4.6 **(a)** $(0,0,0,0)$

(b) $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

(c) $0x^3 + 0x^2 + 0x + 0$

4.7 **(a)** $(-1,2,-3,0)$

(b) $(0,0,0,0)$

(c) $\begin{bmatrix} -1 & 2 \\ -3 & 0 \end{bmatrix}$

(d) $-x^3 + 2x^2 - 3x$

4.13 **(a)** Não

(b) Não

(c) Sim

(d) Sim

4.14 Não

4.22 **(a)** Por exemplo, $G = \langle \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \rangle$

4.23 **(a)** Por exemplo, $\big((1,0,1),(0,1,0)\big)$

(b) Por exemplo, $\left(\begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}\right)$

(c) Por exemplo, $(x^2, 2x^3 + x, -x^3 + 1)$

4.26 **(a)** Por exemplo, $u = (2,1,5)$ e $v = (1,1,0)$

(b) Por exemplo, $\big((2,1,0),(0,0,1)\big)$

(c) Sim

4.33 Por exemplo, $\big((2,3,3)\big)$ e $\big((-4,-6,-6)\big)$

4.34 Por exemplo, $\big((1,1,1,0,0),(1,0,0,1,0),(0,0,0,0,1)\big)$

4.35 Por exemplo, $\left(\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}\right)$

4.37 **(a)** 1

(b) n

(c) $\frac{n(n+1)}{2}$

4.38 Por exemplo, $\big((1,0),(0,1),(i,0),(0,i)\big)$

4.39 **(a)** Não

(b) Sim

(c) Não

(d) Não

4.40 $\mathbb{R} \setminus \{0,1\}$

4.41 **(b)** Por exemplo, $\big((1,2,1),(0,1,1)\big)$

4.42 Por exemplo, $\big((1,1,0),(2,1,0),(0,0,1)\big)$

4.43 **(a)** $(1,1,1,1)$, na base $\mathcal{B}$
$(4,3,2,1)$, na base b. c.$_{\mathbb{R}^4}$

(b) $(a-b, b-c, c-d, d)$, na base $\mathcal{B}$
(a,b,c,d), na base b. c.$_{\mathbb{R}^4}$

4.44 **(a)** $(1,1,1,1)$, na base $\mathcal{B}$
$(4,3,2,1)$, na base $\mathcal{B}'$

(b) $(a-b, b-c, c-d, d)$, na base $\mathcal{B}$
(a,b,c,d), na base $\mathcal{B}'$

4.45 **(a)** $(1,1,1,1)$, na base $\mathcal{B}$
$(4,3,2,1)$, na base $\mathcal{B}'$

(b) $(a-b, b-c, c-d, d)$, na base $\mathcal{B}$
(a,b,c,d), na base $\mathcal{B}'$

4.47 **(a)** $\big((0,0,0,0)\big)$

(b) $\big((1,1,1,1)\big)$

(c) $\big((0,0,0,1)\big)$

4.48 Por exemplo, $\big((2,1,2,-1)\big)$

4.52 **(a)** Por exemplo, $\big((1,1,0,0),(0,0,1,0)\big)$

(b) Por exemplo, $\big((1,0,0,0),(0,1,1,0)\big)$

(c) Por exemplo, $\big((1,1,0,0),(0,0,1,0),(1,0,0,0)\big)$

(d) Por exemplo, $\big((1,1,0,0),(0,0,1,0),(1,0,0,3),(2,0,0,1)\big)$

4.53 **(a)** Por exemplo, $\left(\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}\right)$

(b) Por exemplo, $\left(\begin{bmatrix}1&0\\0&0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0&1\\1&0\end{bmatrix}\right)$

(c) Por exemplo, $\left(\begin{bmatrix}1&1\\0&0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0&0\\1&0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}1&0\\0&0\end{bmatrix}\right)$

(d) Por exemplo, $\left(\begin{bmatrix}1&1\\0&0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0&0\\1&0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}1&0\\0&3\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}2&0\\0&1\end{bmatrix}\right)$

4.54 (a) Por exemplo, $(x^3+x^2,\ x)$

(b) Por exemplo, $(x^3,\ x^2+x)$

(c) Por exemplo, $(x^3+x^2,\ x,\ x^3)$

(d) Por exemplo, $(x^3+x^2,\ x,\ x^3+3,\ 2x^3+1)$

4.56 (b) Projecção de A sobre F, segundo G: $\begin{bmatrix}4&5\\0&0\end{bmatrix}$
Projecção de A sobre G, segundo F: $\begin{bmatrix}0&0\\0&6\end{bmatrix}$

4.58 $\dim(F\cap G)=1$, $\dim(F\cap H)=0$

4.62 (a) $\mathbb{R}\setminus\{-2\}$

4.63 Não

4.64 (a) S_1 é linearmente independente
S_2 é linearmente dependente

4.65 $\mathbb{R}\setminus\{-4\}$

4.67 Por exemplo, $\big((1,0,1),(0,1,1)\big)$

4.68 (b) Por exemplo, $\big((1,2,3,4),(0,2,3,3),(1,1,2,2)\big)$

4.69 (a) Por exemplo, $\big((1,0,1,0),(0,1,1,1)\big)$

(c) Por exemplo, $\big((1,0,1,0),(0,1,1,1),(0,0,1,0),(0,0,0,1)\big)$

4.70 (a) Por exemplo, $v_1=u_1+u_2=(-1,3,1)$ e $v_2=3u_2=(0,6,0)$

(c) Por exemplo, (u_1,u_2,u_3,u_1+u_2)

(d) Por exemplo, $(1,1,1)$

4.71 (a) S_1 é linearmente independente
S_2 é linearmente dependente

4.72 (a) S_1 é linearmente independente
S_2 é linearmente dependente

4.73 (a) S_1 é linearmente independente
S_2 é linearmente dependente

4.74 (a) $\dim F=3$
Por exemplo, $(x^3+x^2-x,\ x^2-1,\ x+2)$

(b) $\dim G=3$
Por exemplo, $\left(\begin{bmatrix}1&1\\1&1\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}1&1\\1&0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}2&-3\\1&1\end{bmatrix}\right)$

4.78 (b) Por exemplo, $A=\begin{bmatrix}1&0&0\\0&1&0\end{bmatrix}$ e $B=\begin{bmatrix}1&0\\0&1\\0&0\end{bmatrix}$

4.79 (a) 20

(b) 40

4.81 (a) Não

(b) Não

(c) Não

4.82 (a) Não

(b) Não

(c) Não

4.88 (b) Não

4.89 (a) Sim

(b) Sim

(c) Não

(d) Não

(e) Não

(f) Sim

4.92 (a) Não

(b) Não

4.98 (a) Não

(b) Não

(c) Não

4.99 (a) Sim

(b) Sim

4.100 **(a)** Não
(d) $\{-2\}$

4.101 **(a)** Não
(d) $\{-2\}$

4.102 Sim

4.104 **(a)** Coluna 1 de AB:
$(2,3) = 0(-1,1) + 1(2,3) + 0(0,1)$
Coluna 2 de AB:
$(5,8) = -1(-1,1)+2(2,3)+3(0,1)$
(b) Linha 1 de AB:
$(2,5) = -1(0,-1)+2(1,2)+0(0,3)$
Linha 2 de AB:
$(3,8) = 1(0,-1) + 3(1,2) + 1(0,3)$

4.105 **(a)** Por exemplo,
$\big((1,-2,0,0),(1,0,1,0),(0,0,0,1)\big)$
(b) Por exemplo,
$\left(\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}\right)$
(c) Por exemplo, $(-x^3 + 2x + 1,\ x^2)$

4.106 **(a)** Por exemplo, $(1,2,2,1,0)$
(b) Por exemplo,
$F = \big\langle(1,1,1,0,0),$
$(1,0,0,1,0),(0,0,0,0,1)\big\rangle$
(c) Não

4.107 $F = \{(a,b,c) \in \mathbb{R}^3 :\ a+b+c = 0\}$

4.111 **(a)** Sim
(b) Sim
(c) Não

4.115 **(a)** Por exemplo, $\big((-2,1,0),(0,0,1)\big)$
(b) Por exemplo, $\big((-2,1,0)\big)$
(c) Por exemplo,
$\left(\begin{bmatrix} -1 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}\right)$
(d) Por exemplo, $(-2x^2 + x,\ x^2 + 1)$

4.116 $\dim F = 3$
Por exemplo,
$F_1 = \left\{\begin{bmatrix} 0 & a \\ a & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} : a \in \mathbb{R}\right\}$
$F_2 = \left\{\begin{bmatrix} 0 & a \\ a & b \\ -b & 0 \end{bmatrix} : a, b \in \mathbb{R}\right\}$
$F_3 = F$

4.117 **(b)** 3

4.118 **(b)** $(0,-i,1)$

4.119 $z = a + bi$, com $a \neq 0$ e $b \neq 0$

4.120 Por exemplo, (2)

4.121 **(a)** $n-1$
(b) $n-1$

4.122 **(a)** $\frac{n(n+1)}{2}$
(b) $\frac{n(n-1)}{2}$

4.126 Por exemplo, $\big((1,1,-5)\big)$

4.128 **(a)** (F_1,F_5), (F_2,F_4), (F_2,F_5), (F_3,F_5), (F_4,F_5)
(b) (F_1,F_5), (F_2,F_4), (F_3,F_5)

4.129 **(a)** Por exemplo,
$G = \{(0,b) :\ b \in \mathbb{R}\}$
(b) Por exemplo,
$H = \{(2b,b) :\ b \in \mathbb{R}\}$

4.133 **(a)** 0
(b) 2

4.134 **(a)** $F + G = G$, $F \cap G = F$

4.136 0, se $\dim(F+G) = 6$
1, se $\dim(F+G) = 5$
2, se $\dim(F+G) = 4$
3, se $\dim(F+G) = 3$

4.140 **(a)** $\mathbb{C} \setminus \{-i, i\}$
(b) $\mathbb{R}$

4.141 **(a)** $\{0, i, -i\}$
(b) $\{0\}$

4.142 $\alpha, \beta, \gamma \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$

4.143 $\mathbb{R} \setminus \{-1, 0\}$

4.144 **(a)** $\mathbb{R} \setminus \{-\frac{1}{3}, 0\}$
(b) Por exemplo, $\left(A, B, C, \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}\right)$

4.145 Por exemplo, $\left(\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 3 & 1 & -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 \\ 2 & 1 & 4 \end{bmatrix}\right)$

4.146 (a) S_1 é linearmente independente
S_2 é linearmente dependente
Por exemplo, $\begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 4 & 3 \end{bmatrix}$

4.147 $\{3\}$

4.149 (b) (i) Sequência de coordenadas de x^2+2x+1: $(1,2,1)$
Sequência de coordenadas de x^2-1: $(-1,0,1)$
Sequência de coordenadas de x^2-2x+1: $(1,-2,1)$

(ii) Sequência de coordenadas de 1: $(\frac{1}{4}, -\frac{1}{2}, \frac{1}{4})$
Sequência de coordenadas de x: $(\frac{1}{4}, 0, -\frac{1}{4})$
Sequência de coordenadas de x^2: $(\frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{1}{4})$

4.150 (a) Não
(b) Sim
(c) Não
(d) Não

4.151 (a) Por exemplo, $(0,1,0)$
(b) Por exemplo, x

4.152 (a) Por exemplo, $\left(x^2+1,\ x+1\right)$
(b) Por exemplo, $\left(x^2+1,\ x+1,\ 1\right)$

4.153 (a) Por exemplo, $\big((1,1,-1,1),(2,2,3,-1),(0,0,0,1),(0,1,0,0)\big)$
(b) Por exemplo, $\big((1,0,0,0),(0,1,0,0),(0,0,1,0),(0,0,0,1)\big)$

4.155 (a) Por exemplo, $\left(1+x,\ x^2,\ x^3\right)$
(b) Por exemplo, $\left(1,\ 1+x,\ x^2,\ x^3,\ x^4\right)$
(c) Por exemplo, $G = \langle x^3,\ x^4\rangle$

4.156 (a) $t=1$
(b) Por exemplo, $\big((1,2,1,2),(1,1,1,1),(1,2,3,4),(1,1,0,1)\big)$
$\dim(F \cap G_t) = 1$

4.157 **(b)** Por exemplo, $\big((0,1,0),(0,0,1)\big)$, se $\alpha = 0$
Por exemplo, $\big((\alpha,1,1)\big)$, se $\alpha \neq 0$

(c) (i) 2, se $\alpha = 1$
3, se $\alpha \neq 1$

(ii) Por exemplo, $\big((1,0,0),(0,1,0),(0,0,1)\big)$, se $\alpha \neq 1$
Por exemplo, $\big((1,1,0),(0,0,1)\big)$, se $\alpha = 1$

4.158 **(a)** Por exemplo, $\big((1,-1,-2,0,1),(0,3,1,3,2)\big)$

(b) Por exemplo, $\big((1,0,2),(-1,3,1)\big)$

(c) Por exemplo, $\left(\begin{bmatrix} -7 \\ -1 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 0 \\ 3 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -5 \\ -2 \\ 0 \\ 0 \\ 3 \end{bmatrix}\right)$

4.159 **(b)** Por exemplo, $\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$

5.2 (a) Sim

(b) Não

(c) Não

(d) Não

5.5 Para $n = 1$ é linear

5.7 (a) Não

(b) Não

5.10 (a) $\operatorname{Nuc} f = \{(a,0,0) : a \in \mathbb{R}\}$
Por exemplo,
Base de Nuc f: $\big((1,0,0)\big)$
Base de Im f: $\big((1,0),(0,1)\big)$

(b) $\operatorname{Nuc} g = \left\{\left[\begin{smallmatrix} 0 & b \\ -d & d \end{smallmatrix}\right] : b,d \in \mathbb{R}\right\}$
Por exemplo,
Base de Nuc f: $\left(\left[\begin{smallmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{smallmatrix}\right], \left[\begin{smallmatrix} 0 & 0 \\ -1 & 1 \end{smallmatrix}\right]\right)$
Base de Im f: $\big((2,0,0),(0,1,0)\big)$

(c) $\operatorname{Nuc} h = \{(-b,b,0) : b \in \mathbb{R}\}$
Por exemplo,
Base de Nuc f: $\big((-1,1,0)\big)$
Base de Im f: $(x^2,\ 1)$

(d) $\operatorname{Nuc} t =$
$\{ax^3 + bx^2 + ax - b : a,b \in \mathbb{R}\}$
Por exemplo,
Base de Nuc f: $(x^3 + x,\ x^2 - 1)$
Base de Im f: $\left(\left[\begin{smallmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{smallmatrix}\right], \left[\begin{smallmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{smallmatrix}\right]\right)$

5.14 (a) $\operatorname{Nuc} f = \{(0,0,0)\}$
Injectiva

(b) $\operatorname{Nuc} g = \{0x^2 + 0x + 0\}$
Injectiva

5.15 Por exemplo, $E \neq \{0_E\}$ e $f : E \to E'$ tal que $f(u) = 0_{E'}$, para qualquer $u \in E$

5.17 (a) $\mathrm{n}(f) = 1$

(b) $\mathrm{n}(g) = 3$

(c) $\mathrm{n}(h) = 3$

(d) $\mathrm{n}(t) = 0$

5.19 $(2,3), (3,2), (4,1), (5,0)$

5.20 (a) 2

5.22 (a) Sim

(b) Sim

5.24 $g(a,b) = (0,0,-b)$, para qualquer $(a,b) \in \mathbb{R}^2$

5.25 (a) Por exemplo,
$f(1,0,0) = (1,0,0)$,
$f(0,1,0) = (0,1,0)$,
$f(0,0,1) = (0,0,0)$

(b) Por exemplo,
$f(1,0,0) = (1,0,0)$,
$f(0,1,0) = (0,0,0)$,
$f(0,0,1) = (0,0,0)$

5.26 (a) Não

(b) Sim, por exemplo,
$f(0,1,1,0) = (0,0,0)$,
$f(1,1,1,1) = (0,0,0)$,
$f(0,0,1,0) = (1,1,1)$,
$f(0,0,0,1) = (1,1,0)$

(c) Sim, por exemplo,
$f(1,0,0) = (1,2,0,-4)$,
$f(0,1,0) = (2,0,-1,-3)$,
$f(0,0,1) = (0,0,0,0)$

5.28 $f^{-1} : E \to E$ tal que $f^{-1} = f - \mathrm{id}_E$

5.29 Por exemplo, $f : F \to G$, tal que $f(x,y,0) = (0,x,y)$, para qualquer $(x,y,0) \in F$.

5.32 Por exemplo,
$\mathcal{M}_{1\times 5}(\mathbb{R})$, $\mathcal{M}_{5\times 1}(\mathbb{R})$, $\mathbb{R}_4[x]$

Base de $\mathcal{M}_{1\times 5}(\mathbb{R})$:
$\big([1\ 0\ 0\ 0\ 0], [0\ 1\ 0\ 0\ 0], [0\ 0\ 1\ 0\ 0], [0\ 0\ 0\ 1\ 0], [0\ 0\ 0\ 0\ 1]\big)$

Base de $\mathcal{M}_{5\times 1}(\mathbb{R})$:
$$\left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\\0\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\1\\0\\0\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\0\\1\\0\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\0\\0\\1\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\0\\0\\0\\1\end{bmatrix}\right)$$

Base de $\mathbb{R}_4[x]$:
$(x^4, x^3, x^2, x, 1)$

5.33 (b) Por exemplo, os subespaços F e G do Exercício 5.29

5.34 Por exemplo, $f : \mathcal{M}_{2\times 2}(\mathbb{R}) \to \mathbb{R}_3[x]$, tal que
$f\left(\left[\begin{smallmatrix} a & b \\ c & d \end{smallmatrix}\right]\right) = ax^3 + bx^2 + cx + d$,
para qualquer $\left[\begin{smallmatrix} a & b \\ c & d \end{smallmatrix}\right] \in \mathcal{M}_{2\times 2}(\mathbb{R})$.

5.36 **(a)** $\begin{bmatrix} -\frac{3}{2} & -\frac{1}{2} & -\frac{3}{2} \\ -2 & 2 & 0 \end{bmatrix}$

(b) $\begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

5.37 **(a)** $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$

(b) $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$

(c) $\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

5.38 **(a)** Trocam as colunas i e j

(c) Trocam as linhas k e l

5.39 $\mathrm{r}(\mathcal{M}(f;\mathcal{B},\mathcal{B}')) = 2 = \dim \operatorname{Im} f \neq \dim \mathbb{R}^3$
f não é sobrejectiva.

5.40 **(a)** $(-7,-1)$

(b) $f(a,b,c) = (b+2a, a-3c)$, para qualquer $(a,b,c) \in \mathbb{R}^3$

5.41 **(a)** Sim

(b) Não

(c) Sim

(d) Não

5.42 **(a)** $(3,5)$

(b) $\left[\begin{smallmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{smallmatrix}\right]$

(c) $\left[\begin{smallmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{smallmatrix}\right]$

(d) $\left[\begin{smallmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{smallmatrix}\right]$

(e) $\left[\begin{smallmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{smallmatrix}\right]$

5.43 **(a)** $\begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$

(b) $\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$

(c) $\begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -2 & 2 & 1 \\ 1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$

5.44 **(a)** $\begin{bmatrix} -3 & -2 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \\ -1 & 1 & -3 \end{bmatrix}$

(b) $\begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 3 & 0 & 2 \end{bmatrix}$

(c) $\begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 3 & 2 & 2 \end{bmatrix}$

(d) $\begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 4 & 4 & 2 \end{bmatrix}$

5.45 **(b)** $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$

5.46 **(a)** $\left[\begin{smallmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{smallmatrix}\right]$

(b) $\left[\begin{smallmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{smallmatrix}\right]$

(c) $\left[\begin{smallmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{smallmatrix}\right]$

5.48 **(b)** Por exemplo,
$A = \left[\begin{smallmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 2 \end{smallmatrix}\right]$ e $B = \left[\begin{smallmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 4 \end{smallmatrix}\right]$

5.49 **(a)** $f\left(x^2 - 2x\right) = \left[\begin{smallmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 1 \end{smallmatrix}\right]$

(b) Sim

(c) $\left\{\left[\begin{smallmatrix} 0 & b \\ -d & d \end{smallmatrix}\right] : b, d \in \mathbb{R}\right\}$

(d) Sim

5.51 Não

5.54 **(a)** $x^3 \notin \operatorname{Nuc} f$, $x^3 \in \operatorname{Im} f$

(b) $0 \in \operatorname{Nuc} f$, $0 \in \operatorname{Im} f$

(c) $4 \notin \operatorname{Nuc} f$, $4 \notin \operatorname{Im} f$

(d) $5x - 3x^3 \notin \operatorname{Nuc} f$, $5x - 3x^3 \in \operatorname{Im} f$

(e) $1 + 3x^2 - x^3 \notin \operatorname{Nuc} f$,
$1 + 3x^2 - x^3 \notin \operatorname{Im} f$

5.55 **(a)** Por exemplo,
Base de $\operatorname{Nuc} f$: $\big((0,1)\big)$

(b) Por exemplo,
Base de $\operatorname{Nuc} f$:
$\left(\left[\begin{smallmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{smallmatrix}\right], \left[\begin{smallmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{smallmatrix}\right], \left[\begin{smallmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{smallmatrix}\right]\right)$

(c) Por exemplo,
Base de $\operatorname{Nuc} f$: $\left(\left[\begin{smallmatrix} -1 & 1 \\ 0 & 0 \end{smallmatrix}\right], \left[\begin{smallmatrix} -1 & 0 \\ 1 & 0 \end{smallmatrix}\right]\right)$

5.57 **(b)** $\operatorname{Nuc} f_A = \left\{\left[\begin{smallmatrix} a & b \\ 0 & a+b \end{smallmatrix}\right] : a, b \in \mathbb{R}\right\}$
Por exemplo,
Base de $\operatorname{Nuc} f_A$: $\left(\left[\begin{smallmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{smallmatrix}\right], \left[\begin{smallmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{smallmatrix}\right]\right)$

5.58 **(b)** $W \cap \operatorname{Nuc} f = \{0_E\}$.

5.60 **(a)** $k = 0$

(b) Por exemplo,
Base de $\operatorname{Nuc} f$: $(-e_2 + e_3)$

5.61 $f : E \to E$ aplicação linear com (e_1, e_2, e_3, e_4) base de E

(a) $f(e_1) = e_2$, $f(e_2) = e_1$, $f(e_3) = 0_E$, $f(e_4) = 0_E$

(b) $f(e_1) = e_2$, $f(e_2) = 0_E$, $f(e_3) = 0_E$, $f(e_4) = 0_E$

(c) $f(e_1) = 0_E$, $f(e_2) = e_1$, $f(e_3) = e_2$, $f(e_4) = e_3$

(d) $f(e_1) = e_3$, $f(e_2) = e_4$, $f(e_3) = 0_E$, $f(e_4) = 0_E$

5.76 **(a)** $f(a, b, c) = (a + b - c, b)$, para qualquer $(a, b, c) \in \mathbb{R}^3$

(b) Por exemplo, $\big((1, 0, 1)\big)$

(c) Por exemplo, $\big((0, 1, 0), (0, 0, 1)\big)$

5.77 $-2x^3 + 2x^2 - 5x - 2$

5.78 **(a)** $\operatorname{Nuc} f = \big\langle (1, 0) \big\rangle$, $\operatorname{Im} f = \big\langle (0, 1) \big\rangle$

(c) $\{1\}$

5.79 **(b)** $f^2 : E \to E$ é tal que $f^2(e_1) = f^2(e_2) = f^2(e_3) =$
$= 3(e_1 + e_2 + e_3)$
$g^2 : E \to E$ é tal que $g^2(e_1) = e_3$, $g^2(e_2) = e_1$ e $g^2(e_3) = e_2$
$g^3 : E \to E$ é tal que $g^3 = \mathrm{id}_E$

5.80 **(a)** Por exemplo, $(e_2, e_3, \cdots, e_n)$

(b) $\dim \operatorname{Nuc} f = 1$
Por exemplo,
Base de $\operatorname{Nuc} f$: (e_n)

5.82 **(a)** Por exemplo, $f : \mathbb{R}^4 \to \mathbb{R}^4$ tal que
$f(1, 0, 0, 0) = (0, 0, 0, 0)$,
$f(0, 0, 1, 0) = (0, 0, 0, 0)$,
$f(0, 1, 0, 0) = (0, 1, 0, 0)$,
$f(0, 0, 0, 1) = (0, 0, 0, 1)$

(b) Por exemplo, $g : \mathbb{R}^4 \to \mathbb{R}^4$ tal que
$g(1, 0, 0, 0) = (1, 0, 0, 0)$,
$g(0, 1, 0, 0) = (0, 0, 1, 0)$,
$g(0, 0, 1, 0) = (0, 0, 0, 0)$,
$g(0, 0, 0, 1) = (0, 0, 0, 0)$

(c) Por exemplo, $h : \mathbb{R}^4 \to \mathbb{R}^4$ tal que
$h(1, 0, 0, 0) = (0, 0, 0, 0)$,
$h(0, 1, 0, 0) = (1, 0, 0, 0)$,
$h(0, 0, 1, 0) = (0, 0, 0, 0)$,
$h(0, 0, 0, 1) = (0, 0, 1, 0)$

5.83 **(a)** $f^{-1}(ax^2 + bx + c) = \frac{1}{3}ax^2 + \frac{1}{2}bx + c$, para qualquer $ax^2 + bx + c \in \mathbb{R}_2[x]$

(b) $g^{-1} = g$

5.84 **(a)** $f(3 - 2x) = (-5, -2)$
$f(2x + 3) = (-1, 2)$
$f(x) = (1, 1)$

5.87 $\{5\}$

5.89 **(a)** $(\dim E = 6)$ Por exemplo, $\mathcal{M}_{3\times 2}(\mathbb{R})$ e $\mathbb{R}_5[x]$

(b) $(\dim E = 4)$ Por exemplo, $\mathcal{M}_{2\times 2}(\mathbb{R})$ e $\mathcal{M}_{4\times 1}(\mathbb{R})$

(c) $(\dim E = 2)$ Por exemplo, $\mathbb{R}_1[x]$ e $\mathcal{M}_{2\times 1}(\mathbb{R})$

(d) $(\dim E = 4)$ Por exemplo, $\mathbb{R}_3[x]$ e $\mathcal{M}_{2\times 2}(\mathbb{R})$

(e) $(\dim E = 6)$ Por exemplo, $\mathbb{R}_5[x]$ e $\mathcal{M}_{2\times 3}(\mathbb{R})$

5.91 **(a)** $\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & 0 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$

(b) $\begin{bmatrix} 2 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & -\frac{1}{2} & 0 \\ 4 & 0 & \frac{5}{2} & -2 \\ -5 & 0 & -\frac{7}{2} & 4 \end{bmatrix}$

5.92 $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$

5.93 $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & -2 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$

5.94 **(a)** $\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & \cdots & 0 \\ & & & & \cdots & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & n \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \in \mathcal{M}_{n\times n}(\mathbb{R})$

(b) $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & & 0 \\ 1 & 0 & 0 & & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} & 0 & & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{3} & & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & & \frac{1}{n+1} \end{bmatrix} \in \mathcal{M}_{(n+2)\times(n+1)}(\mathbb{R})$

(c) $\begin{bmatrix} 1 & 3 & 3^2 & \cdots & 3^n \end{bmatrix} \in \mathcal{M}_{1\times(n+1)}(\mathbb{R})$

5.95 $\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$

5.96 $\begin{bmatrix} 0 & 0 & \cdots & (-1)^{n+1}a_0 \\ 1 & 0 & \cdots & (-1)^{n+1}a_1 \\ 0 & 1 & \cdots & (-1)^{n+1}a_2 \\ & & \cdots & \\ 0 & 0 & \cdots & (-1)^{n+1}a_{n-1} \end{bmatrix}$

5.97 $D(2x^3 - x^2 + 3x - 4) = 6x^2 - 2x + 3$

(a) $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$

(b) $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 \end{bmatrix}$

5.98 Sim, $2x + 1 = f(1, 0, 1)$

5.99 **(a)** $\begin{bmatrix} 3 & 6 & 0 \\ 1 & -1 & 3 \\ -2 & -3 & -1 \end{bmatrix}$

(b) $\{-\frac{15}{8}\}$

5.100 **(a)** $(1, \frac{1}{3}, \frac{2}{3})$

(b) $(16, 10, 2)$

(c) $(6, -1, -\frac{11}{2})$

5.101 **(b)** $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$

5.102 **(a)** $\mathcal{M}(f; \mathcal{B}, \mathcal{B}') = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$

$\mathcal{M}(g; \mathcal{B}', \mathcal{B}) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 1 & 2 \end{bmatrix}$.

(b) $\begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -2 & -3 \end{bmatrix}$

5.103 **(a)** $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

(b) $\begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

5.104 **(b)** $V_\alpha = \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\operatorname{sen}\alpha \\ \operatorname{sen}\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$

(c) ${V_\alpha}^{-1} = V_{-\alpha} = \begin{bmatrix} \cos\alpha & \operatorname{sen}\alpha \\ -\operatorname{sen}\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$

5.105 **(a)** $\begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & -1 & 0 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

(b) $\begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 2 \\ 1 & -1 & 0 & 1 \\ 2 & 0 & 1 & 3 \\ 2 & 1 & 1 & 3 \end{bmatrix}$

(c) $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$

5.106 **(a)** $\begin{bmatrix} 1 & 0 & -2 & -1 \\ -1 & -3 & -1 & -5 \\ 0 & -1 & -1 & -2 \end{bmatrix}$

(b) $\begin{bmatrix} 3 & 4 & -2 & 5 \\ -2 & -3 & 1 & -4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

5.107 **(a)** $\begin{bmatrix} 1 & a+1 & a+1 & a+1 \\ 0 & 1 & a+1 & a+1 \\ 0 & 0 & 1 & a+1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

(b) $\begin{bmatrix} 1 & a & 0 & 0 \\ 0 & 1 & a & 0 \\ 0 & 0 & 1 & a \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

5.108 **(a)** $\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & \cdots & 0 & 0 \\ & & & \cdots & & \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & n-1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & n \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \end{bmatrix}$

(b) $\mathcal{M}(D; \mathcal{B}, \mathcal{B})$

5.109 **(a)** $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$

(b) Não

(c) Não

(d) Por exemplo, $(2u_1 - 3u_2 + u_3)$

(e) $\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 4 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

(f) Não

5.110 **(a)** $\begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 3 & -3 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$

(b) Por exemplo, $(u_1 - u_3, u_2)$

(d) Por exemplo,
$\big((2,2,0,2,2), (-1,-1,1,0,1),$
$(0,0,0,0,1), (0,1,0,0,0),$
$(0,0,0,1,0)\big)$

(e) $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$

6.1 u_1 vector próprio associado ao valor próprio 1
u_2 vector próprio associado ao valor próprio 2
u_3 não é vector próprio

6.2 (a) $\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$ vector próprio associado ao valor próprio 1
$\begin{bmatrix} 0 \\ 2 \end{bmatrix}$ vector próprio associado ao valor próprio 2

(b) $\begin{bmatrix} \alpha \\ -\alpha \end{bmatrix}$ vector próprio associado ao valor próprio 1
$\begin{bmatrix} 0 \\ \alpha \end{bmatrix}$ vector próprio associado ao valor próprio 2

6.4 $d_{11}, d_{22}, \ldots, d_{nn}$, respectivamente

6.5 $\mathrm{mg}(\beta) = n$

6.6 Se $\mathbb{K} = \mathbb{R}$, valores próprios de A: 1
Se $\mathbb{K} = \mathbb{C}$, valores próprios de A:
$1,\ -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}i,\ -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}i$

6.7 (b) Por exemplo, $\begin{bmatrix} 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

6.12 Valores próprios de A: 3 e 1
$\mathrm{ma}(3) = 2$ e $\mathrm{ma}(1) = 1$

6.14 (a) Valores próprios de A: 3
$\mathrm{ma}(3) = 1$

6.15 (Para transformações elementares sobre linhas)
Por exemplo, $A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 2 & 0 \end{bmatrix}$ tem valores próprios 0 e 1

(a) $A \xrightarrow[l_1 \leftrightarrow l_2]{} A' = \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$ tem valores próprios 0 e 2

(b) $A \xrightarrow[2l_1]{} A' = \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 2 & 0 \end{bmatrix}$ tem valores próprios 0 e 2

(c) $A \xrightarrow[l_1 + (-\frac{1}{2}) l_2]{} A' = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 2 & 0 \end{bmatrix}$ tem apenas o valor próprio 0

6.16 Por exemplo, para $n = 2$,
1 é valor próprio de $A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -2 \end{bmatrix}$
2 é valor próprio de $B = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}$
mas $1 + 2 = 3$ não é valor próprio de $A + B = 0$

6.18 (a) $\mathbb{R} \setminus \{0\}$
(b) $\det A = a_0$

6.23 (a) $k = \frac{2}{3}$
(b) $M_2 = \left\{ \begin{bmatrix} 2c \\ c \\ c \end{bmatrix} : c \in \mathbb{R} \right\}$

6.25 Por exemplo, $A = \alpha I_n$ e $B = \begin{bmatrix} \alpha & 0 & \cdots & 0 \\ 1 & \alpha & \cdots & 0 \\ & & \cdots & \\ 0 & 0 & \cdots & \alpha \end{bmatrix}$

6.26 Por exemplo, $A = \begin{bmatrix} 2 & 6 & -2 \\ 0 & 0 & 0 \\ 2 & 3 & -3 \end{bmatrix}$

6.27 (a) $p(x) = (-x)^n$
(b) $p(x) = (1 - x)^n$

6.28 Valores próprios de f: 1 e 2
$E_1 = \big\langle (-1, -1, 2) \big\rangle$
$E_2 = \big\langle (-1, 2, 0), (-1, 0, 2) \big\rangle$

6.35 $D_A = \begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}$, $D_B = \begin{bmatrix} 5 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$

6.37 (a) Valores próprios de A: -1 e 1
$\mathrm{ma}(-1) = 2$ e $\mathrm{ma}(1) = 1$

(b) Por exemplo,
Base de M_{-1}: $\left(\begin{bmatrix} 1 \\ -2 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \right)$
Base de M_1: $\left(\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} \right)$

(c) Por exemplo, $P = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
e $D = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

6.38 (a) Por exemplo,
$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -2 \end{bmatrix}$,
$A + B = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$

(b) Por exemplo,
$A = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$,
$A + B = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$

6.39 $\begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -4 & 3 & 2 \\ -30 & 9 & 14 \end{bmatrix}$

6.40 $A^9 = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{2}{3} & 0 \\ \frac{4}{3} & -\frac{1}{3} & 0 \\ \frac{4}{3} & \frac{2}{3} & -1 \end{bmatrix}$
$A^{100} = I_3$

6.41 (a) Valores próprios de f: -1 e 1

(b) Por exemplo,
$\mathcal{B} = (e_1 - 2e_2,\ e_3,\ e_1 - e_2 + e_3)$

(c) $\mathcal{M}(f;\ \mathcal{B},\mathcal{B}) = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

6.43 (a) Sim; -1

(b) Sim; 1

(c) Não

(d) Sim; -1

6.44 $\cos\alpha - i \operatorname{sen}\alpha$, $\cos\alpha + i \operatorname{sen}\alpha$

6.49 (b) 1

6.56 (a) Valores próprios de A: $0, 3, 4$
$\mathrm{ma}(0) = \mathrm{ma}(3) = \mathrm{ma}(4) = 1$

(b) Valores próprios de B: $0, 2$
$\mathrm{ma}(0) = 2$ e $\mathrm{ma}(2) = 1$

(c) Valores próprios de C: $i, -i$
$\mathrm{ma}(i) = 1$ e $\mathrm{ma}(-i) = 1$

6.57 Por exemplo, $\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$

6.58 (a) $\cos\alpha + i \operatorname{sen}\alpha$, $\cos\alpha - i \operatorname{sen}\alpha$

(b) $\{k\Pi :\ k \in \mathbb{Z}\}$

6.59 (b) $(\operatorname{tr} A)^2 - 4 \det A = 0$

(c) $(\operatorname{tr} A)^2 - 4 \det A > 0$

6.60 $\mathbb{R} \setminus \{-\frac{9}{4}, 4\}$

6.62 Valores próprios de A: -1 e $n-1$
$\mathrm{ma}(-1) = n-1$ e $\mathrm{ma}(n-1) = 1$

6.67 Por exemplo,
Base de M_2: $\big((1,0,1)\big)$
Base de M_3: $\big((1,0,0)\big)$

6.68 Por exemplo,

Base de M_1: $\left(\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}\right)$

6.72 Valores próprios de f: 0 e 1
$E_0 = \big\langle (0,0,1) \big\rangle$
$E_1 = \big\langle (1,0,0), (0,1,0) \big\rangle$

6.73 (a) $(-x)^n$

(b) Qualquer polinómio constante e não nulo, isto é, da forma $\alpha \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$

6.80 (c) Por exemplo, $\begin{bmatrix} \alpha-\beta & 0 & 0 \\ 0 & \alpha-\beta & 0 \\ 0 & 0 & \alpha+2\beta \end{bmatrix}$

6.88 (b) $\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$

6.89 (a) Valores próprios de A: 1, 2 e 3
$\mathrm{ma}(1) = \mathrm{ma}(2) = \mathrm{ma}(3) = 1$
Valores próprios de B: 1
$\mathrm{ma}(1) = 3$

(b) (ii) Não

(c) $\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 2 \end{bmatrix}$

6.90 (b) Por exemplo, $\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & i \end{bmatrix}$

6.91 (a) $p_A(x) = x^3 - 4x^2 + 5x - 2$

(c) $\emptyset$

6.92 (a) Valores próprios de A: -1 e 2
$\mathrm{ma}(-1) = 2$ e $\mathrm{ma}(2) = 1$

6.93 (a) Valores próprios de A: 0 e 2
$\mathrm{mg}(0) = 1$ e $\mathrm{mg}(2) = 2$

(b) $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$

(c) $\begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 \\ 8 & -4 & 2 \end{bmatrix}$

6.94 (b) $A^k = \begin{bmatrix} 1 & 4^k & -4^k-1 \\ 0 & 2\cdot 4^k & -2\cdot 4^k \\ 0 & 4^k & -4^k \end{bmatrix}$

6.95 (c) $\begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ -2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

6.97 (a) $\begin{bmatrix} -5 & 1 & 4 \\ -4 & 1 & 4 \\ -4 & 1 & 3 \end{bmatrix}$

(c) Por exemplo, $v_1 = e_1 + 2e_2 + e_3$ e $v_2 = 2v_1$

(d) f é um isomorfismo

6 **(a)** Sim
(b) Sim
(c) Sim
(d) Não
(e) Sim

7 **(a)** Comutativa, associativa, tem elemento neutro (0), apenas o 0 tem oposto (ele próprio)
(b) Comutativa, associativa, tem elemento neutro (1), apenas o 1 e o -1 têm oposto (1 e -1, respectivamente)
(c) Comutativa, associativa, tem elemento neutro ($0x^2 + 0x + 0$), todos os elementos têm oposto (o oposto de $ax^2 + bx + c$ é $-ax^2 - bx - c$)
(d) Comutativa, associativa, tem elemento neutro (1), todos os elementos têm oposto (o oposto de $a \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$ é $\frac{1}{a}$)

8 **(a)** Não
(b) Não
(c) Não

9 **(c)** d é o elemento neutro
(d) a tem um único oposto (c)
d tem um único oposto (d)
(e) b não tem oposto
(f) c tem dois opostos (a e c)

10 **(a)** Não
(b) Não
(c) Sim

12 **(b)** -2
(c) $c - 4$

16 $\mathcal{P}$ não tem
$\mathcal{I}$ tem (1)