplus $		오 🖣 🖬 🗗 🗇 🗇		D 🗢 📉 🗥	C' 🔥 🥅 🦣 Asserr	ibly defaults	- 🖽 -	
Model Results	Module:	Load • Model: Chaminé • Step: Transferência de	Calor 💌						
🚝 Model Database 🔄 🗘 🐑 🇞 🦞	ш 🛄		9			•		9	r L
🖓 🎎 Models (1)			100 B						, <u> </u>
(i) (in Parts (1)									-
De Materials (1)									
Calibrations		(- m)	· · · · ·						
+ Profiles	3, Ju	Condition							
B 🎎 Assembly	2	Name: Temperatura Interna							
Grad Steps (2) Field Output Requests (1)	-+=	Type: Temperature Stan: Transferância de Calos (Meat transfer)	100 B						
History Output Requests		Region: Set-2							
Time Points Ban ALE Adaptive Mesh Constraints		Distribution Uniform - 50							
Interactions	÷. Å.	Magnitude 27215							
Interaction Properties Contact Controls	⇔, ∧ .,	Anafarda (Pana)	•						
Contact Initializations		Ampicole (namp)							
Contact Stabilizations		Degrees of freedom: 11,							
E Connector Sections		OK Cancel	• •						
Fields									
🛱 🕒 <mark>8Cs (1)</mark>			· •						
Temperatura Externa Predefined Fields									
Da Remeshing Rules									
Optimization Tasks In Sketches			•						
Annotations									
🗎 🛢 🖡 Analysis									
Adaptivity Processes		Y	•						
BE Co-executions		•							
Optimization Processes		x	7						
			1 C						
									l de la constante de
									2.
(<) =) +		out the Edit Boundary Condition dialog							₽S SIMULIA
The addel database recovery The addel database has been	y operatio n saved to	n has completed. "C:\Users\GustavoN\Dropbox\MÉTODO DOS ELEMENTOS	FINITOS\Aula 15 parte 1\	kula 15 pas	te 1.cae".				
>>>									
1									

Na barra de contexto, em Module, selecione Mesh, e em Object, selecione Part. Na barra do menu principal, clique em Mesh>Element
 Type e selecione com o mouse toda a chaminé. Clique em Done, Abrirá a janela Element Type. Em Family, selecione Heat Transfer e em Geometric Order, selecione Linear. Clique em OK.

Abaqus/LAt student totion blaz-2 - Model File Model Viewport View Seed	Database: ChOsensioustavoniuropookime (ODO DOS ELEMENTOS HINTOS viula 15 parte 1/4/ula 15 parte 1/2/ae (viewport: 1)		
🗋 🗃 🖬 🖷 🛔 🗐 🎒 💋		🕐 🕐 🗧 🏹 🗥 🖓 Mesh defaults 🛛 🛛 💋 •	
Model Results	Module Mesh • Model: Chaminé • Object: Assembly Part: Chaminé •		
Model Bandhard Model Chatchards Model Chatchards The Chatch	Constant of the second of the setting. Determine the second of the second of the setting. Determine the second of		
The nodel database recovery	■ S st the data using the Element Type dalog operation has completed.	ан Парана (1997) дз.	SIMULIA
The model database has been	saved to "C:\Users\GustavoN\Dropbox\METODO DOS ELEMENTOS FINITOS\Aula 15 parte 1\Aula 1	15 parte 1.cae".	

 Na barra do menu principal, clique em Seed>Part e altere approximate global size para 0.04. Clique em OK.

Abaqus/CAE Student Edition 6.12-2 - Model	Database: C	Users\GustavoN\Dropbox\MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS\Aula 15 parte 1	Aula 15 parte 1.cae [Viewport: 1]		and it same that the same lines.			
🖲 Ele Model Viegport Yew Seed Mgch Adaptivity Festger Icols Plug-ins Help 💔								
L 2 2 = 5 ± ± ∰ # # +								
Model Results	Module:	Mesh Model: Chaminé Object: Assembly @ Part	Chaminé •					
Constantion Constanti	· [] · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	V Image: Control of						
к <u>п</u> э	← X s	et the data using the Global Seeds dialog				25 SIMULIA		
The model database processory operation has completed.								

Na barra do menu principal, clique em Mesh>Part. Aparecerá a pergunta "OK to mesh the part?", clique Yes. Perceba que a Chaminé fica na cor azul.



2.3. PROCESSAMENTO

No menu model à esquerda, dê duplo clique em Jobs e clique em OK.
 Abra Jobs (1), clique com o botão direito em Job-1 e clique em
 Submit. Nas janelas que se abrem, clique em OK e em Yes. Aguarde.



2.4. PÓS-PROCESSAMENTO

- No menu model à esquerda, em Jobs, clique com o botão direito em Job-1 e clique em Results. Na caixa de ferramentas, clique em Plot Contours on Undeformed Shape.
- Na barra de ferramentas no canto superior à direita, selecione HFL>Magnitude. Na barra de menus principal, clique em Viewport>Viewport Annotation Options... Na janela aberta, selecione a aba Legend. Clique em Set Font. Na nova janela, altere Size para 14. Clique OK nas duas janelas abertas.



 Na caixa de ferramentas, clique em Plot Symbols on Undeformed Shape.



 Na barra do menu principal, clique em File>Save As.... Dê um nome ao arquivo e clique em OK (É possível também salvar o arquivo com os resultados já calculados - job-1.odb).

Determinação do campo de tensões gerado pela variação de temperatura interna e externa

Muitas vezes estamos interessados em obter o campo de tensões do corpo gerado pelo campo de temperaturas devido a diferença de temperatura interna e externa. Temos um problema "termo-elástico" para solucionar. O programa ABAQUS nos permite solucionar o problema. A solução desse problema envolve a execução dos mesmos passos do problema apenas térmico, seguindo os passos a seguir:

- Altere Material-1, adicionando as características: Mechanical>Expansion [Expansion Coeff alpha = 1E-5] e Mechanical>Elasticity>Elastic [Young's Modulus = 2.1E9 / Poisson's Ratio = 0.15]
- ✓ Recrie Step Type: Coupled temp-displacement

- Recoloque as Temperaturas externa e interna (BCs) Type:
 Temperature
- Recoloque a condição de fluxo de calor (Loads) Type: Surface heat flux
- Apague a malha anterior e recrie uma nova malha de elementos (Mesh)
 Mesh>Element Type: Family: Coupled Temperature-Displacement,
 Geometric Order: Linear.

Abaqua CAE Student Edition 6.12-2 - Model Database: CWSers/Gustavo/NDropbox/METODO DOS ELEMENTOS FINITOS/Julia 15 parte 1 Aulo	x
🖲 Ele Model Viewport Yiew Seed Mgch Adoptivity Feature Tools Plug-ins Help 💔	
Model & Results Model & Mash U Model Channel U Object: O Assembly @ Part Channel U	
🗑 Model Database 🔮 🖒 🖄 🗞 🦃 Hara 🖿	
Image: Section 201 Image: Section 201 Image: Section	×
Image: Second product Table Signature Image: Table Signature	
The dot in the state has been obtained for analysis to the state of the st	ш. т

✓ Reprocessamento.



