

# Universidade de São Paulo

## Instituto de Física de São Carlos

### **Lista 4**

Pedro Calligaris Delbem 5255417

Professor: Attilio Cucchieri

Junho de 2025

# Sumário

1	Matrix Operations	2
1.1	Exercício 1 . . . . .	2

# 1 Matrix Operations

## 1.1 Exercício 1

Tarefa: Considere a matriz  $n \times n$ :

$$A = \begin{pmatrix} -5/2 & 4/3 & -1/12 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 4/3 & -5/2 & 4/3 & -1/12 & \dots & 0 & 0 \\ -1/12 & 4/3 & -5/2 & 4/3 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & -1/12 & 4/3 & -5/2 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & -5/2 & 4/3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 4/3 & -5/2 \end{pmatrix}$$

- Use o método de Householder para obter a correspondente matriz tridiagonal  $A_t$ .
- Verifique o produto  $A_t = O^T A O$ .
- Calcule o menor e o maior autovalor  $\lambda$ , e os correspondentes autovetores  $y_t$ , de  $A_t$ .
- Calcule os correspondentes autovetores  $y$  de  $A$ .
- Verifique a equação  $Ay = \lambda y$  para esses autovalores.

Considere os casos  $n = 10$  e  $n = 20$ .

O código foi compilado com o comando:

```
gfortran -ffree-form -ffree-line-length-none L6-5255417-ex-1.f90 -Wall -Wextra  
-pedantic -o L6-5255417-ex-1.exe
```

Resultados:

Obteve-se os seguintes resultados:

```

pedro@Pedro-Lenovo ~/Documentos/GitHub/quanticacomp/lista6
> $ ./L6-5255417-ex-1.exe
Insert matrix dimension:
10

-----> N = 10 <-----
Original Matrix A (first 5x5):
-2.500000    1.333333   -0.083333    0.000000    0.000000
 1.333333   -2.500000    1.333333   -0.083333    0.000000
-0.083333    1.333333   -2.500000    1.333333   -0.083333
 0.000000   -0.083333    1.333333   -2.500000    1.333333
 0.000000    0.000000   -0.083333    1.333333   -2.500000
Tridiagonal Matrix T (first 5x5):
-2.500000   -1.335935    0.000000    0.000000    0.000000
-1.335935   -2.666018    1.333384    0.000000    0.000000
 0.000000    1.333384   -2.666649    1.333335   -0.000000
 0.000000    0.000000    1.333335   -2.666666    1.333333
 0.000000    0.000000   -0.000000    1.333333   -2.666667

--- Transformation Verification  $O^T A O = A_t$  ---
Difference norm  $||A_t - O^T A O||$ : 0.38752E-14

Smallest eigenvalue (lambda_min): -0.08384774
Largest eigenvalue (lambda_max): -5.20135675

--- Verification for Eigenvalue smallest ---
Eigenvalue: -0.08384774
Norm of residual  $||Ay - \lambda b||$ : 0.23811E-07

--- Verification for Eigenvalue biggest ---
Eigenvalue: -5.20135675
Norm of residual  $||Ay - \lambda b||$ : 0.15137E-05

```

```

pedro@Pedro-Lenovo ~/Documentos/GitHub/quanticacomp/lista6
> $ ./L6-5255417-ex-1.exe
Insert matrix dimension:
20

-----> N = 20 <-----
Original Matrix A (first 5x5):
-2.500000    1.333333   -0.083333    0.000000    0.000000
 1.333333   -2.500000    1.333333   -0.083333    0.000000
-0.083333    1.333333   -2.500000    1.333333   -0.083333
 0.000000   -0.083333    1.333333   -2.500000    1.333333
 0.000000    0.000000   -0.083333    1.333333   -2.500000
Tridiagonal Matrix T (first 5x5):
-2.500000   -1.335935    0.000000    0.000000    0.000000
-1.335935   -2.666018    1.333384    0.000000    0.000000
 0.000000    1.333384   -2.666649    1.333335   -0.000000
 0.000000    0.000000    1.333335   -2.666666    1.333333
 0.000000    0.000000   -0.000000    1.333333   -2.666667

--- Transformation Verification  $O^T A O = A_t$  ---
Difference norm  $||A_t - O^T A O||$ : 0.92027E-14

Smallest eigenvalue (lambda_min): -0.02271117
Largest eigenvalue (lambda_max): -5.29651364

--- Verification for Eigenvalue smallest ---
Eigenvalue: -0.02271117
Norm of residual  $||A y - \lambda b y||$ : 0.25484E-07

--- Verification for Eigenvalue biggest ---
Eigenvalue: -5.29651364
Norm of residual  $||A y - \lambda b y||$ : 0.15709E-05

```

Nota-se que todas as verificações resultaram em valores pequenos, mostrando que o método funcionou bem para ambos os casos. (O código gera dois arquivos - "At\_eigenvalues.txt" e "A\_eigenvalues.txt" - com os autovetores de  $A_t$  e  $A$  - respectivamente - que não foram colocados no terminal para não poluir a visualização dos resultados)