

# Primeiro bloco de exercícios - Álgebra Linear

Luiz Augusto Dembicki Fernandes

03/12/2022

## 1 Provar que a associatividade da adição de vetores é teorema em $\mathbb{R}^2$ usual.

Definindo que  $u := (a, b)$ ,  $v := (c, d)$  e  $w := (e, f)$ , partimos de:  $(u + v) + w$ , realizamos as somas pela definição de adição de vetores em  $\mathbb{R}^2$ :

Aplicando a definição

$$(u + v) + w = ((a, b) + (c, d)) + (e, f)$$

Somando  $u + v$  e em seguida  $(u + v) + w$

$$\rightarrow ((a + c), (b + d)) + (e, f) = ((a + c) + e, (b + d) + f)$$

Utilizando-se que nos reais a adição é associativa

$$\rightarrow ((a + c) + e, (b + d) + f) = ((c + e) + a, (d + f) + b)$$

Que por definição de adição de matrizes

$$\rightarrow ((c + e) + a, (d + f) + b) = ((c + e), (d + f)) + (a, b)$$

$$\therefore ((c + e), (d + f)) + (a, b) = ((c, d) + (e, f)) + (a, b), \text{ Por adição de vetores,}$$

Que é igual ao ponto de partida

$$((c, d) + (e, f)) + (a, b) = ((a + c), (b + d)) + (e, f)$$

Usando a definição dos vetores

$$\therefore (u + v) + w = u + (v + w)$$

## 2 Escolher um axioma qualquer de espaço vetorial real e provar que ele é teorema em $P_2$ usual.

**V8:** Se  $u$  pertence a  $V$ , então existe  $v$  pertencente a  $V$  tal que  $u + v = \bar{0}$ ;

Seja  $\mathcal{P}_2 : \langle P_2, \mathbb{R}, +, \cdot, \bigcirc \rangle$

Sendo  $p$  e  $q$  funções polinomiais reais de grau menor ou igual a 2,  $+$  é então definido como  $(p + q)(x) = p(x) + q(x)$ .

$\bigcirc$  é a função  $g(x) = 0 \mid \forall x \in \mathbb{R}$ .

Definindo:

$$p(x) = \alpha x^2 + \beta x + \delta \mid \alpha \in \mathbb{R}, \beta \in \mathbb{R}, \delta \in \mathbb{R} \\ \text{e } q(x) = \pi x^2 + \varpi x + \xi \mid \pi \in \mathbb{R}, \varpi \in \mathbb{R}, \xi \in \mathbb{R}$$

Devido a definição de adição em  $\mathcal{P}_2$  :

$$(p + q)(x) = p(x) + q(x), \text{ Substituindo } p(x) \text{ e } q(x)$$

$$p(x) + q(x) = \alpha x^2 + \beta x + \delta + \pi x^2 + \varpi x + \xi$$

Por distributividade da multiplicação de reais

$$\rightarrow \alpha x^2 + \beta x + \delta + \pi x^2 + \varpi x + \xi = (\alpha + \pi)x^2 + (\beta + \varpi)x + (\delta + \xi)$$

Como reais, existem inversos aditivos para cada elemento, possibilitando as

$$\text{seguintes expressões: } \alpha + \pi = 0, \beta + \varpi = 0, \delta + \xi = 0$$

$$\rightarrow \alpha = -\pi, \beta = -\varpi, \delta = -\xi$$

Que então para este caso particular

$$\rightarrow (\alpha + \pi)x^2 + (\beta + \varpi)x + (\delta + \xi) = (0)x^2 + (0)x + (0)$$

Assim para todo  $x$  real a função retornará 0, o que equivale ao vetor nulo do

$$\text{espaço: } (0)x^2 + (0)x + (0) = \bigcirc$$

$$\text{Portanto, tais que } \alpha = -\pi, \beta = -\varpi, \delta = -\xi$$

$$\text{Existe } p(x) + q(x) = \bigcirc;$$

### 3 Provar que qualquer reta que passa pela origem de $\mathbb{R}^2$ define subespaço de $\mathbb{R}^2$ usual.

Utilizando o espaço vetorial  $\mathbb{R}^2$  usual:

$$\mathcal{V} = \langle \mathbb{R}^2, \mathbb{R}, +, \cdot, (0, 0) \rangle$$

Onde  $+: \mathbb{R}^2 \times \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$  ,é uma função tal que

$$+((a, b), (c, d)) = (a, b) + (c, d) = (a + c, b + d)$$

$$\cdot : \mathbb{R} \times \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2 ,\text{é uma função tal que } \cdot(\alpha, (a, b)) = \alpha \cdot (a, b) = (\alpha a, \alpha b)$$

Definindo:

$$\mathcal{R} = \langle r, \mathbb{R}, \oplus, \odot, (0, 0) \rangle$$

Tal que  $r = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 \mid$

$$ax + by = 0 \wedge a \in \mathbb{R} \wedge b \in \mathbb{R} \wedge ((a = 0 \rightarrow b \neq 0) \vee (b = 0 \rightarrow a \neq 0))\}^1$$

Onde  $\oplus : r \times r \rightarrow \mathbb{R}^2$  é restrição de  $+$

e  $\odot : \mathbb{R} \times r \rightarrow \mathbb{R}^2$  é restrição de  $\cdot$

Sejam elementos de  $r : (m, n)$  e  $(p, q)$

Então por definição:

$$am + bn = 0$$

$$ap + bq = 0$$

Por igualdade

$$\Rightarrow am + bn + ap + bq = 0$$

Por distributividade da multiplicação de reais

$$\Leftrightarrow a(m + p) + b(n + q) = 0$$

Assim se encaixa na definição de  $r$  a soma dos elementos

$$\Rightarrow (m + p, n + q) \in r$$

E por definição de  $\oplus$

$$(m + p) \oplus (n + q) = (m + p, n + q)$$

Assim a operação  $\oplus$  é fechada em  $r$ , e por definição de  $\odot$

---

<sup>1</sup>após  $ax + by = 0$ , a condição é que  $a$  e  $b$  são reais e não podem ser simultaneamente nulos

$$\alpha \odot (p, q) = (\alpha p, \alpha q)$$

Como o elemento acima pertence a  $r$  por definição de  $\odot$

$$\Rightarrow a\alpha p + b\alpha q = 0$$

Assim o elemento pertence a  $r$

$$\Rightarrow (\alpha p, \alpha q) \in r$$

O elemento  $(0, 0)$  respeita a definição

$$a(0) + b(0) = 0$$

E portanto pertence a  $r$

$$(0, 0) \in r$$

Assim  $r \subseteq \mathbb{R}^2$ , e ambos contém o mesmo vetor nulo e as funções da quintupla ordenada de  $\mathcal{R}$  são restrições respectivas de  $\mathbb{R}^2$  usual, assim  $\mathcal{R}$  é um subespaço de  $\mathbb{R}^2$ .

## 4 $\langle \mathbb{R}^3, \mathbb{R}, +, \cdot, (0, 0, 0) \rangle$ Usual

- Dar exemplo de um conjunto  $x$  de vetores que gera o espaço mas é L.D.
- Dar exemplo de conjunto  $y$  de vetores L.I. que não gera o espaço.

Utilizando as definições:

$$\sum_{n=1}^n \alpha_i \cdot v_i = \bar{0}$$

É linearmente independente se, e somente se, a equação acima admite solução única, onde  $\alpha_i$  são escalares,  $v_i$  são vetores de um conjunto pertencente ao espaço vetorial em análise, e  $\bar{0}$  é o vetor nulo de tal interpretação.

Um Conjunto de vetores de um mesmo espaço vetorial gera tal espaço vetorial em análise se, e somente se, todo vetor pertencente a tal possa ser obtido por combinação linear de tal conjunto.

Seja  $x = \{(1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1), (6, 6, 6)\}$

Por definição

$$\alpha_1 \cdot (1, 0, 0) + \alpha_2 \cdot (0, 1, 0) + \alpha_3 \cdot (0, 0, 1) + \alpha_4 \cdot (6, 6, 6) = (0, 0, 0)$$

Existem mais do que uma solução para o acima:

$$\alpha_1 = 6; \alpha_2 = 6; \alpha_3 = 6; \alpha_4 = -1$$

$$\alpha_1 = -6; \alpha_2 = -6; \alpha_3 = -6; \alpha_4 = 1$$

Assim o conjunto é linearmente dependente

Para a condição de geração do espaço vetorial, um vetor qualquer de  $\mathbb{R}^3$  usual

$$(a, b, c)$$

$$\alpha_1 = (a - 6); \alpha_2 = (b - 6); \alpha_3 = (c - 6); \alpha_4 = 1$$

$$\alpha_1 \cdot (1, 0, 0) + \alpha_2 \cdot (0, 1, 0) + \alpha_3 \cdot (0, 0, 1) + \alpha_4 \cdot (6, 6, 6) = (a, b, c)$$

Substituindo e efetuando as multiplicações entre escalares e vetores

$$(a - 6) \cdot (1, 0, 0) + (b - 6) \cdot (0, 1, 0) + (c - 6) \cdot (0, 0, 1) + 1 \cdot (6, 6, 6) =$$

$$((a - 6), 0, 0) + (0, (b - 6), 0) + (0, 0, (c - 6)) + (6, 6, 6)$$

Realizando a soma entre vetores

$$\rightarrow ((a - 6) + 6, (b - 6) + 6, (c - 6) + 6)$$

Por associatividade de reais

$$\rightarrow ((6 - 6) + a, (6 - 6) + b, (6 - 6) + c) = ((0) + a, (0) + b, (0) + c)$$

$$\Rightarrow (a, b, c) = (a, b, c)$$

Seja  $y = \{(1, 0, 0), (0, 1, 0)\}$

Por definição

$$\alpha_1 \cdot (1, 0, 0) + \alpha_2 \cdot (0, 1, 0) = (0, 0, 0)$$

Existe uma única solução para o acima:

Por multiplicação de escalares reais por vetores reais

$$\alpha_1 \cdot (1, 0, 0) + \alpha_2 \cdot (0, 1, 0) = (\alpha_1 \cdot 1, \alpha_2 \cdot 1, 0)$$

Já que 1 é neutro multiplicativo

$$\rightarrow (\alpha_1, \alpha_2, 0) = (0, 0, 0)$$

A equação acima implica que  $\alpha_1 = 0$  e  $\alpha_2 = 0$ , a única solução real

Assim o conjunto é linearmente independente

Para a condição de geração do espaço vetorial, um vetor qualquer de  $\mathbb{R}^3$  usual

$$(a, b, c)$$

$$\alpha_1 \cdot (1, 0, 0) + \alpha_2 \cdot (0, 1, 0) = (a, b, c)$$

Efetuada as multiplicações entre escalares reais e vetores reais, e como 1 é

neutro multiplicativo

$$\rightarrow (\alpha_1 1, 0, 0) + (0, \alpha_2 1, 0) = (\alpha_1, 0, 0) + (0, \alpha_2, 0)$$

Realizando a soma entre vetores

$$\rightarrow (\alpha_1, 0, 0) + (0, \alpha_2, 0) = (\alpha_1, \alpha_2, 0)$$

Para a igualdade abaixo

$$(\alpha_1, \alpha_2, 0) = (a, b, c)$$

Implica que  $c = 0$ , qual em  $\mathbb{R}^3$  assume qualquer valor  $\mathbb{R}$ , que acarreta que o

conjunto  $y$  não gera  $\mathbb{R}^3$ .