

Aula 00

*PETROBRAS (Engenharia de
Equipamento - Elétrica) Conhecimentos
Específicos III (Cálculo e Álgebra Linear
(Bloco III, Tópicos 1, 2 e 3)*

Autor:
**Equipe Exatas Estratégia
Concursos**

11 de Abril de 2023

Índice

1) Aviso	3
2) Apresentação do Curso	4
3) Matrizes	5
4) Determinantes	45
5) Questões Comentadas - Matrizes - Cebraspe	82
6) Questões Comentadas - Determinantes - Cebraspe	87
7) Lista de Questões - Matrizes - Cebraspe	104
8) Lista de Questões - Determinantes - Cebraspe	107



AVISO IMPORTANTE!



Olá, Alunos (as)!

Passando para informá-los a respeito da **disposição das questões** dentro do nosso material didático. Informamos que a escolha das bancas, dentro dos nossos Livros Digitais, é feita de maneira estratégica e pedagógica pelos nossos professores a fim de proporcionar a melhor didática e o melhor direcionamento daquilo que mais se aproxima do formato de cobrança da banca do seu concurso.

Assim, o formato de questões divididas por tópico facilitará o seu processo de estudo, deixando mais alinhado às disposições constantes no edital.

No mais, continuaremos à disposição de todos no Fórum de dúvidas!

Atenciosamente,

Equipe Exatas

Estratégia Concursos



APRESENTAÇÃO DO CURSO

Olá, pessoal! Tudo bem?

É com grande satisfação que damos início ao nosso curso!

Os professores **Eduardo Mocellin**, **Francisco Rebouças**, **Luana Brandão**, **Djefferson Maranhão** e **Vinicius Velede** ficarão responsáveis pelo **Livro Digital**.

Antes de continuarmos, vamos apresentar os professores do material escrito:

Eduardo Mocellin: Fala, pessoal! Meu nome é Eduardo Mocellin, sou professor de Matemática e de Raciocínio Lógico do Estratégia Concursos e engenheiro Mecânico-Aeronáutico pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Sinto-me feliz em poder contribuir com a sua aprovação! Não deixe de me seguir no Instagram:  **@edu.mocellin**

Francisco Rebouças: Fala, alunos! Aqui é o Francisco Rebouças, professor de Matemática do Estratégia Concursos. Sou Engenheiro Aeroespacial formado pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Saiba que será uma honra fazer parte da sua jornada rumo à aprovação e que estaremos sempre aqui para auxiliá-los com o que precisarem. Um grande abraço e nos vemos nas aulas!

Luana Brandão: Oi, pessoal! O meu nome é Luana Brandão e sou professora de Estatística do Estratégia Concursos. Sou Graduada, Mestre e Doutora em Engenharia de Produção, pela Universidade Federal Fluminense. Passei nos concursos de Auditor Fiscal (2009/2010) e Analista Tributário (2009) da Receita Federal e de Auditor Fiscal do Estado do Rio de Janeiro (2010). Sou Auditora Fiscal do Estado do RJ desde 2010. Vamos juntos nesse caminho até a aprovação?  **@professoraluanabrandao**

Djefferson Maranhão: Olá, amigos do Estratégia Concursos, tudo bem? Meu nome é Djefferson Maranhão, professor de Estatística do Estratégia Concursos. Sou Graduado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Desde 2015, sou Auditor da Controladoria Geral do Estado do Maranhão (2015 - 5º lugar). Antes, porém, exerci os cargos de Analista de Sistemas na UFMA (2010 - 1º lugar) e no TJ-MA (2011 - 1º lugar). Já estive na posição de vocês e sei o quanto a vida de um concurseiro é um tanto atribulada! São vários assuntos para se dominar em um curto espaço de tempo. Por isso, contem comigo para auxiliá-los nessa jornada rumo à aprovação. Um grande abraço.

Vinicius Velede: Olá, caros alunos! Sou Auditor Fiscal do Estado do Rio Grande do Sul. Professor de Matemática e Matemática Financeira do Estratégia Concursos. Aprovado nos Concursos de Auditor Fiscal da Secretaria da Fazenda dos Estados do Rio Grande do Sul (SEFAZ RS - 2019), Santa Catarina (SEFAZ SC - 2018) e Goiás (SEFAZ GO - 2018). Formado em Engenharia de Petróleo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) com graduação sanduíche em Engenharia Geológica pela Universidade Politécnica de Madrid (UPM). Pela UFRJ, fui campeão sul americano do Petrobowl (Buenos Aires) e, posteriormente, Campeão Mundial (Dubai). Cursei meu ensino médio na Escola Preparatória de Cadetes do Exército (EsPCEX). Contem comigo nessa trajetória!  **@viniciusvelede**

O material escrito em **PDF** está sendo construído para ser sua fonte **autossuficiente** de estudos. Isso significa que o livro digital será **completo** e **voltado para o seu edital**, justamente para que você não perca o seu precioso tempo "caçando por aí" o conteúdo que será cobrado na sua prova. Ademais, sempre que necessário, você poderá fazer perguntas sobre as aulas no **fórum de dúvidas**. **Bons estudos!**



APRESENTAÇÃO DA AULA

Fala, pessoal!

Nessa aula abordaremos o tema das **matrizes**, que são estruturas matemáticas que possibilitam representar e manipular dados de forma sistemática. Nesse tópico, veremos **como definir uma matriz**, quais são os **tipos de matrizes**, como realizar **operações com matrizes** e como **calcular a matriz inversa**. Caso o seu edital inclua esse conteúdo, nessa aula também falaremos sobre **determinantes**.

Você perceberá que os assuntos dessa aula **não são muito frequentes em provas de concursos públicos**, a não ser para as áreas de engenharia e de educação. Porém, o tema pode surgir em qualquer edital que o mencione, por isso não podemos desconsiderar os conteúdos que serão apresentados.

Não se preocupe com a quantidade de páginas desta aula, pois ela está cheia de exemplos solucionados e comentados, que vão te auxiliar a compreender os conceitos e as técnicas. Além disso, você poderá exercitar o que aprendeu com os exercícios propostos e **esclarecer suas dúvidas no fórum**.

Como de costume, apresentaremos, no **início de cada tópico**, um breve **resumo** para que você tenha uma ideia geral do conteúdo antes de começar o assunto.



Conte comigo nessa caminhada =)

Prof. Eduardo Mocellin.

 @edu.mocellin



MATRIZES

Matrizes

Introdução às matrizes

Podemos representar uma matriz tanto com colchetes "[]" quanto com parênteses "()".

Matriz de **dimensão** $m \times n$: **m linhas** e **n colunas**.

Elemento a_{ij} : o **primeiro índice** representa a **linha** e o **segundo índice** representa a **coluna**.

Representação de uma matriz pela lei de formação

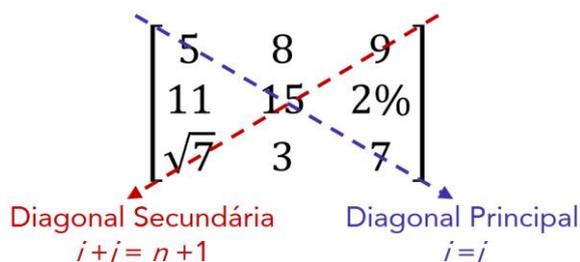
Cada elemento da matriz deve ser calculado por meio de uma fórmula apresentada.

Tipos de matrizes

Matriz linha: apresenta apenas uma linha. Dimensão da forma $1 \times n$.

Matriz coluna: apresenta apenas uma coluna. Dimensão da forma $m \times 1$.

Matriz quadrada: apresenta o mesmo número de linhas e de colunas. Dimensão da forma $n \times n$.



Matriz Retangular: número de linhas é diferente do número de colunas.

Matriz Diagonal: **matriz quadrada** em que todos os **elementos que não pertencem à diagonal principal** são iguais a **zero**.

Matriz Triangular: **matriz quadrada** em que todos os elementos acima ou abaixo de sua **diagonal principal** são nulos.

- **Matriz Triangular Superior:** todos os elementos **abaixo** da diagonal principal são nulos.
- **Matriz Triangular Inferior:** todos os elementos **acima** da diagonal principal são nulos.

Matriz Identidade: elementos da diagonal principal são iguais a 1 e os elementos fora da diagonal principal são zero.

Matriz Nula: todos os elementos são iguais a zero. É comum representar uma matriz nula quadrada pela letra O acrescida de um índice que indica a ordem da matriz. Ex: $O_3 \rightarrow$ matriz **nula quadrada** de **ordem 3**.

Operações com matrizes

Igualdade entre matrizes: duas matrizes são iguais quando apresentam a mesma dimensão $m \times n$ e seus elementos são idênticos e estão nas mesmas posições.

Adição e subtração de matrizes: é necessário que as matrizes tenham a mesma dimensão $m \times n$. Para realizar a operação, basta somar/subtrair os termos que estão na mesma posição.

Multiplicação da matriz por um número real: multiplicar todos os elementos da matriz pelo número real.

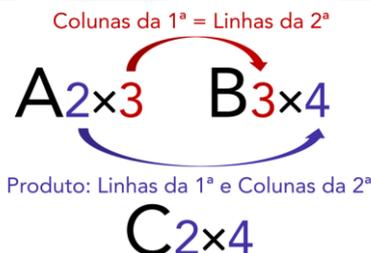


Multiplicação de matrizes

1. Verificar se o número de **colunas** da **primeira** matriz é igual ao número de **linhas** da **segunda**. Se essa igualdade não se verificar, não é possível realizar o produto das matrizes.

2. Obter o esquema geral da matriz-produto, que apresenta a seguinte dimensão:

Número de **linhas** da **primeira** × Número de **colunas** da **segunda**



3. Obter os elementos da matriz resultante a partir das **linhas da primeira matriz** e das **colunas da segunda matriz**.

O elemento c_{ij} da matriz-produto C é obtido por meio da **linha i da primeira matriz** e da **coluna j da segunda matriz**.

Propriedades da multiplicação de matrizes

A propriedade comutativa **não vale** para matrizes: $AB \neq BA$.

Propriedade associativa entre matrizes: $(AB)C = A(BC)$

Propriedade associativa entre matrizes e um número real: $\alpha(AB) = (\alpha A)B = A(\alpha B)$

Propriedade distributiva: $A(B + C) = AB + AC$; $(B + C)A = BA + CA$

Elemento neutro da multiplicação de matrizes: $AI = IA = A$

Traço de uma matriz quadrada

O traço de uma **matriz quadrada** é a **soma dos elementos da sua diagonal principal**. Se A é uma matriz quadrada, então o seu traço é representado por $tr(A)$.

- $tr(A + B) = tr(A) + tr(B)$
- $tr(A - B) = tr(A) - tr(B)$
- $tr(\alpha A) = \alpha tr(A)$
- $tr(AB) = tr(BA)$

Matriz oposta

A **matriz oposta** de A é $-A$.

Matriz transposta, simétrica e antissimétrica

A **transposta** de uma matriz A (notação: A^t) corresponde à matriz cujas **linhas foram transformadas em colunas**.

$$\begin{aligned} (A^t)^t &= A \\ (\alpha A)^t &= \alpha A^t \\ (AB)^t &= B^t A^t \\ (A + B)^t &= A^t + B^t \end{aligned}$$



Matriz Simétrica: a matriz é igual a sua transposta $\rightarrow A = A^t$

- É quadrada; e
- Os **elementos simétricos com relação à diagonal principal são iguais.**

Matriz antissimétrica: $A^t = -A$

- É quadrada;
- A diagonal principal é nula; e
- Os **elementos simétricos com relação à diagonal principal são opostos.**

Matriz inversa

$$A^{-1}A = AA^{-1} = I_n$$

Uma matriz que **não possui inversa** é denominada **singular**.

Propriedades:

$$\begin{aligned}(A^{-1})^{-1} &= A \\ (A^{-1})^t &= (A^t)^{-1} \\ (\alpha A)^{-1} &= \frac{1}{\alpha} A^{-1} \\ (AB)^{-1} &= B^{-1}A^{-1} \\ (ABC)^{-1} &= C^{-1}B^{-1}A^{-1}\end{aligned}$$

Matriz inversa como análogo da divisão: pode-se multiplicar ambos os lados de uma equação matricial pela inversa de uma matriz (A^{-1}) e, na sequência, usar a propriedade $A^{-1}A = I$.

Matriz ortogonal

Uma matriz A é dita **ortogonal** quando a sua inversa é igual a sua transposta:

$$A \text{ é ortogonal} \leftrightarrow A^{-1} = A^t$$



Introdução às matrizes

Noção básica

A ideia básica de uma matriz é **representar uma tabela de um modo mais formal**, com uma "linguagem matemática".

Suponha, por exemplo, que um concursário quer organizar em uma matriz **quantas horas ele pretende estudar em cada dia da semana das próximas quatro semanas**. Considere também que:

- As **linhas** representam os **dias da semana**: a primeira linha corresponde à **segunda-feira**, a segunda linha corresponde à **terça-feira**, e assim sucessivamente até a sétima linha, que corresponde ao **domingo**.
- As **colunas** representam as **semanas**: a primeira coluna corresponde à **primeira semana**, a segunda coluna corresponde à **segunda semana**, a terceira coluna corresponde à **terceira semana** e, por fim, a quarta coluna corresponde à **quarta semana**.

Nesse caso, o concursário pode representar a sua matriz do seguinte modo:

		1 ^a col. (1 ^a sem.)	2 ^a col. (2 ^a sem.)	3 ^a col. (3 ^a sem.)	4 ^a col. (4 ^a sem.)
1 ^a linha (segunda)	→	3	4	5	6
2 ^a linha (terça)	→	4	3	4	3
3 ^a linha (quarta)	→	5	4	4	3
4 ^a linha (quinta)	→	5	4	3	3
5 ^a linha (sexta)	→	6	5	3	4
6 ^a linha (sábado)	→	9	11	9	8
7 ^a linha (domingo)	→	9	8	9	9

Note que o elemento que está na **6^a linha** e na **2^a coluna** representa o número de horas que concursário planeja estudar no **sábado** da **segunda semana**: **11 horas**.

		2 ^a coluna (2 ^a semana)			
		↓			
		4	5	6	
		3	4	3	
		4	4	3	
		4	3	3	
		5	3	4	
6 ^a linha (sábado)	→	9	11	9	8
		9	8	9	9



Podemos representar uma matriz tanto com **colchetes** "[]" quanto com **parênteses** "()". Portanto, a matriz em questão também pode ser representada da seguinte maneira:

$$\begin{pmatrix} 3 & 4 & 5 & 6 \\ 4 & 3 & 4 & 3 \\ 5 & 4 & 4 & 3 \\ 5 & 4 & 3 & 3 \\ 6 & 5 & 3 & 4 \\ 9 & 11 & 9 & 8 \\ 9 & 8 & 9 & 9 \end{pmatrix}$$

Dimensão de uma matriz

Podemos dizer que uma **matriz de dimensão** $m \times n$ (lê-se: matriz de dimensão m por n) é uma matriz formada por **elementos** (ou **entradas**) distribuídos em m **linhas** e n **colunas**.

No exemplo que acabamos de mostrar, temos uma matriz composta por **7 linhas** e por **4 colunas**. Portanto, trata-se de uma **matriz** 7×4 (matriz **7** por **4**). Vejamos mais quatro exemplos:

- $\begin{bmatrix} 11 & \sqrt[3]{3} & 7/9 \\ 6 & 5 & 2 \\ 8 & 1 & 3 \end{bmatrix}$ é uma matriz 3×3 ;
- $\begin{bmatrix} 5 & 11/12 & 1 & 5^3 \\ \sqrt{7} & 4 & 4 & 15 \end{bmatrix}$ é uma matriz 2×4 ;
- $\begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 5 & 7 \\ 11 & 13 \\ 17 & 19 \end{bmatrix}$ é uma matriz 4×2 ;
- $\begin{bmatrix} 5 \\ 3 \\ 1 \end{bmatrix}$ é uma matriz 3×1 .



A ordem correta é **Nº de LINHAS** \times **Nº de COLUNAS**

Representação genérica dos elementos de uma matriz

Cada elemento de uma matriz apresenta uma determinada **localização** dentro dela. Essa localização é dada pela **linha** e pela **coluna** do elemento.

Considere a seguinte matriz A:

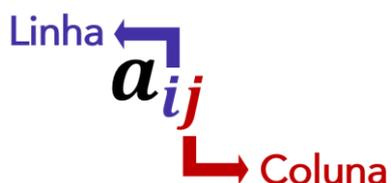


$$A = \begin{bmatrix} 3 & 4 & 5 & 6 \\ 4 & 3 & 4 & 3 \\ 5 & 4 & 4 & 3 \\ 5 & 4 & 3 & 3 \\ 6 & 5 & 3 & 4 \\ 9 & 11 & 9 & 8 \\ 9 & 8 & 9 & 9 \end{bmatrix}$$

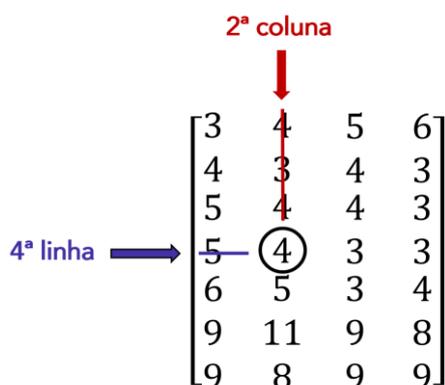
Genericamente, um elemento dessa matriz A pode ser representado por a_{ij} , em que i representa a linha em que esse elemento se encontra e j representa a sua coluna.



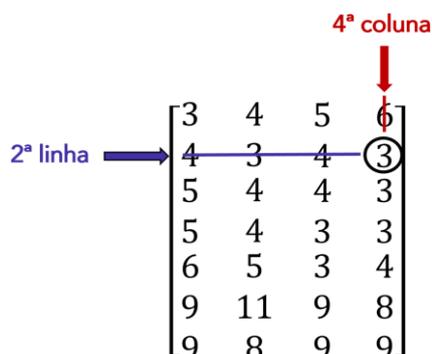
O primeiro índice representa a linha e o segundo índice representa a coluna.



Por exemplo, o elemento a_{42} é aquele que está na linha 4 e na coluna 2. Portanto, $a_{42} = 4$.



O elemento a_{24} , por sua vez, é aquele que está na linha 2 e na coluna 4. Portanto, $a_{24} = 3$.



Representação genérica de uma matriz

Uma matriz A de dimensão $m \times n$, isto é, uma matriz A com m linhas e n colunas, pode ser representada genericamente das seguintes formas:

$$A_{m \times n}$$
$$A = (a_{ij})_{m \times n}$$
$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Representação de uma matriz pela lei de formação

Podemos representar uma matriz por meio de uma **lei de formação**. Nesse caso, cada elemento da matriz deve ser calculado por meio de uma fórmula apresentada.

Considere por exemplo, a seguinte matriz:

$$A = (a_{ij})_{3 \times 3} \text{ tal que } a_{ij} = i + j^2$$

Note que a matriz A é 3×3 , isto é, possui 3 linhas e 3 colunas.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

Para obter a matriz, devemos calcular cada um de seus elementos a_{ij} por meio da lei de formação apresentada, dada por $a_{ij} = i + j^2$.

$$a_{11} = 1 + 1^2 = 2$$

$$a_{12} = 1 + 2^2 = 5$$

$$a_{13} = 1 + 3^2 = 10$$

$$a_{21} = 2 + 1^2 = 3$$

$$a_{22} = 2 + 2^2 = 6$$

$$a_{23} = 2 + 3^2 = 11$$

$$a_{31} = 3 + 1^2 = 4$$

$$a_{32} = 3 + 2^2 = 7$$

$$a_{33} = 3 + 3^2 = 12$$



Portanto, a matriz A é dada por:

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 5 & 10 \\ 3 & 6 & 11 \\ 4 & 7 & 12 \end{bmatrix}$$

Vamos a um exercício.

(DNIT/2013) Os elementos de uma matriz $A_{3 \times 2}$, isto é, com três linhas e duas colunas, são dados por:

$$a_{ij} = \begin{cases} (i + j)^2, & \text{se } i = j \\ i^2 + j^2, & \text{se } i \neq j \end{cases}$$

Em que a_{ij} representa o elemento da matriz $A_{3 \times 2}$ localizado na linha i e coluna j . Então, a soma dos elementos da primeira coluna de $A_{3 \times 2}$ é igual a:

- a) 17
- b) 15
- c) 12
- d) 19
- e) 13

Comentários:

Como a matriz A apresenta 3 linhas e 2 colunas, podemos representá-la genericamente do seguinte modo:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{bmatrix}$$

A questão pede a soma dos elementos da primeira coluna de A :

$$a_{11} + a_{21} + a_{31}$$

Para a_{11} , temos $i = j$. Logo, $a_{11} = (1 + 1)^2 = 4$.

Para a_{21} , temos $i \neq j$. Logo, $a_{21} = 1^2 + 2^2 = 5$.

Para a_{31} , temos $i \neq j$. Logo, $a_{31} = 3^2 + 1^2 = 10$.

A questão pede a soma dos elementos da primeira coluna de A é:

$$4 + 5 + 10 = 19$$

Gabarito: Letra D.



Tipos de matrizes

Matriz linha

É uma matriz com **apenas uma linha**, ou seja, tem dimensão da forma $1 \times n$. Exemplos:

- $[5 \quad 4 \quad 1]$ é uma matriz linha de dimensão 1×3 .
- $[3 \quad \frac{1}{3} \quad \sqrt[2]{4} \quad \frac{11}{2} \quad 7 \quad 2 \quad 1 \quad 4^2 \quad \frac{13}{2}]$ é uma matriz linha de dimensão 1×9 .

Matriz coluna

É uma matriz com **apenas uma coluna**, ou seja, tem dimensão da forma $m \times 1$. Exemplos:

- $\begin{bmatrix} -4 \\ \sqrt[5]{6} \\ 5^3 \end{bmatrix}$ é uma matriz coluna de dimensão 3×1 .
- $\begin{bmatrix} 11 \\ 7 \\ \sqrt[2]{4} \\ -11 \\ 3 \end{bmatrix}$ é uma matriz coluna de dimensão 5×1 .

Matriz quadrada

É uma matriz que apresenta o **mesmo número de linhas e de colunas**, ou seja, tem dimensão da forma $n \times n$. Exemplos:

- $\begin{bmatrix} 11 & 4^2 \\ 70\% & -3 \end{bmatrix}$ é uma matriz quadrada de dimensão 2×2 .
- $\begin{bmatrix} 7 & 5^3 & 3 \\ 4 & -8 & 22 \\ 11 & 4\% & 1 \end{bmatrix}$ é uma matriz quadrada de dimensão 3×3 .

Quando uma **matriz quadrada** apresenta **dimensão $n \times n$** , dizemos que essa matriz quadrada apresenta **ordem n** . Nos dois exemplos anteriores, temos uma matriz quadrada de ordem 2 e uma matriz quadrada de ordem 3, respectivamente.

Diagonais da matriz quadrada

Uma matriz quadrada apresenta duas diagonais: a **diagonal principal** e a **diagonal secundária**.

A **diagonal principal** é composta pelos elementos em que o número da linha é igual ao número da coluna, isto é, $i = j$.



$$\begin{bmatrix} 5 & 8 & 9 \\ 11 & 15 & 2\% \\ \sqrt{7} & 3 & 7 \end{bmatrix}$$

Para o exemplo em questão, os elementos da diagonal principal são $a_{11} = 5$, $a_{22} = 15$ e $a_{33} = 7$.

Já a **diagonal secundária** é composta por elementos cuja soma da linha e da coluna ($i + j$) é igual à ordem da matriz (n) acrescida de uma unidade, isto é:

$$i + j = n + 1$$

$$\begin{bmatrix} 5 & 8 & 9 \\ 11 & 15 & 2\% \\ \sqrt{7} & 3 & 7 \end{bmatrix}$$

Para o exemplo em questão, os elementos da diagonal secundária são $a_{13} = 9$, $a_{22} = 15$ e $a_{31} = \sqrt{7}$.

Matriz retangular

Uma matriz é retangular quando **o número de linhas é diferente do número de colunas**. Exemplos:

- $\begin{bmatrix} 3 & \frac{11}{2} \\ 3^3 & -11 \\ 13 & 6 \end{bmatrix}$ é uma matriz retangular de dimensão 3×2 .
- $\begin{bmatrix} 0 & 11 & 4 \\ -9 & 50\% & 1 \end{bmatrix}$ é uma matriz retangular de dimensão 2×3 .

Matriz diagonal

A matriz diagonal é uma **matriz quadrada** em que todos os elementos que **não pertencem à diagonal principal são iguais a zero**. Exemplos:

- $\begin{bmatrix} 11 & 0 \\ 0 & -3 \end{bmatrix}$
- $\begin{bmatrix} 4 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & 7 \end{bmatrix}$

Matriz triangular

Uma matriz triangular é uma **matriz quadrada** em que todos os elementos **acima ou abaixo** de sua **diagonal principal** são nulos.



Matriz triangular superior

Quando todos os elementos **abaixo** da **diagonal principal** forem **nulos**, temos uma **matriz triangular superior**. Exemplo:

$$\begin{bmatrix} 8 & 5 & 7 & 1 \\ 0 & 9 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 5 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriz triangular inferior

Quando todos os elementos **acima** da **diagonal principal** forem **nulos**, temos uma **matriz triangular inferior**. Exemplo:

$$\begin{bmatrix} 8 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 9 & 0 & 0 \\ 3 & 9 & 5 & 0 \\ 1 & 5 & 1 & 3 \end{bmatrix}$$

Matriz identidade ou matriz unidade

A **matriz identidade** (ou matriz unidade) é uma **matriz quadrada** cujos elementos da diagonal principal são iguais a 1 e os elementos fora da diagonal principal são zero. Exemplo:

$$I_4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

A representação desse tipo de matriz é dada pela letra I acrescida de um índice que indica a ordem da matriz. Isso significa que I_3 é uma matriz identidade de ordem 3:

$$I_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriz nula

Matriz nula é **a matriz que apresenta todos seus elementos iguais a zero**. Exemplos:

- $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ é uma matriz nula de dimensão 2×3 .
- $O_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ é uma matriz nula quadrada de ordem 3.

É comum representar uma matriz nula quadrada pela letra O acrescida de um índice que indica a ordem da matriz. Isso significa que **O_3 é uma matriz nula quadrada de ordem 3**.



Operações com matrizes

Igualdade entre matrizes

Duas matrizes são iguais quando:

- Apresentam a mesma dimensão $m \times n$;
- Seus elementos são idênticos e estão nas mesmas posições.

Por exemplo, as duas matrizes abaixo são iguais, pois apresentam a dimensão 3×3 , bem como seus elementos são idênticos e estão nas mesmas posições:

$$\begin{bmatrix} 3/4 & 11 & -3 \\ 7 & 4^2 & -4 \\ \sqrt{2} & 5 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3/4 & 11 & -3 \\ 7 & 4^2 & -4 \\ \sqrt{2} & 5 & -1 \end{bmatrix}$$

Observe agora a suposta igualdade:

$$\begin{bmatrix} 3/4 & 11 & -3 \\ 7 & 4^2 & -4 \\ \mathbf{y} & 5 & -1 \end{bmatrix} \stackrel{??}{=} \begin{bmatrix} 3/4 & 11 & -3 \\ 7 & \mathbf{x} & -4 \\ \sqrt{2} & 5 & -1 \end{bmatrix}$$

Note que a igualdade só se verifica se $x = 4^2$ e $y = \sqrt{2}$. Caso contrário, as duas matrizes não serão iguais.

(Pref. N Horizonte/2019) O valor de $x + y$ que determina a igualdade entre as matrizes

$$\begin{bmatrix} 7 & x - y & -10 \\ 15 & 8 & 24 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7 & -13 & 2x \\ -3x & 8 & 3y \end{bmatrix} \text{ é:}$$

- 5.
- 3.
- 5.
- 8.
- 13.

Comentários:

Note que as duas matrizes apresentam a mesma dimensão 2×3 . Para que elas sejam iguais, seus elementos devem ser idênticos e devem estar nas mesmas posições. Para tanto, devemos ter:

$$\begin{cases} x - y = -13 \\ 2x = -10 \\ -3x = 15 \\ 3y = 24 \end{cases}$$

A partir da segunda e da quarta equação, podemos obter os valores de x e de y .

$$2x = -10 \rightarrow x = -5$$

$$3y = 24 \rightarrow y = 8$$



O valor de $x + y$ é:

$$(-5) + 8 = 3$$

O **gabarito**, portanto, é **letra B**.

Observe que as outras equações se verificam para $x = -5$ e $y = 8$, pois, caso contrário, as matrizes não seriam iguais.

$$x - y = (-5) - 8 = -13$$

$$-3x = -3 \times (-5) = 15$$

Gabarito: Letra B.

Adição e subtração de matrizes

Para somar ou subtrair matrizes, é **necessário que elas tenham a mesma dimensão**. Note, portanto, que **não** é possível somarmos uma matriz de dimensão 3×5 com uma matriz de dimensão 4×3 .

Feita essa observação, deve-se entender que **a soma entre duas matrizes é feita somando os termos que estão na mesma posição**.

Para a subtração, seguimos a mesma ideia, **subtraindo os elementos de uma matriz dos elementos de mesma posição da outra matriz**.

Suponha, por exemplo, que temos duas matrizes A e B dadas por:

$$A = \begin{bmatrix} 5 & -2 & 3 \\ -4 & 1 & 5 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} -3 & 3 & -2 \\ 2 & 1 & 7 \end{bmatrix}$$

A soma $A + B$ é dada por:

$$\begin{aligned} A + B &= \begin{bmatrix} 5 & -2 & 3 \\ -4 & 1 & 5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -3 & 3 & -2 \\ 2 & 1 & 7 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 5 + (-3) & -2 + 3 & 3 + (-2) \\ -4 + 2 & 1 + 1 & 5 + 7 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 \\ -2 & 2 & 12 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Já a subtração $A - B$ é dada por:

$$\begin{aligned} A - B &= \begin{bmatrix} 5 & -2 & 3 \\ -4 & 1 & 5 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -3 & 3 & -2 \\ 2 & 1 & 7 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 5 - (-3) & -2 - 3 & 3 - (-2) \\ -4 - 2 & 1 - 1 & 5 - 7 \end{bmatrix} \end{aligned}$$



$$= \begin{bmatrix} 8 & -5 & 5 \\ -6 & 0 & -2 \end{bmatrix}$$

Multiplicação da matriz por um número real

Para multiplicarmos uma matriz por um número real qualquer, **basta multiplicar todos os elementos dessa matriz pelo número real**. Considere, por exemplo, a seguinte matriz A :

$$A = \begin{bmatrix} -3 & 2 & 5 \\ 1 & 3 & -1 \\ 7 & -3 & \sqrt{2} \end{bmatrix}$$

Ao **multiplicar** a matriz A **por 2**, obtemos a seguinte matriz:

$$2A = 2 \times \begin{bmatrix} -3 & 2 & 5 \\ 1 & 3 & -1 \\ 7 & -3 & \sqrt{2} \end{bmatrix}$$
$$2A = \begin{bmatrix} 2 \times (-3) & 2 \times 2 & 2 \times 5 \\ 2 \times 1 & 2 \times 3 & 2 \times (-1) \\ 2 \times 7 & 2 \times (-3) & 2 \times \sqrt{2} \end{bmatrix}$$
$$2A = \begin{bmatrix} -6 & 4 & 10 \\ 2 & 6 & -2 \\ 14 & -6 & 2\sqrt{2} \end{bmatrix}$$

Multiplicação de matrizes

Pessoal, atenção redobrada com a multiplicação de matrizes. Essa é a parte que costuma gerar mais confusão entre os alunos.

Para multiplicar duas matrizes, devemos seguir os seguintes passos:

1. Verificar se o **número de colunas da primeira** matriz é igual ao **número de linhas da segunda**. Se essa igualdade não se verificar, não é possível realizar o produto das matrizes.
2. Obter o esquema geral da matriz-produto, que apresenta a seguinte dimensão:
Número de linhas da primeira × Número de colunas da segunda
3. Obter os elementos da matriz resultante a partir das **linhas da primeira matriz** e das **colunas da segunda matriz**.

Professor, não entendi nada!!

Calma, caro aluno! Vamos resolver um exemplo.

Considere as matrizes A e B , dadas por:



$$A = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 100 & 200 & 450 & 200 \\ 400 & 150 & 150 & 450 \\ 250 & 300 & 100 & 700 \end{bmatrix}$$

Vamos calcular o produto $A \times B$.

1. Verificar se o **número de colunas da primeira** matriz é igual ao **número de linhas da segunda**. Se essa igualdade não se verificar, não é possível realizar o produto das matrizes;

Note que a matriz A tem dimensão 2×3 , e a matriz B tem dimensão 3×4 . Observe, portanto, que o **número de colunas da matriz A** é igual ao **número de linhas da matriz B** . Logo, **é possível realizar o produto** das matrizes $A_{2 \times 3}$ e $B_{3 \times 4}$.

2. Obter o esquema geral da matriz-produto, que apresenta a seguinte dimensão:

Número de linhas da primeira \times **Número de colunas da segunda**

A matriz A tem dimensão 2×3 , e a matriz B tem dimensão 3×4 . Logo, a **matriz-produto apresenta a dimensão 2×4** . Temos o seguinte esquema geral:

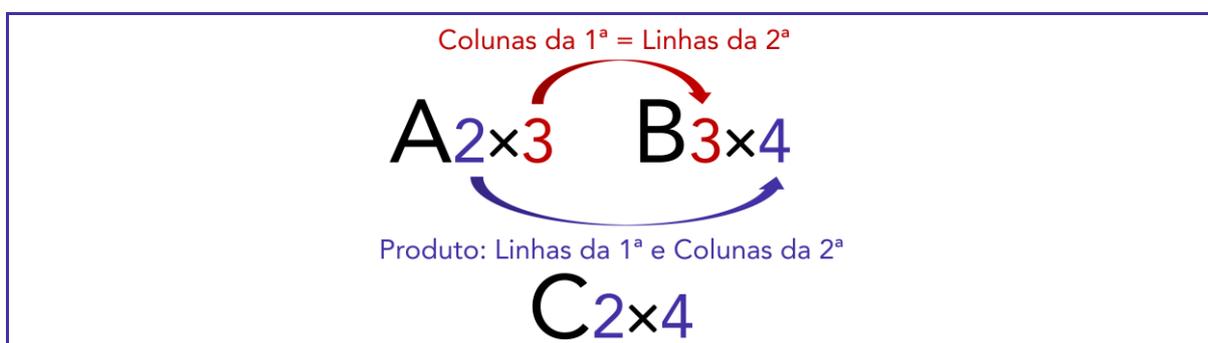
$$C = A \times B = \begin{bmatrix} () & () & () & () \\ () & () & () & () \end{bmatrix}$$

Ou então, de maneira mais formal, poderíamos escrever:

$$C = A \times B = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} \end{bmatrix}$$

Lembre-se: o elemento c_{ij} está na linha i e na coluna j da matriz C .

Uma maneira prática de **memorizar os passos 1 e 2** é a seguinte:



3. Obter os elementos da matriz resultante a partir das **linhas da primeira matriz** e das **colunas da segunda matriz**.

Temos a seguinte matriz-produto:



$$C = A \times B = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} \end{bmatrix}$$

Obtenção de c_{11}

c_{11} → Primeira linha da primeira matriz, primeira coluna da segunda matriz

Para determinar o elemento da primeira linha e da primeira coluna da matriz-produto (c_{11}), devemos utilizar a primeira linha da primeira matriz e a primeira coluna da segunda matriz.

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 100 & 200 & 450 & 200 \\ 400 & 150 & 150 & 450 \\ 250 & 300 & 100 & 700 \end{bmatrix}$$

Para obter o elemento c_{11} , realiza-se a seguinte operação:

$$c_{11} = 3 \times 100 + 2 \times 400 + 1 \times 250 = 1350$$

Vamos colocar esse novo elemento na nossa matriz-produto:

$$C = A \times B = \begin{bmatrix} 1350 & () & () & () \\ () & () & () & () \end{bmatrix}$$

Obtenção de c_{12}

c_{12} → Primeira linha da primeira matriz, segunda coluna da segunda matriz

Para determinar o elemento da primeira linha e da segunda coluna da matriz-produto (c_{12}), devemos utilizar a primeira linha da primeira matriz e a segunda coluna da segunda matriz.

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 100 & 200 & 450 & 200 \\ 400 & 150 & 150 & 450 \\ 250 & 300 & 100 & 700 \end{bmatrix}$$

Para obter o elemento c_{12} , realiza-se a seguinte operação:

$$c_{12} = 3 \times 200 + 2 \times 150 + 1 \times 300 = 1200$$

Vamos colocar esse novo elemento na nossa matriz-produto:

$$C = A \times B = \begin{bmatrix} 1350 & 1200 & () & () \\ () & () & () & () \end{bmatrix}$$



Obtenção de c_{13}

c_{13} → Primeira linha da primeira matriz, terceira coluna da segunda matriz

Para determinar o elemento da primeira linha e da terceira coluna da matriz-produto (c_{13}), devemos utilizar a primeira linha da primeira matriz e a terceira coluna da segunda matriz.

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 100 & 200 & 450 & 200 \\ 400 & 150 & 150 & 450 \\ 250 & 300 & 100 & 700 \end{bmatrix}$$

Para obter o elemento c_{13} , realiza-se a seguinte operação:

$$c_{13} = 3 \times 450 + 2 \times 150 + 1 \times 100 = 1750$$

Vamos colocar esse novo elemento na nossa matriz-produto:

$$C = A \times B = \begin{bmatrix} 1350 & 1200 & 1750 & () \\ () & () & () & () \end{bmatrix}$$

Obtenção de c_{14}

c_{14} → Primeira linha da primeira matriz, quarta coluna da segunda matriz

Para determinar o elemento da primeira linha e da quarta coluna da matriz-produto (c_{14}), devemos utilizar a primeira linha da primeira matriz e a quarta coluna da segunda matriz.

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 100 & 200 & 450 & 200 \\ 400 & 150 & 150 & 450 \\ 250 & 300 & 100 & 700 \end{bmatrix}$$

Para obter o elemento c_{14} , realiza-se a seguinte operação:

$$c_{14} = 3 \times 200 + 2 \times 450 + 1 \times 700 = 2200$$

Vamos colocar esse novo elemento na nossa matriz-produto:

$$C = A \times B = \begin{bmatrix} 1350 & 1200 & 1750 & 2200 \\ () & () & () & () \end{bmatrix}$$



Obtenção de c_{21}

c_{21} → Segunda linha da primeira matriz, primeira coluna da segunda matriz

Para determinar o elemento da segunda linha e da primeira coluna da matriz-produto (c_{21}), devemos utilizar a segunda linha da primeira matriz e a primeira coluna da segunda matriz.

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 100 & 200 & 450 & 200 \\ 400 & 150 & 150 & 450 \\ 250 & 300 & 100 & 700 \end{bmatrix}$$

Para obter o elemento c_{21} , realiza-se a seguinte operação:

$$c_{21} = 1 \times 100 + 3 \times 400 + 3 \times 250 = 2050$$

Vamos colocar esse novo elemento na nossa matriz-produto:

$$C = A \times B = \begin{bmatrix} 1350 & 1200 & 1750 & 2200 \\ 2050 & () & () & () \end{bmatrix}$$

Obtenção de c_{22}

c_{22} → Segunda linha da primeira matriz, segunda coluna da segunda matriz

Para determinar o elemento da segunda linha e da segunda coluna da matriz-produto (c_{22}), devemos utilizar a segunda linha da primeira matriz e a segunda coluna da segunda matriz.

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 100 & 200 & 450 & 200 \\ 400 & 150 & 150 & 450 \\ 250 & 300 & 100 & 700 \end{bmatrix}$$

Para obter o elemento c_{22} , realiza-se a seguinte operação:

$$c_{22} = 1 \times 200 + 3 \times 150 + 3 \times 300 = 1550$$

Vamos colocar esse novo elemento na nossa matriz-produto:

$$C = A \times B = \begin{bmatrix} 1350 & 1200 & 1750 & 2200 \\ 2050 & 1550 & () & () \end{bmatrix}$$



Obtenção de c_{23}

c_{23} → Segunda linha da primeira matriz, terceira coluna da segunda matriz

Para determinar o elemento da segunda linha e da terceira coluna da matriz-produto (c_{23}), devemos utilizar a segunda linha da primeira matriz e a terceira coluna da segunda matriz.

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 100 & 200 & 450 & 200 \\ 400 & 150 & 150 & 450 \\ 250 & 300 & 100 & 700 \end{bmatrix}$$

Para obter o elemento c_{23} , realiza-se a seguinte operação:

$$c_{23} = 1 \times 450 + 3 \times 150 + 3 \times 100 = 1200$$

Vamos colocar esse novo elemento na nossa matriz-produto:

$$C = A \times B = \begin{bmatrix} 1350 & 1200 & 1750 & 2200 \\ 2050 & 1550 & 1200 & () \end{bmatrix}$$

Obtenção de c_{24}

c_{24} → Segunda linha da primeira matriz, quarta coluna da segunda matriz

Para determinar o elemento da segunda linha e da quarta coluna da matriz-produto (c_{24}), devemos utilizar a segunda linha da primeira matriz e a quarta coluna da segunda matriz.

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 100 & 200 & 450 & 200 \\ 400 & 150 & 150 & 450 \\ 250 & 300 & 100 & 700 \end{bmatrix}$$

Para obter o elemento c_{24} , realiza-se a seguinte operação:

$$c_{24} = 1 \times 200 + 3 \times 450 + 3 \times 700 = 3650$$

Vamos colocar esse novo elemento na nossa matriz-produto:

$$C = A \times B = \begin{bmatrix} 1350 & 1200 & 1750 & 2200 \\ 2050 & 1550 & 1200 & 3650 \end{bmatrix}$$

Pronto! Acabamos de realizar o produto das matrizes A e B .



$$A \times B = C$$

$$\begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 100 & 200 & 450 & 200 \\ 400 & 150 & 150 & 450 \\ 250 & 300 & 100 & 700 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1350 & 1200 & 1750 & 2200 \\ 2050 & 1550 & 1200 & 3650 \end{bmatrix}$$

Professor... você levou **QUATRO PÁGINAS** para calcular os oito elementos!!

Calma, caro aluno. Levamos quatro páginas porque fizemos passo a passo. Em resumo, o que você precisa saber é o seguinte:



O elemento da **linha i** e da **coluna j** da **matriz-produto C** é obtido por meio da **linha i da primeira matriz** e da **coluna j da segunda matriz**.

c_{11} → Linha 1 da primeira matriz e coluna 1 da segunda matriz;

c_{12} → Linha 1 da primeira matriz e coluna 2 da segunda matriz;

c_{13} → Linha 1 da primeira matriz e coluna 3 da segunda matriz;

c_{14} → Linha 1 da primeira matriz e coluna 4 da segunda matriz;

c_{21} → Linha 2 da primeira matriz e coluna 1 da segunda matriz;

c_{22} → Linha 2 da primeira matriz e coluna 2 da segunda matriz;

c_{23} → Linha 2 da primeira matriz e coluna 3 da segunda matriz;

c_{24} → Linha 2 da primeira matriz e coluna 4 da segunda matriz.

Na hora da prova, ao se deparar com o seguinte produto:

$$\begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 100 & 200 & 450 & 200 \\ 400 & 150 & 150 & 450 \\ 250 & 300 & 100 & 700 \end{bmatrix}$$

Você deve realizar as contas assim:

$$\begin{aligned} &= \begin{bmatrix} (3 \cdot 100 + 2 \cdot 400 + 1 \cdot 250) & (3 \cdot 200 + 2 \cdot 150 + 1 \cdot 300) & (3 \cdot 450 + 2 \cdot 150 + 1 \cdot 100) & (3 \cdot 200 + 2 \cdot 450 + 1 \cdot 700) \\ (1 \cdot 100 + 3 \cdot 400 + 3 \cdot 250) & (1 \cdot 200 + 3 \cdot 150 + 3 \cdot 300) & (1 \cdot 450 + 3 \cdot 150 + 3 \cdot 100) & (1 \cdot 200 + 3 \cdot 450 + 3 \cdot 700) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 1350 & 1200 & 1750 & 2200 \\ 2050 & 1550 & 1200 & 3650 \end{bmatrix} \end{aligned}$$



(MPE SC/2022) Seja $A = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}$.

A soma dos elementos da matriz A^2 é:

- a) 10;
- b) 12;
- c) 15;
- d) 23;
- e) 30.

Comentários:

Note que a matriz A^2 é:

$$\begin{aligned} A^2 &= A \times A \\ &= \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 1 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 2 \cdot 2 + 1 \cdot 3 & 2 \cdot 1 + 1 \cdot 1 \\ 3 \cdot 2 + 1 \cdot 3 & 3 \cdot 1 + 1 \cdot 1 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 7 & 3 \\ 9 & 4 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Logo, a soma dos elementos da matriz A^2 é:

$$\begin{aligned} 7 + 3 + 9 + 4 \\ = 23 \end{aligned}$$

Gabarito: Letra D.

(Pref. SJC/2019) Sobre as matrizes $A_{m \times n}$ e $B_{p \times q}$ é correto afirmar que existe a operação:

- a) $A + B$, se $n = p$
- b) $B - A$, se $n = p$
- c) $A \cdot B$, se $m = q$
- d) $B \cdot A$, se $m = q$
- e) $A \div B$, se $n = p$

Comentários:

Vamos analisar cada alternativa.

- a) **ERRADO.** Temos a soma das duas matrizes, que só é possível se elas apresentarem a mesma dimensão. Para tanto, deveríamos ter **$m = p$ e $n = q$** .
- b) **ERRADO.** Temos uma subtração de matrizes, que só é possível se elas apresentarem a mesma dimensão. Para tanto, deveríamos ter **$m = p$ e $n = q$** .



- c) **ERRADO**. Temos uma multiplicação de matrizes, que só é possível se o número de colunas da primeira (n) for igual ao número de linhas da segunda (p). Para tanto, deveríamos ter $n = p$.
- d) **CERTO**. Temos uma multiplicação de matrizes, que só é possível se o número de colunas da primeira (q) for igual ao número de linhas da segunda (m). **Esse é o caso apresentado na alternativa**, em que $m = q$.
- e) **ERRADO**. Não existe divisão de matrizes.

Gabarito: Letra D.

(Pref. Dois Córregos/2019) O produto das matrizes $\begin{bmatrix} 1 & 5 & 3 \\ 4 & 2 & 6 \end{bmatrix}$ e $\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 2 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$, nessa ordem

- a) não existe, pois elas têm os números de linhas diferentes, assim como os números de colunas.
- b) não existe, pois o número de linhas da primeira matriz do produto é diferente do número de colunas da segunda matriz.
- c) existe, e é igual a $\begin{bmatrix} 0 & 4 \\ 4 & 0 \end{bmatrix}$.
- d) existe, e é igual a $\begin{bmatrix} 10 & 4 \\ 4 & 10 \end{bmatrix}$.
- e) existe, e é igual a $\begin{bmatrix} 10 & 0 \\ 0 & 10 \end{bmatrix}$.

Comentários:

Lembre-se que, multiplicar duas matrizes, devemos seguir os seguintes passos:

1. Verificar se o **número de colunas da primeira** matriz é igual ao **número de linhas da segunda**. Se essa igualdade não se verificar, não é possível realizar o produto das matrizes.

2. Obter o esquema geral da matriz-produto, que apresenta a seguinte dimensão:

Número de linhas da primeira \times **Número de colunas da segunda**

3. Obter os elementos da matriz resultante a partir das **linhas da primeira matriz** e das **colunas da segunda matriz**.

Note que a primeira matriz apresenta dimensão 2×3 , e a segunda matriz apresenta dimensão 3×2 . Isso significa que:

1. O número de **colunas da primeira** matriz (**3**) é igual ao número de **linhas da segunda** (**3**) e, portanto, o produto existe.

2. A matriz-produto apresenta dimensão 2×2 .

Temos, então, que a matriz-produto apresenta o seguinte esquema geral:

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

Vamos agora para o terceiro passo:



3. Obter os elementos da matriz resultante a partir das **linhas da primeira matriz** e das **colunas da segunda matriz**.

$$\begin{aligned} & \begin{bmatrix} 1 & 5 & 3 \\ 4 & 2 & 6 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 2 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} (1 \cdot 0 + 5 \cdot 2 + 3 \cdot 0) & (1 \cdot 1 + 5 \cdot 0 + 3 \cdot 1) \\ (4 \cdot 0 + 2 \cdot 2 + 6 \cdot 0) & (4 \cdot 1 + 2 \cdot 0 + 6 \cdot 1) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 10 & 4 \\ 4 & 10 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Gabarito: Letra D.

Propriedades da multiplicação de matrizes

A propriedade comutativa não vale para matrizes

Antes de apresentarmos as propriedades da multiplicação de matrizes, vamos mostrar uma propriedade que **não pode ser utilizada para matrizes**.

Na **álgebra comum**, a propriedade comutativa para a multiplicação de números nos diz que "a ordem dos fatores não altera o produto". Isso significa que:

$$150 \times 311 = 311 \times 150$$

Para o caso das matrizes, essa propriedade não ocorre. O produto da matriz A pela matriz B é diferente do produto da matriz B pela matriz A (a não ser que a igualdade ocorra por uma grande coincidência). Isso significa que:

$$AB \neq BA$$



Perceba que em alguns casos **o produto AB existe** e o **produto BA não existe**.

Considere a matriz $A_{2 \times 3}$ de ordem 2×3 e a matriz $B_{3 \times 4}$ de ordem 3×4 .

Note que **o produto AB existe**, pois o número de colunas de A é igual ao número de linhas de B .



Colunas da 1ª = Linhas da 2ª

$A_{2 \times 3}$ $B_{3 \times 4}$

Produto: Linhas da 1ª e Colunas da 2ª

Por outro lado, o produto BA não é possível, pois o número de colunas de B não é igual ao número de linhas de A .

Colunas da 1ª \neq Linhas da 2ª

$B_{3 \times 4}$ $A_{2 \times 3}$

O produto BA não é possível!

Propriedade associativa

Propriedade associativa entre matrizes

Na álgebra comum, a propriedade associativa para a multiplicação de números nos diz que podemos agrupar números que estão sendo multiplicados da forma que nos for conveniente.

Por exemplo, ao realizar a multiplicação $2 \times 3 \times 5$, podemos realizar de duas maneiras:

- $(2 \times 3) \times 5$; ou
- $2 \times (3 \times 5)$.

Isso significa que:

$$(2 \times 3) \times 5 = 2 \times (3 \times 5)$$

Para a multiplicação de matrizes, temos a mesma propriedade.

Para o caso em que é possível o produto das matrizes A , B e C , nessa ordem, podemos realizar o produto ABC de duas formas:

- Realizar o produto AB e depois multiplicar pela matriz C ; ou
- Realizar o produto BC e depois realizar o produto de A com o resultado BC .

Em linguagem matemática, temos:

$$(AB)C = A(BC)$$



Propriedade associativa entre matrizes e um número real

Se α for um número real e A e B forem matrizes em que o produto AB é possível, então:

$$\alpha(AB) = (\alpha A)B = A(\alpha B)$$

Exemplo:

$$3(AB) = (3A)B = A(3B)$$

Propriedade distributiva

Propriedade distributiva pela esquerda

Na álgebra comum, a propriedade distributiva pela esquerda ocorre quando realizamos a seguinte operação:

$$2 \times (3 + 5) = 2 \times 3 + 2 \times 5$$

Temos a mesma propriedade quando realizamos a operação contrária, conhecida por "**colocar o número em evidência**":

$$2 \times 3 + 2 \times 5 = 2 \times (3 + 5)$$

Para matrizes, é válida a propriedade distributiva pela esquerda:

$$A(B + C) = AB + AC$$

A mesma propriedade ocorre quando "**colocamos uma matriz em evidência**":

$$AB + AC = A(B + C)$$

Propriedade distributiva pela direita

Na álgebra comum, a propriedade distributiva pela direita ocorre quando realizamos a seguinte operação:

$$(3 + 5) \times 2 = 3 \times 2 + 5 \times 2$$

Temos a mesma propriedade quando realizamos a operação contrária, conhecida por "**colocar o número em evidência**":

$$3 \times 2 + 5 \times 2 = (3 + 5) \times 2$$

Para matrizes, é válida a propriedade distributiva pela direita:

$$(B + C)A = BA + CA$$

A mesma propriedade ocorre quando "**colocamos uma matriz em evidência**":

$$BA + CA = (B + C)A$$





Vimos no tópico anterior que, para a **álgebra**, é válida a **propriedade comutativa**. Portanto, 2 pode comutar com $(3 + 5)$:

$$2 \times (3 + 5) = (3 + 5) \times 2$$

Note, porém, que a **multiplicação de matrizes não** goza da **propriedade comutativa**. Portanto, A não comuta com $(B + C)$:

$$A(B + C) \neq (B + C)A$$

Isso porque $A(B + C)$ é igual a $AB + AC$. Já $(B + C)A$ é igual a $BA + CA$.

Elemento neutro da multiplicação de matrizes

Quando temos uma matriz quadrada de ordem n ($A_{n \times n}$), a multiplicação dessa matriz pela matriz identidade de ordem n (I_n) corresponde à própria matriz original:

$$AI = IA = A$$

Exemplo:

$$\begin{bmatrix} 3 & 7 & 2 \\ 5 & 4 & 1 \\ 3 & 1 & 4 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 7 & 2 \\ 5 & 4 & 1 \\ 3 & 1 & 4 \end{bmatrix}$$
$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 3 & 7 & 2 \\ 5 & 4 & 1 \\ 3 & 1 & 4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 7 & 2 \\ 5 & 4 & 1 \\ 3 & 1 & 4 \end{bmatrix}$$

Traço de uma matriz quadrada

O **traço** de uma **matriz quadrada** é a soma dos elementos da sua diagonal principal. Se A é uma matriz quadrada, então o seu traço é representado por $tr(A)$.

Exemplo:

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 7 & 2 \\ 5 & 4 & 1 \\ 3 & 1 & 4 \end{bmatrix}$$

$$tr(A) = 3 + 4 + 4 = 11$$



Propriedades do traço de uma matriz

Considere as matrizes quadradas de mesma ordem A e B e o número real α . O traço de uma matriz apresenta as seguintes propriedades:

- $tr(A + B) = tr(A) + tr(B)$
- $tr(A - B) = tr(A) - tr(B)$
- $tr(\alpha A) = \alpha \times tr(A)$
- $tr(AB) = tr(BA)$

Matriz oposta

Dada uma matriz A , a sua **matriz oposta** é $-A$.

Exemplo:

$$A = \begin{bmatrix} 3 & -7 & 6 \\ -5 & 3 & 1 \\ 3 & 1 & -4 \end{bmatrix}$$

Oposta de A:

$$-A = \begin{bmatrix} -3 & -(-7) & -6 \\ -(-5) & -3 & -1 \\ -3 & -1 & -(-4) \end{bmatrix}$$

$$-A = \begin{bmatrix} -3 & 7 & -6 \\ 5 & -3 & -1 \\ -3 & -1 & 4 \end{bmatrix}$$

Matriz transposta, simétrica e antissimétrica

Matriz transposta

A **transposta** de uma matriz A corresponde à matriz cujas linhas foram transformadas em colunas.

- A primeira linha de A se torna a primeira coluna de A^t ;
- A segunda linha de A se torna a segunda coluna de A^t ;
- A terceira linha de A se torna a terceira coluna de A^t ;
- Etc.

A representação da matriz transposta é simbolizada por A^T ou A^t . Exemplos:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 4 \\ -9 & 5 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow A^t = \begin{bmatrix} 0 & -9 \\ 1 & 5 \\ 4 & 1 \end{bmatrix}$$



$$A = \begin{bmatrix} 3 & -7 & 6 \\ -5 & 3 & 1 \\ 3 & 1 & -4 \end{bmatrix} \rightarrow A^t = \begin{bmatrix} 3 & -5 & 3 \\ -7 & 3 & 1 \\ 6 & 1 & -4 \end{bmatrix}$$

Propriedades da matriz transposta

A matriz transposta goza das seguintes propriedades:

- A transposta da transposta corresponde à matriz original:

$$(A^t)^t = A$$

- Transposta do produto de uma matriz por um número real:

$$(\alpha A)^t = \alpha A^t$$

- Transposta do produto de matrizes:

$$(AB)^t = B^t A^t$$

- Transposta da soma:

$$(A + B)^t = A^t + B^t$$

Matriz simétrica

Uma matriz A é dita **simétrica** quando ela é igual a sua transposta:

$$A = A^t$$

Exemplo:

$$A = \begin{bmatrix} 3 & -5 & 3 \\ -5 & 3 & 1 \\ 3 & 1 & -4 \end{bmatrix} \rightarrow A^t = \begin{bmatrix} 3 & -5 & 3 \\ -5 & 3 & 1 \\ 3 & 1 & -4 \end{bmatrix}$$

Uma matriz é simétrica quando:

- É quadrada; e
- Os **elementos simétricos com relação à diagonal principal são iguais**.

Veja mais atentamente o exemplo anterior:

$$A = \begin{bmatrix} 3 & -5 & 3 \\ -5 & 3 & 1 \\ 3 & 1 & -4 \end{bmatrix}$$



Matriz antissimétrica

Uma matriz A é dita **antissimétrica** quando:

$$A^t = -A$$

Exemplo:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 5 & -3 \\ -5 & 0 & 1 \\ 3 & -1 & 0 \end{bmatrix} \rightarrow A^t = \begin{bmatrix} 0 & -5 & 3 \\ 5 & 0 & -1 \\ -3 & 1 & 0 \end{bmatrix} = -A$$

Uma matriz é antissimétrica quando:

- É quadrada;
- A diagonal principal é nula; e
- Os **elementos simétricos com relação à diagonal principal são opostos**.

Veja mais atentamente o exemplo anterior:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 5 & -3 \\ -5 & 0 & 1 \\ 3 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

(SEDF/2017) Considerando a matriz $A = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 10 \\ 4 & 10 & 20 \\ 0 & 2 & 40 \end{bmatrix}$, julgue o próximo item.

Se $B = \begin{bmatrix} 0 & x & -7 \\ 1 & 0 & z \\ y & 10 & 0 \end{bmatrix}$ e a matriz $A + B$ for simétrica, então $x + y + z = 0$.

Comentários:

Primeiramente, vamos determinar $A + B$.

$$\begin{aligned} A + B &= \begin{bmatrix} 2 & 0 & 10 \\ 4 & 10 & 20 \\ 0 & 2 & 40 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & x & -7 \\ 1 & 0 & z \\ y & 10 & 0 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 2 + 0 & 0 + x & 10 - 7 \\ 4 + 1 & 10 + 0 & 20 + z \\ 0 + y & 2 + 10 & 40 + 0 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 2 & x & 3 \\ 5 & 10 & 20 + z \\ y & 12 & 40 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Para uma matriz ser **simétrica**, ela deve ser quadrada e **os elementos simétricos com relação à diagonal principal devem ser iguais**.



Observe novamente a matriz $A + B$:

$$\begin{bmatrix} 2-x & & 3 \\ 5 & 10 & 20+z \\ y & 12 & 40 \end{bmatrix}$$

Para ela ser simétrica, devemos ter:

$$\begin{cases} x = 5 \\ y = 3 \\ 20 + z = 12 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x = 5 \\ y = 3 \\ z = -8 \end{cases}$$

Logo, $x + y + z = 5 + 3 + (-8) = 0$.

Gabarito: CERTO.

(AFRFB/2014) A matriz quadrada A , definida genericamente por $A = a_{ij}$, é dada por $a_{11} = 0$; $a_{12} = -4$; $a_{13} = 2$; $a_{21} = x$; $a_{22} = 0$; $a_{23} = (1 - z)$; $a_{31} = y$; $a_{32} = 2z$ e, por último, $a_{33} = 0$. Desse modo, para que a matriz A seja uma matriz antissimétrica, os valores de a_{21} , a_{23} , a_{31} e a_{32} deverão ser, respectivamente, iguais a:

- a) 4; -2; -2; -2.
- b) 4; -2; 2; -2.
- c) 4; 2; -2; -2.
- d) -4; -2; 2; -2.
- e) -4; -2; -2; -2.

Comentários:

Vamos montar a matriz em questão.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & -4 & 2 \\ x & 0 & 1 - z \\ y & 2z & 0 \end{bmatrix}$$

Para uma matriz ser **antissimétrica**, ela deve ser quadrada, a diagonal principal deve ser nula, e **os elementos simétricos com relação à diagonal principal devem ser opostos**.

Observe novamente a matriz A :

$$\begin{bmatrix} 0 & -4 & 2 \\ x & 0 & 1 - z \\ y & 2z & 0 \end{bmatrix}$$

Para ela ser antissimétrica, devemos ter:



$$\begin{cases} x = -(-4) \\ y = -2 \\ 2z = -(1 - z) \end{cases}$$

Portanto, $x = 4$, $y = -2$, e:

$$2z = -(1 - z)$$

$$2z = -1 + z$$

$$2z - z = -1$$

$$z = -1$$

Obtidos os valores de x , y e z , temos a seguinte matriz A :

$$A = \begin{bmatrix} 0 & -4 & 2 \\ x & 0 & 1 - z \\ y & 2z & 0 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & -4 & 2 \\ 4 & 0 & 2 \\ -2 & -2 & 0 \end{bmatrix}$$

Logo, os valores de a_{21} , a_{23} , a_{31} e a_{32} deverão ser, respectivamente, iguais a $4, 2, -2, -2$.

Gabarito: Letra C.

Matriz inversa

Definição

A **inversa de uma matriz A** (notação: A^{-1}) é aquela matriz que, quando multiplicada pela matriz A , tem como resultado a matriz identidade:

$$A^{-1}A = I_n$$

Além disso, como **uma matriz comuta com a sua inversa**, podemos dizer que a matriz A , quando multiplicada pela sua inversa A^{-1} , tem como resultado a matriz identidade:

$$AA^{-1} = I_n$$



$$A^{-1}A = AA^{-1} = I_n$$



Uma matriz que **não possui inversa** é denominada **singular**.

A não possui inversa \leftrightarrow A é singular

Caso o assunto **determinantes** faça parte do seu edital, veremos que uma matriz é **invertível** (possui inversa) quando o seu **determinante é diferente de zero**. Caso contrário, isto é, **caso a matriz tenha determinante zero**, ela é **singular** (não possui inversa).

Vamos a um exemplo que pode ser cobrado em prova:

Seja $A = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}$. Determine a matriz inversa de A.

Considere, genericamente, que $A^{-1} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$. Nesse caso:

$$AA^{-1} = I_2$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Realizando o produto de matrizes, temos:

$$\begin{bmatrix} 1a + 3c & 1b + 3d \\ 0a + 2c & 0b + 2d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1a + 3c & 1b + 3d \\ 2c & 2d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Como as duas matrizes são iguais, seus elementos são iguais:

$$\begin{cases} 1a + 3c = 1 \\ 1b + 3d = 0 \\ 2c = 0 \\ 2d = 1 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 1a + 3c = 1 \\ 1b + 3d = 0 \\ c = 0 \\ d = \frac{1}{2} \end{cases}$$

Sabemos que $c = 0$. Temos que:

$$1a + 3c = 1$$

$$1a + 0 = 1$$

$$a = 1$$

Sabemos que $d = \frac{1}{2}$. Temos que:

$$1b + 3d = 0$$

$$b = -3d$$

$$b = -\frac{3}{2}$$



Portanto, a matriz inversa $A^{-1} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$ é dada por:

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & -3/2 \\ 0 & 1/2 \end{bmatrix}$$

Vamos resolver dois exercícios:

(ANPEC/2018) Classifique a afirmação abaixo segundo a sua veracidade:

Se uma matriz tem inversa, então ela é singular.

Comentários:

Uma matriz é **singular** quando ela **não** possui inversa.

Gabarito: ERRADO.

(MPE SP/2019) A inversa da matriz $\begin{bmatrix} 2 & 5 \\ 1 & 3 \end{bmatrix}$ é:

a) $\begin{bmatrix} 0,5 & 0,2 \\ 1 & 0,33 \end{bmatrix}$

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

c) $\begin{bmatrix} 3 & 5 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$

d) $\begin{bmatrix} 3 & -1 \\ -5 & 2 \end{bmatrix}$

e) $\begin{bmatrix} 0,33 & 0,2 \\ 1 & 0,5 \end{bmatrix}$

Comentários:

Considere, genericamente, que $A^{-1} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$. Nesse caso:

$$AA^{-1} = I_2$$

$$\begin{bmatrix} 2 & 5 \\ 1 & 3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Realizando o produto de matrizes, temos:

$$\begin{bmatrix} 2a + 5c & 2b + 5d \\ 1a + 3c & 1b + 3d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Como as duas matrizes são iguais, seus elementos são iguais:

$$\begin{cases} 2a + 5c = 1 \\ 2b + 5d = 0 \\ 1a + 3c = 0 \\ 1b + 3d = 1 \end{cases}$$



Multiplicando a terceira equação por -2 e somando com a primeira, temos:

$$\begin{cases} 2a + 5c = 1 \\ -2a - 6c = 0 \\ \hline -c = 1 \end{cases}$$

Portanto, $c = -1$.

Da terceira equação, temos:

$$\begin{aligned} a + 3c &= 0 \\ a - 3 &= 0 \\ \mathbf{a} &= \mathbf{3} \end{aligned}$$

Multiplicando a quarta equação por -2 e somando com a segunda, temos:

$$\begin{cases} 2b + 5d = 0 \\ -2b - 6d = -2 \\ \hline -d = -2 \end{cases}$$

Portanto, $d = 2$.

Da quarta equação, temos:

$$\begin{aligned} 1b + 3d &= 1 \\ b + 6 &= 1 \\ \mathbf{b} &= \mathbf{-5} \end{aligned}$$

Logo, a matriz inversa $A^{-1} = \begin{bmatrix} \mathbf{a} & \mathbf{b} \\ \mathbf{c} & \mathbf{d} \end{bmatrix}$ é:

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} \mathbf{3} & \mathbf{-5} \\ \mathbf{-1} & \mathbf{2} \end{bmatrix}$$

Gabarito: Letra B.

Propriedades da matriz inversa

Inversa da inversa

A matriz inversa da inversa de A é a própria matriz A :

$$(A^{-1})^{-1} = A$$

Inversa da transposta \times Transposta da inversa

A matriz inversa da transposta de A é igual a matriz transposta da inversa de A :

$$(A^{-1})^t = (A^t)^{-1}$$

Inversa do produto de uma matriz por um número real

Considerando uma matriz A inversível e um número real α , temos:



$$(\alpha A)^{-1} = \frac{1}{\alpha} A^{-1}$$

Exemplo:

$$(3A)^{-1} = \frac{1}{3} A^{-1}$$

Inversa do produto de matrizes

Considerando duas matrizes A e B inversíveis, a inversa do produto AB é:

$$(AB)^{-1} = B^{-1}A^{-1}$$

Para mais termos, segue-se a mesma lógica:

$$(ABC)^{-1} = C^{-1}B^{-1}A^{-1}$$

Matriz inversa como análogo da divisão

Pessoal, a primeira coisa que devemos saber é que **não existe a operação de divisão para matrizes**. Feita essa observação, vamos entender o porquê de a matriz inversa ser o análogo da divisão.

Considere que, em um problema de **álgebra**, você chegue na seguinte equação:

$$3x = 9$$

O que você faz para obter o valor de x ? Ao "jogar o 3 para o outro lado da equação", na verdade você está dividindo ambos os lados da equação por 3:

$$\frac{3x}{3} = \frac{9}{3}$$
$$x = 3$$

Agora vamos para um **problema de matrizes**. Suponha que você tenha as matrizes quadradas A e B e que você queira determinar uma matriz X em que:

$$AX = B$$

Note que **não podemos dividir ambos os lados da equação matricial por A** , pois não existe a operação de divisão para matrizes. Observe, porém, que **podemos multiplicar ambos os lados da equação por A^{-1} pela esquerda** (caso a matriz A seja inversível, isto é, caso ela não seja singular). Assim:

$$A^{-1}AX = A^{-1}B$$

Note que, por definição de matriz inversa, $A^{-1}A = I$. Portanto:

$$IX = A^{-1}B$$

A matriz identidade I é o elemento neutro da multiplicação de matrizes e, por isso, $IX = X$. Logo, ficamos com:

$$X = A^{-1}B$$



Isso significa que a matriz X que queremos determinar é o produto da inversa de A pela matriz B .

(SEFAZ MG/2005) A , B e C são matrizes quadradas de mesma ordem, não singulares e diferentes da matriz identidade. A matriz C é igual ao produto $A Z B$, onde Z é também uma matriz quadrada. A matriz Z , portanto, é igual a:

- a) $A^{-1}BC$
- b) $AC^{-1}B^{-1}$
- c) $A^{-1} C B^{-1}$
- d) $A B C^{-1}$
- e) $C^{-1} B^{-1} A^{-1}$

Comentários:



Note que todas as matrizes são quadradas, de mesma ordem e **admitem inversa** (pois **não são singulares**).

A matriz C é igual ao produto AZB . Logo:

$$AZB = C$$

Ao multiplicar ambos os lados da equação por A^{-1} pela esquerda, temos:

$$A^{-1}AZB = A^{-1}C$$

$$(A^{-1}A)ZB = A^{-1}C$$

$$(I)ZB = A^{-1}C$$

$$ZB = A^{-1}C$$

Ao multiplicar ambos os lados da equação por B^{-1} pela direita, temos:

$$ZBB^{-1} = A^{-1}CB^{-1}$$

$$Z(BB^{-1}) = A^{-1}CB^{-1}$$

$$Z(I) = A^{-1}CB^{-1}$$

$$Z = A^{-1}CB^{-1}$$

Portanto, a matriz Z é igual a $A^{-1}CB^{-1}$.

Gabarito: Letra C.

(Pref Paulínia/2021) Considere a equação matricial $A^2X^{-1}B^{-1} = AC$, onde A , B , C e X são matrizes quadradas invertíveis e de mesma ordem.

A solução X é igual a



- a) $AB^{-1}C^{-1}$
- b) $AC^{-1}C^{-1}$
- c) $CA^{-1}B$
- d) $A^{-1}BC$
- e) $B^{-1}C^{-1}A$

Comentários:

Sabemos que todas as matrizes quadradas **são inversíveis** e de mesma ordem. Note que:

$$A^2X^{-1}B^{-1} = AC$$

$$AAX^{-1}B^{-1} = AC$$

Ao multiplicar ambos os lados da equação por A^{-1} , **pela esquerda**, temos:

$$A^{-1}AAX^{-1}B^{-1} = A^{-1}AC$$

$$(A^{-1}A)AX^{-1}B^{-1} = (A^{-1}A)C$$

$$(I)AX^{-1}B^{-1} = (I)C$$

$$AX^{-1}B^{-1} = C$$

Ao multiplicar ambos os lados da equação novamente por A^{-1} , **pela esquerda**, temos:

$$A^{-1}AX^{-1}B^{-1} = A^{-1}C$$

$$(A^{-1}A)X^{-1}B^{-1} = A^{-1}C$$

$$(I)X^{-1}B^{-1} = A^{-1}C$$

$$X^{-1}B^{-1} = A^{-1}C$$

Ao multiplicar ambos os lados da equação por X , **pela esquerda**, temos:

$$XX^{-1}B^{-1} = XA^{-1}C$$

$$(XX^{-1})B^{-1} = XA^{-1}C$$

$$(I)B^{-1} = XA^{-1}C$$

$$B^{-1} = XA^{-1}C$$

Logo:

$$XA^{-1}C = B^{-1}$$

Ao multiplicar ambos os lados da equação por C^{-1} , **pela direita**, temos:

$$XA^{-1}C C^{-1} = B^{-1} C^{-1}$$

$$XA^{-1}(C C^{-1}) = B^{-1} C^{-1}$$



$$XA^{-1}(I) = B^{-1} C^{-1}$$
$$XA^{-1} = B^{-1} C^{-1}$$

Finalmente, ao multiplicar ambos os lados da equação por **A**, pela direita, temos:

$$XA^{-1}\mathbf{A} = B^{-1} C^{-1}\mathbf{A}$$
$$X(A^{-1}A) = B^{-1} C^{-1}A$$
$$X(I) = B^{-1} C^{-1}A$$
$$\mathbf{X} = B^{-1} C^{-1}A$$

Gabarito: Letra E.

Matriz ortogonal

Uma matriz A é dita **ortogonal** quando a sua inversa é igual a sua transposta:

$$A \text{ é ortogonal} \leftrightarrow A^{-1} = A^t$$

Sabemos que, pela definição de matriz inversa:

$$A^{-1}A = AA^{-1} = I$$

Quando a matriz A é **ortogonal**, uma vez que $A^{-1} = A^t$, temos:

$$A^t A = AA^t = I$$

(TRANSPETRO/2018) A inversa de uma matriz ortogonal é igual à sua

- A) adjunta
- B) adjunta transposta
- c) cofatora
- d) cofatora transposta
- e) transposta

Comentários:

Uma matriz é ortogonal quando a sua inversa é igual a sua transposta.

Gabarito: Letra E.

(ANPEC/1998) Uma matriz A , quadrada de dimensão n é dita ortogonal quando $A^t A = AA^t = I_n$, onde o superescrito t denota transposição e I_n é a identidade de dimensão n . Considere uma matriz ortogonal A de ordem n . Classifique como certo ou errado a afirmação (sobre A) abaixo:

Sua inversa e sua transposta são também matrizes ortogonais.



Comentários:



Note que a matriz A é ortogonal. Isso significa que:

$$A^{-1} = A^t$$

Devemos responder duas perguntas:

- A matriz A^{-1} é ortogonal?
- A matriz A^t é ortogonal?

Para que A^{-1} seja ortogonal, devemos ter que a sua inversa $(A^{-1})^{-1}$ seja igual a sua transposta $(A^{-1})^t$.

A única informação que temos ao certo é que $A^{-1} = A^t$. Fazendo a transposta em ambos os lados da equação, temos:

$$(A^{-1})^t = (A^t)^t$$

Como $(A^t)^t = A$, temos:

$$(A^{-1})^t = A$$

Observe que $A = (A^{-1})^{-1}$. Logo:

$$(A^{-1})^t = (A^{-1})^{-1}$$

Portanto, é verdade que A^{-1} é ortogonal, pois a sua inversa $(A^{-1})^{-1}$ é igual a sua transposta $(A^{-1})^t$.

Como A^{-1} é ortogonal, A^t também é. Sabemos, pelos dados do problema, que $A^{-1} = A^t$. Como já obtemos que $(A^{-1})^t = (A^{-1})^{-1}$, basta substituir A^{-1} por A^t :

$$(A^{-1})^t = (A^{-1})^{-1}$$

$$(A^t)^t = (A^t)^{-1}$$

Portanto, também é verdade que A^t é ortogonal, pois a sua inversa $(A^t)^{-1}$ é igual a sua transposta $(A^t)^t$.

Gabarito: CERTO.



DETERMINANTES

Determinantes	
Noção básica sobre determinantes	
Um determinante é um número calculado a partir de uma matriz quadrada . Representado por duas barras " $ $ " " $ $ ".	
Determinante de matriz de ordem 1	
O determinante de uma matriz de ordem 1 é o próprio elemento da matriz.	
Determinante de matriz de ordem 2	
$A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \rightarrow \det A = ad - bc$ (Produto dos elementos da diagonal principal) – (Produto dos elementos da diagonal secundária)	
Determinante de matriz de ordem 3	
Regra de Sarrus	
$\det A = [a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32}] - [a_{13}a_{22}a_{31} + a_{11}a_{23}a_{32} + a_{12}a_{21}a_{33}]$	
Obtenção do determinante de matrizes de qualquer ordem	
Menor complementar	
O menor complementar de um elemento a_{ij} de uma matriz A é o determinante D_{ij} da matriz obtida eliminando-se a linha i e a coluna j da matriz A .	
Cofator ou complemento algébrico	
O cofator do elemento a_{ij} de uma matriz A é um número representado por A_{ij} calculado do seguinte modo:	
$A_{ij} = (-1)^{i+j} D_{ij}$	
Teorema de Laplace	
O determinante de uma matriz A é a soma dos produtos dos elementos de uma fila qualquer (linha ou coluna) pelos seus respectivos cofatores .	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Escolher uma fila (linha ou coluna), preferencialmente a que tiver mais zeros; 2. Realizar o produto de cada elemento da fila pelo seu respectivo cofator; e 3. Somar os produtos obtidos. 	



Propriedades dos determinantes

- **Teorema de Binet:** $\det(AB) = \det A \times \det B$
- **Determinante da matriz inversa:** $\det A^{-1} = \frac{1}{\det A}$
- **Determinante da matriz transposta:** $\det A^t = \det A$
- **Multiplicação de uma fila por uma constante:** ao **multiplicar uma fila (linha ou coluna)** de uma matriz **por uma constante k** , o **determinante** dessa nova matriz **também fica multiplicado por k** .
- **Multiplicação da matriz por uma constante:** $\det(kA) = k^n \det A$
- **Determinante de matriz triangular ou de matriz diagonal:** o determinante é o produto dos elementos da diagonal principal.
- **Fila nula:** uma matriz que apresenta uma **fila** (linha ou coluna) **cujos elementos são todos zero** apresenta **determinante zero**.
- **Filas paralelas iguais:** uma matriz com **filas paralelas iguais** (linhas ou colunas) apresenta **determinante zero**.
- **Filas paralelas proporcionais:** uma matriz com **filas paralelas proporcionais** (linhas ou colunas) apresenta **determinante zero**.
- **Troca de filas paralelas:** ao trocarmos uma fila (linha ou coluna) de lugar com outra fila paralela, o **determinante muda de sinal**.
- **Combinação linear de filas:** quando uma matriz apresenta uma fila (linha ou coluna) que é combinação linear de outras filas, o seu **determinante é zero**.

Teorema de Jacobi

Ao **multiplicar uma fila por qualquer número** e **somar esse resultado a uma outra fila paralela qualquer**, o valor do **determinante não se altera**. Em outras palavras, **podemos trocar uma fila qualquer por uma combinação linear que contenha a fila original**.

Regra de Chió

- Fazer com que o elemento a_{11} seja igual a 1;
- **Zerar todos os elementos da primeira linha, à exceção de a_{11} , fazendo uso da primeira coluna;**
- Feita a operação anterior, o determinante em questão é igual ao **menor complementar D_{11}** ;
- Repita o processo, se necessário, para reduzir a ordem do determinante mais uma vez.

Matriz inversa

A é inversível $\leftrightarrow \det A \neq 0$

A é singular $\leftrightarrow \det A = 0$

$$A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \rightarrow A^{-1} = \frac{1}{\det A} \times \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$$



Noção básica sobre determinantes

Pessoal, a aplicação prática de determinantes surge quando estudamos **sistemas lineares**, que será visto na sequência, caso faça parte do seu edital.

Nesse momento, deve-se entender que **um determinante é um número** calculado a partir de uma **matriz quadrada**.

Considere uma matriz A dada por $A = \begin{bmatrix} 4 & 3 \\ -1 & 2 \end{bmatrix}$. Seu determinante, como veremos adiante, é o número 11. A representação do determinante de A pode ser feita de duas formas:

- $\det A = 11$; ou
- $\begin{vmatrix} 4 & 3 \\ -1 & 2 \end{vmatrix} = 11$.



Vimos na seção de matrizes que podemos representá-las tanto com colchetes "[]" quanto com parênteses "()". A **matriz A** , portanto, **pode ser representada dessas duas formas**:

$$A = \begin{bmatrix} 4 & 3 \\ -1 & 2 \end{bmatrix} \quad A = \begin{pmatrix} 4 & 3 \\ -1 & 2 \end{pmatrix}$$

Já o **determinante da matriz A** é representado por duas barras " $\begin{vmatrix} \end{vmatrix}$ ", e o seu cálculo corresponde a um número.

$$\det A = \begin{vmatrix} 4 & 3 \\ -1 & 2 \end{vmatrix} = 11$$

Determinante de matriz de ordem 1

Uma matriz quadrada de ordem 1 é uma matriz que apresenta uma única linha e uma única coluna. Exemplo:

$$A_{1 \times 1} = [7]$$

O determinante de uma matriz de ordem 1 é o próprio elemento da matriz. Exemplos:

- $A = [3] \rightarrow \det A = 3$;
- $B = [\sqrt{5}] \rightarrow \det B = \sqrt{5}$;
- $C = [-2] \rightarrow \det C = -2$.



Determinante de matriz de ordem 2

Para calcular o determinante de uma matriz quadrada de ordem 2, devemos realizar a seguinte operação:

(Produto dos elementos da diagonal principal) – (Produto dos elementos da diagonal secundária)

Considere a matriz de ordem 2 genérica, dada por $A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$. Seu determinante é dado por:

$$\det A = ad - bc$$

Vamos a um exemplo numérico: $A = \begin{bmatrix} 4 & 3 \\ -1 & 2 \end{bmatrix}$.

$$\begin{aligned} \det A &= [4 \times 2] - [3 \times (-1)] \\ &= 8 - (-3) \\ &= 11 \end{aligned}$$

(Prof. N Horizonte/2019) O número real que verifica se o valor do determinante da matriz $\begin{bmatrix} x^2 & 4 \\ 9 & 2x \end{bmatrix}$ é igual

a 18 é:

- a) 54.
- b) 36.
- c) 27.
- d) 9.
- e) 3.

Comentários:

O determinante da matriz em questão é dado pela seguinte operação:

(Produto dos elementos da diagonal principal) – (Produto dos elementos da diagonal secundária)

Para que o valor do determinante seja igual a 18, devemos ter:

$$\begin{aligned} (x^2 \times 2x) - (4 \times 9) &= 18 \\ 2x^3 - 36 &= 18 \\ 2x^3 &= 54 \\ x^3 &= 27 \\ x^3 &= 3^3 \\ x &= 3 \end{aligned}$$

Gabarito: Letra E.



Determinante de matriz de ordem 3

Para calcular o determinante de uma matriz quadrada de ordem 3, vamos utilizar a **regra de Sarrus**. Considere a matriz A :

$$A = \begin{bmatrix} 4 & 2 & -2 \\ 3 & -1 & 4 \\ -5 & -3 & 1 \end{bmatrix}$$

Para aplicar a **regra de Sarrus**, devemos repetir as duas primeiras colunas da matriz após a terceira coluna:

$$\begin{bmatrix} 4 & 2 & -2 & 4 & 2 \\ 3 & -1 & 4 & 3 & -1 \\ -5 & -3 & 1 & -5 & -3 \end{bmatrix}$$

Nesse momento, vamos dividir o cálculo em 2:

- **Parte positiva;**
- **Parte negativa.**

A **parte positiva** é obtida por meio das **diagonais para a direita**. Para obtê-la, multiplicamos os elementos dessas diagonais e somamos os valores.

$$[4 \cdot (-1) \cdot 1 + 2 \cdot 4 \cdot (-5) + (-2) \cdot 3 \cdot (-3)]$$

$$= [(-4) + (-40) + 18]$$

$$= -26$$

A **parte negativa** é obtida por meio das **diagonais para a esquerda**. Para obtê-la, multiplicamos os elementos dessas diagonais e somamos os valores.

$$[(-2) \cdot (-1) \cdot (-5) + 4 \cdot 4 \cdot (-3) + 2 \cdot 3 \cdot 1]$$

$$= [(-10) + (-48) + 6]$$

$$= -52$$

Para obter o determinante, tomamos a **parte positiva** e subtraímos a **parte negativa**.



$$\begin{aligned} \det A &= (\text{Parte positiva}) - (\text{Parte negativa}) \\ &= (-26) - (-52) \\ &= -26 + 52 \\ &= 26 \end{aligned}$$

De modo genérico, temos a seguinte representação da **regra de Sarrus**:



Regra de Sarrus

a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{11}	a_{12}
a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{21}	a_{22}
a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{31}	a_{32}

Parte Negativa
Parte Positiva

$$\det A = [a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32}] - [a_{13}a_{22}a_{31} + a_{11}a_{23}a_{32} + a_{12}a_{21}a_{33}]$$

(CRM PR/2014) Qual deve ser o valor de X para que o determinante seja 0,5?

$$\begin{vmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & X & 6 \\ 0 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

- a) 0,5
- b) 1
- c) 1,5
- d) 2
- e) 2,5

Comentários:

Vamos aplicar a **regra de Sarrus** no determinante em questão. Primeiramente, devemos repetir as duas primeiras colunas da matriz após a terceira coluna:

$$\begin{vmatrix} 1 & 3 & 5 & 1 & 3 \\ 2 & X & 6 & 2 & X \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Em seguida devemos calcular a **parte positiva** e a **parte negativa** para, na sequência, realizar a subtração:



$$\begin{vmatrix} 1 & 3 & 5 & 1 & 3 \\ 2 & X & 6 & 2 & X \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Parte Negativa Parte Positiva

$$\begin{aligned} & [1 \cdot X \cdot 1 + 3 \cdot 6 \cdot 0 + 5 \cdot 2 \cdot 1] - [5 \cdot X \cdot 0 + 1 \cdot 6 \cdot 1 + 3 \cdot 2 \cdot 1] \\ &= [X + 10] - [6 + 6] \\ &= X - 2 \end{aligned}$$

Portanto, o determinante em questão é $X - 2$. O valor de X para que o determinante seja igual a 0,5 é:

$$X - 2 = 0,5$$

$$X = 2,5$$

Gabarito: Letra E.

Obtenção do determinante de matrizes de qualquer ordem

Para que possamos calcular o determinante de matrizes de ordem superiores a 3, devemos compreender primeiramente os conceitos de **menor complementar** e de **cofator** (ou **complemento algébrico**).

Menor complementar

Considere uma matriz A de ordem maior ou igual a 2.

O **menor complementar de um elemento** qualquer dessa matriz A é o **determinante** D_{ij} da matriz resultante ao se eliminar a linha e a coluna em que esse elemento se encontra.



Em outras palavras, o **menor complementar de um elemento** a_{ij} de uma matriz A é o **determinante** D_{ij} da matriz obtida eliminando-se a linha i e a coluna j da matriz A .

Professor, não entendi nada!

Calma, amigo. Essas coisas só se entendem com um exemplo mesmo!

Considere a seguinte matriz A :

$$A = \begin{bmatrix} 4 & 2 & -2 \\ 3 & -1 & 4 \\ -5 & -3 & 1 \end{bmatrix}$$



Para calcular o **menor complementar do elemento** a_{12} , isto é, para obter calcular o **determinante** D_{12} , precisamos eliminar a linha e a coluna do elemento a_{12} .

Note que $a_{12} = 2$, e esse elemento está na primeira linha e na segunda coluna da matriz A .

$$A = \begin{bmatrix} 4 & 2 & -2 \\ 3 & -1 & 4 \\ -5 & -3 & 1 \end{bmatrix}$$

Logo, o determinante D_{12} correspondente ao **menor complementar** de a_{12} é:

$$\begin{aligned} D_{12} &= \begin{vmatrix} 3 & 4 \\ -5 & 1 \end{vmatrix} \\ D_{12} &= [3 \times 1] - [4 \times (-5)] \\ D_{12} &= 3 - (-20) \\ D_{12} &= 23 \end{aligned}$$

(MPOG/2005) O menor complementar de um elemento genérico x_{ij} de uma matriz X é o determinante que se obtém suprimindo a linha e a coluna em que esse elemento se localiza. Uma matriz $Y = y_{ij}$, de terceira ordem, é a matriz resultante da soma das matrizes $A = (a_{ij})$ e $B = (b_{ij})$. Sabendo-se que $(a_{ij}) = (i + j)^2$ e que $b_{ij} = i^2$, então o menor complementar do elemento y_{23} é igual a:

- A) 0
- b) -8
- c) -80
- d) 8
- e) 80

Comentários:

A matriz Y é a soma as matrizes A e B .

Os elementos da matriz A são dados por $a_{ij} = (i + j)^2$. Logo:

$$\begin{aligned} a_{11} &= (1 + 1)^2 = 4; & a_{12} &= (1 + 2)^2 = 9; & a_{13} &= (1 + 3)^2 = 16 \\ a_{21} &= (2 + 1)^2 = 9; & a_{22} &= (2 + 2)^2 = 16; & a_{23} &= (2 + 3)^2 = 25 \\ a_{31} &= (3 + 1)^2 = 16; & a_{32} &= (3 + 2)^2 = 25; & a_{33} &= (3 + 3)^2 = 9 \end{aligned}$$

Portanto, a matriz A é dada por:

$$A = \begin{bmatrix} 4 & 9 & 16 \\ 9 & 16 & 25 \\ 16 & 25 & 36 \end{bmatrix}$$

Os elementos da matriz B são dados por $b_{ij} = i^2$. Logo:



$$b_{11} = 1^2 = 1; b_{12} = 1^2 = 1; b_{13} = 1^2 = 1$$

$$b_{21} = 2^2 = 4; b_{22} = 2^2 = 4; b_{23} = 2^2 = 4$$

$$b_{31} = 3^2 = 9; b_{32} = 3^2 = 9; b_{33} = 3^2 = 9$$

Portanto, a matriz B é dado por:

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 4 & 4 & 4 \\ 9 & 9 & 9 \end{bmatrix}$$

A matriz Y é a soma das matrizes A e B :

$$Y = A + B = \begin{bmatrix} 4 & 9 & 16 \\ 9 & 16 & 25 \\ 16 & 25 & 36 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 4 & 4 & 4 \\ 9 & 9 & 9 \end{bmatrix}$$

$$Y = \begin{bmatrix} 5 & 10 & 17 \\ 13 & 20 & 29 \\ 25 & 34 & 45 \end{bmatrix}$$

Perceba que o elemento y_{23} é igual a 29. O **menor complementar** de y_{23} é o determinante da matriz que se obtém eliminando a **linha 2** e a **coluna 3**:

$$\begin{bmatrix} 5 & 10 & 17 \\ \del{13} & \del{20} & \del{29} \\ 25 & 34 & 45 \end{bmatrix}$$

Logo, o determinante D_{23} correspondente ao **menor complementar** de y_{23} é:

$$\begin{aligned} & \begin{vmatrix} 5 & 10 \\ 25 & 34 \end{vmatrix} \\ &= [5 \times 34] - [10 \times 25] \\ &= -80 \end{aligned}$$

Gabarito: Letra C.

Cofator ou complemento algébrico

Considere uma matriz A de ordem maior ou igual a 2.

O **cofator de um elemento** a_{ij} dessa matriz A é um **número** representado por A_{ij} calculado do seguinte modo:

$$A_{ij} = (-1)^{i+j} D_{ij}$$

Onde D_{ij} é o **menor complementar** do elemento a_{ij} .

Utilizando como exemplo a mesma matriz:



$$A = \begin{bmatrix} 4 & 2 & -2 \\ 3 & -1 & 4 \\ -5 & -3 & 1 \end{bmatrix}$$

Temos que o **cofator do elemento** a_{12} é dado por:

$$A_{12} = (-1)^{1+2} D_{12}$$

Do item anterior, já obtemos que o **menor complementar** D_{12} é igual a 23. Logo:

$$A_{12} = (-1)^3 \times 23$$

$$A_{12} = (-1) \times 23$$

$$A_{12} = -23$$

Portanto, o **cofator do elemento** a_{12} é $A_{12} = -23$.

Teorema de Laplace

O **Teorema de Laplace** serve para obtermos o **determinante** de qualquer matriz quadrada de ordem maior ou igual a 2.

Vamos conceituar o teorema:

▪



O **determinante** de uma matriz A é a **soma** dos **produtos dos elementos** de uma fila qualquer (linha ou coluna) **pelos seus respectivos cofatores**.

Vejamos o teorema com mais detalhes. Em resumo, ele consiste em seguir 3 passos:

1. Escolher uma fila (linha ou coluna), **preferencialmente a que tiver mais zeros**;
2. Realizar o produto de cada elemento da fila pelo seu respectivo cofator; e
3. Somar os produtos obtidos.

Vamos realizar um exemplo para que tudo fique mais claro.



Calcule o determinante de $A = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 3 & 1 \\ -1 & 2 & 0 & 8 \\ 5 & -1 & 0 & 6 \\ 2 & 4 & 0 & 3 \end{bmatrix}$

Note que temos uma matriz quadrada de ordem 4. Seu determinante **não pode** ser obtido pela **regra de Sarrus**. Nesse caso, devemos seguir os três passos do **Teorema de Laplace**.

1. Escolher uma fila (linha ou coluna), preferencialmente a que tiver mais zeros:

Vamos escolher a terceira coluna, pois ela apresenta três zeros.

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 2 & \mathbf{3} & 1 \\ -1 & 2 & \mathbf{0} & 8 \\ 5 & -1 & \mathbf{0} & 6 \\ 2 & 4 & \mathbf{0} & 3 \end{bmatrix}$$

2. Realizar o produto de cada elemento da fila pelo seu respectivo cofator

Lembre-se que o **cofator** é definido como $A_{ij} = (-1)^{i+j}D_{ij}$. Devemos, portanto, calcular os seguintes produtos:

$$a_{13}A_{13} \quad a_{23}A_{23} \quad a_{33}A_{33} \quad a_{43}A_{43}$$

Cálculo de $a_{13}A_{13}$

$$\begin{aligned} a_{13}A_{13} &= 3 \times A_{13} \\ &= 3 \times (-1)^{1+3}D_{13} \\ &= 3 \times (-1)^4 \begin{vmatrix} \cancel{3} & \cancel{2} & \cancel{3} & \cancel{1} \\ -1 & 2 & 0 & 8 \\ 5 & -1 & 0 & 6 \\ 2 & 4 & 0 & 3 \end{vmatrix} \\ &= 3 \begin{vmatrix} -1 & 2 & 8 \\ 5 & -1 & 6 \\ 2 & 4 & 3 \end{vmatrix} \end{aligned}$$

Aplicando a **regra de Sarrus** em $\begin{vmatrix} -1 & 2 & 8 \\ 5 & -1 & 6 \\ 2 & 4 & 3 \end{vmatrix}$, obtém-se 197.

Logo:

$$\begin{aligned} a_{21}A_{21} &= 3 \begin{vmatrix} -1 & 2 & 8 \\ 5 & -1 & 6 \\ 2 & 4 & 3 \end{vmatrix} \\ &= 3 \times 197 \\ &= 591 \end{aligned}$$



Cálculo de $a_{23}A_{23}$

Note que o elemento a_{23} é zero, de modo que o produto $a_{23}A_{23}$ será zero:

$$a_{23}A_{23} = 0 \times A_{23} = 0$$

Cálculo de $a_{33}A_{33}$

Note que o elemento a_{33} é zero, de modo que o produto $a_{33}A_{33}$ será zero:

$$a_{33}A_{33} = 0 \times A_{33} = 0$$

Cálculo de $a_{43}A_{43}$

Note que o elemento a_{43} é zero, de modo que o produto $a_{43}A_{43}$ será zero:

$$a_{43}A_{43} = 0 \times A_{43} = 0$$

3. Somar os produtos obtidos

Por fim, para obter o determinante, soma-se os produtos obtidos:

$$\begin{aligned} \det A &= a_{31}A_{31} + a_{32}A_{32} + a_{33}A_{33} + a_{43}A_{43} \\ &= 591 + 0 + 0 + 0 \\ &= 591 \end{aligned}$$

Logo, **determinante de A é 591.**

Destaca-se a **importância de se selecionar a fila** (linha ou coluna) **com o maior número de zeros**. Caso tivéssemos selecionado outra fileira, o trabalho teria sido muito maior, pois teríamos que calcular mais determinantes de ordem 3. Vejamos:



EXEMPLIFICANDO

Calcule o determinante de $A = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 3 & 1 \\ -1 & 2 & 0 & 8 \\ 5 & -1 & 0 & 6 \\ 2 & 4 & 0 & 3 \end{bmatrix}$

1. Escolher uma fila (linha ou coluna), **preferencialmente a que tiver mais zeros**

Vamos supor que tenhamos escolhido a segunda linha, que **não é** a fila que apresenta mais zeros.

$$\begin{bmatrix} 3 & 2 & 3 & 1 \\ -1 & 2 & 0 & 8 \\ 5 & -1 & 0 & 6 \\ 2 & 4 & 0 & 3 \end{bmatrix}$$



2. Realizar o produto de cada elemento da fila pelo seu respectivo cofator; e

3. Somar os produtos obtidos.

Nesse caso, o determinante seria calculado da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \det A &= a_{21}A_{21} + a_{22}A_{22} + a_{23}A_{23} + a_{24}A_{24} \\ &= (-1) \cdot (-1)^{2+1}D_{21} + 2 \cdot (-1)^{2+2}D_{22} + 0 \cdot (-1)^{2+3}D_{23} + 8 \cdot (-1)^{2+4}D_{24} \\ &= D_{21} + 2D_{22} + 8D_{24} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \begin{vmatrix} 3 & 2 & 3 & 1 \\ 2 & 0 & 0 & 8 \\ 5 & -1 & 0 & 6 \\ 2 & 4 & 0 & 3 \end{vmatrix} + 2 \begin{vmatrix} 3 & 3 & 1 \\ -1 & 0 & 8 \\ 5 & -1 & 6 \\ 2 & 4 & 3 \end{vmatrix} + 8 \begin{vmatrix} 3 & 2 & 3 \\ -1 & 2 & 0 \\ 5 & -1 & 0 \\ 2 & 4 & 0 \end{vmatrix} \\ &= \begin{vmatrix} 2 & 3 & 1 \\ -1 & 0 & 6 \\ 4 & 0 & 3 \end{vmatrix} + 2 \begin{vmatrix} 3 & 3 & 1 \\ 5 & 0 & 6 \\ 2 & 0 & 3 \end{vmatrix} + 8 \begin{vmatrix} 3 & 2 & 3 \\ 5 & -1 & 0 \\ 2 & 4 & 0 \end{vmatrix} \end{aligned}$$

Aplicando a **regra de Sarrus** para os três determinantes, obtém-se **81**, **-9** e **66**, respectivamente. Portanto:

$$\begin{aligned} \det A &= 81 + 2 \times (-9) + 8 \times 66 \\ &= 81 - 18 + 528 \\ &= 591 \end{aligned}$$

Note que chegamos no mesmo resultado, porém foram necessárias 3 aplicações da **regra de Sarrus**.

Vamos resolver um problema de concurso público.

(SEFAZ-RS/2014) O determinante da matriz

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 & 0 \\ 2 & 3 & 1 & 0 \\ 2 & -3 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 4 \end{bmatrix} \text{ é}$$

- a) -32
- b) -26
- c) 14
- d) 16
- e) 28

Comentários:

Devemos calcular um determinante de ordem 4. Para tanto, faremos uso do **Teorema de Laplace**.

1. Escolher uma fila (linha ou coluna), **preferencialmente a que tiver mais zeros;**

Selecionaremos a quarta coluna, pois ela é a fila que mais apresenta zeros.



$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 & 0 \\ 2 & 3 & 1 & 0 \\ 2 & -3 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 4 \end{bmatrix}$$

2. Realizar o produto de cada elemento da fila pelo seu respectivo cofator; e

3. Somar os produtos obtidos.

O determinante de A é dado por:

$$\begin{aligned} \det A &= a_{14}A_{14} + a_{24}A_{24} + a_{34}A_{34} + a_{44}A_{44} \\ &= 0 \cdot A_{14} + 0 \cdot A_{24} + 1 \cdot A_{34} + 4A_{44} \\ &= A_{34} + 4A_{44} \\ &= (-1)^{3+4}D_{34} + 4 \times (-1)^{4+4}D_{44} \\ &= (-1)^7D_{34} + 4 \times (-1)^8D_{44} \\ &= -D_{34} + 4D_{44} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= - \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & -3 & 2 \end{vmatrix} + 4 \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & -3 & 2 \end{vmatrix} \\ &= - \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \end{vmatrix} + 4 \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & -3 & 2 \end{vmatrix} \end{aligned}$$

Vamos aplicar a **regra de Sarrus** no primeiro determinante D_{34} :

$$\begin{array}{ccc|ccc} 1 & 2 & 1 & 1 & 2 & \\ 2 & 3 & 1 & 2 & 3 & \\ 2 & 1 & 1 & 2 & 1 & \\ \hline & & & & & \end{array}$$

Parte Negativa **Parte Positiva**

$$D_{34} = [1 \cdot 3 \cdot 1 + 2 \cdot 1 \cdot 2 + 1 \cdot 2 \cdot 1] - [1 \cdot 3 \cdot 2 + 1 \cdot 1 \cdot 1 + 2 \cdot 2 \cdot 1]$$

$$D_{34} = [3 + 4 + 2] - [6 + 1 + 4]$$

$$D_{34} = 9 - 11$$

$$D_{34} = -2$$

Vamos agora aplicar a **regra de Sarrus** no segundo determinante D_{44} :

$$\begin{array}{ccc|ccc} 1 & 2 & 1 & 1 & 2 & \\ 2 & 3 & 1 & 2 & 3 & \\ 2 & -3 & 2 & 2 & -3 & \\ \hline & & & & & \end{array}$$

Parte Negativa **Parte Positiva**



$$D_{44} = [1 \cdot 3 \cdot 2 + 2 \cdot 1 \cdot 2 + 1 \cdot 2 \cdot (-3)] - [1 \cdot 3 \cdot 2 + 1 \cdot 1 \cdot (-3) + 2 \cdot 2 \cdot 2]$$

$$D_{44} = [6 + 4 - 6] - [6 - 3 + 8]$$

$$D_{44} = 4 - 11$$

$$D_{44} = -7$$

Voltando ao cálculo do determinante de A , temos:

$$\begin{aligned} \det A &= - \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \end{vmatrix} + 4 \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & -3 & 2 \end{vmatrix} \\ &= -(-2) + 4 \times (-7) \\ &= 2 - 28 \\ &= -26 \end{aligned}$$

Gabarito: Letra B.

Propriedades dos determinantes

Teorema de Binet

O **teorema de Binet** nos diz que o determinante do produto de duas matrizes é igual ao produto dos determinantes das duas matrizes.

$$\det(AB) = \det A \times \det B$$

Esse teorema também pode ser aplicado para mais matrizes:

$$\det(ABC) = \det A \times \det B \times \det C$$

(MPE-RS/2010) Considere as matrizes $M = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{4} \end{bmatrix}$ e $P = \begin{bmatrix} \frac{2}{5} & \frac{2}{3} \\ 1 & \frac{5}{4} \end{bmatrix}$.

Se Q o produto das matrizes M e P , nessa ordem, ou seja, $Q = MP$, o determinante da matriz Q é igual a:

- a) $\frac{1}{180}$
- b) $\frac{1}{240}$
- c) $\frac{1}{360}$
- d) $\frac{1}{540}$
- e) $\frac{1}{720}$



Comentários:

Note que a questão pede o determinante da matriz MP . Não é necessário calcular o produto das matrizes, pois, pelo **Teorema de Binet**, sabemos que:

$$\det(MP) = \det M \times \det P$$

O determinante da matriz M é dado por:

$$\det M = \left[\frac{1}{3} \times \frac{1}{4} \right] - \left[\frac{1}{2} \times \frac{1}{5} \right] = \frac{1}{12} - \frac{1}{10} = \frac{5 - 6}{60} = -\frac{1}{60}$$

O determinante da matriz P é dado por:

$$\det P = \left[\frac{2}{5} \times \frac{5}{4} \right] - \left[\frac{2}{3} \times 1 \right] = \frac{2}{4} - \frac{2}{3} = \frac{1}{2} - \frac{2}{3} = \frac{3 - 4}{6} = -\frac{1}{6}$$

Logo, o determinante de $Q = MP$ é dado por:

$$\begin{aligned} \det(MP) &= \det M \times \det P \\ &= \left(-\frac{1}{60} \right) \times \left(-\frac{1}{6} \right) \\ &= \frac{1}{360} \end{aligned}$$

Gabarito: Letra C.

Determinante da matriz inversa

O **determinante da matriz inversa** é o inverso do determinante da matriz original.

$$\det A^{-1} = \frac{1}{\det A}$$



Essa propriedade é uma consequência do **Teorema de Binet**.

Pela definição de matriz inversa, temos que:

$$AA^{-1} = I$$

Logo, o determinante do produto é:

$$\det(AA^{-1}) = \det I$$



Veremos mais adiante que o **determinante de uma matriz diagonal é o produto dos elementos da diagonal**. No caso da **matriz identidade**, esse produto será $\underbrace{1 \times 1 \times \dots \times 1}_{n \text{ vezes}} = 1$. Portanto, $\det I = 1$.
(matriz de ordem n)

Além disso, pelo **Teorema de Binet**, temos que $\det(A^{-1}A) = \det A \times \det A^{-1}$. Logo:

$$\begin{aligned}\det(AA^{-1}) &= \det I \\ \det A \times \det A^{-1} &= 1 \\ \det A^{-1} &= \frac{1}{\det A}\end{aligned}$$

Determinante da matriz transposta

O **determinante da matriz transposta** é igual ao determinante da matriz original.

$$\det A^t = \det A$$

(TRT 11/2017) Se A é uma matriz quadrada de ordem 2 tal que $A = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$, então o determinante da inversa da matriz transposta de A é igual a

- a) -0,20
- b) -0,40
- c) -0,25
- d) -0,50
- e) -1,00

Comentários:

A questão pergunta pelo determinante da **inversa da transposta**.

$$A \rightarrow \underbrace{A^t}_{\text{transposta}} \rightarrow \underbrace{(A^t)^{-1}}_{\text{inversa da transposta}}$$

O determinante da matriz A é dado por:

$$\begin{aligned}\det A &= \begin{vmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 1 \end{vmatrix} \\ &= [1 \times 1] - [3 \times 2] \\ &= 1 - 6 \\ &= -5\end{aligned}$$

Lembre-se que **$\det A^t = \det A$** . Logo, o determinante da **inversa da transposta** é:

$$\det(A^t)^{-1} = \frac{1}{\det(A^t)}$$



$$\begin{aligned} &= \frac{1}{\det A} \\ &= \frac{1}{-5} \\ &= -0,2 \end{aligned}$$

Gabarito: Letra A.

Multiplicação de uma fila por uma constante

Ao **multiplicar uma fila** (linha ou coluna) de uma matriz **por uma constante k** , o **determinante** dessa nova matriz **também fica multiplicado por k** .



EXEMPLIFICANDO

Exemplo: considere a seguinte matriz A .

$$\begin{aligned} A &= \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 1 & 3 \end{bmatrix} \\ \det A &= 3 \times 3 - 2 \times 1 = 7 \end{aligned}$$

Multiplicando uma das filas de A por 5, obtemos uma nova matriz, que chamaremos de A' . Observe que o determinante de A' fica multiplicado por 5. Veja:

$$\begin{aligned} A' &= \begin{bmatrix} 3 & 5 \times 2 \\ 1 & 5 \times 3 \end{bmatrix} \\ A' &= \begin{bmatrix} 3 & 10 \\ 1 & 15 \end{bmatrix} \\ \det A' &= 2 \times 15 - 10 \times 1 \\ &= 45 - 10 \\ &= 35 \end{aligned}$$

Uma consequência interessante dessa propriedade é realizar a operação inversa, removendo um fator comum de dentro do determinante. Veja:

$$\begin{vmatrix} 2 & 10 \\ 1 & 15 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & 5 \times 2 \\ 1 & 5 \times 3 \end{vmatrix} = 5 \times \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 1 & 3 \end{vmatrix}$$

Multiplicação da matriz por uma constante

Ao multiplicar uma matriz de ordem n por uma constante k , o determinante dessa nova matriz fica multiplicado por k^n .

$$\det(kA) = k^n \det A$$



Exemplo: considere a seguinte matriz $A = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 1 & 3 \end{bmatrix}$, cujo determinante é 7.

A matriz $3A$ é dada por:

$$3A = 3 \times \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 1 & 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \times 3 & 3 \times 2 \\ 3 \times 1 & 3 \times 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 9 & 6 \\ 3 & 9 \end{bmatrix}$$

O determinante de $3A = \begin{bmatrix} 9 & 6 \\ 3 & 9 \end{bmatrix}$ é:

$$\det 3A = [9 \times 9] - [6 \times 3] = 63$$

Note que o novo determinante é 9 vezes o determinante original, isto é:

$$\det(3A) = 3^2 \det A$$



Note que, ao multiplicar uma matriz de ordem n por uma constante k , na verdade **estamos multiplicando cada uma das suas n linhas (ou colunas) por k** . Por isso, o novo determinante acaba sendo multiplicado por:

$$\underbrace{k \times k \times \dots \times k}_{n \text{ vezes}} = k^n$$

(MPE SC/2022) Seja A uma matriz 4×4 cujo determinante é igual a 2.

O determinante da matriz $3A$ é igual a:

- a) 6;
- b) 12;
- c) 24;
- d) 64;
- e) 162.

Comentários:

Sabemos que, ao multiplicar uma matriz de ordem n por uma constante k , o determinante dessa nova matriz fica multiplicado por k^n .

$$\det(kA) = k^n \det A$$

Como a matriz A é de ordem $n = 4$, temos:

$$\det(3A) = 3^4 \det A$$



$$\det(3A) = 81 \times 2$$

$$\det(3A) = 162$$

Gabarito: Letra E.

(Pref. Gramado/2019) Considerando que a Matriz A seja quadrada de ordem 2 e que tenha determinante igual a 2, o determinante da matriz $3A$ é:

- a) 2.
- b) 6.
- c) 9.
- d) 18
- e) 54

Comentários:

A matriz A apresenta ordem $n = 2$ e determinante $\det A = 2$.

Temos que:

$$\begin{aligned}\det 3A &= 3^n \det A \\ &= 3^2 \times 2 \\ &= 9 \times 2 \\ &= 18\end{aligned}$$

Gabarito: Letra E.

(MPOG/2008) Uma matriz X de quinta ordem possui determinante igual a 10. A matriz B é obtida multiplicando-se todos os elementos da matriz X por 10. Desse modo, o determinante da matriz B é igual a:

- a) 10^{-6}
- b) 10^5
- c) 10^{10}
- d) 10^6
- e) 10^3

Comentários:

A matriz X apresenta ordem $n = 5$ e determinante $\det X = 10$.

A matriz B é obtida multiplicando-se todos os elementos da matriz X por 10. Logo:

$$B = 10X$$

O determinante da matriz B é:

$$\begin{aligned}\det B &= \det 10X \\ &= 10^n \det X\end{aligned}$$



$$= 10^5 \times 10 \\ = 10^6$$

Gabarito: Letra D.

Determinante de matriz triangular ou de matriz diagonal

O determinante de uma **matriz triangular** ou de uma **matriz diagonal** é o produto dos elementos da diagonal principal. Exemplos:

$$\bullet \begin{vmatrix} 3 & 2 & 8 & 1 \\ 0 & 2 & 2 & 8 \\ 0 & 0 & 1 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 3 \end{vmatrix} = 3 \times 2 \times 1 \times 3 = 18$$

$$\bullet \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 1 & 5 & 0 \\ 5 & 7 & 3 \end{vmatrix} = 3 \times 5 \times 2 = 30$$

$$\bullet \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 \end{vmatrix} = 1 \times 2 \times 5 \times 3 = 30$$

$$\bullet \det I_4 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 1$$

(IF Baiano/2019) Seja $A_{3 \times 3}$ uma matriz que pode ser decomposta como o produto de outras duas matrizes $L_{3 \times 3}$ e $U_{3 \times 3}$, onde L é uma matriz triangular inferior, com $l_{11} = l_{22} = l_{33} = 1$, e U , uma matriz triangular superior, tal que $A = L \cdot U$

$$\begin{pmatrix} 5 & 2 & 1 \\ 3 & 1 & 4 \\ 1 & 1 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ l_{21} & l_{22} & 0 \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} & u_{13} \\ 0 & u_{22} & u_{23} \\ 0 & 0 & u_{33} \end{pmatrix}$$

Calcule o determinante da matriz U .

- a) $\det U = -13$
- b) $\det U = -9$
- c) $\det U = -2$
- d) $\det U = 3$
- e) $\det U = 5$

Comentários:



Note que $A = LU$. Pelo **Teorema de Binet**, temos:

$$\det A = \det LU$$

$$\det A = \det L \times \det U$$

Isolando $\det U$, ficamos com:

$$\frac{\det A}{\det L} = \det U$$

$$\det U = \frac{\det A}{\det L}$$

Como L é uma matriz **triangular inferior**, seu determinante é o produto dos elementos da diagonal principal.

$$\begin{aligned}\det L &= l_{11} \times l_{22} \times l_{33} \\ &= 1 \times 1 \times 1 \\ &= 1\end{aligned}$$

A é uma matriz 3×3 conhecida. Para obter o seu determinante, podemos utilizar a **regra de Sarrus**.

$$\begin{array}{ccc|cc} 5 & 2 & 1 & 5 & 2 \\ 3 & 1 & 4 & 3 & 1 \\ 1 & 1 & 3 & 1 & 1 \end{array}$$

Parte Negativa Parte Positiva

$$\begin{aligned}\det A &= [5 \cdot 1 \cdot 3 + 2 \cdot 4 \cdot 1 + 1 \cdot 3 \cdot 1] - [1 \cdot 1 \cdot 1 + 5 \cdot 4 \cdot 1 + 2 \cdot 3 \cdot 3] \\ &= [15 + 8 + 3] - [1 + 20 + 18] \\ &= 26 - 39 \\ &= -13\end{aligned}$$

Logo:

$$\det U = \frac{\det A}{\det L} = \frac{-13}{1} = -13$$

Gabarito: Letra A.

Fila nula

Uma matriz que apresenta uma fila (linha ou coluna) cujos **elementos são todos zero** apresenta **determinante zero**. Exemplos:

- $\begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 3 & 0 \end{vmatrix} = 0$



$$\bullet \begin{vmatrix} 1 & 4 & -3 \\ 0 & 0 & 0 \\ 5 & \sqrt{11} & \pi \end{vmatrix} = 0$$

$$\bullet \begin{vmatrix} 3 & 2 & 0 & 1 \\ -1 & 2 & 0 & 8 \\ 5 & -1 & 0 & 6 \\ 2 & 4 & 0 & 3 \end{vmatrix} = 0$$

Filas paralelas iguais

Uma matriz com **filas paralelas iguais** (linhas ou colunas) apresenta **determinante zero**. Exemplos:

$$\bullet \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 3 & 3 \end{vmatrix} = 0$$

$$\bullet \begin{vmatrix} 4 & 4 & 4 \\ 4 & 4 & 4 \\ 5 & \sqrt{11} & \pi \end{vmatrix} = 0$$

$$\bullet \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 & 8 \\ 1 & -1 & 1 & 6 \\ 1 & 4 & 1 & 3 \end{vmatrix} = 0$$

Filas paralelas proporcionais

Uma matriz com **filas paralelas proporcionais** (linhas ou colunas) apresenta **determinante zero**. Exemplos:

$$\bullet \begin{vmatrix} 1 & 3 \\ 3 & 9 \end{vmatrix} = 0, \text{ pois a segunda coluna é 3 vezes a primeira coluna.}$$

$$\bullet \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 0,5 & 1 & 1,5 \\ 5 & \sqrt{11} & \pi \end{vmatrix} = 0, \text{ pois a primeira linha é o dobro da segunda linha.}$$

$$\bullet \begin{vmatrix} 4 & 2 & 20 & 1 \\ 1 & 2 & 5 & 8 \\ 2 & -1 & 10 & 6 \\ 3 & 4 & 15 & 3 \end{vmatrix} = 0, \text{ pois a terceira coluna é 5 vezes a primeira coluna.}$$

Troca de filas paralelas

Ao trocarmos uma fila (linha ou coluna) de lugar com outra fila paralela, **o determinante muda de sinal**.

$$\begin{vmatrix} 3 & 2 & 3 \\ -1 & 2 & 3 \\ 5 & -1 & 1 \end{vmatrix} = 20 \rightarrow \begin{vmatrix} 3 & 3 & 2 \\ -1 & 3 & 2 \\ 5 & 1 & -1 \end{vmatrix} = -20$$

Professor, e se trocarmos as filas de novo?



Nesse caso, o sinal muda novamente!

$$\begin{vmatrix} 4 & 2 & 7 & 1 \\ 1 & 2 & 5 & 1 \\ 2 & -1 & 1 & 6 \\ 3 & 4 & 4 & 3 \end{vmatrix} = 271 \rightarrow \begin{vmatrix} 3 & 4 & 4 & 3 \\ 1 & 2 & 5 & 1 \\ 2 & -1 & 1 & 6 \\ 4 & 2 & 7 & 1 \end{vmatrix} = -271 \rightarrow \begin{vmatrix} 3 & 4 & 4 & 3 \\ 2 & -1 & 1 & 6 \\ 1 & 2 & 5 & 1 \\ 4 & 2 & 7 & 1 \end{vmatrix} = 271$$

(MPE SC/2022) Considere as matrizes $A = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & k \end{bmatrix}$ e $B = \begin{bmatrix} 2a & c & 3b \\ 2d & f & 3e \\ 2g & k & 3h \end{bmatrix}$.

Sendo $\det(A)$ e $\det(B)$ os determinantes das matrizes A e B , respectivamente, tem-se que:

- $\det(A) = 6 \times \det(B)$;
- $\det(A) = -6 \times \det(B)$;
- $\det(B) = 6 \times \det(A)$;
- $\det(B) = -6 \times \det(A)$;
- $\det(A) = \det(B)$.

Comentários:

Sabemos que, ao **multiplicar uma fila** (linha ou coluna) de uma matriz **por uma constante k** , o **determinante** dessa nova matriz **também fica multiplicado por k** .

Uma consequência interessante dessa propriedade é realizar a operação inversa, removendo um fator comum de dentro do determinante.

Veja que:

$$\det(B) = \begin{vmatrix} 2a & c & 3b \\ 2d & f & 3e \\ 2g & k & 3h \end{vmatrix}$$

$$\det(B) = 2 \times \begin{vmatrix} a & c & 3b \\ d & f & 3e \\ g & k & 3h \end{vmatrix}$$

$$\det(B) = 2 \times 3 \times \begin{vmatrix} a & c & b \\ d & f & e \\ g & k & h \end{vmatrix}$$

$$\det(B) = 6 \times \underbrace{\begin{vmatrix} a & c & b \\ d & f & e \\ g & k & h \end{vmatrix}}_x$$

Note que $x = \begin{vmatrix} a & c & b \\ d & f & e \\ g & k & h \end{vmatrix}$ é muito parecido com $\det(A)$. A diferença é que a segunda e a terceira coluna estão trocadas.



Sabemos que ao trocarmos uma fila (linha ou coluna) de lugar com outra fila paralela, **o determinante muda de sinal**. Logo:

$$\begin{vmatrix} a & c & b \\ d & f & e \\ g & k & h \end{vmatrix} = x \rightarrow \begin{vmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & k \end{vmatrix} = -x$$

$\det(A)$

Portanto:

$$\det(A) = -x$$

$$x = -\det(A)$$

Consequentemente, temos que $\det(B)$ é dado por:

$$\det(B) = 6 \times \begin{vmatrix} a & c & b \\ d & f & e \\ g & k & h \end{vmatrix}$$

x

$$\det(B) = -6 \times \det(A)$$

Gabarito: Letra D.

Combinação linear de filas

Primeiramente, vamos entender o que é uma combinação linear.

Podemos dizer a primeira linha L_1 de uma matriz, por exemplo, é combinação linear de outras linhas L_2 , L_3 e L_4 **quando existem valores reais a , b e c tais que:**

$$L_1 = aL_2 + bL_3 + cL_4$$

Exemplo: considere a matriz A abaixo:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 13 & 8 \end{bmatrix}$$

Note que a terceira linha $L_3 = [6 \ 13 \ 8]$ é uma combinação linear da primeira linha $L_1 = [1 \ 2 \ 1]$ e da segunda linha $L_2 = [3 \ 5 \ 7]$, pois $L_3 = 3L_1 + L_2$.

Vejamos:

$$\begin{aligned} & 3L_1 + L_2 \\ &= 3[1 \ 2 \ 1] + [3 \ 7 \ 5] \\ &= [3 \ 6 \ 3] + [3 \ 7 \ 5] \\ &= [6 \ 13 \ 8] \end{aligned}$$



$$= L_3$$

Também podemos ter combinações lineares com colunas. Considere a seguinte matriz B :

$$B = \begin{bmatrix} 4 & 2 & 7 & 11 \\ 1 & 2 & 5 & 9 \\ 2 & 1 & 1 & 3 \\ 3 & 4 & 4 & 12 \end{bmatrix}$$

Note que a quarta coluna $C_4 = \begin{bmatrix} 11 \\ 9 \\ 3 \\ 12 \end{bmatrix}$ é combinação linear da segunda coluna $C_2 = \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 1 \\ 4 \end{bmatrix}$ e da terceira coluna

$C_3 = \begin{bmatrix} 7 \\ 5 \\ 1 \\ 4 \end{bmatrix}$, pois $C_4 = 2C_2 + C_3$. Vejamos:

$$\begin{aligned} & 2C_2 + C_3 \\ &= 2 \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 1 \\ 4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 7 \\ 5 \\ 1 \\ 4 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 4 \\ 4 \\ 2 \\ 8 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 7 \\ 5 \\ 1 \\ 4 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 11 \\ 9 \\ 3 \\ 12 \end{bmatrix} \\ &= C_4 \end{aligned}$$

Entendida a ideia de combinação linear entre linhas e entre colunas, devemos saber que **quando uma matriz apresenta uma fila (linha ou coluna) que é combinação linear de outras filas, o seu determinante é zero.**

Nos exemplos em questão, a matriz A e a matriz B apresentam determinantes nulos.

(TJ PR/2009) Calcule o determinante de $A = \begin{bmatrix} 5 & -1 & -2 & 1 \\ -1 & 2 & -3 & 1 \\ 4 & -4 & -6 & 3 \\ 1 & 3 & 4 & -2 \end{bmatrix}$

a) 11

b) -11



c) 0

d) 5

Comentários:

E aí, concurseiro? Vai aplicar o **Teorema de Laplace** nesse determinante 4×4 ? Negativo!

Note que a **linha 1** é a soma da **linha 3** com a **linha 4**, isto é, $L_1 = L_3 + L_4$.

$$A = \begin{bmatrix} 5 & -1 & -2 & 1 \\ -1 & 2 & -3 & 1 \\ 4 & -4 & -6 & 3 \\ 1 & 3 & 4 & -2 \end{bmatrix}$$

Como temos uma linha que é combinação linear de outras duas, o determinante é zero.

Gabarito: Letra C

Teorema de Jacobi

O **Teorema de Jacobi** é uma ferramenta poderosíssima. Isso porque esse teorema nos permite **manipular os determinantes** de modo a aplicar as propriedades vistas até então.

Esse teorema nos diz que ao multiplicar uma fila por qualquer número e somar esse resultado a uma outra fila paralela qualquer, o valor do **determinante não se altera**.

Em outras palavras, podemos trocar uma fila qualquer por uma combinação linear que contenha a fila original.

Vejamos um exemplo:

Calcule o determinante da matriz $A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 & 2 \\ 4 & 8 & 1 & 3 \\ 3 & 7 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 1 & 3 \end{bmatrix}$

Note que temos um determinante de ordem 4. Poderíamos aplicar o **Teorema de Laplace** diretamente para resolver o problema, porém note que seria bastante trabalhosa a resolução, visto que não temos uma fileira com três zeros.

Para resolver o determinante, **vamos fazer "surgir alguns zeros" com o Teorema de Jacobi**. Lembre-se que ao multiplicar uma fila por qualquer número e somar esse resultado a uma outra fila paralela qualquer, o **valor do determinante não se altera**.

Primeiramente, vamos multiplicar a primeira coluna (C_1) por (-2) e somar à segunda coluna (C_2).

Em outras palavras, **vamos substituir C_2 por $C_2 + (-2)C_1$** .

Para facilitar a comunicação, vamos descrever essa substituição assim: $C_2 \leftarrow C_2 - 2C_1$.



$$\begin{array}{c} \times(-2) \\ \curvearrowright \\ \left| \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 1 & 2 \\ 4 & 8 & 1 & 3 \\ 3 & 7 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 1 & 3 \end{array} \right| \xrightarrow{C_2 \leftarrow C_2 - 2C_1} \left| \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 1 & 2 \\ 4 & 0 & 1 & 3 \\ 3 & 1 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 1 & 3 \end{array} \right| \end{array}$$

Note também que podemos substituir C_4 por $C_4 + (-2)C_3$, isto é, podemos realizar a operação $C_4 \leftarrow C_4 - 2C_3$.

$$\begin{array}{c} \times(-2) \\ \curvearrowright \\ \left| \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 1 & 2 \\ 4 & 0 & 1 & 3 \\ 3 & 1 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 1 & 3 \end{array} \right| \xrightarrow{C_4 \leftarrow C_4 - 2C_3} \left| \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 4 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \end{array} \right| \end{array}$$

Observe que o determinante da matriz original corresponde a:

$$\left| \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 4 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \end{array} \right|$$

Note que agora podemos aplicar o **Teorema de Laplace** com mais facilidade. Ao seleccionar a **segunda coluna**, temos que o determinante é dado por:

$$\det A = 0 \times A_{12} + 0 \times A_{22} + 1 \times A_{32} + 0 \times A_{42}$$

$$= 1 \times A_{32}$$

$$= (-1)^{3+2} D_{32}$$

$$= (-1)^5 \left| \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 4 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \end{array} \right|$$

$$= - \left| \begin{array}{ccc} 1 & 1 & 0 \\ 4 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{array} \right|$$

Vamos aplicar a **regra de Sarrus** no determinante.

$$\begin{array}{ccccccc} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & & \\ 4 & 1 & 1 & 1 & 4 & 1 & \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & & \\ \hline & & & & & & \\ \hline & & & & & & \\ \hline & & & & & & \\ \hline \end{array}$$

Parte Negativa **Parte Positiva**



$$D_{32} = [1 \cdot 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 \cdot 1 + 0 \cdot 4 \cdot 1] - [0 \cdot 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 \cdot 1 + 1 \cdot 4 \cdot 1]$$

$$D_{32} = 2 - 5$$

$$D_{32} = -3$$

Note que $\det A = - \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 4 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$. Portanto:

$$\det A = -(-3)$$

$$\det A = 3$$

Regra de Chió

A **Regra de Chió** é uma regra que permite com que um determinante tenha a sua ordem reduzida. Trata-se de uma aplicação do Teorema de Jacobi.

Vamos ver a aplicação da regra na prática. Considere o determinante abaixo:

$$\begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 & 2 \\ 4 & 8 & 1 & 3 \\ 3 & 7 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 3 \end{vmatrix}$$

O primeiro passo é **fazer com que o elemento a_{11} seja igual a 1**. Realizando a operação $C_1 \leftarrow C_1 - 2C_3$, temos:

$$\begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 & 2 \\ 4 & 8 & 1 & 3 \\ 3 & 7 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 3 \end{vmatrix} \xrightarrow{\times(-2)} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 & 2 \\ 2 & 8 & 1 & 3 \\ 1 & 7 & 1 & 2 \\ -3 & 2 & 2 & 3 \end{vmatrix} \quad C_1 \leftarrow C_1 - 2C_3$$

A partir desse momento, devemos **zerar todos os elementos da primeira linha, à exceção do elemento a_{11} , fazendo uso da primeira coluna**.

Para tanto, vamos realizar as seguintes substituições, nessa ordem:

- $C_2 \leftarrow C_2 - 2C_1$;
- $C_3 \leftarrow C_3 - C_1$; e
- $C_4 \leftarrow C_4 - 2C_1$.



$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 4 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \end{vmatrix} \stackrel{C_2 \leftarrow C_2 - 2C_1}{=} \begin{vmatrix} 1 & \mathbf{0} & 1 & 2 \\ 2 & \mathbf{4} & 1 & 3 \\ 1 & \mathbf{5} & 1 & 2 \\ -3 & \mathbf{8} & 2 & 3 \end{vmatrix} \stackrel{C_3 \leftarrow C_3 - C_1}{=} \begin{vmatrix} 1 & \mathbf{0} & \mathbf{0} & 2 \\ 2 & 4 & -1 & 3 \\ 1 & 5 & \mathbf{0} & 2 \\ -3 & 8 & \mathbf{5} & 3 \end{vmatrix} \stackrel{C_4 \leftarrow C_4 - 2C_1}{=} \begin{vmatrix} 1 & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ 2 & 4 & -1 & -1 \\ 1 & 5 & 0 & \mathbf{0} \\ -3 & 8 & 5 & \mathbf{9} \end{vmatrix}$$

Ficamos com:

$$\begin{vmatrix} 1 & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ 2 & 4 & -1 & -1 \\ 1 & 5 & 0 & 0 \\ -3 & 8 & 5 & 9 \end{vmatrix}$$

Ao aplicar o **Teorema de Laplace** na primeira linha, temos:

$$\det A = a_{11}A_{11} + a_{12}A_{12} + a_{13}A_{13} + a_{14}A_{14}$$

Como na **Regra de Chió** temos o sempre o elemento $a_{11} = 1$ e os demais elementos da primeira linha iguais a zero, ficamos com $\det A = D_{11}$:

$$\det A = 1A_{11} + 0A_{12} + 0A_{13} + 0A_{14}$$

$$\det A = A_{11}$$

$$\det A = (-1)^{1+1}D_{11}$$

$$\det A = D_{11}$$

$$\det A = \begin{vmatrix} 4 & -1 & -1 \\ 5 & 0 & 0 \\ 8 & 5 & 9 \end{vmatrix}$$

Veja, portanto, que a **Regra de Chió** reduziu a ordem do determinante de 4 para 3, pois tínhamos o seguinte determinante:

$$\begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 & 2 \\ 4 & 8 & 1 & 3 \\ 3 & 7 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 3 \end{vmatrix}$$

Esse determinante foi reduzido a:

$$\begin{vmatrix} 4 & -1 & -1 \\ 5 & 0 & 0 \\ 8 & 5 & 9 \end{vmatrix}$$

Poderíamos continuar utilizando a **Regra de Chió** para reduzir a ordem do determinante de 3 para 2. Porém, como já temos um determinante de ordem 3, podemos aplicar a **regra de Sarrus**.

$$\begin{vmatrix} 4 & -1 & -1 & 4 & -1 \\ 5 & 0 & 0 & 5 & 0 \\ 8 & 5 & 9 & 8 & 5 \end{vmatrix}$$

Parte Negativa

Parte Positiva



$$\begin{aligned} & [4 \cdot 0 \cdot 9 + (-1) \cdot 0 \cdot 8 + (-1) \cdot 5 \cdot 5] - [(-1) \cdot 0 \cdot 8 + 4 \cdot 0 \cdot 5 + (-1) \cdot 5 \cdot 9] \\ &= [0 + 0 - 25] - [0 + 0 - 45] \\ &= -25 + 45 \\ &= 20 \end{aligned}$$

Em resumo, a **Regra de Chió** consiste nos seguintes passos:

- Fazer com que o elemento a_{11} seja igual a 1;
- **Zerar todos os elementos da primeira linha, à exceção de a_{11} , fazendo uso da primeira coluna;**
- Feita a operação anterior, o determinante em questão é igual ao **menor complementar D_{11}** ;
- Repita o processo, se necessário, para reduzir a ordem do determinante mais uma vez.

Nesse momento, vamos resolver uma questão que já fizemos por **Teorema de Laplace**, dessa vez por meio da **Regra de Chió**.

(SEFAZ-RS/2014) O determinante da matriz

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 & 0 \\ 2 & 3 & 1 & 0 \\ 2 & -3 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 4 \end{bmatrix} \text{ é}$$

- a) -32
- b) -26
- c) 14
- d) 16
- e) 28

Comentários:

Temos um determinante de ordem 4. Dessa vez, vamos utilizar a **Regra de Chió**.

Fazer com que o elemento a_{11} seja igual a 1

Note que **o elemento a_{11} já é igual a 1**.

Zerar todos os elementos da primeira linha, à exceção de a_{11} , fazendo uso da primeira coluna

Para tanto, vamos realizar as seguintes substituições, nessa ordem:

$$C_2 \leftarrow C_2 - 2C_1; \text{ e}$$

$$C_3 \leftarrow C_3 - C_1.$$



$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 & 0 \\ 2 & 3 & 1 & 0 \\ 2 & -3 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 4 \end{vmatrix} \xrightarrow{C_2 \leftarrow C_2 - 2C_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & -1 & 1 & 0 \\ 2 & -7 & 2 & 1 \\ 2 & -3 & 1 & 4 \end{vmatrix} \xrightarrow{C_3 \leftarrow C_3 - C_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & -1 & -1 & 0 \\ 2 & -7 & 0 & 1 \\ 2 & -3 & -1 & 4 \end{vmatrix}$$

Observe que o determinante ficou reduzido a:

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & -1 & -1 & 0 \\ 2 & -7 & 0 & 1 \\ 2 & -3 & -1 & 4 \end{vmatrix}$$

Feita a operação anterior, o determinante em questão é igual ao menor complementar D_{11}

$$\det A = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & -1 & -1 & 0 \\ 2 & -7 & 0 & 1 \\ 2 & -3 & -1 & 4 \end{vmatrix}$$

$$\det A = \begin{vmatrix} -1 & -1 & 0 \\ -7 & 0 & 1 \\ -3 & -1 & 4 \end{vmatrix}$$

Aplicando a **regra de Sarrus**, temos:

$$\begin{vmatrix} -1 & -1 & 0 & -1 & -1 \\ -7 & 0 & 1 & -7 & 0 \\ -3 & -1 & 4 & -3 & -1 \end{vmatrix}$$

Parte Negativa **Parte Positiva**

$$\det A = [(-1) \cdot 0 \cdot 4 + (-1) \cdot 1 \cdot (-3) + 0 \cdot (-7) \cdot (-1)] - [0 \cdot 0 \cdot (-3) + (-1) \cdot 1 \cdot (-1) + (-1) \cdot (-7) \cdot 4]$$

$$\det A = [0 + 3 + 0] - [0 + 1 + 28]$$

$$\det A = 3 - 29$$

$$\det A = -26$$

O determinante da matriz A , portanto, é igual a -26 .

Gabarito: Letra B.

Matriz inversa

No tópico de matrizes, definimos que a **inversa** de uma matriz A é aquela matriz que, quando multiplicada pela matriz A , tem como resultado a matriz identidade:

$$AA^{-1} = A^{-1}A = I_n$$



Agora que sabemos como calcular determinantes, você precisa saber que uma **matriz A é inversível** (ou **invertível**) quando o **determinante é diferente de zero**, isto é:

$$A \text{ é inversível} \leftrightarrow \det A \neq 0$$

Vimos também que uma matriz que **não é inversível** é denominada **singular**. Nesse caso:

$$A \text{ é singular} \leftrightarrow \det A = 0$$

Para uma matriz 2×2 , temos uma fórmula para encontrar a matriz inversa. Considerando uma matriz

$A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$, ela admite inversa quando $\det A \neq 0$ e sua inversa é:

$$A^{-1} = \frac{1}{\det A} \times \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$$

$$A^{-1} = \frac{1}{ad - bc} \times \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$$

Vamos resolver dois exercícios sobre matriz inversa:

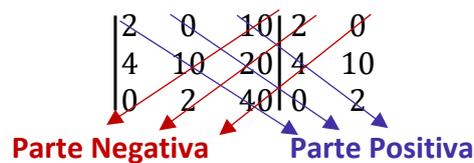
(SEDF/2017) Considerando a matriz $A = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 10 \\ 4 & 10 & 20 \\ 0 & 2 & 40 \end{bmatrix}$, julgue o próximo item.

A matriz A é inversível.

Comentários:

Vamos calcular o determinante de A . Se o valor for diferente de zero, então a matriz é inversível.

Aplicando a **regra de Sarrus**, temos:


$$\begin{array}{ccc|ccc} 2 & 0 & 10 & 2 & 0 & \\ 4 & 10 & 20 & 4 & 10 & \\ 0 & 2 & 40 & 0 & 2 & \\ \hline & & & & & \end{array}$$

Parte Negativa Parte Positiva

$$\det A = [2 \cdot 10 \cdot 40 + 0 \cdot 20 \cdot 0 + 10 \cdot 4 \cdot 2] - [10 \cdot 10 \cdot 0 + 2 \cdot 20 \cdot 2 + 0 \cdot 4 \cdot 40]$$

$$\det A = [800 + 0 + 80] - [0 + 80 + 0]$$

$$\det A = 880 - 80$$

$$\det A = 800$$

Como o determinante é diferente de zero, trata-se de uma matriz inversível.

Gabarito: CERTO.



(MPE SP/2019) A inversa da matriz $\begin{bmatrix} 2 & 5 \\ 1 & 3 \end{bmatrix}$ é:

a) $\begin{bmatrix} 0,5 & 0,2 \\ 1 & 0,33 \end{bmatrix}$

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

c) $\begin{bmatrix} 3 & 5 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$

d) $\begin{bmatrix} 3 & -1 \\ -5 & 2 \end{bmatrix}$

e) $\begin{bmatrix} 0,33 & 0,2 \\ 1 & 0,5 \end{bmatrix}$

Comentários:

Resolvermos essa questão no capítulo sobre matrizes. Dessa vez, vamos utilizar a fórmula apresentada.

Temos que a inversa de uma matriz $A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$ é dada por:

$$A^{-1} = \frac{1}{\det A} \times \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$$

A matriz em questão é $B = \begin{bmatrix} 2 & 5 \\ 1 & 3 \end{bmatrix}$, e seu determinante é:

$$\det B = [2 \times 3] - [5 \times 1] = 1$$

A inversa de B é:

$$B^{-1} = \frac{1}{\det B} \begin{bmatrix} 3 & -5 \\ -1 & 2 \end{bmatrix}$$

$$B^{-1} = \frac{1}{1} \begin{bmatrix} 3 & -5 \\ -1 & 2 \end{bmatrix}$$

$$B^{-1} = \begin{bmatrix} 3 & -5 \\ -1 & 2 \end{bmatrix}$$

Gabarito: Letra B.

Para finalizar a parte teórica de determinantes, vamos resolver uma questão que envolve diversas propriedades aprendidas.



(Pref. Gov. Celso Ramos/2017) Considere as proposições:

$$\text{I)} \begin{vmatrix} -2 & 7 & 13 & -21 \\ -2 & 1 & 5 & 8 \\ 0 & 0 & 2^{-1} & 11 \\ 0 & 0 & 0 & 3 \end{vmatrix} = -3$$

$$\text{II)} \begin{vmatrix} 1/2 & \pi & 13 & 25 \\ -7 & 5 & 6 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 21 & -8 & -4 & -3 \end{vmatrix} = 0$$

III) A matriz $A = \begin{pmatrix} -1 & 2 & -3 & 5 \\ 4 & 1 & -2 & 9 \\ 6 & -3 & 4 & -1 \\ 10 & -11 & -7 & 6 \end{pmatrix}$ é singular, isto é, não possui inversa.

IV) O conjunto solução da equação $\begin{vmatrix} x & 1 & -2 \\ 3 & 2 & -1 \\ 4 & 1 & x \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -2 & 2 \\ 1 & 4 \end{vmatrix} = 0$ possui dois elementos cujo produto é igual a -2 .

Está(ão) CORRETA(S) a(s) proposição(ões):

- a) Apenas as alternativas I e II estão corretas.
- b) Apenas II e IV.
- c) Apenas a alternativa II está correta.
- d) Apenas I, III e IV.
- e) Apenas II, III e IV.

Comentários:

Vamos analisar cada proposição individualmente.

I) ERRADA.

Veja que o determinante apresentado de assemelha muito a uma matriz triangular superior, exceto pelo elemento $a_{21} = -2$:

$$\begin{vmatrix} -2 & 7 & 13 & -21 \\ -2 & 1 & 5 & 8 \\ 0 & 0 & 2^{-1} & 11 \\ 0 & 0 & 0 & 3 \end{vmatrix}$$

Para resolver **transformar** esse determinante em um determinante de **matriz triangular**, podemos aplicar o **Teorema de Jacobi** realizando a substituição $L_2 \leftarrow L_2 - L_1$.

$$\begin{vmatrix} -2 & 7 & 13 & -21 \\ -2 & 1 & 5 & 8 \\ 0 & 0 & 2^{-1} & 11 \\ 0 & 0 & 0 & 3 \end{vmatrix} \stackrel{L_2 \leftarrow L_2 - L_1}{=} \begin{vmatrix} -2 & 7 & 13 & -21 \\ 0 & -6 & -8 & 29 \\ 0 & 0 & 2^{-1} & 11 \\ 0 & 0 & 0 & 3 \end{vmatrix}$$

O determinante resultante corresponde ao determinante de uma **matriz triangular superior**.



$$\begin{vmatrix} -2 & 7 & 13 & -21 \\ 0 & -6 & -8 & 29 \\ 0 & 0 & 2^{-1} & 11 \\ 0 & 0 & 0 & 3 \end{vmatrix} = (-2) \times (-6) \times \left(\frac{1}{2}\right) \times 3 = 18$$

Logo, o item está errado, pois o determinante em questão é 18.

II) CERTO.

Trata-se de um determinante que apresenta uma **fila nula**. Portanto, o determinante é nulo.

$$\begin{vmatrix} 1/2 & \pi & 13 & 25 \\ -7 & 5 & 6 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 21 & -8 & -4 & -3 \end{vmatrix} = 0$$

III) CERTO.

Para a matriz em questão ser **singular**, o **determinante deve ser zero**.

Note que **temos uma fila é combinação linear de outras duas**, pois $L3 = (-2)L1 + L2$. Portanto, o **determinante de A é nulo** e, conseqüentemente, trata-se de uma matriz singular.

$$A = \begin{pmatrix} -1 & 2 & -3 & 5 \\ 4 & 1 & -2 & 9 \\ 6 & -3 & 4 & -1 \\ 10 & -11 & -7 & 6 \end{pmatrix}$$

IV) CERTO.

Primeiramente, vamos aplicar a **regra de Sarrus** em $\begin{vmatrix} x & 1 & -2 \\ 3 & 2 & -1 \\ 4 & 1 & x \end{vmatrix}$.

$$\begin{vmatrix} x & 1 & -2 & x & 1 \\ 3 & 2 & -1 & 3 & 2 \\ 4 & 1 & x & 4 & 1 \end{vmatrix}$$

Parte Negativa Parte Positiva

$$\begin{aligned} &= [x \cdot 2 \cdot x + 1 \cdot (-1) \cdot 4 + (-2) \cdot 3 \cdot 1] - [(-2) \cdot 2 \cdot 4 + x \cdot (-1) \cdot 1 + 1 \cdot 3 \cdot x] \\ &= [2x^2 - 4 - 6] - [-16 - x + 3x] \\ &= [2x^2 - 10] - [2x - 16] \\ &= 2x^2 - 2x + 6 \end{aligned}$$

Agora vamos calcular o determinante $\begin{vmatrix} -2 & 2 \\ 1 & 4 \end{vmatrix}$:

$$\begin{vmatrix} -2 & 2 \\ 1 & 4 \end{vmatrix} = [(-2) \times 4] - [2 \times 1] = -10$$



Portanto, a equação requerida é:

$$\begin{vmatrix} x & 1 & -2 \\ 3 & 2 & -1 \\ 4 & 1 & x \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -2 & 2 \\ 1 & 4 \end{vmatrix} = 0$$
$$(2x^2 - 2x + 6) + (-10) = 0$$
$$2x^2 - 2x - 4 = 0$$

Da teoria de equações do segundo grau, sabemos que o produto das raízes é $\frac{c}{a}$. Logo:

$$x_1 \times x_2 = \frac{c}{a} = \frac{-4}{2} = -2$$

O item, portanto, está correto.

Por fim, temos que apenas os **itens II, III e IV estão certos**.

Gabarito: Letra E.



QUESTÕES COMENTADAS – CEBRASPE

Matrizes

Texto para as próximas questões

Um importante algoritmo para a resolução de problemas que envolvem matrizes (por exemplo, resolução de sistemas lineares, cálculo da matriz inversa, determinantes etc.) consiste em efetuar operações elementares sobre as linhas da matriz. Essas operações incluem multiplicação de uma linha da matriz por um número não nulo; adição a uma linha de um múltiplo de outra linha; permutação de linhas. Com relação a essas operações, considere a matriz B obtida da matriz $A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -2 \\ 2 & -1 & -2 \\ 2 & -1 & -1 \end{pmatrix}$ depois de efetuada a seguinte sequência de operações elementares: substituição da linha 3 pela linha 3 menos a linha 2; substituição da linha 2 pela linha 2 menos duas vezes a linha 1. Com base nessas informações, julgue o item que se segue, acerca da matriz B.

1. (CESPE/CBM DF/2011) Na linha 3 da matriz B, há apenas um elemento nulo.

2. (CESPE/CBM DF/2011) A soma dos elementos da linha 2 da matriz B é igual a 1.

Comentários:

Vamos obter a matriz B por meio das operações propostas. Primeiramente, temos:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -2 \\ 2 & -1 & -2 \\ 2 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

- Substituição da linha 3 pela linha 3 menos a linha 2.

$$A_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -2 \\ 2 & -1 & -2 \\ 2 - 2 & -1 - (-1) & -1 - (-2) \end{pmatrix}$$

$$A_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -2 \\ 2 & -1 & -2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- Substituição da linha 2 pela linha 2 menos duas vezes a linha 1.

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -2 \\ 2 - 2 \times (1) & -1 - 2 \times (0) & -2 - 2 \times (-2) \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -2 \\ 0 & -1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$



Questão 01

Veja que na **linha 3** da matriz B **há dois elementos nulos**. O **gabarito**, portanto, é **ERRADO**.

Questão 02

A soma dos elementos da linha 2 da matriz B é:

$$0 + (-1) + 2 = 1$$

O **gabarito**, portanto, é **CERTO**.

Gabarito: 01 - ERRADO. 02 - CERTO.

3. (CESPE/PC-DF/2013) Considere que a empresa X tenha disponibilizado um aparelho celular a um empregado que viajou em missão de 30 dias corridos. O custo do minuto de cada ligação, para qualquer telefone, é de R\$ 0,15. Nessa situação, considerando que a empresa tenha estabelecido limite de R\$ 200,00 e que, após ultrapassado esse limite, o empregado arcará com as despesas, julgue o item a seguir.

Considere que, em uma nova missão, o preço das ligações tenha passado a depender da localidade, mesma cidade ou cidade distinta da de origem da ligação, e do tipo de telefone para o qual a ligação tenha sido feita, celular, fixo ou rádio. As tabelas abaixo mostram quantas ligações de cada tipo foram feitas e o valor de cada uma:

	celular	fixo	rádio
mesma cidade	6	3	1
cidade distinta	7	1	3

Tabela I: número de ligações realizadas por tipo de telefone

	mesma cidade	cidade distinta
celular	0,20	0,50
fixo	0,15	0,30
rádio	0,20	0,20

Tabela II: preço de cada ligação, em reais

Nessas condições, se $A = \begin{bmatrix} 6 & 3 & 1 \\ 7 & 1 & 3 \end{bmatrix}$ for a matriz formada pelos dados da tabela I, e $B = \begin{bmatrix} 0,20 & 0,50 \\ 0,15 & 0,30 \\ 0,20 & 0,20 \end{bmatrix}$

for a matriz formada pelos dados da tabela II, então a soma de todas as entradas da matriz $A \times B$ será igual ao valor total das ligações efetuadas.



Comentários:

O preço total a ser pago seria dado pelo seguinte:

$$\text{Mesma cidade: } 6 \times 0,20 + 3 \times 0,15 + 1 \times 0,20 = 1,85$$

$$\text{Cidades diferentes: } 7 \times 0,5 + 1 \times 0,30 + 3 \times 0,20 = 4,40$$

$$\text{Total: } 1,85 + 4,40 = R\$ 6,85$$

Porém, na multiplicação de matrizes, vamos ter o seguinte resultado:

$$\begin{aligned} & \begin{bmatrix} 6 & 3 & 1 \\ 7 & 1 & 3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,20 & 0,50 \\ 0,15 & 0,30 \\ 0,20 & 0,20 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 6 \times 0,20 + 3 \times 0,15 + 1 \times 0,20 & 6 \times 0,5 + 3 \times 0,30 + 1 \times 0,20 \\ 7 \times 0,20 + 1 \times 0,15 + 3 \times 0,20 & 7 \times 0,5 + 1 \times 0,30 + 3 \times 0,20 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 1,85 & 4,10 \\ 2,15 & 4,40 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Vemos que apenas a **diagonal principal** possui valores condizentes com o anterior, enquanto a diagonal secundária corresponde a cobranças cruzadas, isto é, cobrar o preço de ligações de mesma cidade para ligações em cidades diferentes, e vice e versa.

Assim, o **valor total das ligações efetuadas** será o **traço da matriz**, isto é, a soma dos elementos da diagonal principal. **Não** se trata da **soma de todos os elementos** da matriz.

Gabarito: ERRADO.

4. (CESPE/SEDF/2017) Considerando a matriz $A = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 10 \\ 4 & 10 & 20 \\ 0 & 2 & 40 \end{bmatrix}$, julgue o próximo item.

Se $C = [C_{ij}]$, $1 \leq i, j \leq 3$, tal que $C = A^2$, então $C_{23} - C_{22} > 500$.

Comentários:

Temos que:

$$\begin{aligned} C &= A^2 \\ &= A \times A \\ &= \begin{bmatrix} 2 & 0 & 10 \\ 4 & 10 & 20 \\ 0 & 2 & 40 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 2 & 0 & 10 \\ 4 & 10 & 20 \\ 0 & 2 & 40 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

A questão pergunta pela subtração de dois elementos da matriz C : $C_{23} - C_{22}$. Note que não precisamos obter a matriz inteira. Lembre-se que:



O elemento da **linha i** e da **coluna j** da **matriz-produto C** é obtido por meio da **linha i da primeira matriz** e da **coluna j da segunda matriz**.

Para obter o elemento C_{22} , faremos uso da **segunda linha da primeira matriz** e da **segunda coluna da segunda matriz**.

$$\begin{bmatrix} 2 & 0 & 10 \\ 4 & 10 & 20 \\ 0 & 2 & 40 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 2 & 0 & 10 \\ 4 & 10 & 20 \\ 0 & 2 & 40 \end{bmatrix}$$

$$C_{22} = 4 \times 0 + 10 \times 10 + 20 \times 2 = 140$$

Para obter o elemento C_{23} , faremos uso da **segunda linha da primeira matriz** e da **terceira coluna da segunda matriz**.

$$\begin{bmatrix} 2 & 0 & 10 \\ 4 & 10 & 20 \\ 0 & 2 & 40 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 2 & 0 & 10 \\ 4 & 10 & 20 \\ 0 & 2 & 40 \end{bmatrix}$$

$$C_{23} = 4 \times 10 + 10 \times 20 + 20 \times 40 = 1.040$$

Portanto, $C_{23} - C_{22} = 1040 - 140 = 900$. Trata-se de um número **maior do que 500**.

Gabarito: CERTO.

5. (CESPE/IBAMA/2013) Julgue o item subsequente, relacionado a problemas aritméticos, geométricos e matriciais.

Considere que A e B sejam matrizes distintas, de ordem 2×2 , com entradas reais e, em cada matriz, três das quatro entradas sejam iguais a zero. Além disso, considere também que $A \times A = B \times B = A \times B = O$, em que O é a matriz nula, isto é, a matriz em que todas as entradas são iguais a zero. Nesse caso, necessariamente, $A = O$ ou $B = O$.

Comentários:



Temos duas matrizes A e B de ordem 2 em que ao menos três dos quatro elementos (entradas) é igual a zero. Além disso, O é a matriz nula (de ordem 2).



Em resumo, a questão pergunta o seguinte:

$$\text{Se } \begin{cases} AA = O \\ BB = O, \\ AB = O \end{cases} \text{ então necessariamente } A \text{ ou } B \text{ é a matriz nula?}$$

Pessoal, para responder a essa pergunta, devemos utilizar um contraexemplo.

$$\text{Considere } A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ e } B = \begin{bmatrix} 0 & 2 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

$$AA = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \cdot 0 + 1 \cdot 0 & 0 \cdot 1 + 1 \cdot 0 \\ 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 & 0 \cdot 1 + 0 \cdot 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} = O$$

$$BB = \begin{bmatrix} 0 & 2 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & 2 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \cdot 0 + 2 \cdot 0 & 0 \cdot 2 + 2 \cdot 0 \\ 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 & 0 \cdot 2 + 0 \cdot 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} = O$$

$$AB = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & 2 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \cdot 0 + 1 \cdot 0 & 0 \cdot 2 + 1 \cdot 0 \\ 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 & 0 \cdot 2 + 0 \cdot 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} = O$$

Note que **encontramos duas matrizes A e B** que desmentem a afirmação do enunciado, pois temos **AA = BB = AB = O com A e B diferentes da matriz nula**. O **gabarito**, portanto, é **ERRADO**.

Gabarito: ERRADO.



QUESTÕES COMENTADAS – CEBRASPE

Determinantes

1. (CESPE/PETROBRAS/2024) Uma distribuidora comprou x unidades de barris de petróleo, por R\$ 415 o barril, e y unidades de m^3 de gás, por R\$ 2 o m^3 , pagando um valor total de R\$ 23.695.000. A quantidade de unidades dos dois produtos comprados totalizou 490.000 unidades.

Acerca dessa situação hipotética, julgue o item a seguir.

A inversa da matriz dos coeficientes $C = \begin{bmatrix} 415 & 2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ é dada por $C^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & -2 \\ -1 & 415 \end{bmatrix}$.

Comentários:

Pessoal, originalmente essa questão era composta por diversos itens, sendo este um dos itens a ser julgado. Por curiosidade, **matriz dos coeficientes** é um termo que será aprendido em **Sistemas Lineares**, caso seja pertinente para sua prova.

Nesse momento, como estamos em uma aula de **Matrizes e Determinantes**, vamos nos ater somente ao item em questão, verificando se a inversa da matriz dada corresponde ou não a $\begin{bmatrix} 1 & -2 \\ -1 & 415 \end{bmatrix}$.

Temos que a inversa de uma matriz $C = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$ é dada por:

$$C^{-1} = \frac{1}{\det C} \times \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$$

A matriz em questão é $C = \begin{bmatrix} 415 & 2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$, e seu determinante é:

$$\begin{aligned} \det C &= [415 \times 1] - [2 \times 1] \\ &= 415 - 2 \\ &= 413 \end{aligned}$$

Temos que:

$$C^{-1} = \frac{1}{\det C} \times \begin{bmatrix} 1 & -2 \\ -1 & 415 \end{bmatrix}$$

$$C^{-1} = \frac{1}{413} \times \begin{bmatrix} 1 & -2 \\ -1 & 415 \end{bmatrix}$$



$$C^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ \frac{1}{413} & -\frac{1}{413} \\ -\frac{1}{413} & \frac{1}{413} \end{bmatrix}$$

Logo, a matriz inversa não corresponde a $\begin{bmatrix} 1 & -2 \\ -1 & 415 \end{bmatrix}$.

Gabarito: ERRADO.

2. (CESPE/PETROBRAS/2023) Considerando uma matriz $A_{2 \times 3}$, uma matriz $B_{3 \times 3}$ e uma matriz $C_{3 \times 2}$, julgue o item a seguir.

É possível calcular os determinantes das matrizes A e C , porém não o da matriz B .

Comentários:

Só é possível calcular determinantes de matrizes quadradas, que são matrizes que apresentam o mesmo número de linhas e colunas. Note que:

- $A_{2 \times 3}$ não é uma matriz quadrada, pois apresenta 2 linhas e 3 colunas;
- $B_{3 \times 3}$ é uma matriz quadrada, com 3 linhas e 3 colunas; e
- $C_{3 \times 2}$ não é uma matriz quadrada, pois apresenta 3 linhas e 2 colunas.

Portanto, é possível calcular o determinante da matriz B , porém não é possível para as matrizes A e C .

Gabarito: ERRADO.

3. (CESPE/IFF/2018) Considere que k seja um número real e que o determinante da matriz $B = \begin{bmatrix} 3 & k \\ 3 & 9 \end{bmatrix}$ seja igual a 27. Nesse caso, se $A = \begin{bmatrix} 3 & -1 \\ 9 & 6 \end{bmatrix}$ então o determinante da matriz $B - A$, será igual a:

- 30.
- 0.
- 3.
- 6.
- 10.

Comentários:

O determinante de B é dado pelo produto dos termos da diagonal principal menos o produto dos termos da diagonal secundária:

$$\begin{aligned} \det B &= \begin{vmatrix} 3 & k \\ 3 & 9 \end{vmatrix} \\ 27 &= [3 \times 9] - [k \times 3] \\ 27 &= 27 - 3k \end{aligned}$$



$$k = 0$$

Logo, a matriz B é dada por:

$$B = \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 3 & 9 \end{bmatrix}$$

A matriz $B - A$ é:

$$\begin{aligned} B - A &= \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 3 & 9 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 3 & -1 \\ 9 & 6 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 3 - 3 & 0 - (-1) \\ 3 - 9 & 9 - 6 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -6 & 3 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Novamente, para calcular $\det(B - A)$, devemos realizar produto dos termos da diagonal principal e subtrair o produto dos termos da diagonal secundária:

$$\begin{aligned} \det(B - A) &= \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ -6 & 3 \end{vmatrix} \\ \det(B - A) &= [0 \times 3] - [1 \times (-6)] \\ \det(B - A) &= 0 - (-6) \\ \det(B - A) &= 6 \end{aligned}$$

Gabarito: Letra D.

4.(CESPE/SEDUC AL/2018) Julgue o item que se seguem, relativos a matrizes e sistemas lineares.

Se a é um número real e se o determinante da matriz $P = \begin{bmatrix} a & 1 \\ 0 & a - 1 \end{bmatrix} + 2 \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$ for igual a zero, então $a = -2$ ou $a = 1$.

Comentários:

A matriz P é dada por:

$$\begin{aligned} P &= \begin{bmatrix} a & 1 \\ 0 & a - 1 \end{bmatrix} + 2 \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} a & 1 \\ 0 & a - 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2 \times 0 & 2 \times (-1) \\ 2 \times (-1) & 2 \times 1 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} a & 1 \\ 0 & a - 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -2 \\ -2 & 2 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} a + 0 & 1 - 2 \\ 0 - 2 & a - 1 + 2 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} a & -1 \\ -2 & a + 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Temos que:



$$\det P = 0$$

$$\begin{vmatrix} a & -1 \\ -2 & a+1 \end{vmatrix} = 0$$

$$[a \times (a+1)] - [(-1) \times (-2)] = 0$$

$$a^2 + a - 2 = 0$$

Note que **as raízes dessa equação de segundo grau em a são de fato -2 e 1** , pois:

$$(-2)^2 + (-2) - 2 = 0$$

$$1^2 + 1 - 2 = 0$$

Logo, se $\det P = 0$, devemos ter $a = -2$ ou $a = 1$.

Gabarito: CERTO.

5.(CESPE/ABIN/2010) Considerando a matriz $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 2 & 0 & 2 \\ 3 & 4 & 5 \end{pmatrix}$ e os vetores $X = \begin{pmatrix} x & 1 \\ x & 2 \\ x & 3 \end{pmatrix}$ e $b = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix}$,

julgue o item a seguir.

O determinante de A é igual a -1 .

Comentários:

Aplicando a **regra de Sarrus** no determinante de A , temos:

$$\det A = [1 \cdot 0 \cdot 5 + 2 \cdot 2 \cdot 3 + 2 \cdot 2 \cdot 4] - [2 \cdot 0 \cdot 3 + 1 \cdot 2 \cdot 4 + 2 \cdot 2 \cdot 5]$$

$$= [0 + 12 + 16] - [0 + 8 + 20]$$

$$= 28 - 28$$

$$= 0$$

Gabarito: ERRADO.

6. (CESPE/SEDF/2017) Considerando a matriz $A = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 10 \\ 4 & 10 & 20 \\ 0 & 2 & 40 \end{bmatrix}$, julgue o próximo item.

Se $B = \frac{1}{2}A$, então o determinante de B é maior que 200.



Comentários:

Pessoal, para resolver esse problema, podemos obter a matriz B e calcular o seu determinante diretamente pela **regra de Sarrus**.

Ocorre que, na prova que cobrou essa questão, houve a necessidade de calcular o determinante de A . Então, para responder ao item, vamos obter $\det(A)$ e em seguida obteremos o $\det(B)$ a partir de $\det(A)$.

Aplicando a **regra de Sarrus** no determinante de A , temos:

$$\begin{array}{ccc|ccc} 2 & 0 & 10 & 2 & 0 & \\ 4 & 10 & 20 & 4 & 10 & \\ 0 & 2 & 40 & 0 & 2 & \\ \hline \end{array}$$

Parte Negativa

Parte Positiva

$$\det A = [2 \cdot 10 \cdot 40 + 0 \cdot 20 \cdot 0 + 10 \cdot 4 \cdot 2] - [10 \cdot 10 \cdot 0 + 2 \cdot 20 \cdot 2 + 0 \cdot 4 \cdot 40]$$

$$\det A = [800 + 0 + 80] - [0 + 80 + 0]$$

$$\det A = 880 - 80$$

$$\det A = 800$$

Sabemos que, ao multiplicar **uma matriz** de **ordem n** por uma **constante k** , o determinante dessa nova matriz fica **multiplicado por k^n** .

$$\det(kA) = k^n \det A$$

Logo:

$$\det B = \det\left(\frac{1}{2}A\right)$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)^3 \times \det A$$

$$= \frac{1}{8} \times 800$$

$$= 100$$

Portanto, o determinante de B é **menor** do que 200.

Gabarito: ERRADO.

7.(CESPE/SEDUC CE/2013/Adaptada) Considerando a matriz $A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 2 \end{bmatrix}$, o determinante de A^4 é igual

a:



- a) -16.
- b) 0.
- c) 16.
- d) 20.
- e) 81.

Comentários:

Temos que:

$$\det(A^4) = \det(A \times A \times A \times A)$$

Pelo **Teorema de Binet**, temos:

$$\det(A^4) = (\det A) \times (\det A) \times (\det A) \times (\det A)$$

$$\det(A^4) = (\det A)^4$$

Portanto, para obter o determinante de A^4 , precisamos obter o determinante de A e elevar à quarta potência.

Aplicando a **regra de Sarrus** no determinante de A , temos:

Parte Negativa **Parte Positiva**

$$\begin{aligned} \det A &= [1 \cdot 0 \cdot 2 + 1 \cdot 0 \cdot 1 + 0 \cdot 1 \cdot 0] - [0 \cdot 0 \cdot 1 + 1 \cdot 0 \cdot 0 + 1 \cdot 1 \cdot 2] \\ &= [0 + 0 + 0] - [0 + 0 + 2] \\ &= -2 \end{aligned}$$

Logo:

$$\begin{aligned} \det(A^4) &= (\det A)^4 \\ &= (-2)^4 \\ &= 16 \end{aligned}$$

Gabarito: Letra C.



8. (CESPE/MS/2008) Se uma matriz quadrada $A = (a_{ij})$ tem dimensão 3×3 e é tal que $(a_{ij}) = 1$, se $i \leq j$ e $(a_{ij}) = i - j$, se $i > j$, então o determinante de A é um número estritamente positivo.

Comentários:

Temos uma matriz quadrada A de ordem 3:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

Temos que:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1; & \text{se } i \leq j \\ i - j; & \text{se } i > j \end{cases}$$

Portanto, se o número da coluna j for maior ou igual do que o número da linha i , o elemento é 1. Caso contrário, o elemento é $i - j$. Nesse caso, a matriz A é:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 - 1 & 1 & 1 \\ 3 - 1 & 3 - 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Note que a matriz A apresenta duas fileiras iguais (linhas 1 e 2, assim como colunas 2 e 3). Portanto, o seu determinante é zero.

Logo, é **errado** afirmar que o determinante de A é estritamente positivo.

Gabarito: ERRADO.

Texto para as próximas questões

Considerando as matrizes $A = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 5 \\ 1 & 0 & 4 \\ 2 & 2 & 0 \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ e $C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 5 \end{bmatrix}$, julgue os itens a seguir.

9. (CESPE/SEDU-ES/2012) Como $[\det B]^2 = \det B$, então $\det B = 1$.

10. (CESPE/SEDU-ES/2012) É correto afirmar que $\det[A \times B \times C] = \det B$.

11. (CESPE/SEDU-ES/2012) $\det A^2 = 196$.

Comentários:



Questão 09

Lembre-se que se uma fila (linha ou coluna) de uma matriz é formada apenas por zeros, seu determinante é nulo. Isso significa que $\det B = 0$ e $(\det B)^2 = 0^2 = 0$.

O **gabarito**, portanto, é **ERRADO**.

Questão 10

Aplicando o **teorema de Binet**, temos:

$$\det[A \times B \times C] = \det A \times \det B \times \det C$$

Como $\det B = 0$, ficamos com:

$$\det[A \times B \times C] = \det A \times 0 \times \det C$$

$$\det[A \times B \times C] = 0$$

Logo, o **gabarito** da questão é **CERTO**, pois $\det[A \times B \times C] = \det B = 0$.

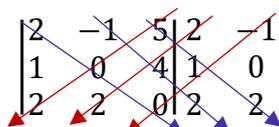
Questão 11

Temos que $\det A^2 = \det(A \times A)$. Pelo **teorema de Binet**:

$$\begin{aligned} \det(A \times A) &= \det A \times \det A \\ &= (\det A)^2 \end{aligned}$$

Note, portanto, que $\det A^2 = (\det A)^2$.

Vamos calcular o determinante de A. Pela **regra de Sarrus**:



Parte Negativa

Parte Positiva

$$\det A = [2 \cdot 0 \cdot 0 + (-1) \cdot 4 \cdot 2 + 5 \cdot 1 \cdot 2] - [5 \cdot 0 \cdot 2 + 2 \cdot 4 \cdot 2 + (-1) \cdot 1 \cdot 0]$$

$$\det A = [0 - 8 + 10] - [0 + 16 + 0]$$

$$\det A = -14$$

Logo:

$$\det A^2 = (\det A)^2$$

$$= (-14)^2 = 196$$

O **gabarito**, portanto, é **CERTO**.

Gabarito: 09 - ERRADO. 10 - CERTO. 11 - CERTO.



12. (CESPE/PETROBRAS/2008) Se A é uma matriz quadrada invertível, então

- a) $\det[A \times A^t] = [\det A]^2$, em que A^t é a matriz transposta da matriz A .
- b) $\det [A + A] = 2 \times \det A$.
- c) $\det A + \det A^t = 0$.
- d) $\det [A + A^{-1}] = 0$.
- e) $\det A = \det A^{-1}$.

Comentários:

Vamos comentar cada alternativa.

a) $\det [A \times A^t] = [\det A]^2$, em que A^t é a matriz transposta da matriz A . CORRETO.

Pelo **teorema de Binet**, temos que:

$$\det(A \times A^t) = \det A \times \det A^t$$

Note que o determinante da matriz transposta de A é igual ao determinante de A , isto é, $\det A = \det A^t$. Logo:

$$\begin{aligned}\det(A \times A^T) &= \det A \times \det A \\ &= (\det A)^2\end{aligned}$$

b) $\det [A + A] = 2 \times \det A$. ERRADO.

Sabemos que, ao multiplicar uma matriz de ordem n por uma constante k , o determinante dessa nova matriz fica multiplicado por k^n .

$$\det(kA) = k^n \det A$$

Se a matriz A tiver ordem n , temos que:

$$\begin{aligned}\det[A + A] &= \det 2A \\ &= 2^n \det A\end{aligned}$$

c) $\det A + \det A^t = 0$. ERRADO.

Note que o determinante da matriz transposta de A é igual ao determinante de A , isto é, $\det A = \det A^t$. Logo:

$$\begin{aligned}\det A + \det A^T &= \det A + \det A \\ &= 2 \det A\end{aligned}$$

d) $\det [A + A^{-1}] = 0$. ERRADO.

Essa propriedade que envolve a soma de uma matriz A com a sua inversa não existe. Para tanto, **podemos apresentar um contraexemplo**.



Suponha $A = I_2$, ou seja, que A é uma matriz identidade de ordem 2.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

A inversa da matriz identidade é a própria matriz identidade, isto é, $A^{-1} = I_2$. Nesse caso:

$$A + A^{-1} = 2I_2$$

O determinante de $A + A^{-1}$ é, portanto:

$$\begin{aligned} \det(A + A^{-1}) &= \det 2I_n \\ &= 2^2 \det I_n \\ &= 2^2 \times 1 \\ &= 4 \end{aligned}$$

e) $\det A = \det A^{-1}$. **ERRADO.**

O determinante da inversa de A é o inverso do determinante de A , isto é:

$$\det A^{-1} = \frac{1}{\det A}$$

■
Gabarito: Letra A.

13. (CESPE/PETROBRAS/2008) Considere que $A = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$ seja uma matriz invertível, $B = A^{-1}$ seja a inversa de A e $C = \begin{pmatrix} a & b \\ c + 2a & d + 2a \end{pmatrix}$. Nesse caso, é correto afirmar que, para toda matriz A , invertível, tem-se que

- a) $\det A = \det B$.
- b) $\det C = 2 \times \det A$.
- c) $\det [A \times B] = 1$.
- d) $\det [A + B] = 2 \times \det A$.
- e) $\det [A \times B^{-1}] = 1$.

Comentários:

Vamos comentar cada uma das alternativas.

a) $\det A = \det B$. **ERRADO.**

Como B é a inversa de A , a alternativa está afirmando que $\det A = \det A^{-1}$. Essa propriedade é falsa, pois o determinante da inversa de A é o inverso do determinante de A , isto é:



$$\det A^{-1} = \frac{1}{\det A}$$

b) $\det C = 2 \times \det A$. **ERRADO.**

Não existe essa relação entre as matrizes A e C . Para provar que a alternativa é falsa, vamos mostrar um **contraexemplo**.

Considere que A é a matriz identidade, com $a = d = 1$ e $b = c = 0$.

$$A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Nesse caso, a matriz C seria:

$$C = \begin{bmatrix} a & b \\ c + 2a & d + 2a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 + 2.1 & 1 + 2.1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 2 & 3 \end{bmatrix}$$

Note que, para esse exemplo:

- $\det A = [1.1] - [0.0] = 1$
- $\det C = [1.3] - [0.2] = 3$

Portanto, é errado dizer que $\det C = 2 \det A$.

c) $\det [A \times B] = 1$. **CERTO.**

Como B é a inversa de A , a alternativa está afirmando que $\det(A A^{-1}) = 1$. Essa relação é verdadeira, pois, pelo **teorema de Binet**:

$$\begin{aligned} \det(A A^{-1}) &= \det A \times \det A^{-1} \\ &= \det A \times \frac{1}{\det A} \\ &= 1 \end{aligned}$$

d) $\det [A + B] = 2 \times \det A$. **ERRADO.**

Essa propriedade não existe. B é a inversa de A , de modo que **não se pode afirmar** que $\det(A + A^{-1}) = 2 \det A$.

Para provar que a alternativa é falsa, vamos mostrar um **contraexemplo**.

Considere que A é a matriz identidade, com $a = d = 1$ e $b = c = 0$.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Temos que:

$$\begin{aligned} \det A &= [1.1] - [0.0] \\ \det A &= 1 \end{aligned}$$



A inversa da matriz identidade é a própria matriz identidade, isto é, $A^{-1} = I_2$. Nesse caso:

$$A + A^{-1} = 2I_2$$

O determinante de $A + A^{-1}$ é, portanto:

$$\begin{aligned}\det(A + A^{-1}) &= \det(2I_2) \\ &= 2^2 \det I_2 \\ &= 2^2 \times 1 \\ &= 4\end{aligned}$$

Logo, perceba que, para o contraexemplo apresentado, $\det(A + A^{-1}) \neq 2 \times \det A$.

e) $\det [A \times B^{-1}] = 1$. **ERRADO**.

Como B é a inversa de A , B^{-1} é a própria matriz A , pois:

$$B^{-1} = (A^{-1})^{-1} = A$$

Portanto, a alternativa afirma que $\det(A \times A) = 1$. Não se pode afirmar isso para qualquer matriz A . Pelo **teorema de Binet**, sabemos que:

$$\begin{aligned}\det(A \times A) &= \det A \times \det A \\ \det(A \times A) &= (\det A)^2\end{aligned}$$

Gabarito: Letra C.

14. (CESPE/IFF/2018) Considere que A , B e C sejam matrizes quadradas, de mesma dimensão e com entradas reais. Assinale a opção correta a respeito das propriedades dessas matrizes, assumindo que $\det(X)$ é o determinante da matriz X e X^t é a matriz transposta da matriz X .

- a) Se a matriz A for antissimétrica, isto é, se $A^t = -A$, então $\det(A) = 0$.
- b) Se A não for matriz nula e se $AB = AC$, então $B = C$.
- c) Se $(A + B)^2 = (B - A)^2$, então $AB = -BA$.
- d) Se $AB \neq BA$, então $\det(AB) \neq \det(BA)$.
- e) $\det(2A) = 2\det(A)$.

Comentários:





Vamos analisar cada alternativa.

a) Se a matriz A for antissimétrica, isto é, se $A^t = -A$, então $\det(A) = 0$. **ERRADO.**

Uma matriz é antissimétrica quando $A^t = -A$. Em outras palavras, uma matriz é antissimétrica quando a diagonal principal deve ser nula e os elementos simétricos com relação à diagonal principal são opostos.

Podemos verificar que a afirmação é falsa com um contraexemplo. Note que a matriz abaixo é antissimétrica e o determinante é diferente de zero:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\det A = [0 \cdot 0] - [(-1) \cdot 1]$$

$$= 0 - (-1)$$

$$= 1$$

b) Se A não for matriz nula e se $AB = AC$, então $B = C$. **ERRADO.**

Essa relação só é válida se A for uma matriz inversível. Isso porque, se a matriz for inversível, podemos multiplicar ambos os lados da equação $AB = AC$ por A^{-1} pela esquerda:

$$A^{-1}AB = A^{-1}AC$$

$$(A^{-1}A)B = (A^{-1}A)C$$

$$IB = IC$$

$$B = C$$

Vamos mostrar que a afirmação é falsa com um contraexemplo. Considere $A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$ e $C = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 2 & 0 \end{bmatrix}$.

$$AB = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$AC = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 2 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Logo, **temos um caso em que A não é a matriz nula, $AB = AC$ e B é diferente de C .**



c) Se $(A + B)^2 = (B - A)^2$, então $AB = -BA$. **CERTO**.

Vamos desenvolver a igualdade:

$$\begin{aligned}(A + B)^2 &= (B - A)^2 \\(A + B)(A + B) &= (B - A)(B - A) \\ \mathbf{A \cdot A} + AB + BA + \mathbf{B \cdot B} &= \mathbf{B \cdot B} - BA - AB + \mathbf{A \cdot A}\end{aligned}$$

Simplificando os termos comuns, ficamos com:

$$AB + BA = -BA - AB$$

$$AB + AB = -BA - BA$$

$$2AB = -2BA$$

$$AB = -BA$$

d) Se $AB \neq BA$, então $\det(AB) \neq \det(BA)$. **ERRADO**.

Para mostrar que essa alternativa está errada, vamos mostrar um contraexemplo. Considere $A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$ e $B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$.

$$AB = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$BA = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Note que, para esse contraexemplo, $AB \neq BA$ e $\det(AB) = \det(BA)$.

e) $\det(2A) = 2\det(A)$. **ERRADO**.

Sabemos que, ao multiplicar uma matriz de ordem n por uma constante k , o determinante dessa nova matriz fica multiplicado por k^n . Logo:

$$\det(2A) = 2^n \det A$$

Gabarito: Letra C.



15.(CESPE/CBM DF/2011) Um importante algoritmo para a resolução de problemas que envolvem matrizes (por exemplo, resolução de sistemas lineares, cálculo da matriz inversa, determinantes etc.) consiste em efetuar operações elementares sobre as linhas da matriz. Essas operações incluem multiplicação de uma linha da matriz por um número não nulo; adição a uma linha de um múltiplo de outra linha; permutação de linhas. Com relação a essas operações, considere a matriz B obtida da matriz $A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -2 \\ 2 & -1 & -2 \\ 2 & -1 & -1 \end{pmatrix}$ depois de efetuada a seguinte sequência de operações elementares: substituição da linha 3 pela linha 3 menos a linha 2; substituição da linha 2 pela linha 2 menos duas vezes a linha 1. Com base nessas informações, julgue o item que se segue, acerca da matriz B .

O determinante da matriz A é igual ao determinante da matriz B .

Comentários:

A matriz B é obtida a partir da matriz A após as seguintes operações:

- Substituição da linha 3 pela linha 3 menos a linha 2, isto é, $L_3 \leftarrow L_3 + (-1)L_2$;
- Substituição da linha 2 pela linha 2 menos duas vezes a linha 1, isto é, $L_2 \leftarrow L_2 + (-2)L_1$.

Note que essas duas alterações, pelo **Teorema de Jacobi**, não alteram o valor do determinante. Logo, **os determinantes das matrizes A e B são iguais**.

Lembre-se que o **Teorema de Jacobi** nos diz que:

Ao multiplicar uma fila por qualquer número e somar esse resultado a uma outra fila paralela qualquer, o valor do **determinante não se altera**.

Gabarito: CERTO.

16.(CESPE/SEDUC AL/2018) Julgue o item que se seguem, relativos a matrizes e sistemas lineares.

Se P for uma matriz simétrica, então P será inversível.

Comentários:

Uma matriz é inversível quando o seu determinante é diferente de zero.

Não há correlação entre o fato de uma matriz ser simétrica com o fato de ela apresentar determinante diferente de zero.

Para mostrar que a afirmação está errada, pode-se usar como **contraexemplo** a matriz $P = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$.



Note que trata-se de uma matriz simétrica, pois $P^t = P = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$. Veja, porém, que $\det P = 0$ e, portanto, essa matriz não é inversível.

Gabarito: ERRADO

17. (CESPE/Pref. São Cristóvão/2019) Para a matriz $A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$, tem-se que $\det(A) = -1$ e, consequentemente, A é uma matriz inversível.

Comentários:

Temos um determinante de ordem 4. Para calculá-lo, vamos usar a **regra de Chió**.

Fazer com que o elemento a_{11} seja igual a 1

Note que o elemento a_{11} já é igual a 1.

Zerar todos os elementos da primeira linha, à exceção de a_{11} , fazendo uso da primeira coluna

Para tanto, vamos realizar as seguintes substituições, nessa ordem:

- $C_3 \leftarrow C_3 + C_1$
- $C_4 \leftarrow C_4 - C_1$

$$\det A = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{C_3 \leftarrow C_3 + C_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{C_4 \leftarrow C_4 - C_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

Observe que o determinante ficou reduzido a:

$$\det A = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

Feita a operação anterior, o determinante em questão é igual ao menor complementar D_{11}

$$\det A = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$



$$\det A = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

$$\det A = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

Podemos agora calcular o determinante de A pela **regra de Sarrus**. Observe, porém, que é mais conveniente aplicar o **Teorema de Laplace** na **primeira coluna**, pois o determinante fica reduzido a D_{11} .

$$\det A = a_{11}A_{11} + a_{21}A_{21} + a_{31}A_{31}$$

$$= 1A_{11} + 0.A_{21} + 0.A_{31}$$

$$= A_{11}$$

$$= (-1)^{1+1}D_{11}$$

$$= D_{11}$$

$$= \begin{vmatrix} 1 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix}$$

$$= [1 \cdot 0] - [1 \cdot 1]$$

$$= -1$$

Temos, portanto, que $\det A = -1$. Além disso, a matriz A é **invertível**, pois o seu determinante é diferente de zero.

Gabarito: CERTO.



LISTA DE QUESTÕES – CEBRASPE

Matrizes

Texto para as próximas questões

Um importante algoritmo para a resolução de problemas que envolvem matrizes (por exemplo, resolução de sistemas lineares, cálculo da matriz inversa, determinantes etc.) consiste em efetuar operações elementares sobre as linhas da matriz. Essas operações incluem multiplicação de uma linha da matriz por um número não nulo; adição a uma linha de um múltiplo de outra linha; permutação de linhas. Com relação a essas operações, considere a matriz B obtida da matriz $A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -2 \\ 2 & -1 & -2 \\ 2 & -1 & -1 \end{pmatrix}$ depois de efetuada a seguinte sequência de operações elementares: substituição da linha 3 pela linha 3 menos a linha 2; substituição da linha 2 pela linha 2 menos duas vezes a linha 1. Com base nessas informações, julgue o item que se segue, acerca da matriz B.

1. (CESPE/CBM DF/2011) Na linha 3 da matriz B, há apenas um elemento nulo.

2. (CESPE/CBM DF/2011) A soma dos elementos da linha 2 da matriz B é igual a 1.

3. (CESPE/PC-DF/2013) Considere que a empresa X tenha disponibilizado um aparelho celular a um empregado que viajou em missão de 30 dias corridos. O custo do minuto de cada ligação, para qualquer telefone, é de R\$ 0,15. Nessa situação, considerando que a empresa tenha estabelecido limite de R\$ 200,00 e que, após ultrapassado esse limite, o empregado arcará com as despesas, julgue o item a seguir.

Considere que, em uma nova missão, o preço das ligações tenha passado a depender da localidade, mesma cidade ou cidade distinta da de origem da ligação, e do tipo de telefone para o qual a ligação tenha sido feita, celular, fixo ou rádio. As tabelas abaixo mostram quantas ligações de cada tipo foram feitas e o valor de cada uma:

	celular	fixo	rádio
mesma cidade	6	3	1
cidade distinta	7	1	3

Tabela I: número de ligações realizadas por tipo de telefone



	mesma cidade	cidade distinta
celular	0,20	0,50
fixo	0,15	0,30
rádio	0,20	0,20

Tabela II: preço de cada ligação, em reais

Nessas condições, se $A = \begin{bmatrix} 6 & 3 & 1 \\ 7 & 1 & 3 \end{bmatrix}$ for a matriz formada pelos dados da tabela I, e $B = \begin{bmatrix} 0,20 & 0,50 \\ 0,15 & 0,30 \\ 0,20 & 0,20 \end{bmatrix}$ for a matriz formada pelos dados da tabela II, então a soma de todas as entradas da matriz $A \times B$ será igual ao valor total das ligações efetuadas.

4. (CESPE/SEDF/2017) Considerando a matriz $A = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 10 \\ 4 & 10 & 20 \\ 0 & 2 & 40 \end{bmatrix}$, julgue o próximo item.

Se $C = [C_{ij}]$, $1 \leq i, j \leq 3$, tal que $C = A^2$, então $C_{23} - C_{22} > 500$.

5. (CESPE/IBAMA/2013) Julgue o item subsequente, relacionado a problemas aritméticos, geométricos e matriciais.

Considere que A e B sejam matrizes distintas, de ordem 2×2 , com entradas reais e, em cada matriz, três das quatro entradas sejam iguais a zero. Além disso, considere também que $A \times A = B \times B = A \times B = O$, em que O é a matriz nula, isto é, a matriz em que todas as entradas são iguais a zero. Nesse caso, necessariamente, $A = O$ ou $B = O$.



GABARITO – CEBRASPE

Matrizes

1. ERRADO
2. CERTO
3. ERRADO
4. CERTO
5. ERRADO



LISTA DE QUESTÕES – CEBRASPE

Determinantes

1.(CESPE/PETROBRAS/2024) Uma distribuidora comprou x unidades de barris de petróleo, por R\$ 415 o barril, e y unidades de m^3 de gás, por R\$ 2 o m^3 , pagando um valor total de R\$ 23.695.000. A quantidade de unidades dos dois produtos comprados totalizou 490.000 unidades.

Acerca dessa situação hipotética, julgue o item a seguir.

A inversa da matriz dos coeficientes $C = \begin{bmatrix} 415 & 2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ é dada por $C^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & -2 \\ -1 & 415 \end{bmatrix}$.

2.(CESPE/PETROBRAS/2023) Considerando uma matriz $A_{2 \times 3}$, uma matriz $B_{3 \times 3}$ e uma matriz $C_{3 \times 2}$, julgue o item a seguir.

É possível calcular os determinantes das matrizes A e C , porém não o da matriz B .

3.(CESPE/IFF/2018) Considere que k seja um número real e que o determinante da matriz $B = \begin{bmatrix} 3 & k \\ 3 & 9 \end{bmatrix}$ seja igual a 27. Nesse caso, se $A = \begin{bmatrix} 3 & -1 \\ 9 & 6 \end{bmatrix}$ então o determinante da matriz $B - A$, será igual a:

- a) 30.
- b) 0.
- c) 3.
- d) 6.
- e) 10.

4.(CESPE/SEDUC AL/2018) Julgue o item que se seguem, relativos a matrizes e sistemas lineares.

Se a é um número real e se o determinante da matriz $P = \begin{bmatrix} a & 1 \\ 0 & a - 1 \end{bmatrix} + 2 \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$ for igual a zero, então $a = -2$ ou $a = 1$.

5.(CESPE/ABIN/2010) Considerando a matriz $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 2 & 0 & 2 \\ 3 & 4 & 5 \end{pmatrix}$ e os vetores $X = \begin{pmatrix} x & 1 \\ x & 2 \\ x & 3 \end{pmatrix}$ e $b = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix}$,

julgue o item a seguir.

O determinante de A é igual a -1 .



6. (CESPE/SEDF/2017) Considerando a matriz $A = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 10 \\ 4 & 10 & 20 \\ 0 & 2 & 40 \end{bmatrix}$, julgue o próximo item.

Se $B = \frac{1}{2}A$, então o determinante de B é maior que 200.

7. (CESPE/SEDUC CE/2013/Adaptada) Considerando a matriz $A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 2 \end{bmatrix}$, o determinante de A^4 é igual

a:

- a) -16.
- b) 0.
- c) 16.
- d) 20.
- e) 81.

8. (CESPE/MS/2008) Se uma matriz quadrada $A = (\alpha_{ij})$ tem dimensão 3×3 e é tal que $(\alpha_{ij}) = 1$, se $i \leq j$ e $(\alpha_{ij}) = i - j$, se $i > j$, então o determinante de A é um número estritamente positivo.

Texto para as próximas questões

Considerando as matrizes $A = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 5 \\ 1 & 0 & 4 \\ 2 & 2 & 0 \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ e $C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 5 \end{bmatrix}$, julgue os itens a seguir.

9. (CESPE/SEDU-ES/2012) Como $[\det B]^2 = \det B$, então $\det B = 1$.

10. (CESPE/SEDU-ES/2012) É correto afirmar que $\det[A \times B \times C] = \det B$.

11. (CESPE/SEDU-ES/2012) $\det A^2 = 196$.

12. (CESPE/PETROBRAS/2008) Se A é uma matriz quadrada invertível, então

- a) $\det[A \times A^t] = [\det A]^2$, em que A^t é a matriz transposta da matriz A .
- b) $\det [A + A] = 2 \times \det A$.
- c) $\det A + \det A^t = 0$.
- d) $\det [A + A^{-1}] = 0$.
- e) $\det A = \det A^{-1}$.



13. (CESPE/PETROBRAS/2008) Considere que $A = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$ seja uma matriz invertível, $B = A^{-1}$ seja a inversa de A e $C = \begin{pmatrix} a & b \\ c + 2a & d + 2a \end{pmatrix}$. Nesse caso, é correto afirmar que, para toda matriz A , invertível, tem-se que

- a) $\det A = \det B$.
- b) $\det C = 2 \times \det A$.
- c) $\det [A \times B] = 1$.
- d) $\det [A + B] = 2 \times \det A$.
- e) $\det [A \times B^{-1}] = 1$.

14. (CESPE/IFF/2018) Considere que A , B e C sejam matrizes quadradas, de mesma dimensão e com entradas reais. Assinale a opção correta a respeito das propriedades dessas matrizes, assumindo que $\det(X)$ é o determinante da matriz X e X^t é a matriz transposta da matriz X .

- a) Se a matriz A for antissimétrica, isto é, se $A^t = -A$, então $\det(A) = 0$.
- b) Se A não for matriz nula e se $AB = AC$, então $B = C$.
- c) Se $(A + B)^2 = (B - A)^2$, então $AB = -BA$.
- d) Se $AB \neq BA$, então $\det(AB) \neq \det(BA)$.
- e) $\det(2A) = 2\det(A)$.

15. (CESPE/CBM DF/2011) Um importante algoritmo para a resolução de problemas que envolvem matrizes (por exemplo, resolução de sistemas lineares, cálculo da matriz inversa, determinantes etc.) consiste em efetuar operações elementares sobre as linhas da matriz. Essas operações incluem multiplicação de uma linha da matriz por um número não nulo; adição a uma linha de um múltiplo de outra linha; permutação de linhas. Com relação a essas operações, considere a matriz B obtida da matriz

$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -2 \\ 2 & -1 & -2 \\ 2 & -1 & -1 \end{pmatrix}$ depois de efetuada a seguinte sequência de operações elementares: substituição da

linha 3 pela linha 3 menos a linha 2; substituição da linha 2 pela linha 2 menos duas vezes a linha 1. Com base nessas informações, julgue o item que se segue, acerca da matriz B .

O determinante da matriz A é igual ao determinante da matriz B .

16. (CESPE/SEDUC AL/2018) Julgue o item que se seguem, relativos a matrizes e sistemas lineares.

Se P for uma matriz simétrica, então P será inversível.



17. (CESPE/Pref. São Cristóvão/2019) Para a matriz $A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$, tem-se que $\det(A) = -1$ e,

consequentemente, A é uma matriz inversível.



GABARITO – CEBRASPE

Determinantes

1. ERRADO
2. ERRADO
3. LETRA D
4. CERTO
5. ERRADO
6. ERRADO

7. LETRA C
8. ERRADO
9. ERRADO
10. CERTO
11. CERTO
12. LETRA A

13. LETRA C
14. LETRA C
15. CERTO
16. ERRADO
17. CERTO



ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



1 Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



2 Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



3 Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



4 Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



5 Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



6 Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



7 Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



8 O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.