**PROJETO – PROBLEMA 3.14 – LIVRO-TEXTO**

3.14) A Figura P3.14 mostra o corte de uma aleta retangular (seção transversal constante) de comprimento L = 0,3 m e espessura t = 0,01 m, que está discretizada com n + 1 nós equidistantes . O coeficiente de transferência de calor por convecção h é constante. A temperatura de um nó interno, , está relacionada com as temperaturas dos nós adjacentes da seguinte maneira:



onde  e p é o perímetro da seção transversal . A equação adequada para o nó  é dada por:





x





















Figura P3.14 – Corte de uma aleta retangular.

Para uma situação de convecção natural circundando a aleta, use . O material da aleta é o alumínio, portanto, apresentando . A temperatura da base é  e a temperatura do ambiente circundante é . Utilizando n = 10, monte o sistema de equações lineares para as temperaturas ao longo da aleta e obtenha a solução usando um dos métodos de solução de sistemas de equações não lineares apresentado neste capítulo. Apresente a resposta da forma de uma Tabela e de um gráfico . A solução obtida é precisa? Como seria possível verificar essa precisão em sua opinião?

**princ.f90**

! program directsolver

! programa principal para resolver eq lineares - metodo direto

!

 implicit real \*8 (a-h,o-z)

 parameter (np=100)

 dimension a(np,np),al(np,np),au(np,np),p(np,np)

 dimension x(np),b(np),z(np)

 common /constants/ c1,c2,c3,c4,tb

 open(unit=1,file='input.txt',status='old')

 open(unit=2,file='output.txt',status='unknown')

 open(unit=3,file='out-read.txt',status='unknown')

 open(unit=4,file='temp-x.txt',status='unknown')

!

! Leitura de dados

!

 read(1,\*)n,dl,tol\_ref,n\_inc

 write(3,\*)'n= ',n,' dl= ',dl,'tol\_ref=',tol\_ref,'n\_inc=',n\_inc

 pi=4\*atan(1.d0)

 write(\*,\*)'pi= ',pi

! Exercicio 3.14 - Livro Calculo Numerico Aplicado

!

 read(1,\*)rl

 write(3,\*)'rl= ',rl

 read(1,\*)th

 write(3,\*)'th= ',th

 read(1,\*)aa

 write(3,\*)'aa= ',aa

 read(1,\*)h

 write(3,\*)'h= ',h

 read(1,\*)rk

 write(3,\*)'rk= ',rk

 read(1,\*)tb

 write(3,\*)'tb= ',tb

 read(1,\*)tinf

 write(3,\*)'tinf= ',tinf

!----------------------------------------------------------------------------------

 write(3,\*)'--------Inicializacao da temperatura no fim da aleta para o 1o Nr de divisoes da malha-------------'

 write(3,\*)'--------Assume-se toda a aleta com temperatura igual a do ambiente-------------'

 tfim\_aleta\_ant=tinf

 write(3,\*)'tfim\_aleta\_ant= ',tfim\_aleta\_ant

!-------------Loop de refino de malha-----------------------

455 continue

!

! Calculo de parametros e coeficientes das equacoes

 write(3,\*)'\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*Calculo de parametros e coeficientes das equacoes\*\*\*\*\*\*\*\*\*'

 delta\_x=rl/n

 write(3,\*)'delta\_x= ',delta\_x

 per=2\*(aa+th)

 write(3,\*)'per= ',per

 ac=aa\*th

 write(3,\*)'ac= ',ac

 rm2=h\*per/rk/ac

 write(3,\*)'rm2= ',rm2

 write(3,\*)'--------coeficientes das equacoes dos nohs interiores-------------'

 c1=2.d0+rm2\*delta\_x\*\*2

 write(3,\*)'c1= ',c1

 c2=rm2\*delta\_x\*\*2\*tinf

 write(3,\*)'c2= ',c2

 write(3,\*)'--------coeficientes da equacao do noh n+1-------------'

 c3=h\*delta\_x/rk+1.d0+rm2\*delta\_x\*\*2/2

 write(3,\*)'c3= ',c3

 c4=h\*delta\_x/rk+rm2\*delta\_x\*\*2/2\*tinf

 write(3,\*)'c4= ',c4

! stop

!

 call matrix\_vector(n,np,a,b)

! Imprime matriz A e vetor b

 write(3,\*)'--------Matriz A e vetor b-------------'

 write(3,\*)'o vetor b(i) eh:'

 write(3,\*)'b(i)=', (b(i),i=1,n)

 write(3,\*)'a matriz a(i,j) eh:'

 do i=1,n

 write(3,\*)(a(i,j),j=1,n)

 enddo

! stop

! fatoracao LU

 do k=1,n

 al(k,k)=dl

 if (k.gt.1) then

 sum=0.d0

 do is=1,k-1

 sum=sum+al(k,is)\*au(is,k)

 enddo

 else

 sum=0.d0

 endif

 au(k,k)=(a(k,k)-sum)/al(k,k)

 do j=k+1,n

 if (k.gt.1) then

 sum=0.d0

 do is=1,k-1

 sum=sum+al(k,is)\*au(is,j)

 enddo

 else

 sum=0.d0

 endif

 au(k,j)=(a(k,j)-sum)/al(k,k)

 enddo

 do i=k+1,n

 if (k.gt.1) then

 sum=0.d0

 do is=1,k-1

 sum=sum+al(i,is)\*au(is,k)

 enddo

 else

 sum=0.d0

 endif

 al(i,k)=(a(i,k)-sum)/au(k,k)

 enddo

 enddo

! imprima a matriz l(i,j)

! write(\*,\*)'a matriz l(i,j) eh'

 write(2,\*)'a matriz l(i,j) eh'

 do i=1,n

! write(\*,\*)'linha ',i

 write(2,\*)'linha ',i

 write(2,\*)(al(i,j),j=1,n)

! write(\*,\*)(al(i,j),j=1,n)

 enddo

! imprima a matriz u(i,j)

! write(\*,\*)'a matriz u(i,j) eh'

 write(2,\*)'a matriz u(i,j) eh'

 do i=1,n

! write(\*,\*)'linha ',i

 write(2,\*)'linha ',i

 write(2,\*)(au(i,j),j=1,n)

! write(\*,\*)(au(i,j),j=1,n)

 enddo

! verificacao

! multiplicar l por u e obter a(i,j)

! write(\*,\*)'o produto de l por u eh a matriz p(i,j) abaixo'

 write(2,\*)'o produto de l por u eh a matriz p(i,j) abaixo'

 do i=1,n

 do j=1,n

 p(i,j)=0.d0

 do is=1,n

 p(i,j)=p(i,j)+al(i,is)\*au(is,j)

 enddo

 enddo

 write(2,\*)'linha ',i

! write(\*,\*)'linha ',i

 write(2,\*)(p(i,j),j=1,n)

! write(\*,\*)(p(i,j),j=1,n)

 enddo

! forward substitution

 do i=1,n

 if(i.gt.1) then

 sum=0.d0

 do is=1,i-1

 sum=sum+al(i,is)\*z(is)

 enddo

 else

 sum=0.d0

 endif

 z(i)=(b(i)-sum)/al(i,i)

 enddo

! backward substitution

 do i=n,1,-1

 if(i.lt.n) then

 sum=0.d0

 do is=i+1,n

 sum=sum+au(i,is)\*x(is)

 enddo

 else

 sum=0.d0

 endif

 x(i)=(z(i)-sum)/au(i,i)

 enddo

! solucao

! Imprime a solucao para n divisoes na aleta'

 write(3,\*)'--------Solucao para ', n,' divisoes na aleta-------------'

 do i=1,n

 write(2,\*)'a solucao e x(',i,')=',x(i)

 write(3,\*)'a solucao e x(',i,')=',x(i)

 enddo

!-------------Mesh refinement-------------

 write(3,\*)'--------Refino de malha-------------'

 tfim\_aleta=x(n)

 write(3,\*)'--------tfim\_aleta=',tfim\_aleta

 dtnorm=abs(tfim\_aleta-tfim\_aleta\_ant)/tfim\_aleta\_ant

 if(dtnorm.le.tol\_ref) then

 goto 300

 else

 tfim\_aleta\_ant=tfim\_aleta

 n=n+n\_inc

 goto 455

 endif

300 continue

 xpos=0.d0

 write(4,\*)xpos,tb

 do i=1,n

 xpos=xpos+delta\_x

 write(4,\*)xpos,x(i)

 enddo

 close (1)

 close (2)

 close (3)

 close (4)

 call system('wgnuplot dados.gnu') ! gráfico Temperaturas versus x

 stop

 end

!----------------------------------

**input.txt**

8 1.d0 1.d-4 2 ! n, dl, tol\_ref, n\_inc

0.3d0 ! rl = comprimento da aleta (m)

0.01d0 ! th = espessura da aleta

0.5d0 ! aa = largura da seção da aleta (m)

5.d0 ! h = coeficiente de convecção natural (W m^-2 K^-1)

100.d0 ! rk = condutividade térmica do material da aleta (W m^-1 K^-1)

373.15d0 ! tb = temperatura da base da aleta (K)

298.15d0 ! tinf = temperatura do ambiente (K)

**matrix\_vector.f90**

 subroutine matrix\_vector(n,np,a,b)

 implicit real \*8 (a-h,o-z)

!

! Calcula a matriz a e o vetor b do lado direito do sistema

!

 dimension a(np,np),b(np)

 common /constants/ c1,c2,c3,c4,tb

!------------------------------------------

 do i=1,n-1

!--------vector element in line i

 if(i.eq.1) then

 b(i)=-tb-c2

 else

 b(i)=-c2

 endif

!--------matrix elements in line i (1<=i<=n-1)

 if(i.eq.1) then

 a(i,i)=-c1

 a(i,i+1)=1.d0

 else

 a(i,i-1)=1.d0

 a(i,i)=-c1

 a(i,i+1)=1.d0

 endif

 enddo

!-----------vector element in line n

 b(n)=-c4

!--------matrix elements in line n

 a(n,n-1)=1.d0

 a(n,n)=-c3

 return

 end

!----------------------------------

**dados.gnu**

set data style linespoints

set grid

set xlabel 'Coordenada x'

set ylabel 'Valor da temperatura T(x)'

set title 'Distribuicao de temperatura na aleta - Exercicio 3.14 Livro-texto'

plot 'temp-x.txt'

pause -1