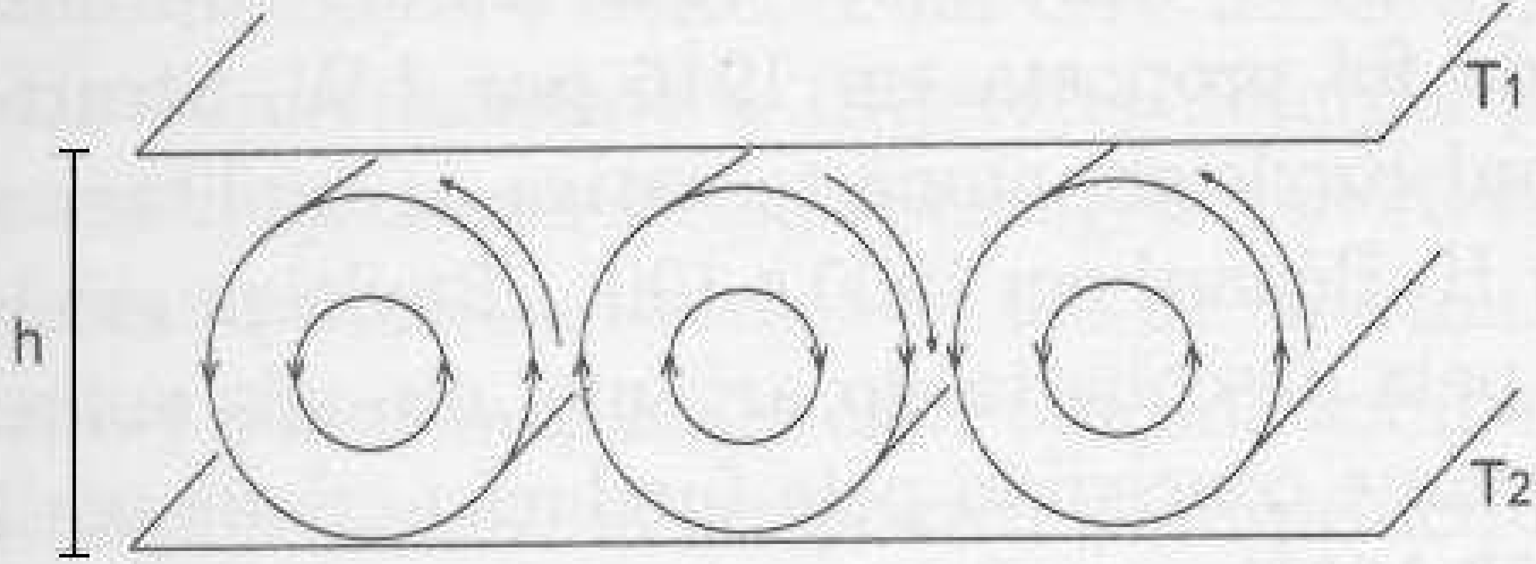
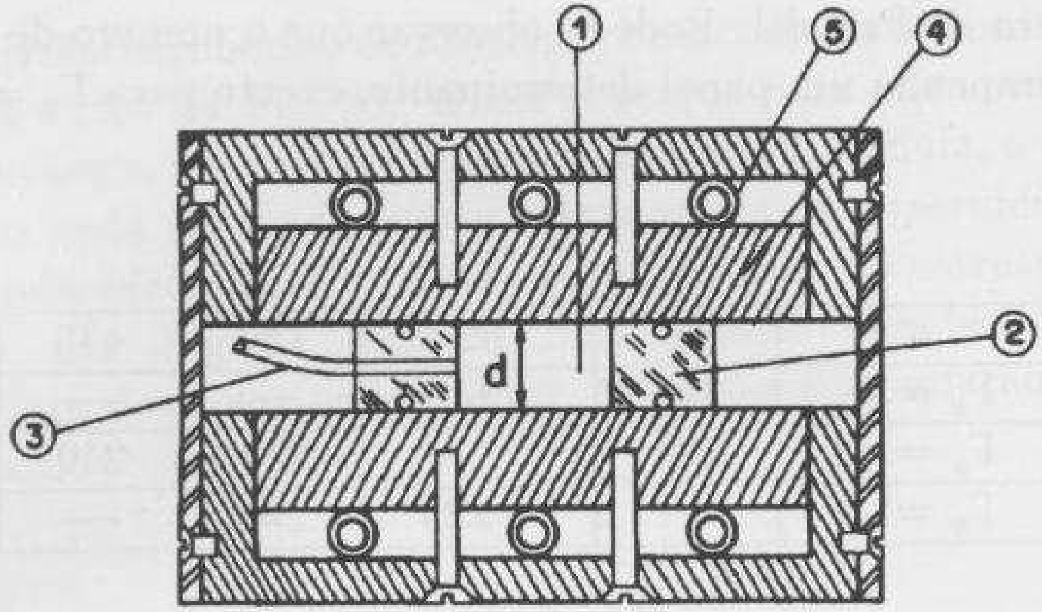
A Convecção de Rayleigh-Bénard


T1
h
T2



Esquema do dispositivo para estudo da convecção de Rayleigh-Bénard. 1 – Cavidade do fluido, 2 – peças de "plexiglass" que definem a cavidade, 3 – tubo para introdução do fluido, 4 – placas de cobre, 5 – tubos para água (banho termostático).

Equação de Navier-Stokes

$$\rho \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} - \vec{\nabla} p + \mu \nabla^2 \vec{v}$$

$$\frac{dT}{dt} = \kappa \nabla^2 T$$

Equação de Condução do Calor

Equação da continuidade

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{v}) = 0$$

Equações de Lorenz

$$\frac{dX}{dt} = -\sigma(X - Y)$$

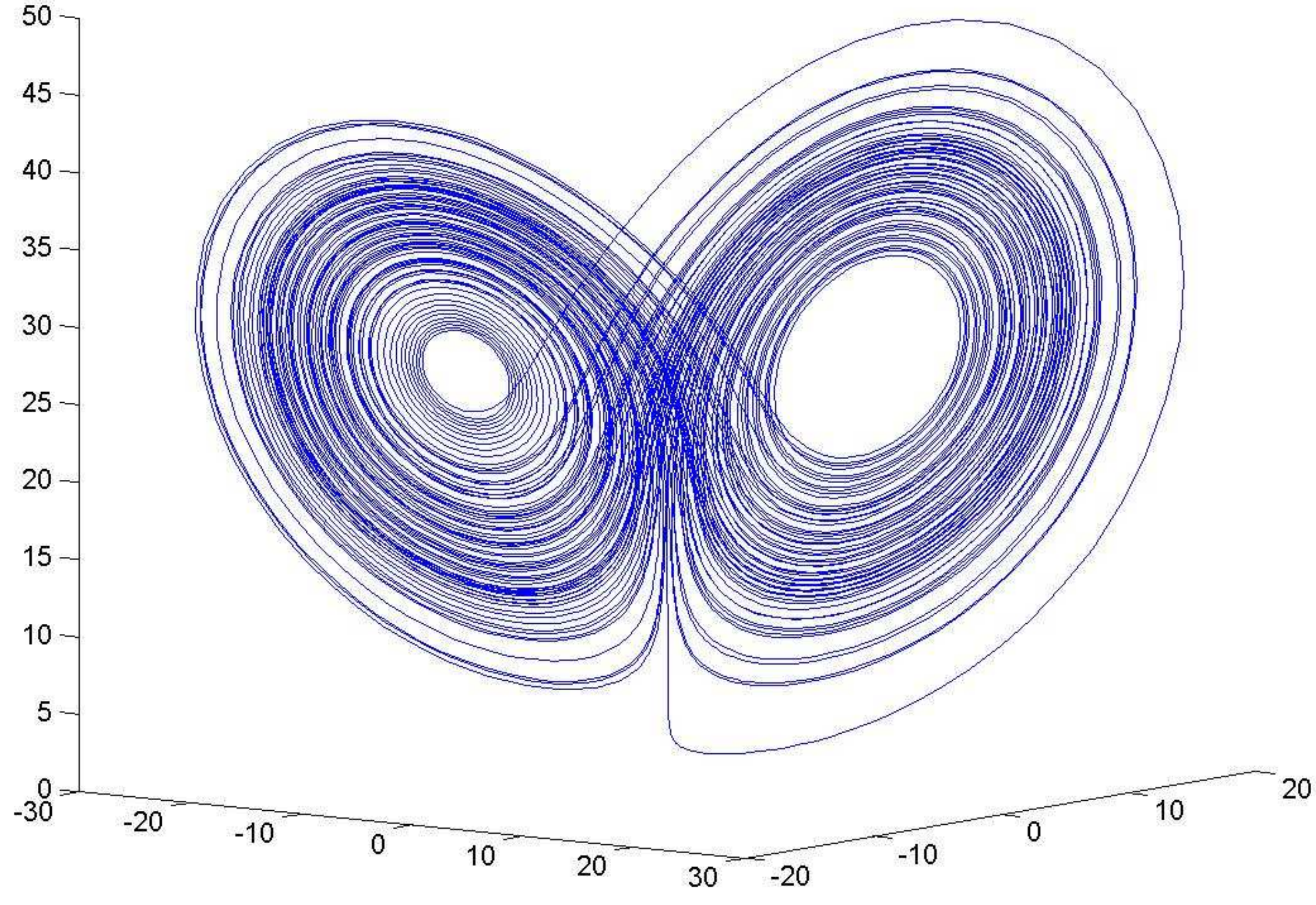
$$\frac{dY}{dt} = rX - Y - XZ$$

$$\frac{dZ}{dt} = XY - bZ$$

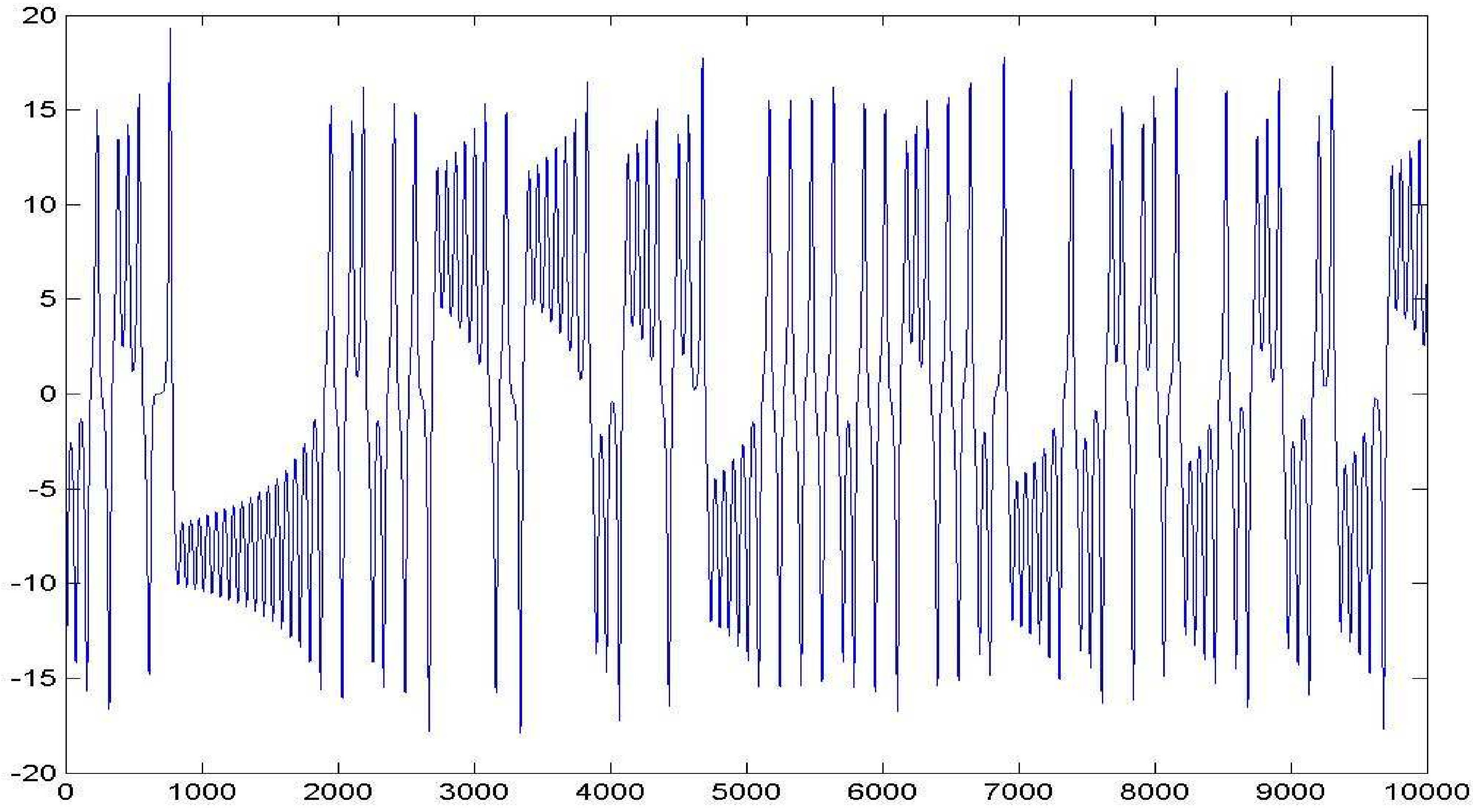
X é proporcional à intensidade da convecção. X=0 implica que não há movimento convectivo, ou seja, o calor é transportado apenas por condução. X>0 implica circulação horária e X<0 circulação anti-horária.

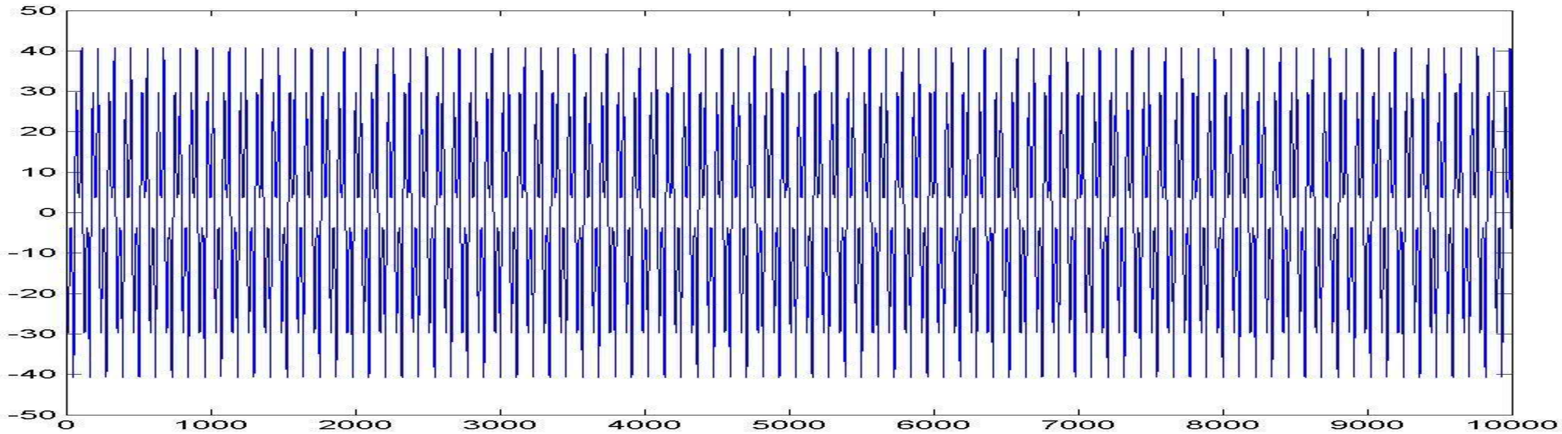
Y é proporcional à diferença de temperatura entre as correntes de fluido ascendente e descendente.

Z é proporcional à distorção do perfil de temperatura vertical, relativamente a um perfil linear. Para Z=0, a temperatura decresce linearmente.

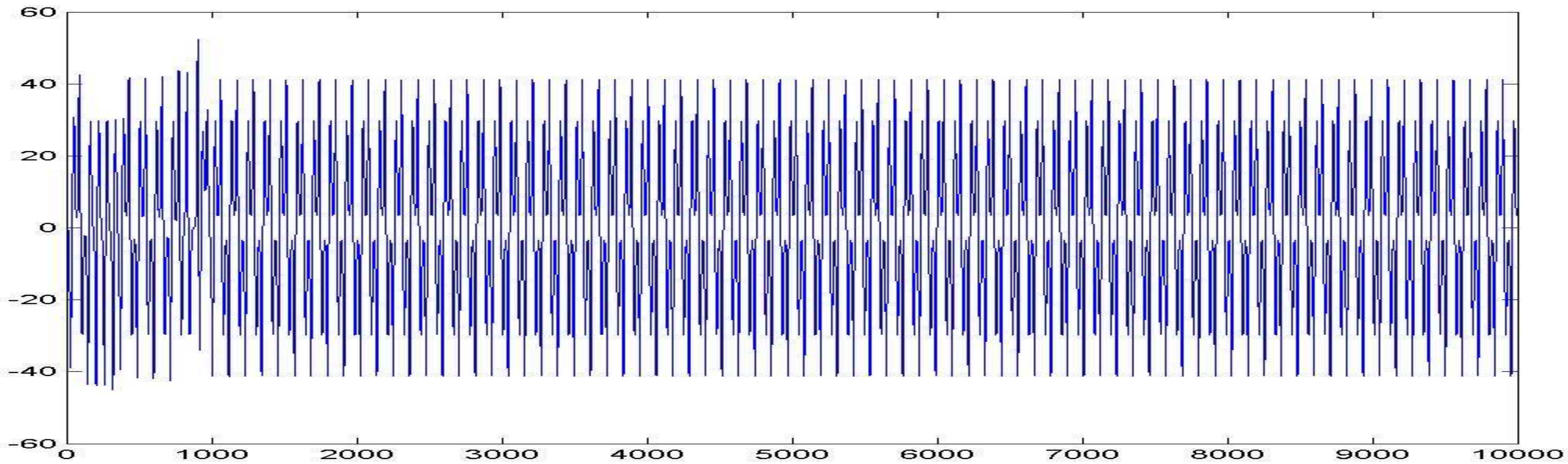


$\sigma = 10$ $\quad$ $b = 8/3$ $\quad$ $r = 28$

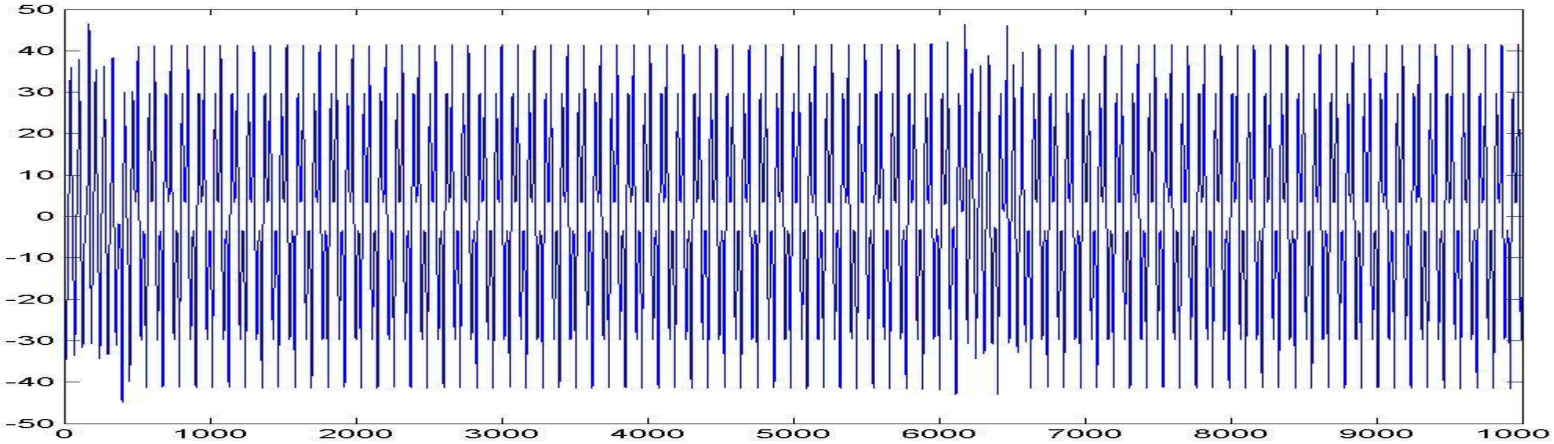

20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
10000


50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
10000

r=165

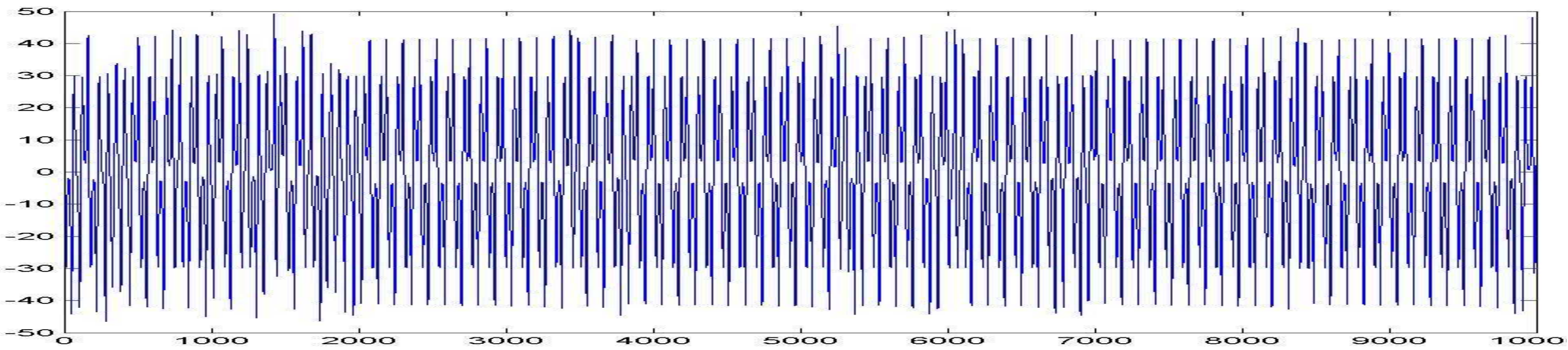

60
40
20
0
-20
-40
-60
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
10000

r=166



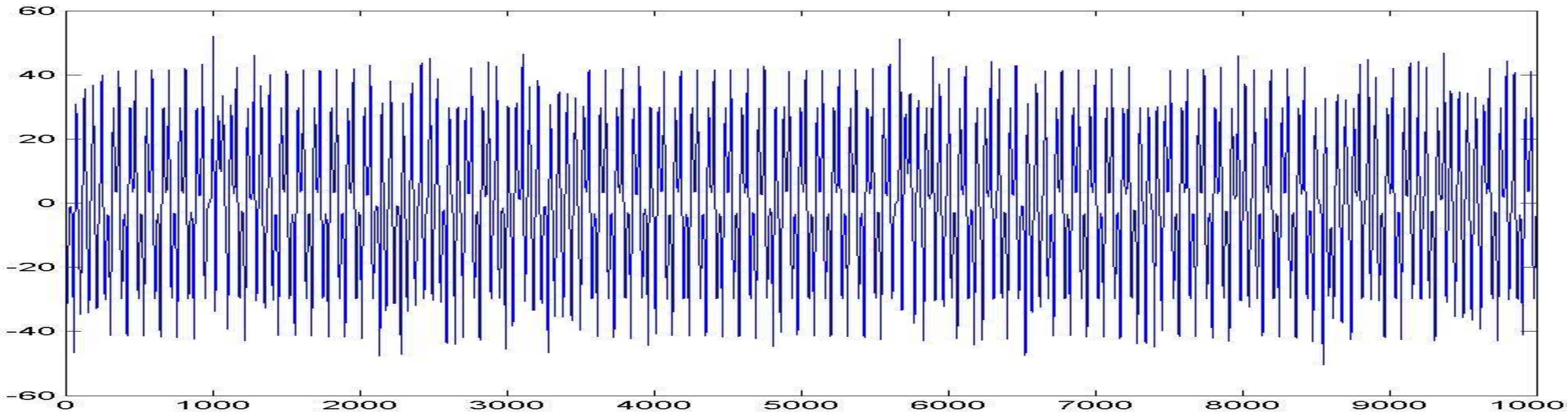
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
1000

r=166,1



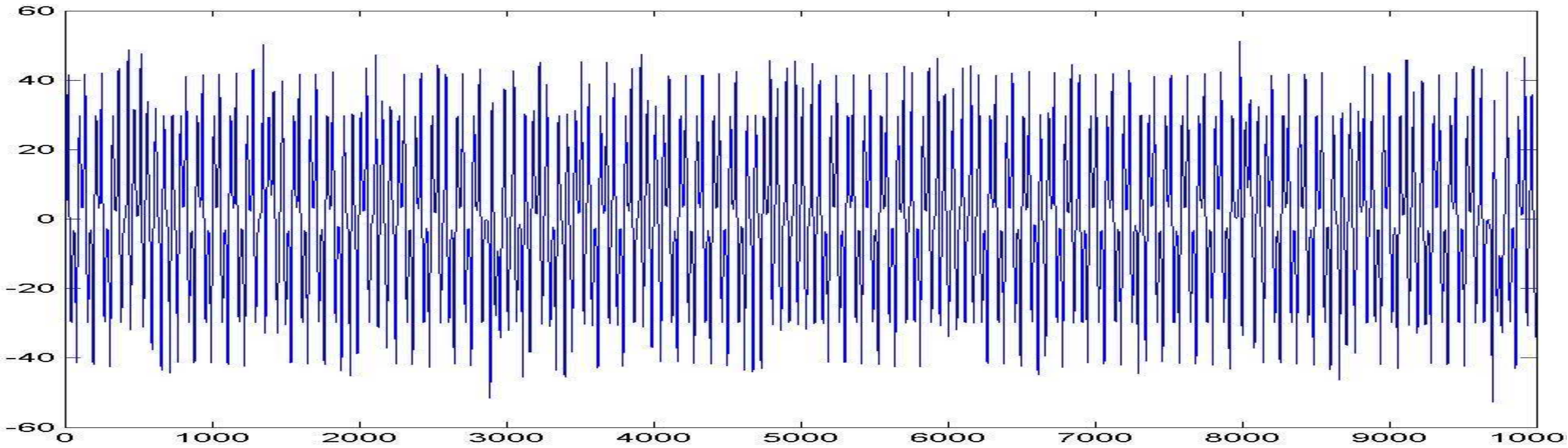
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
1000

r=166,2



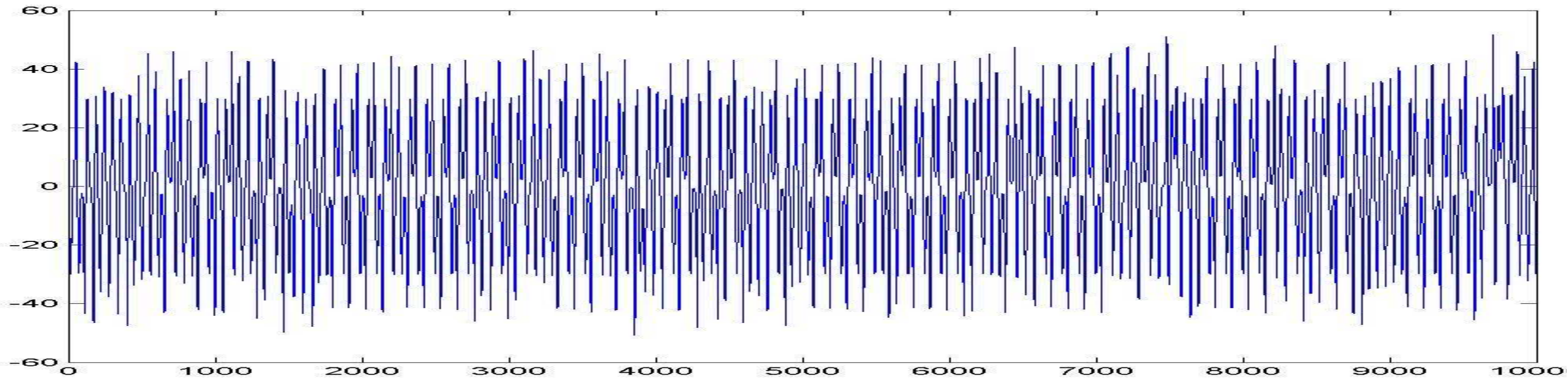
60
40
20
0
-20
-40
-60
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
1000

r=166,4

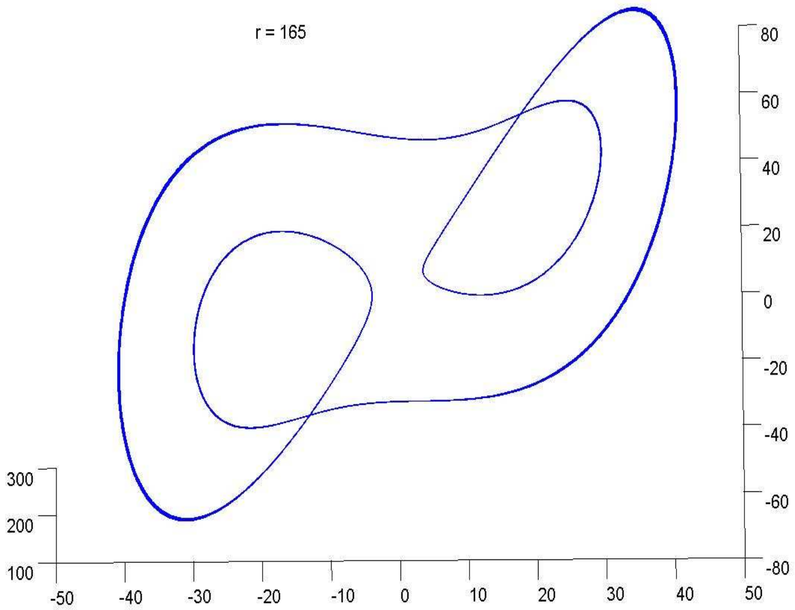


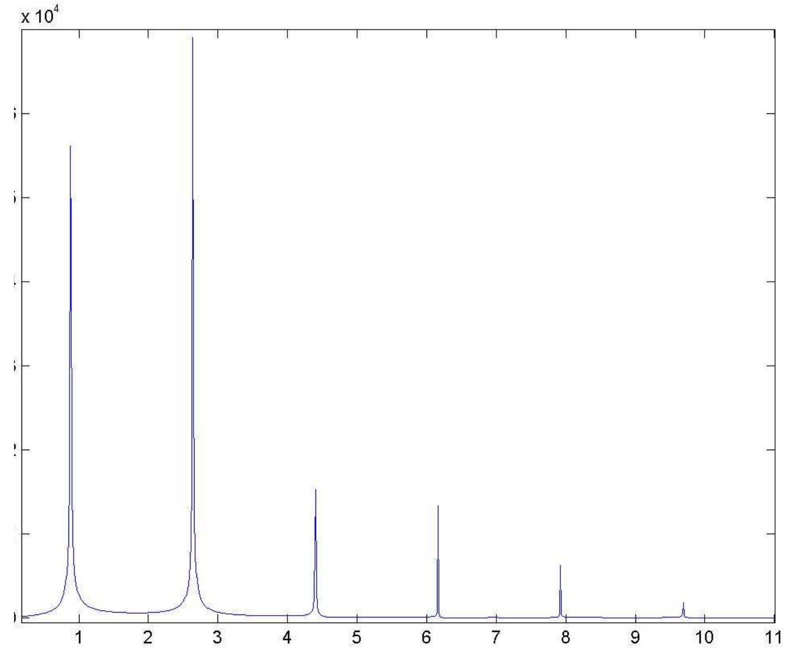
60
40
20
0
-20
-40
-60
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
1000

r=166,6

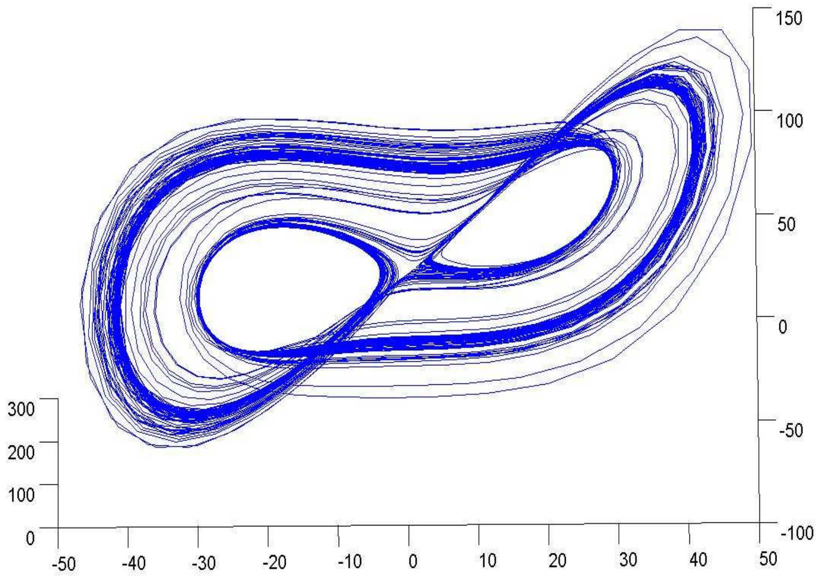

60
40
20
0
-20
-40
-60
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
1000

r=166,8

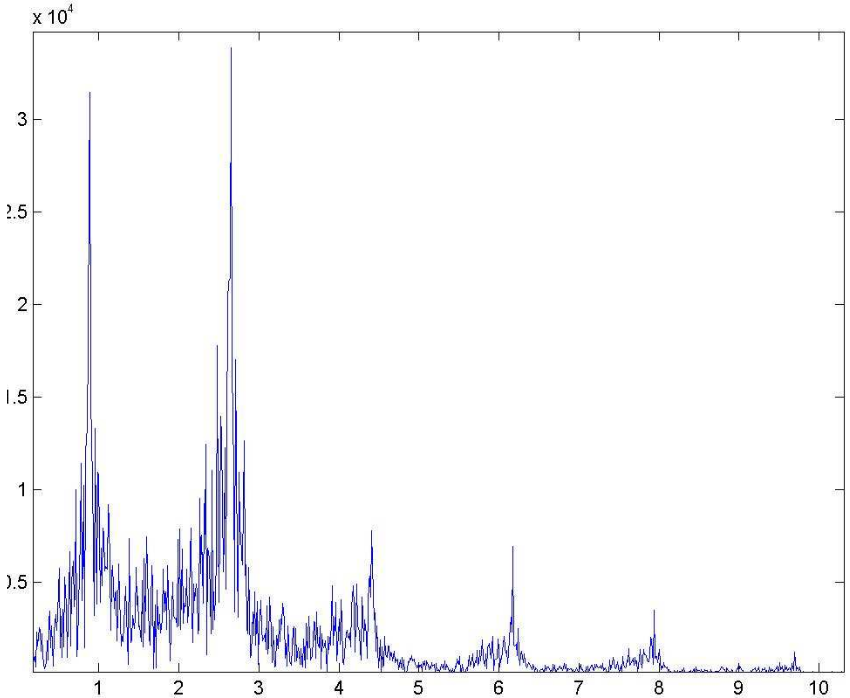

r = 165
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
-80
300
200
100
-50
-40
-30
-20
-10
0
10
20
30
40
50

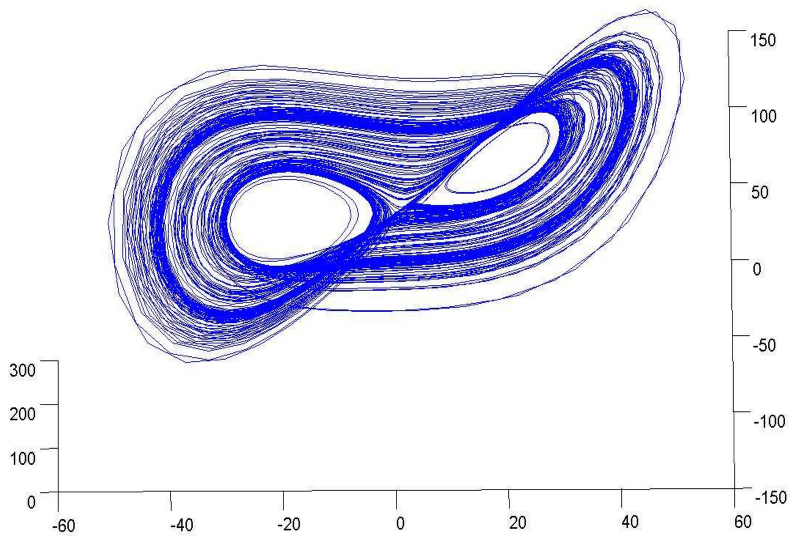

x 10^4
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

r=165


150
100
50
0
-50
-100
300
200
100
0
-50
-40
-30
-20
-10
0
10
20
30
40
50

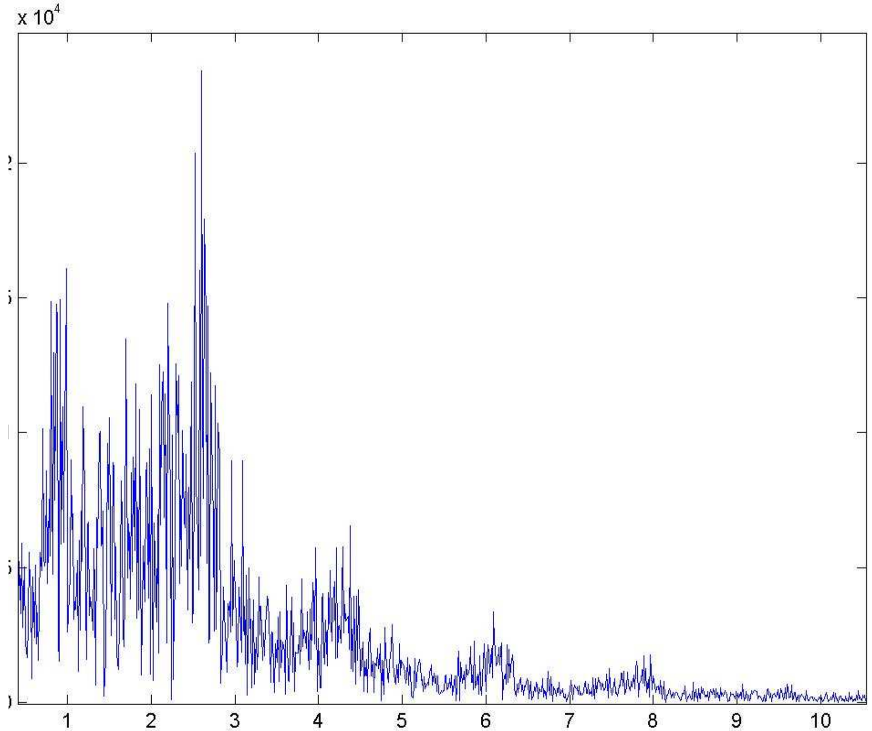
r=166,2


x 10⁴
3
2.5
2
1.5
1
0.5
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10



150
100
50
0
-50
-100
-150
300
200
100
0
-60
-40
-20
0
20
40
60

r=166,8



x 10^4
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10