Lista 01 - Cálculo Numérico

1)

a) $\begin{bmatrix} 3,333 & 1592 & -10,333 & 15913 \\ 2,222 & 16,71 & 9,612 & 28,544 \\ 1,5611 & 5,1791 & 1,6852 & 8,4254 \end{bmatrix}$

Zerando a matriz

Pivô $a_{11} = 3,333$

$a_{21} = \frac{2,222}{3,333} = 0,6667$

Logo, $L_2 = L_2 - 0,6667(L_1)$

$2,222 - 0,6667(3,333) = 0$

$16,71 - 0,6667(1592) = 16,71 - 1061,3864 = -1044,6764$

$9,612 - 0,6667(-10,333) = 9,612 - 6,8890 = 16,5009$

$28,544 - 0,6667(15913) = 28,544 - 10609,1971 = -10580,6531$

Nova matriz

$$\begin{bmatrix} 3,333 & 1592 & -10,333 & 15913 \\ 0 & -1044,6764 & 16,5009 & -10580,6531 \\ 1,5611 & 5,1791 & 1,6852 & 8,4254 \end{bmatrix}$$

$a_{31} = \frac{1,5611}{3,333} = 0,4684$

Logo, $L_3 = L_3 - 0,4684(L_1)$

$1,5611 - 0,4684(3,333) = 0$

$5,179 - 0,4684(1592) = 5,179 - 745,6928 = -740,5138$

$1,6852 - 0,4684(-10,333) = 1,6852 + 4,8400 = 6,5252$

$8,4254 - 0,4684(15913) = 8,4254 - 7453,6492 = -7445,2238$

Nova matriz

$$\begin{bmatrix} 3,333 & 1592 & -10,333 & 15913 \\ 0 & -1044,6764 & 16,5009 & -10580,6531 \\ 0 & -740,5138 & 6,5252 & -7445,2238 \end{bmatrix}$$

Pivô $= -1044,6764$

$a_{32} = \frac{-740,5138}{-1044,6764} = 0,7088$

$L_3 = L_3 - 0{,}7088$

$0 = 0$

$-740{,}5138 - 0{,}7088(-1044{,}6764) = 0$

$6{,}5252 - 0{,}788(16{,}5009) = 6{,}5252 - 11{,}6958 = -5{,}1706$

$-7445{,}2238 - 0{,}788(-10580{,}6531) = -7445{,}2238 + 7499{,}5669 = 54{,}3431$

NOVA MATRIZ

$$\begin{bmatrix} 3{,}333 & 1592 & -10{,}333 & 15913 \\ 0 & -1044{,}6764 & 16{,}5009 & -10580{,}6531 \\ 0 & 0 & -5{,}1706 & 54{,}3431 \end{bmatrix}$$

SUBSTITUIÇÃO REGRESSIVA

$-5{,}1706y = 54{,}3431$

$z = \dfrac{54{,}3431}{-5{,}1706} = -10{,}5100$

$-1044{,}6764y + 16{,}5009(-10{,}5100) = -10580{,}6531$

$-1044{,}6764y - 173{,}4245 = -10580{,}6531$

$-1044{,}6764y = -10407{,}2286$

$y = \dfrac{-10407{,}2286}{-1044{,}6764} = 9{,}9622$

$3{,}333x + 1592(9{,}9622) + [-10{,}333(-10{,}5100)] = 15913$

$3{,}33x + 15859{,}8224 + 108{,}5998 = 15913$

$3{,}333x + 15968{,}4422 = 15913$

$3{,}333x = -55{,}4422$

$x = \dfrac{-55{,}4422}{3{,}333} = -16{,}6345$

RESULTADO

$x = -16{,}6345$ $y = 9{,}9622$ $z = -10{,}5100$

CALCULANDO O RESÍDUO

O RESÍDUO É DEFINIDO COMO

$R = B - AX$ → VETOR SOLUÇÃO ENCONTRADO

↳ A MATRIZ DOS COEFICIENTES

↳ VETOR DO SISTEMA ORIGINAL

Sistema original

$$\begin{bmatrix} 3,333x_1 & 1592x_2 & -10,333x_3 = & 15913 \\ 2,222x_1 & 16,71x_2 & 9,612x_3 = & 28,544 \\ 1,5611x_1 & 5,1791x_2 & 1,6852x_3 = & 8,4254 \end{bmatrix}$$

Solução encontrada

$x = -16,6345$ $\quad y = 9,9622$ $\quad z = -10,5100$

$R1 = 3,333x_1 + 1592x_2 - 10,333x_3 = 15913$

$3,333(-16,6345) = -55,4421$

$1592(9,9622) = 15.859,8224$

$-10,333(-10,5100) = 108,5998$

$R1 = -55,4421 + 15.859,8224 + 108,5998 = 15912,9801$

$R1 = 15912,9801 - 15913 = -0,0199$

$R2 = 2,222x_1 + 16,71x_2 + 9,612x_3 = 28,544$

$2,222(-16,6345) = -36,9614$

$16,71(9,9622) = 166,4684$

$9,612(-10,5100) = -101,0221$

$R2 = -36,9614 + 166,4684 - 101,0221 = 28,4849$

$R2 = 28,4849 - 28,544 = 0,0591$

$R3 = 1,5611x_1 + 5,1791x_2 + 1,6852x_3 = 8,4254$

$1,5611(-16,6345) = -25,9678$

$5,1791(9,9622) = 51,5952$

$1,6852(-10,5100) = -17,715$

$R3 = -25,9678 + 51,5952 - 17,715 = 7,9124$

$R3 = 7,9124 - 8,4254 = -0,5130$

Vetor resíduo

$$\begin{bmatrix} -0,0199 \\ 0,0591 \\ -0,5130 \end{bmatrix}$$

b) $\begin{bmatrix} 58,9 & 0,03 & 59,2 \\ -6,10 & 5,31 & 47,0 \end{bmatrix}$

Pivô $a_{11} = 58,9$

$a_{11} = \frac{-6,10}{58,9} = -0,104$

$L_2 = L_2 - [-0,104(L_1)]$

$-6,10 - [-0,104(58,9)] = 0$

$5,31 - [-0,104(0,03)] = 5,307$

$47,0 - [-0,104(59,2)] = -6,131$

NOVA MATRIZ

$\begin{bmatrix} 58,9 & 0,03 & 59,2 \\ 0 & 5,307 & -6,131 \end{bmatrix}$

$5,307y = -6,131$

$y = -\frac{6,131}{5,307} = -1,155$

$58,9x + 0,03y = 59,2$

$58,9x + 0,03(-1,155) = 59,2$

$58,9x = 59,2 + 0,035$

$x = \frac{59,235}{58,9} = 1,006$

RESULTADO

$x = 1,006 \quad y = -1,155$

CALCULANDO O RESÍDUO

$\begin{bmatrix} 58,9 & 0,03 & 59,2 \\ -6,10 & 5,31 & 47,0 \end{bmatrix}$

$R1 = 58,9(1,006) + 0,03(-1,155) = 59,2$

$R1 = 59,253 + (-0,035) = 59,218$

$R1 = 59,2 - 59,218 = -0,018$

$R2 = -6,10(1,006) + 5,31(-1,155) = 47,0$

$R2 = -6,137 + (-6,133) = -12,270$

$R2 = -12,270 - 47,0 = -59,270$

VETOR RESÍDUO

$$\begin{bmatrix} -0,018 \\ -59,270 \end{bmatrix}$$

2-

a) $$\begin{bmatrix} 3,333 & 1592 & -10,333 & 15913 \\ 2,222 & 16,71 & 9,612 & 28,544 \\ 1,5611 & 5,1791 & 1,6852 & 8,4254 \end{bmatrix}$$

PIVÔ PARCIAL

PARA O PIVÔ, É NECESSÁRIO SELECIONAR O PIVÔ COM MAIOR VALOR EM MÓDULO

$|3,333| \rightarrow a_{11}$ É NOSSO PIVÔ
$|2,222|$
$|1,5611|$

ZERANDO A MATRIZ

PIVÔ $a_{11} = 3,333$

$a_{21} = \dfrac{2,222}{3,333} = 0,6667$

Logo, $l_2 = l_2 - 0,6667(l_1)$

$2,222 - 0,6667(3,333) = 0$

$16,71 - 0,6667(1592) = 16,71 - 1061,3864 = -1044,6764$

$9,612 - 0,6667(-10,333) = 9,612 - 6,8890 = 16,5009$

$28,544 - 0,6667(15913) = 28,544 - 10609,1971 = -10580,6531$

NOVA MATRIZ

$$\begin{bmatrix} 3,333 & 1592 & -10,333 & 15913 \\ 0 & -1044,6764 & 16,5009 & -10580,6531 \\ 1,5611 & 5,1791 & 1,6852 & 8,4254 \end{bmatrix}$$

$a_{31} = \dfrac{1,5611}{3,333} = 0,4684$

Logo, $l_3 = l_3 - 0,4684(l_1)$

$1,5611 - 0,4684(3,333) = 0$

$5,179 - 0,4684(1592) = 5,179 - 745,6928 = -740,5138$

$1,6852 - 0,4684(-10,333) = 1,6852 + 4,8400 = 6,5252$

$8,4254 - 0,4684(15913) = 8,4254 - 7453,6492 = -7445,2238$

NOVA MATRIZ

$$\begin{bmatrix} 3,333 & 1592 & -10,333 & 15913 \\ 0 & -1044,6764 & 16,5009 & -10580,6531 \\ 0 & -740,5138 & 6,5252 & -7445,2238 \end{bmatrix}$$

$|-1044,6764| \rightarrow$ ESSE É O MAIOR PIVÔ

$|740,5138|$

Pivô $= -1044,6764$

$$a_{32} = \frac{-740,5138}{-1044,6764} = 0,7088$$

$L_3 = L_3 - 0,7088$

$0 = 0$

$-740,5138 - 0,7088(-1044,6764) = 0$

$6,5252 - 0,788(16,5009) = 6,5252 - 11,6958 = -5,1706$

$-7445,2238 - 0,788(-10580,6531) = -7445,2238 + 7499,5669 = 54,3431$

NOVA MATRIZ

$$\begin{bmatrix} 3,333 & 1592 & -10,333 & 15913 \\ 0 & -1044,6764 & 16,5009 & -10580,6531 \\ 0 & 0 & -5,1706 & 54,3431 \end{bmatrix}$$

SUBSTITUIÇÃO REGRESSIVA

$-5,1706y = 54,3431$

$$y = \frac{54,3431}{-5,1706} = -10,5100$$

$-1044,6764y + 16,5009(-10,5100) = -10580,6531$

$-1044,6764y - 173,4245 = -10580,6531$

$-1044,6764y = -10407,2286$

$$y = \frac{-10407,2286}{-1044,6764} = 9,9622$$

$3{,}333x + 1592(9{,}9622) + [-10{,}333(-10{,}5100)] = 15913$

$3{,}333x + 15859{,}8224 + 108{,}5998 = 15913$

$3{,}333x + 15968{,}4422 = 15913$

$3{,}333x = -55{,}4422$

$x = \dfrac{-55{,}4422}{3{,}333} = -16{,}6345$

RESULTADO

$x = -16{,}6345$ $y = 9{,}9622$ $z = -10{,}5100$

VETOR RESÍDUO

$$\begin{bmatrix} -0{,}0199 \\ 0{,}0591 \\ -0{,}5130 \end{bmatrix}$$

↳ CÁLCULO DO RESÍDUO FEITO NA 1 - a)

b) $$\begin{bmatrix} 58{,}9 & 0{,}03 & 59{,}2 \\ -6{,}10 & 5{,}31 & 47{,}0 \end{bmatrix}$$

$|58{,}9| \longrightarrow a_{11}$ É O MAIOR PIVÔ

$|-6{,}10|$

PIVÔ $a_{11} = 58{,}9$

$a_{11} = \dfrac{-6{,}10}{58{,}9} = -0{,}104$

$L_2 = L_2 - [-0{,}104(L_1)]$

$-6{,}10 - [-0{,}104(58{,}9)] = 0$

$5{,}31 - [-0{,}104(0{,}03)] = 5{,}307$

$47{,}0 - [-0{,}104(59{,}2)] = -6{,}131$

NOVA MATRIZ

$$\begin{bmatrix} 58{,}9 & 0{,}03 & 59{,}2 \\ 0 & 5{,}307 & -6{,}131 \end{bmatrix}$$

$5,307y = -6,131$

$y = -\frac{6,131}{5,307} = -1,155$

$58,9x + 0,03y = 59,2$

$58,9x + 0,03(-1,155) = 59,2$

$58,9x = 59,2 + 0,035$

$x = \frac{59,235}{58,9} = 1,006$

RESULTADO

$x = 1,006 \quad y = -1,155$

VETOR RESÍDUO

$$\begin{bmatrix} -0,018 \\ -59,270 \end{bmatrix}$$

↳ CÁLCULO DO RESÍDUO FEITO NA 1 - b)

3-

a)
$$\begin{bmatrix} 3,333 & 1592 & -10,333 & 15913 \\ 2,222 & 16,71 & 9,612 & 28,544 \\ 1,5611 & 5,1791 & 1,6852 & 8,4254 \end{bmatrix}$$

PIVOTEAMENTO TOTAL

ESCOLHER O MAIOR ELEMENTO EM MÓDULO DA MATRIZ/SUBMATRIZ.

PIVÔ a_{12}

$|1592| \rightarrow$ MAIOR QUE TODOS OS VALORES

NECESSÁRIO FAZER A TROCA DE COLUNAS

$C_1 \leftrightarrow C_2$

NOVA MATRIZ

$$\begin{bmatrix} 1592 & 3,333 & -10,333 & 15913 \\ 16,71 & 2,222 & 9,612 & 28,544 \\ 5,1791 & 1,5611 & 1,6852 & 8,4254 \end{bmatrix}$$

$a_{11} = \frac{16,71}{1592} = 0,0105$

$L_2 = L_2 - (0{,}0105)L_1$

$16{,}71 - [0{,}0105(1592)] = 0$

$2{,}222 - [0{,}0105(3{,}333)] = 2{,}222 - 0{,}0350 = 2{,}1870$

$9{,}612 - [0{,}0105(-10{,}333)] = 9{,}612 - (-0{,}1085) = 9{,}7205$

$28{,}544 - [0{,}0105(15913)] = 28{,}544 - 167{,}0865 = -138{,}5425$

NOVA MATRIZ

$$\begin{bmatrix} 1592 & 3{,}333 & -10{,}333 & 15913 \\ 0 & 2{,}1870 & 9{,}7205 & -138{,}5425 \\ 5{,}1791 & 1{,}5611 & 1{,}6852 & 8{,}4254 \end{bmatrix}$$

$a_{12} = \dfrac{5{,}1791}{1592} = 0{,}0033$

$L_3 = L_3 - [0{,}0033(L_1)]$

$5{,}1791 = L_3 - [0{,}0033(1592)] = 0$

$1{,}5611 = L_3 - [0{,}0033(3{,}333)] = 1{,}5611 - 0{,}0110 = 1{,}5501$

$1{,}6852 = L_3 - [0{,}0033(-10{,}333)] = 1{,}6852 - (-0{,}0341) = 1{,}7193$

$8{,}4254 = L_3 - [0{,}0033(15913)] = 8{,}4254 - 52{,}5129 = -44{,}0877$

NOVA MATRIZ

$$\begin{bmatrix} 1592 & 3{,}333 & -10{,}333 & 15913 \\ 0 & 2{,}1870 & 9{,}7205 & -138{,}5425 \\ 0 & 1{,}5501 & 1{,}7193 & -44{,}0877 \end{bmatrix}$$

ESCOLHENDO PIVÔ NA SUB-MATRIZ

$\text{Pivô} = |9{,}7205|$

NOVA MATRIZ

$$\begin{bmatrix} 1592 & -10{,}333 & 3{,}333 & 15913 \\ 0 & 9{,}7205 & 2{,}1870 & -138{,}5425 \\ 0 & 1{,}7193 & 1{,}5501 & -44{,}0877 \end{bmatrix}$$

$a_{13} = \dfrac{1{,}7193}{9{,}7205} = 0{,}1769$

$L_3 = L_3 - [0{,}1769(L_2)]$

$1,7193 = L_3 - [0,1769(9,7205)] = 0$

$1,5501 = L_3 - [0,1769(2,1870)] = 1,5501 - 0,3869 = 1,1632$

$-44,0877 = L_3 - [0,1769(-138,5425)] = -44,0877 - (24,5082) = -68,5959$

NOVA MATRIZ

$$\begin{bmatrix} 1592 & -10,333 & 3,333 & 15913 \\ 0 & 9,7205 & 2,1870 & -138,5425 \\ 0 & 0 & 1,1632 & -68,5959 \end{bmatrix}$$

SUBSTITUIÇÃO REGRESSIVA

$1,1632\,y = -68,5959$

$z = \dfrac{-68,5959}{1,1632} = 58,9717$

$9,7205y + 2,1870(58,9717) = -138,5425$

$9,7205y + 128,9711 = -138,5425$

$9,7205y = -138,5425 - 128,9711$

$9,7205y = -267,5136$

$y = \dfrac{-267,5136}{9,7205} = -27,5206$

$1592x + [-10,333(-27,5206)] + 3,333(58,9717) = 15913$

$1592x + 284,3704 + 196,5527 = 15913$

$1592x + 480,9231 = 15913$

$1592x = 15913 - 480,9231$

$1592x = 15432,0769$

$x = \dfrac{15432,0769}{1592} = 9,6935$

RESULTADO

$x = 9,6935;\ y = -27,5206;\ z = 58,9717$

CÁLCULO DO RESÍDUO

$R_1 = 3,333x + 1592y + -10,333z = 15913$

$3,333(9,6935) = 32,3084$

$1592(-27,5206) = -43813,2728$

$10,333(58,9717) = 609,3546$

$32,3084 - 43813,2728 + 609,3546 = -43171,6098$

$R1 = -43171,6098 - 15913$

$R1 = -59084,6098$

$R2 = 2,222x + 16,71y + 9,612z = 28,544$

$2,222(9,6935) = 21,5390$

$16,71(-27,5206) = -459,8692$

$9,612(58,9717) = 566,8360$

$R2 = 21,5390 - 459,8692 + 566,8360$

$R2 = 128,5058 - 28,544$

$R2 = 99,9618$

$R3 = 1,5611x + 5,1791y + 1,6852z = 8,4254$

$1,5611(9,6935) = 15,1325$

$5,1791(-27,5206) = -142,5319$

$1,6852(58,9717) = 99,3791$

$R3 = 15,1325 - 142,5319 + 99,3791$

$R3 = -28,0203 - 8,4254$

$R3 = -36,4457$

MATRIZ RESÍDUO

$$\begin{bmatrix} -59084,6098 \\ 99,9618 \\ -36,4457 \end{bmatrix}$$

b)

$$\begin{bmatrix} 58,9 & 0,03 & 59,2 \\ -6,10 & 5,31 & 47,0 \end{bmatrix}$$

DENTRO DE AMBAS QUESTÕES, 1-b), 2-b) E 3-b).

- SEM PIVOTEAMENTO
- PIVOTEAMENTO PARCIAL
- PIVOTEAMENTO TOTAL

TODAS JÁ ESTAVAM COM O SISTEMA BEM CONDICIONADO, E COM O PIVÔ NO LUGAR CORRETO.

A RESOLUÇÃO É A MESM DA 1-b) E 2-b).

4- AS ESTRATÉGIAS USADAS FORAM

- SEM PIVOTEAMENTO
- PIVOTEAMENTO PARCIAL
- PIVOTEAMENTO TOTAL

APENAS A 3-a), TEVE DIFERENÇA DURANTE A MANIPULAÇÃO DAS MATRIZES, O QUE ACARRETOU EM UM RESULTADO SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTE.

ADEMAIS, TODAS AS ESTRATÉGIAS SÃO EFICIENTES E CAPAZES DE RESOLVER OS SISTEMAS COM UM BAIXO RESÍDUO.

5-

$$\begin{cases} 16x + 12y + 2z = 480 \\ 30x + 15y + 10z = 780 \\ 8x + 6y + 3z = 480 \end{cases}$$

NA FORMA MATRICIAL

$$\begin{bmatrix} 16 & 12 & 2 \\ 30 & 15 & 10 \\ 8 & 6 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 480 \\ 780 \\ 480 \end{bmatrix}$$

L → MATRIZ TRIANGULAR INFERIOR

U → MATRIZ TRIANGULAR SUPERIOR

IREI RESUMIR UM POUCO O PASSO A PASSO DO ESCALONAMENTO, PARA QUE NÃO FIQUE TÃO MAÇANTE.

$$\begin{bmatrix} 16 & 12 & 2 \\ 30 & 15 & 10 \\ 8 & 6 & 3 \end{bmatrix} \rightarrow L_2 = L_2 - \left(\frac{30}{16}\right) L_1$$

$$\hookrightarrow L_3 = L_3 - \left(\frac{8}{16}\right) L_1$$

NOSSA NOVA MATRIZ

$$\begin{bmatrix} 16 & 12 & 2 \\ 0 & -7,5 & 6,25 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

DAS MATRIZES TEMOS

$$L = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \frac{15}{8} & 1 & 0 \\ \frac{1}{2} & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad U = \begin{bmatrix} 16 & 12 & 2 \\ 0 & -7{,}5 & 6{,}25 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

$L \cdot Y = B$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \frac{15}{8} & 1 & 0 \\ \frac{1}{2} & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 480 \\ 780 \\ 480 \end{bmatrix}$$

Resolução

- $y_1 = 480$
- $\frac{15}{8}(480) + y_2 = 780 \Rightarrow y_2 = -120$
- $\frac{1}{2}(480) + y_3 = 480 \Rightarrow 480 - 240 \Rightarrow y_3 = 240$

$U \cdot X = Y$

$$\begin{bmatrix} 16 & 12 & 2 \\ 0 & -7{,}5 & 6{,}25 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 480 \\ -120 \\ 240 \end{bmatrix}$$

Resolução

- $2z = 240 \Rightarrow z = 120$
- $-7{,}5y + 6{,}25(120) = -120$

  $y = \dfrac{-120 - 750}{-7{,}5} \Rightarrow y = 116$
- $16x + 12(116) + 2(120)$

  $x = \dfrac{480 - 1392 - 240}{16} \Rightarrow x = -72$

RESPOSTA

-72 JARRAS; 116 PRATOS; 120 XÍCARAS;

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

$L_3 = L_3 - 2L_1$

NOVA MATRIZ

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

$L_3 = L_3 - \left(\frac{5}{2}\right) L_2$

NOVA MATRIZ

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & -2 \\ 0 & 2 & -3 \\ 0 & 0 & \frac{21}{2} \end{bmatrix}$$

L e U

$$L=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 2 & \frac{5}{2} & 1 \end{bmatrix} \quad U=\begin{bmatrix} 1 & -1 & -2 \\ 0 & 2 & -3 \\ 0 & 0 & \frac{21}{2} \end{bmatrix}$$

$L.Y = B$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 2 & \frac{5}{2} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 \\ -1 \\ 4 \end{bmatrix}$$

RESOLUÇÃO

- $y_1 = -2$
- $y_2 = -1$
- $y_3 = 2(-2) + 2{,}25(-1) + y_3 = 4$

  $y_3 = 4 + 4 + 2{,}25$

  $y_3 = 10{,}5$

$U.X = Y$

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & -2 \\ 0 & 2 & -3 \\ 0 & 0 & \frac{21}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 \\ -1 \\ 10{,}5 \end{bmatrix}$$

RESOLUÇÃO

- $\frac{21}{2} x_3 = 10{,}5 \Rightarrow x_3 = 1$
- $2x_2 - 3(1) = -1 \Rightarrow x_2 = 1$
- $x_3 = 1$

SISTEMA $\Rightarrow \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$

$R1 = |-2-1+1+2| = 0$

$R2 = |-1-2+3| = 0$

$R3 = |4-2-3+1| = 0$

RESÍDUO $\Rightarrow \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$