

GRAU en ARQUITECTURA TÈCNICA i EDIFICACIÓ

TALLER 1A. TRANSMISSIÓ DE CALOR EN UN EDIFICI

DEPARTAMENTS DE FÍSICA I DE MATEMÀTIQUES

EPSEB, OCTUBRE 2023

```
%%Netegem espai de treball i variables
clear all; close all;
clear variables;
clc
```

Paràmetres de la pràctica.

```
%%Parametres espacials
Lx=17;%mesura del mur [m]
Ly=12;%mesura del mur [m]
Lz=7;%mesura del mur [m]
MaxX=17; %Nombre de files de la base de la malla (cal que sigui >2)
MaxY=12; %Nombre de seccions de la base de la malla (cal que sigui >2)
MaxZ=7; %Nombre de seccions de l'altura de la malla (cal que sigui >2)
nC=4; %Interfície entre les capes nC i nC+1.
deltaX=Lx/MaxX; % [m]
deltaY=Ly/MaxY; % [m]
deltaZ=Lz/MaxZ; % [m]
deltaF=0.3; % [m] %Amplada del forjat entre les dues plantes.

%%Parametres referents als materials
kAir=0.24*3600; %conductivitat termica de l'aire [J/(m K h)]
kFus=0.21*3600; %conductivitat termica de la fusta [J/(m K h)]. Valors entre 0.13 i 0.29; prene
kMao=0.7*3600;%conductivitat termica del morter [J/(m K h)]
kVid=0.8*3600; %conductivitat termica del vidre [J/(m K h)]
kFor=1.0*3600; %conductivitat termica del formigó [J/(m K h)]
kGra=2.5*3600; %conductivitat termica del granit [J/(m K h)]
cpAir=1000; %Calor específic de l'aire
rhoAir=1.2; %Densitat de l'aire [kg/m^3]
dMur=0.3; %Gruix/espessor del mur exterior [m]
aMur=kMao/dMur/(rhoAir*cpAir)/deltaX; %Acoblament difusiu del material dels murs [1/h]
aFus=kFus/(rhoAir*cpAir)/deltaF^2; %Acoblament difusiu de la fusta entre plantes [1/h]
aAir=kAir/(rhoAir*cpAir)/deltaX^2; %Acoblament difusiu de l'aire [1/h]
aInf=0.000; %Acoblament difusiu del material del sol/terra
aSup=aAir; %Acoblament difusiu de la càmera de ventilació
%dSup=0.15; %Gruix/espessor de la coberta (si fos no aïllada) [m]
%aSup=kMao/dSup/(rhoAir*cpAir)/deltaX; %Acoblament difusiu del material de la coberta (si fos c

%%Parametres temporals
Tmax=24; %Temps total de la simulacio [h]
nDivHora=30; %Nombre de divisions per hora [1/h]
nFrames=Tmax*nDivHora; %Nombre de divisions temps total
Deltat=1/nDivHora; %Pas de temps [h]
```

```
%Parametres sobre temperatures
Tinf=0; %temperatura sol/terra (en realitat no s'utilitza) [°C]
%Tsup=30; %temperatura sostre/coberta [°C]
T0=21; %temperatura de base inicial a les MaxX*MaxY*MaxZ cel·les [°C]
Var0=1.0; %variació de la temperatura de base inicial [°C]
%TempSE=20; %temperatura nau SE contigua (constant) (en realitat no s'utilitza) [°C]
```

Conjunt de dades (temperatures externes a l'edifici).

```
%Escollim el conjunt de dades a utilitzar
%disp('Trieu una estacio: 1 (Hivern), 2 (Primavera), 3 (Estiu), 4 (Tardor)');
%NumEst = input('NumEst [1]= ');
%if isempty(NumEst)
%    NumEst = 1;
%end

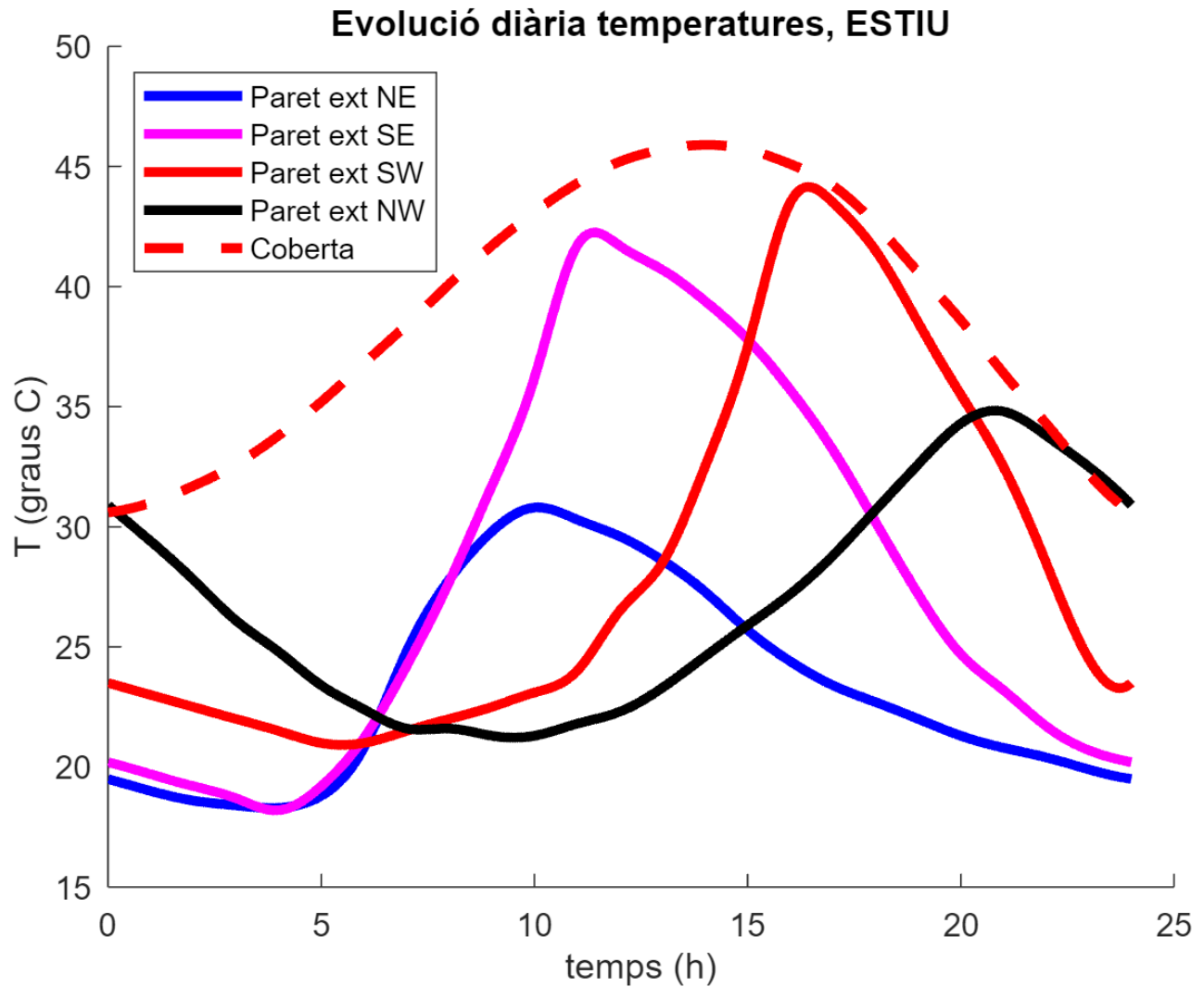
%Lectura de temperatures
%if NumEst==1 fileID = fopen('TempH21.dat','r'); end
%if NumEst==2 fileID = fopen('TempP21.dat','r'); end
%if NumEst==3 fileID = fopen('TempE21.dat','r'); end
%if NumEst==4 fileID = fopen('TempT21.dat','r'); end
fileID = fopen('Estiu23.dat','r');
formatSpec = '%f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f';
sizeA = [721 6];
A = fscanf(fileID,formatSpec,sizeA);
t=A(:,1);
TNE=A(:,2);
TSE=A(:,3);
TSW=A(:,4);
TNW=A(:,5);
TSup=A(:,6);
fclose(fileID);
%TSup=TSup-15;
```

Representació gràfica de les temperatures externes.

```

%%Grafica de l'evolució diària de temperatures
figure(1)
hold on
plot(t,TNE,'b-',t,TSE,'m-',t,TSW,'r-',t,TNW,'k-',t,TSup,'r--','linewidth',3)
xlabel('temps (h)')
ylabel('T (graus C)')
legend('Location','northwest')
legend('Paret ext NE','Paret ext SE','Paret ext SW','Paret ext NW','Coberta')
% if NumEst==1 title('Evolució diària temperatures, HIVERN'); end
% if NumEst==2 title('Evolució diària temperatures, PRIMAVERA'); end
% if NumEst==3 title('Evolució diària temperatures, ESTIU'); end
% if NumEst==4 title('Evolució diària temperatures, TARDOR'); end
title('Evolució diària temperatures, ESTIU');

```



Elecció d'una cel·la especial per a monitoritzar.

```
% disp('Escolliu les coordenades de la cel·la que vulgueu monitoritzar durant les 24h:');
% nxSp = input('X (entre 1 i 15) [8]= ','s');
% nySp = input('Y (entre 1 i 16) [8]= ','s');
% nzSp = input('Z (entre 1 i 5) [2]= ','s');
%
% if isempty(nxSp)
%     jxSp = 8;
% else
%     jxSp=str2num(nxSp);
% end
%
% if isempty(nySp)
%     jySp = 8;
% else
%     jySp=str2num(nySp);
```

```

% end
%
% if isempty(nzSp)
%     jzSp = 2;
% else
%     jzSp=str2num(nzSp);
% end
jxSp=9;
jySp=6;
jzSp=4;

```

Inicialització de fitxers de vídeo.

```

%Trieu quines capes voleu representar i comparar:
CapaA=4;
CapaB=5;
aviobjNE = VideoWriter('ParetNE.avi');
aviobjSE = VideoWriter('ParetSE.avi');
aviobjSW = VideoWriter('ParetSW.avi');
aviobjNW = VideoWriter('ParetNW.avi');
fnam=['Capa',num2str(CapaA),'.avi'];
aviobjCA = VideoWriter(fnam);
fnam=['Capa',num2str(CapaB),'.avi'];
aviobjCB = VideoWriter(fnam);
aviobjCD = VideoWriter('DiffCapes.avi');
aviobjNE.FrameRate=1;
aviobjSE.FrameRate=1;
aviobjSW.FrameRate=1;
aviobjNW.FrameRate=1;
aviobjCA.FrameRate=1;
aviobjCB.FrameRate=1;
aviobjCD.FrameRate=1;
open(aviobjNE);
open(aviobjSE);
open(aviobjSW);
open(aviobjNW);
open(aviobjCA);
open(aviobjCB);
open(aviobjCD);

```

Muntatge de la matriu del sistema.

```

%%Condicions inicials, vector de temperatures
nCells=MaxX*MaxY*MaxZ; %Nombre total de cel·les
for i =1:nCells
    b1(i)=T0+Var0*rand;%Assignacio d'un valor aleatori proper a T0 a les nCells cel·les
end

%Llegim els valors de les temperatures externes (murs exteriors, murs interiors, sol)
b1(nCells+1)=TSW(1);

```

```

b1(nCells+2)=TNW(1);
b1(nCells+3)=Tinf;
b1(nCells+4)=TSup(1);
b1(nCells+5)=TNE(1);
b1(nCells+6)=TSE(1);

%%Muntatge de la matriu de transmissio aa

%Inicialitzem la matriu
for i =1:nCells+6
    for j =1:nCells+6
        aa(i,j)=0;
    end
end

%Com que les dades externes son conegudes, les deixem invariants (no té
%efectes en el càlcul).
for i =nCells+1:nCells+6
    aa(i,i)=1;
end

%Col·loquem ara tots els coeficients significatius de la matriu
%Definim els contactes de les cel·les "interiors"

for ix = 1:MaxX
    for iy = 1:MaxY
        for iz = 1:MaxZ
            ord=(iy-1)*MaxX*MaxZ+(iz-1)*MaxX+(ix-1)+1;
            aa(ord,ord)=1;

            %Contacte estàndard (cel·la interior)
            vei(1)=ord-MaxX*MaxZ; alpha(1)=aAir;
            vei(2)=ord-1; alpha(2)=aAir;
            vei(3)=ord-MaxX; alpha(3)=aAir;
            vei(4)=ord+MaxX; alpha(4)=aAir;
            vei(5)=ord+MaxX*MaxZ; alpha(5)=aAir;
            vei(6)=ord+1; alpha(6)=aAir;

            %Contactes amb l'exterior
            if ix==1 vei(2)=nCells+2; alpha(2)=aMur; end %paret NW
            if ix==MaxX vei(6)=nCells+6; alpha(6)=aMur; end %paret SE
            if iy==1 vei(1)=nCells+1; alpha(1)=aMur; end %paret SW
            if iy==MaxY vei(5)=nCells+5; alpha(5)=aMur; end %paret NE
            if iz==1 vei(3)=nCells+3; alpha(3)=aInf; end %sol/terra
            if iz==MaxZ vei(4)=nCells+4; alpha(4)=aSup; end %sostre/coberta

            %Interfície entre les capes nC i nC+1.
            if iz==nC alpha(4)=aFus; end
            if iz==nC+1 alpha(3)=aFus; end
        end
    end
end

```

```

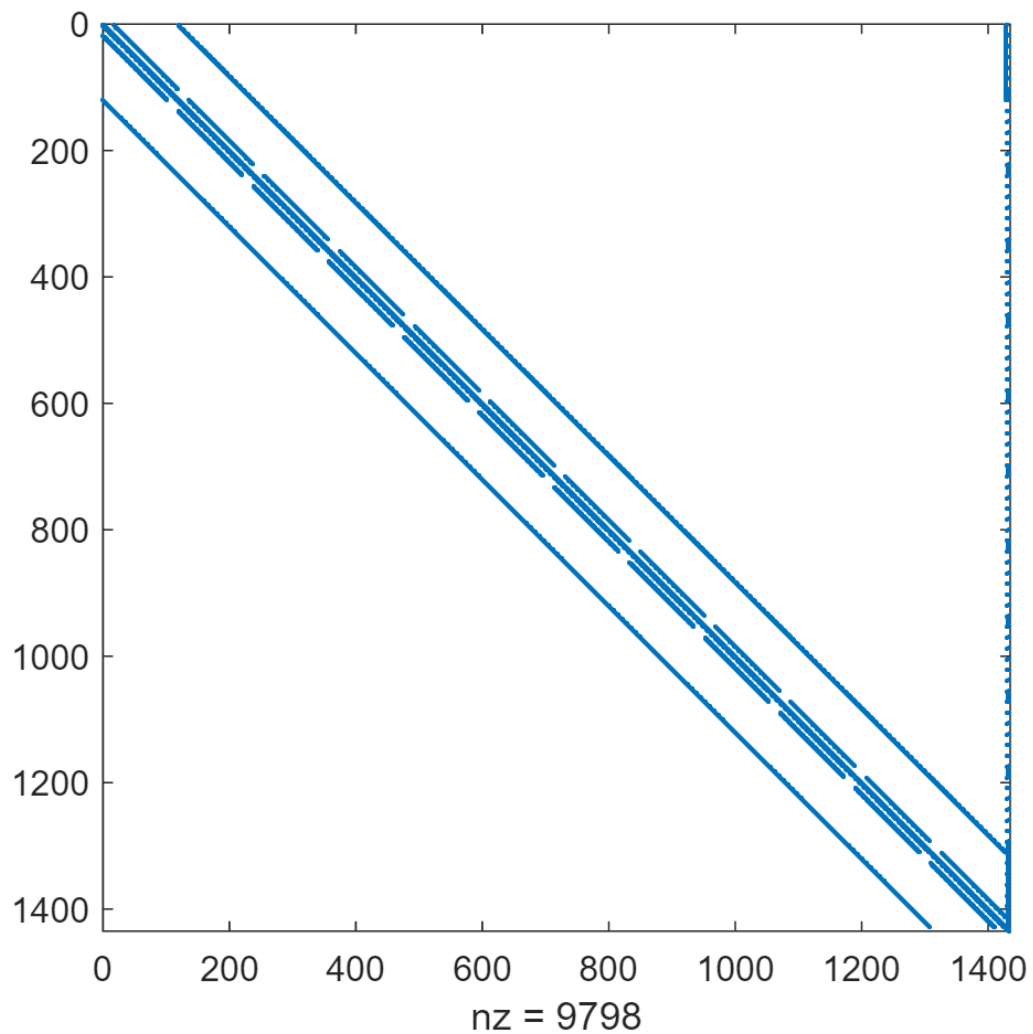
for jv=1:6
    aa(ord,vei(jv))=alpha(jv)*Deltat;
    aa(ord,ord)=aa(ord,ord)-alpha(jv)*Deltat;
end
end
end
end

```

```

%Si volem veure l'estructura de la matriu aa:
spy(aa)

```



```

%pause

```

```

%Per visualitzar el curs temporal de les temperatures externes o en una
%cel·la seleccionada. Mostrem també la temperatura a la paret sud externa:
jSp=(jySp-1)*MaxX*MaxZ+(jzSp-1)*MaxX+jxSp;
b1=b1';

```

```
CelSel(1,1)=0;  
CelSel(1,2)=b1(jSp);
```

Iteració de la matriu de transmissió i presentació de resultats.

```
for k=1:nFrames,  
    b=b1;  
    t=Deltat*k; %temps transcorregut  
  
    b1=aa*b;  
  
    %Llegim les temperatures externes actuals:  
    b1(nCells+1)=TSW(k+1);  
    b1(nCells+2)=TNW(k+1);  
    b1(nCells+3)=Tinf;  
    b1(nCells+4)=TSup(k+1);  
    b1(nCells+5)=TNE(k+1);  
    b1(nCells+6)=TSE(k+1);  
  
    %Enregistrem el valor de la temperatura a la cel·la escollida per  
    %representar  
    CelSel(k+1,1)=t;  
    CelSel(k+1,2)=b1(jSp);  
  
    % Emmagatzematge de les temperatures en una matriu tridimensional  
    for iOrd = 1:MaxX  
        for jOrd = 1:MaxY  
            for kOrd = 1:MaxZ  
                iPos=(jOrd-1)*MaxX*MaxZ+(kOrd-1)*MaxX+iOrd;  
                aTot(iOrd,jOrd,kOrd,k)=b1(iPos);  
            end  
        end  
    end  
  
    %Projeccio sobre la paret sud (S)  
    for kOrd = 1:MaxZ  
        for iOrd = 1:MaxX  
            iPos=(kOrd-1)*MaxX+iOrd;  
            SolSW(kOrd,iOrd)=b1(iPos);  
        end  
    end  
  
    %Projeccio sobre la paret oest (W)  
    for kOrd = 1:MaxZ  
        for jOrd = 1:MaxY  
            iPos=(jOrd-1)*MaxX*MaxZ+(kOrd-1)*MaxX+1;  
            SolNW(kOrd,MaxY-jOrd+1)=b1(iPos);  
        end  
    end  
end
```

```

%Projeccio sobre la paret nord (N)
for kOrd = 1:MaxZ
    for iOrd = 1:MaxX
        iPos=(MaxY-1)*MaxX*MaxZ+(kOrd-1)*MaxX+iOrd;
        SolNE(kOrd,MaxX-iOrd+1)=b1(iPos);
    end
end

%Projeccio sobre la paret est (E)
for kOrd = 1:MaxZ
    for jOrd = 1:MaxY
        iPos=(jOrd-1)*MaxX*MaxZ+(kOrd-1)*MaxX+MaxX;
        SolSE(kOrd,jOrd)=b1(iPos);
    end
end

%%Projeccio sobre les capes horitzontals CapaA i CapaB
%Projeccio sobre les capA horitzontal CapaA
for jOrd = 1:MaxY
    for iOrd = 1:MaxX
        iPos=(CapaA-1)*MaxX+(jOrd-1)*MaxX*MaxZ+iOrd;
        SolCA(jOrd,iOrd)=b1(iPos);
        iPos=(CapaB-1)*MaxX+(jOrd-1)*MaxX*MaxZ+iOrd;
        SolCB(jOrd,iOrd)=b1(iPos);
        SolCD(jOrd,iOrd)=SolCB(jOrd,iOrd)-SolCA(jOrd,iOrd);
    end
end

%Creacio de videos de l'evolucio de temperatures a cada paret interior i a
%la capa horitzontal 2.
if mod(k,nDivHora)==0

    [Cc,hh]=contourf(SolSW);
    hold on
    clabel(Cc,hh);
    caxis=[0,30];
    FSW=getframe;
    hold off
    writeVideo(aviobjSW,FSW);

    [Cc,hh]=contourf(SolNW);
    hold on
    clabel(Cc,hh);
    caxis=[0,30];
    FNW=getframe;
    hold off
    writeVideo(aviobjNW,FNW);

```

```

    [Cc,hh]=contourf(SolNE);
    hold on
    clabel(Cc,hh);
    caxis=[0,30];
    FNE=getframe;
    hold off
    writeVideo(aviobjNE,FNE);

    [Cc,hh]=contourf(SolSE);
    hold on
    clabel(Cc,hh);
    caxis=[0,30];
    FSE=getframe;
    hold off
    writeVideo(aviobjSE,FSE);

    [Cc,hh]=contourf(SolCA);
    hold on
    clabel(Cc,hh);
    caxis=[0,30];
    FCA=getframe;
    hold off
    writeVideo(aviobjCA,FCA);

    [Cc,hh]=contourf(SolCB);
    hold on
    clabel(Cc,hh);
    caxis=[0,30];
    FCB=getframe;
    hold off
    writeVideo(aviobjCB,FCB);

    [Cc,hh]=contourf(SolCD);
    hold on
    clabel(Cc,hh);
    caxis=[0,30];
    FCD=getframe;
    hold off
    writeVideo(aviobjCD,FCD);
end

% Creacio dels panells horaris amb les projeccions de les 4 parets
% cardinals i d'alguna capa horitzontal.
if floor(t)<10
    fnam=['ParetsInteriors-Temps0',num2str(floor(t)),'.jpg'];
    fnam2=['CapaHoritzonal-Temps0',num2str(floor(t)),'.jpg'];
else
    fnam=['ParetsInteriors-Temps',num2str(floor(t)),'.jpg'];
    fnam2=['CapaHoritzonal-Temps',num2str(floor(t)),'.jpg'];
end

```

```

if mod(k,nDivHora)==0
    figure(200+k);
    %S
    subplot(2,2,1);
    imshow(FSW.cdata);
    title('Paret int SW');
    %W
    subplot(2,2,2);
    imshow(FNW.cdata);
    title('Paret int NW');
    %S
    subplot(2,2,3);
    imshow(FNE.cdata);
    title('Paret int NE');
    %N
    subplot(2,2,4);
    imshow(FSE.cdata);
    title('Paret int SE');
    %CapaA
    %subplot(2,2,3);
    %imshow(FCA.cdata);
    %title(['Capa ',num2str(CapaA)]);
    %Descriptors
    str = sprintf('t=%.1f h', t);
    sgtitle(str);
    hold off;
    saveas(200+k,fnam,'jpeg');
    close(gcf)
end

%%Per treure les 5 gràfiques en l'instant concret de temps
%%(k-1)/nDivHora hores
if k==181

    figure(1001)
    [Cc,hh]=contourf(SolSW);
    hold on
    clabel(Cc,hh);
    caxis=[0,30];
    title('Paret SUD-OEST');
    xlabel('x')
    ylabel('z')
    hold off
    saveas(gcf,'ParetSWexemple.png')

    figure(1002)
    [Cc,hh]=contourf(SolNW);
    hold on
    clabel(Cc,hh);

```

```

caxis=[0,30];
title('Paret NORD-OEST');
xlabel('-y')
ylabel('z')
hold off
saveas(gcf,'ParetNWexemple.png')

figure(1003)
[Cc,hh]=contourf(SolNE);
hold on
clabel(Cc,hh);
caxis=[0,30];
title('Paret NORD-EST');
xlabel('-x')
ylabel('z')
hold off
saveas(gcf,'ParetNEexemple.png')

figure(1004)
[Cc,hh]=contourf(SolSE);
hold on
clabel(Cc,hh);
caxis=[0,30];
title('Paret SUD-EST');
xlabel('y')
ylabel('z')
hold off
saveas(gcf,'ParetSEexemple.png')

figure(1005)
[Cc,hh]=contourf(SolCA);
hold on
clabel(Cc,hh);
caxis=[0,30];
title(['Capa ',num2str(CapaA)]);
xlabel('x')
ylabel('y')
hold off
saveas(gcf,'CapaAexemple.png')
end
if k==361
figure(2006)
[Cc,hh]=contourf(SolCA);
hold on
clabel(Cc,hh);
caxis=[0,30];
title(['Capa ',num2str(CapaA)]);
xlabel('x')
ylabel('y')
hold off

```

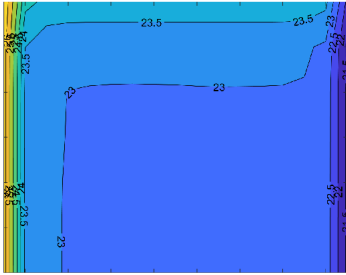
```

        saveas(gcf, 'CapaA-06h-AireFast.png')
    end
    if k==361
        figure(2012)
        [Cc,hh]=contourf(SolCA);
        hold on
        clabel(Cc,hh);
        caxis=[0,30];
        title(['Capa ',num2str(CapaA)]);
        xlabel('x')
        ylabel('y')
        hold off
        saveas(gcf, 'CapaA-12h-AireFast.png')
    end
    if k==541
        figure(2018)
        [Cc,hh]=contourf(SolCA);
        hold on
        clabel(Cc,hh);
        caxis=[0,30];
        title(['Capa ',num2str(CapaA)]);
        xlabel('x')
        ylabel('y')
        hold off
        saveas(gcf, 'CapaA-18h-AireFast.png')
    end
    if k==nFrames
        figure(2024)
        [Cc,hh]=contourf(SolCA);
        hold on
        clabel(Cc,hh);
        caxis=[0,30];
        title(['Capa ',num2str(CapaA)]);
        xlabel('x')
        ylabel('y')
        hold off
        saveas(gcf, 'CapaA-24h-AireFast.png')
    end
end
end

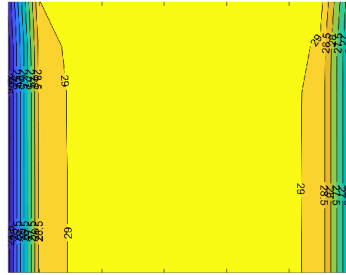
```

t=1.0 h

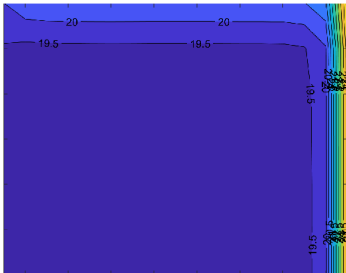
Paret int SW



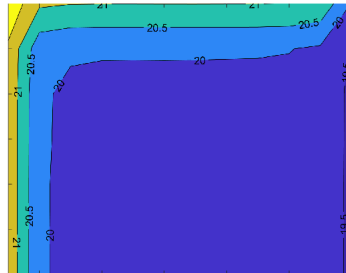
Paret int NW



Paret int NE

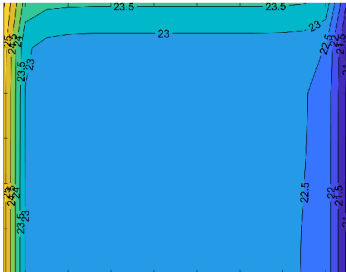


Paret int SE

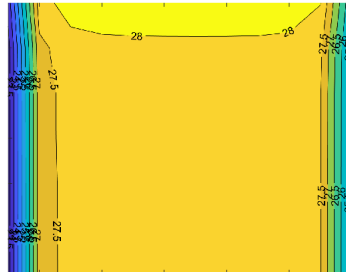


t=2.0 h

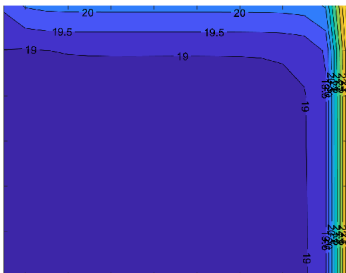
Paret int SW



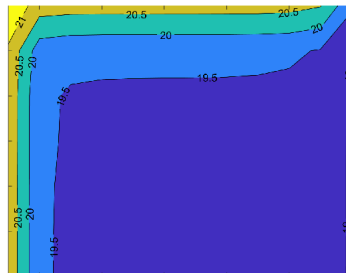
Paret int NW

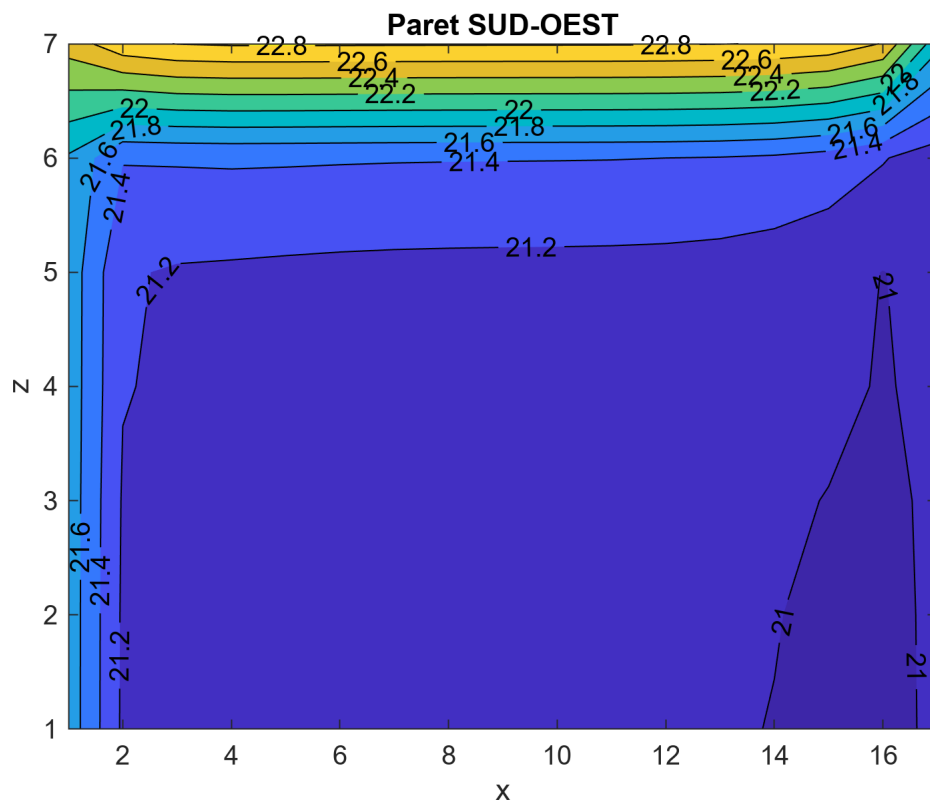
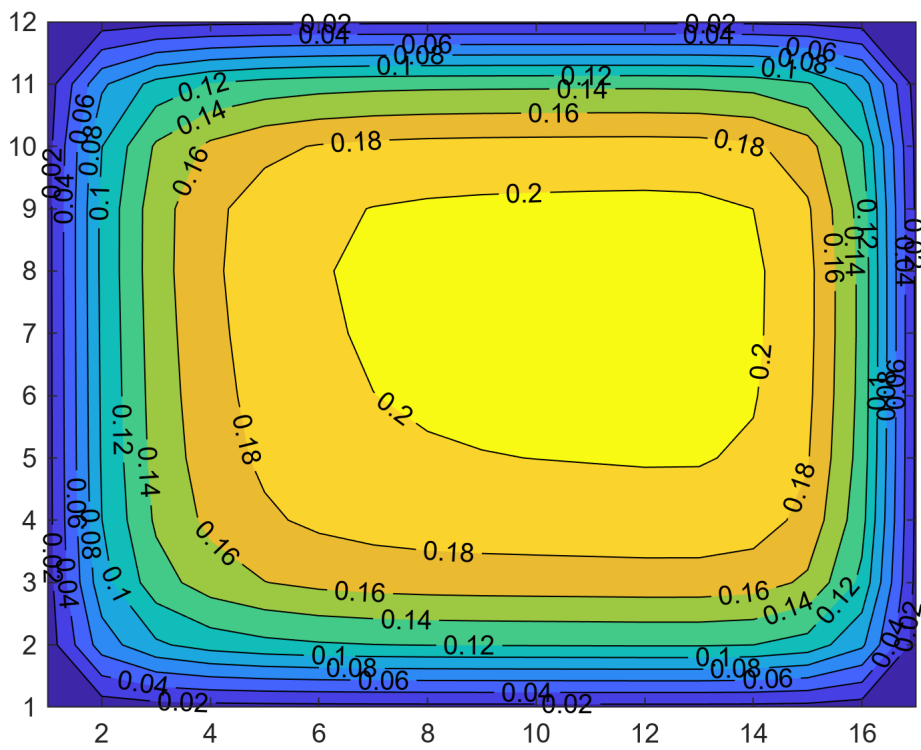


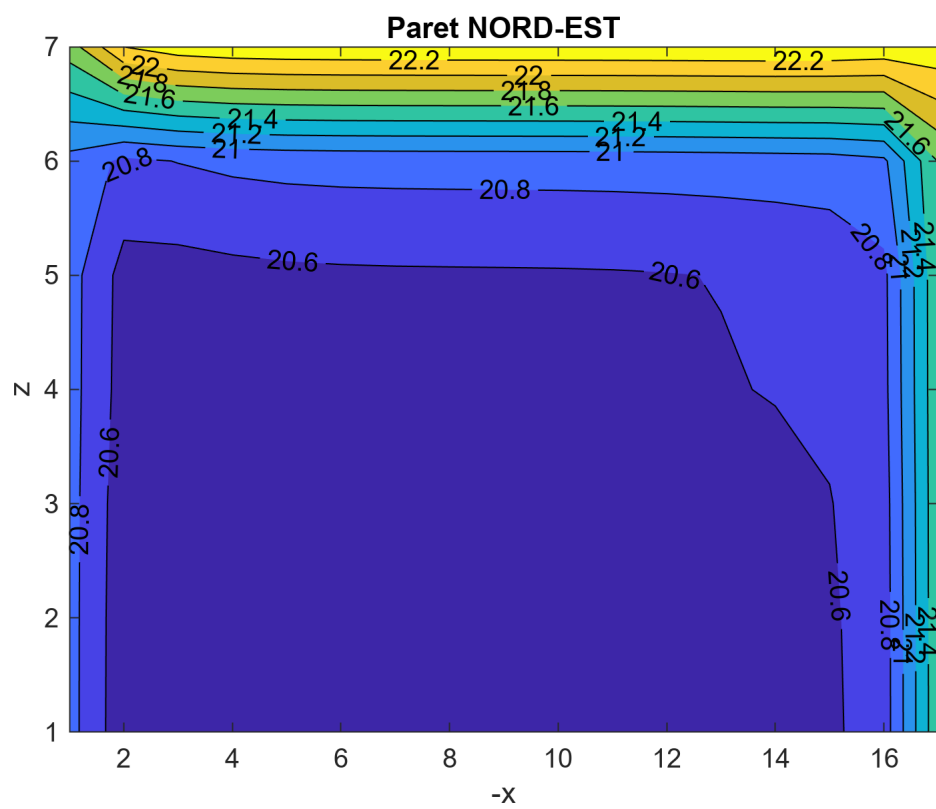
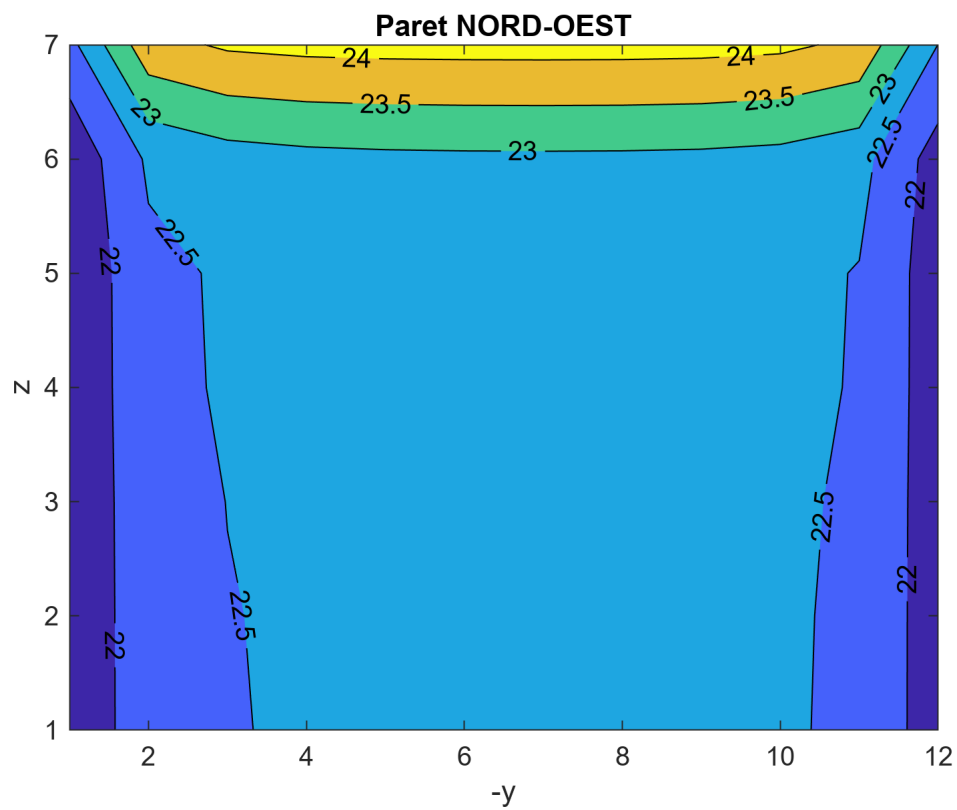
Paret int NE

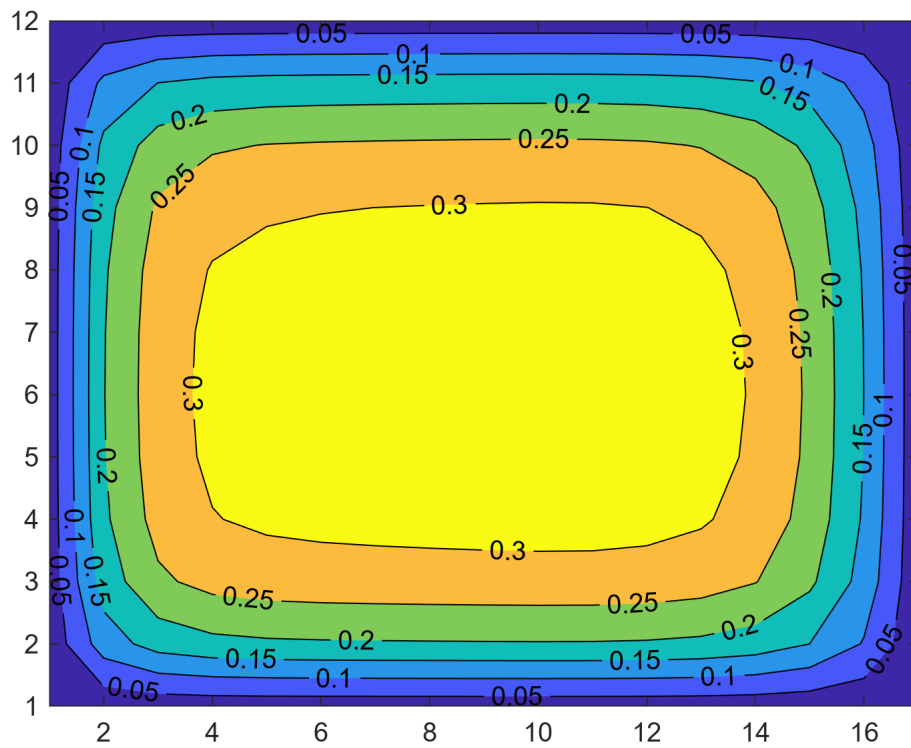
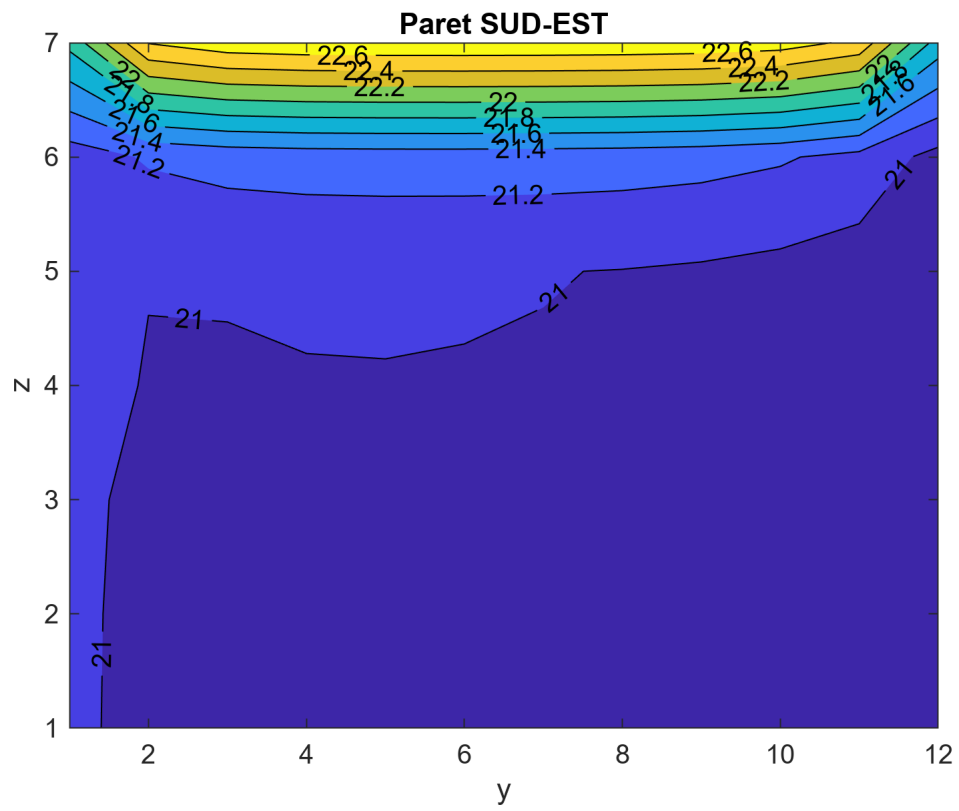


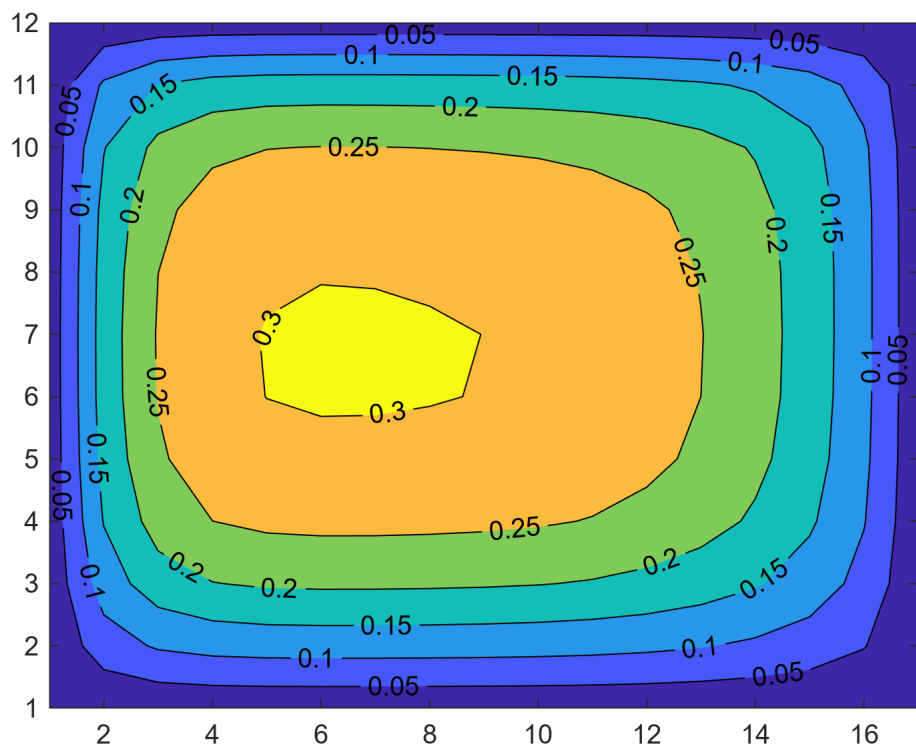
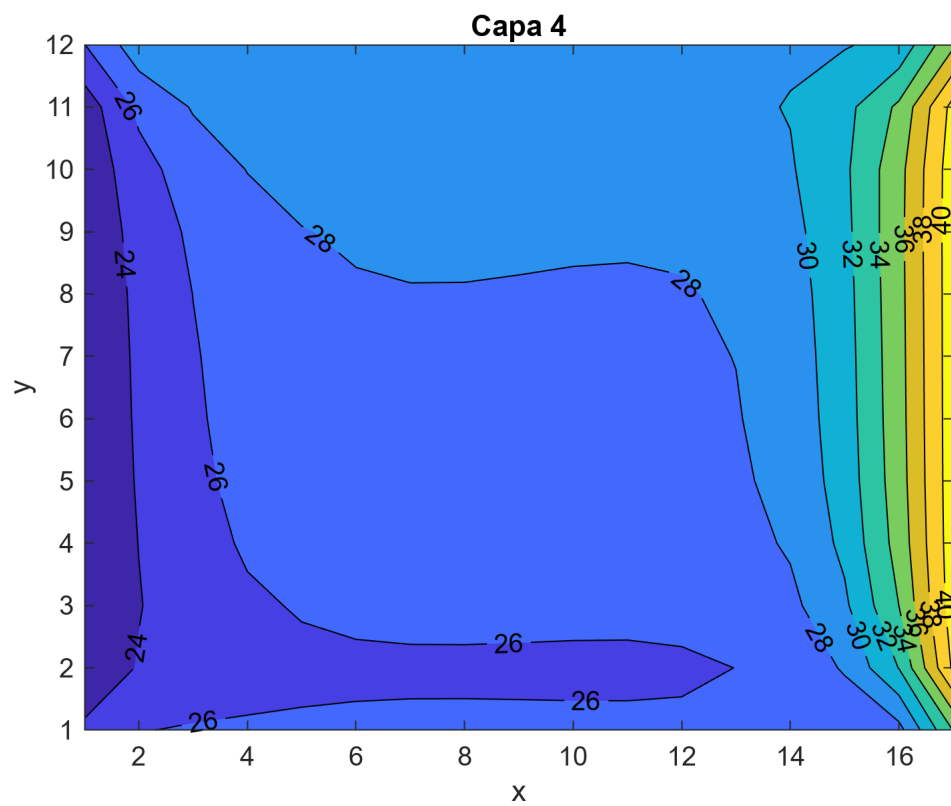
Paret int SE

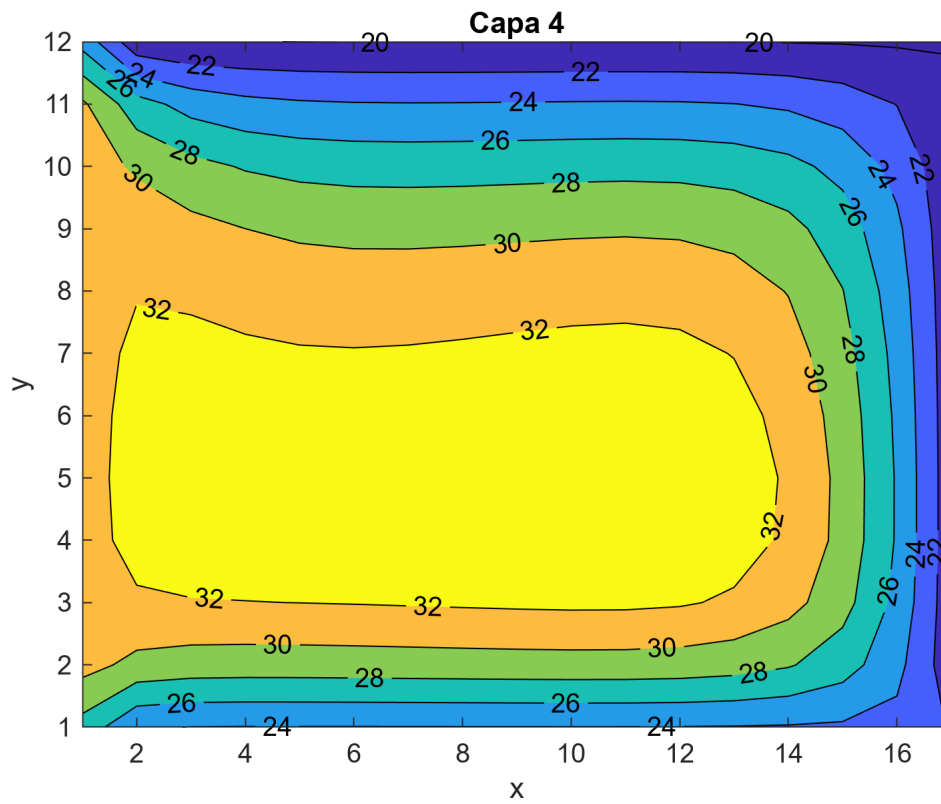
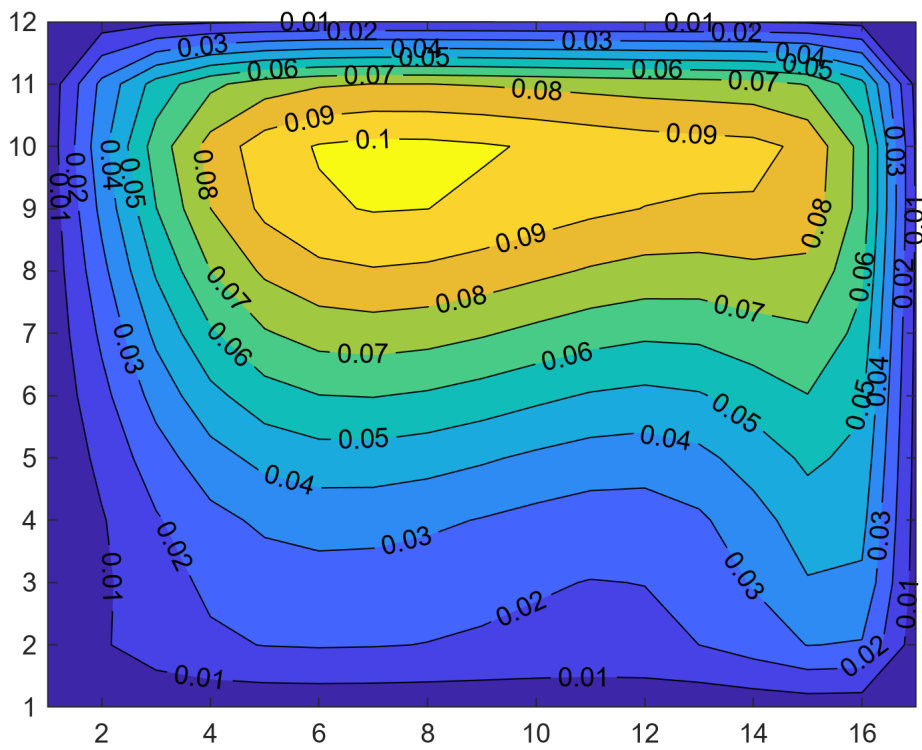










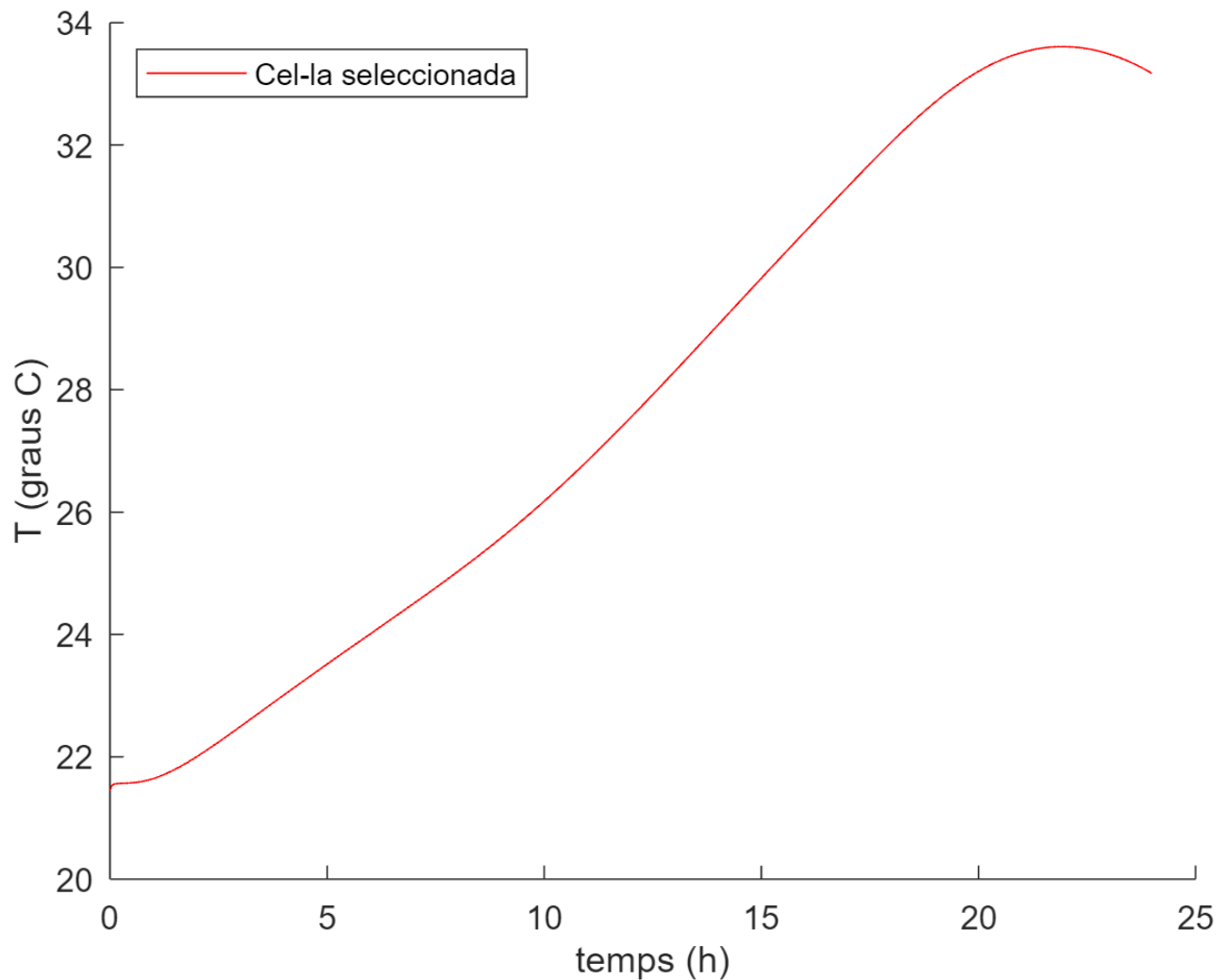


```
close(aviobjSW);
close(aviobjNW);
close(aviobjNE);
```

```
close(aviobjSE);  
close(aviobjCA);  
close(aviobjCB);  
close(aviobjCD);
```

Representació gràfica i valors estadístics.

```
%Representem el perfil temporal de la cel·la escollida:  
figure(101)  
hold on  
plot(CelSel(:,1),CelSel(:,2),'r')  
xlabel('temps (h)')  
ylabel('T (graus C)')  
legend('Location','northwest')  
legend('Cel·la seleccionada')  
hold off
```



```
% nFrames+1 es el nombre d'instants de temps considerats.
```

```
% La matriu CelSel conté nFrames+1 files (instants de temps) i 2 columnes  
% (temps i temperatura)
```

```
% Per tant, la temperatura al cap de 6 hores serà:  
CelSel(nFrames/4+1,2)
```

```
ans = 24.0123
```

```
CelSel(nFrames/2+1,2)
```

```
ans = 27.5517
```

```
CelSel(3*nFrames/4+1,2)
```

```
ans = 32.0492
```

```
CelSel(nFrames+1,2)
```

```
ans = 33.1703
```

```
% La mitjana de les temperatures a la cel·la seleccionada serà:  
mean(CelSel(:,2))
```

```
ans = 27.8077
```