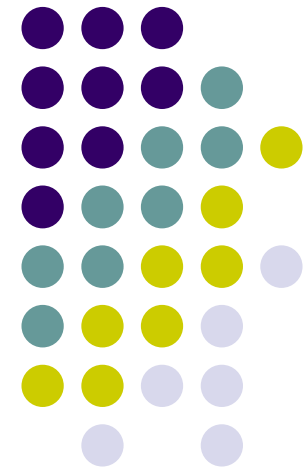


TOPOGRAFIA

Apostila 2

COORDENADAS UTM

Manaus, 2019

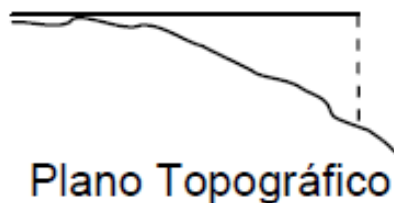


Prof. Antonio Estanislau Sanches
Engenheiro Cartógrafo

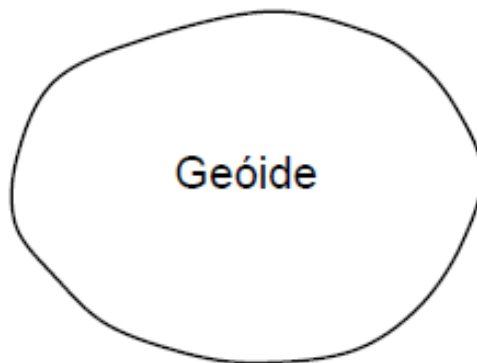
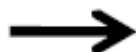
REDUÇÃO DE DISTÂNCIA ao PLANO



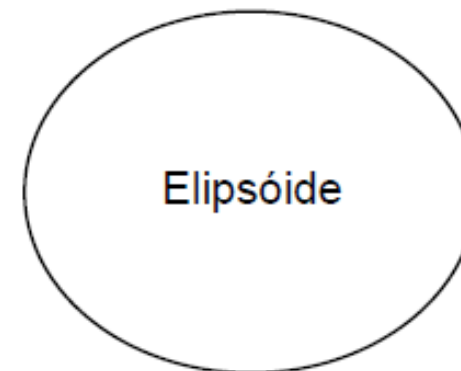
Redução de distâncias



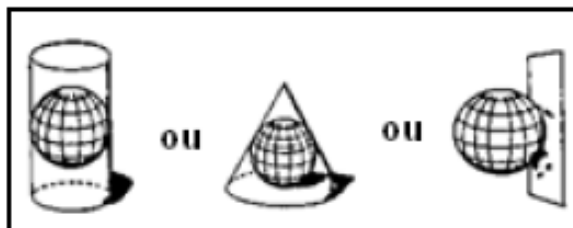
Plano Topográfico



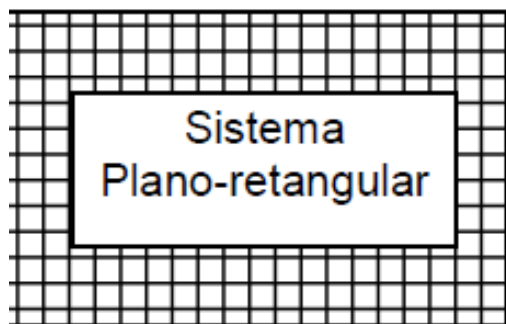
Geóide



Elipsóide



Sistema
Plano-retangular



PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS



ESFERA (GLOBO)
TRIDIMENSIONAL

RELAÇÕES ESPACIAIS

- ÁREA
- DISTÂNCIA
- DIREÇÃO



PLANO (MAPA)
BIDIMENSIONAL

PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS



GLOBO é uma representação tridimensional do dado geográfico. Esta representação é mais realística que uma representação planar, pois o globo mantém as **propriedades espaciais** (*área, forma, direção e distância*). Porém, o GLOBO é pouco utilizado, por vários motivos:

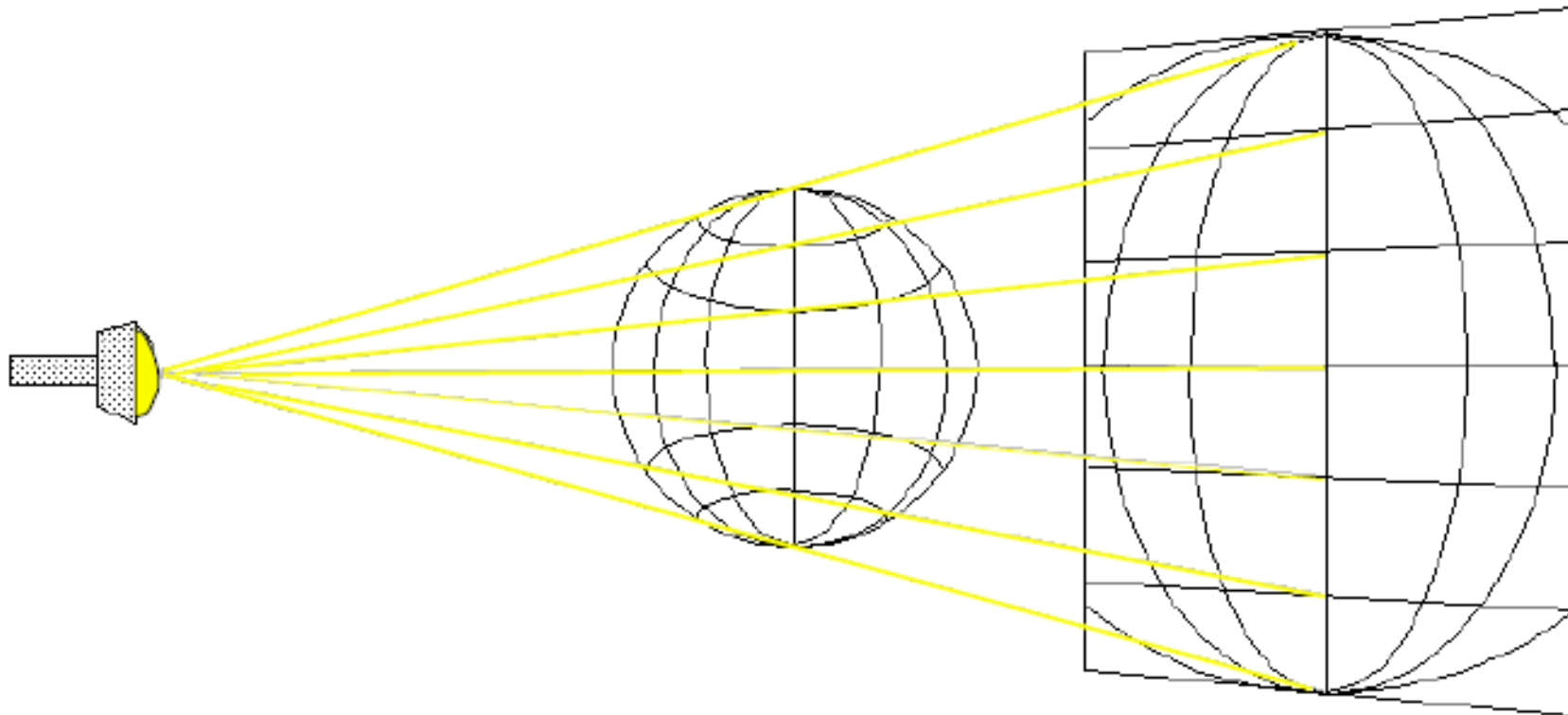
- dificuldade de transportá-lo;
- dificuldade em sua utilização;
- dificuldade em armazená-lo, etc...

MAPA é uma representação bidimensional da superfície curva da Terra. De fácil manuseio e com excelente portabilidade, porém, ao expressar um espaço tridimensional em um mapa bidimensional, torna-se necessário projetar as coordenadas desse espaço tridimensional para um espaço bidimensional (*plano*), acarretando, certamente, a introdução de distorções em uma ou mais dessas **propriedades espaciais** (*área, forma, direção e distância*).

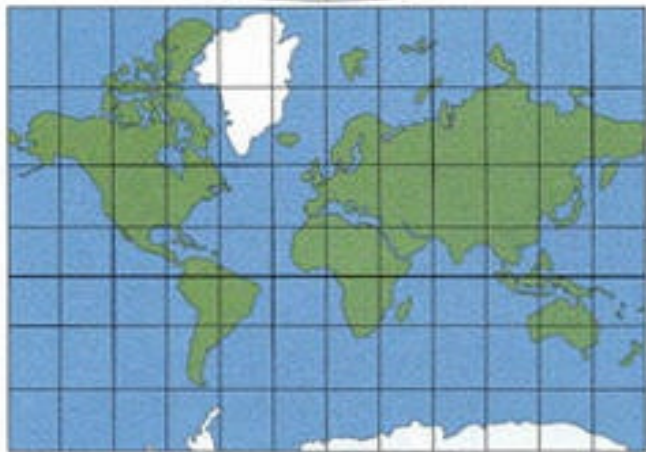
PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS



Projeções cartográficas transformam a superfície tridimensional da Terra em uma superfície plana



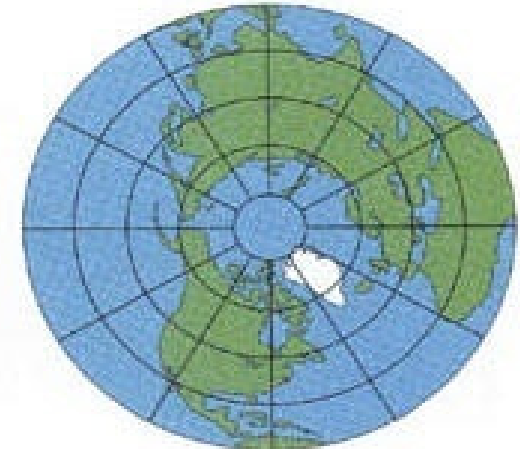
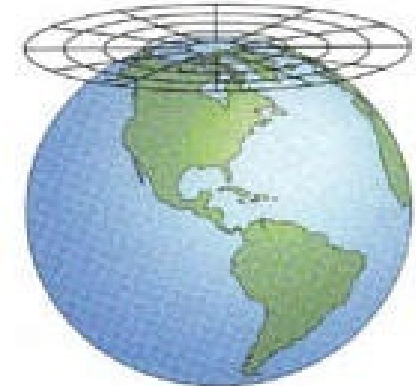
PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS



**Projeção Cartográfica
Cilíndrica**



**Projeção Cartográfica
Cônica**



**Projeção Cartográfica
Plana**

PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA



Projeção cartográfica corresponde a um conjunto de métodos e relações matemáticas para representar a superfície terrestre sobre um plano. A representação de uma superfície curva sobre um plano, gera distorções, causando "*extensões*" ou "*contrações*" da superfície original. Assim, todo mapa apresenta um ou mais de um tipo das seguintes deformações:

- ❖ **linear;**
- ❖ **angular e**
- ❖ **superficial.**

E quem define as deformações é o tipo de projeção cartográfica adotada.

PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA



A projeção cartográfica mantém alguma relação espacial

◆ Forma



◆ Área



◆ Distância



◆ Direção



PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA



PROPRIEDADES DAS PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS

Conformidade ou Isogonal – mantém fidelidade aos **ângulos** observados na superfície de referência da terra, conservando a forma da superfície mapeada;

Equivalência ou Isometria – conserva as relações de **superfície**, mantendo a área da superfície mapeada inalterada em relação à área real do terreno.

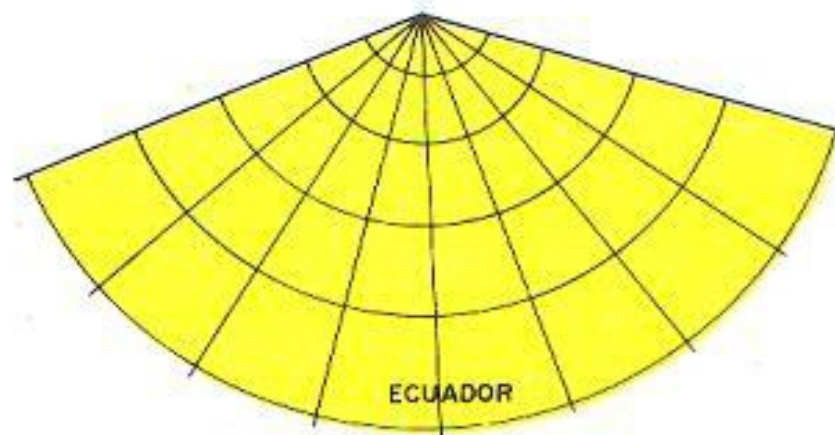
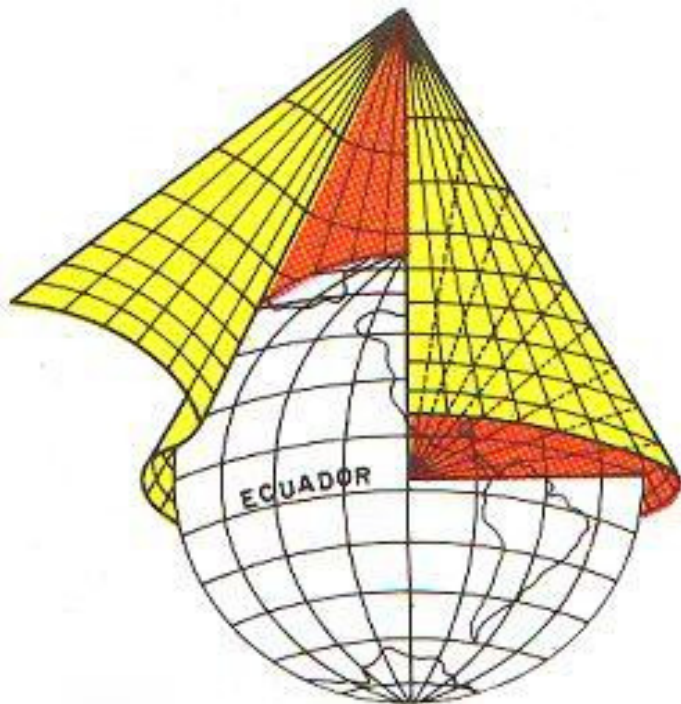
Eqüidistância – mantém a proporção entre a **distância** dos pontos representados no plano e seus correspondentes na superfície de referência nas direções medidas.

PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA



De acordo com a superfície desenvolvível, as projeções podem ser classificadas em: **CÔNICAS**, **CILINDRICAS** ou **PLANAS**.

Projeção cônica – os meridianos e paralelos geográficos são projetados em um cone tangente, ou secante, à superfície de referência:

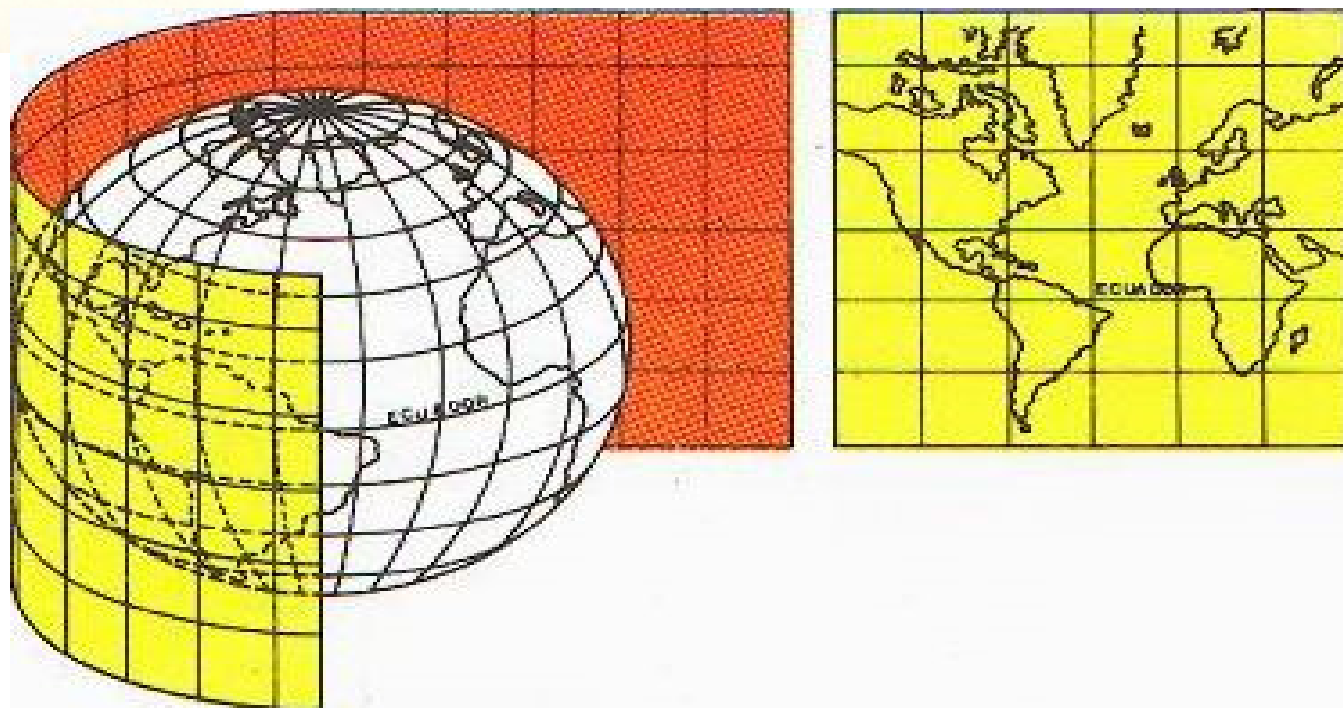


PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA



De acordo com a superfície desenvolvível, as projeções podem ser classificadas em: **CÔNICAS**, **CILINDRICAS** ou **PLANAS**.

Projeção cilíndrica - a projeção dos meridianos e paralelos geográficos é feita num cilindro tangente, ou secante, à superfície de referência:

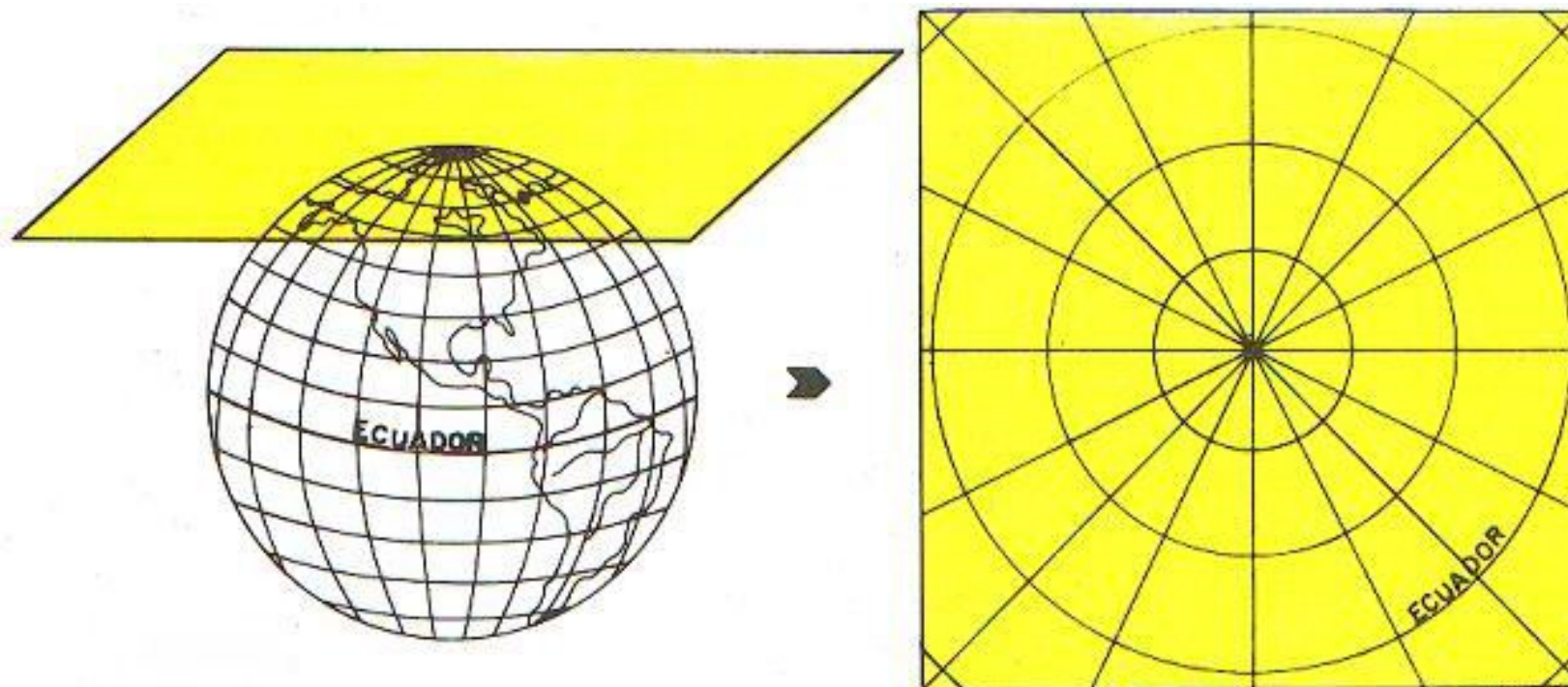


PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA



De acordo com a superfície desenvolvível, as projeções podem ser classificadas em: **CÔNICAS**, **CILINDRICAS** ou **PLANAS**.

Projeção plana ou azimutal – a projeção é construída com base num plano tangente ou secante a um ponto na superfície de referência:

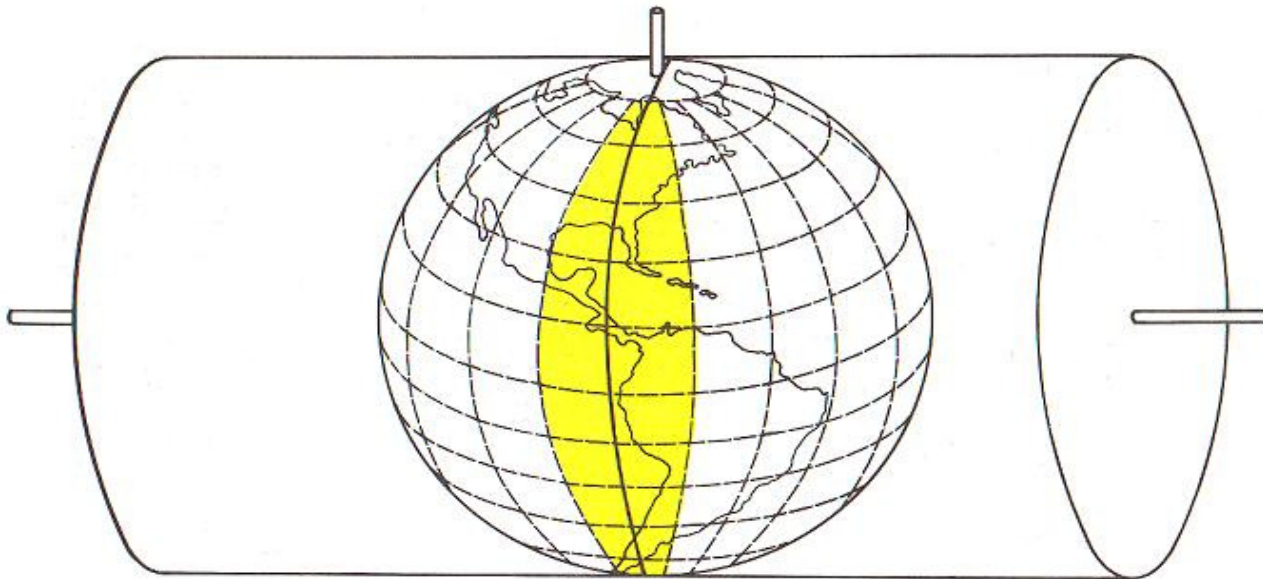


PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA

SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM



A Universal Transversa de Mercator (**UTM**) é um sistema de projeção cartográfica e corresponde a uma modificação da projeção de Mercator, onde o **cilindro secante** é colocado em posição transversa. **Este sistema foi adotado pela DSG e pelo IBGE como padrão para o mapeamento sistemático do país.**

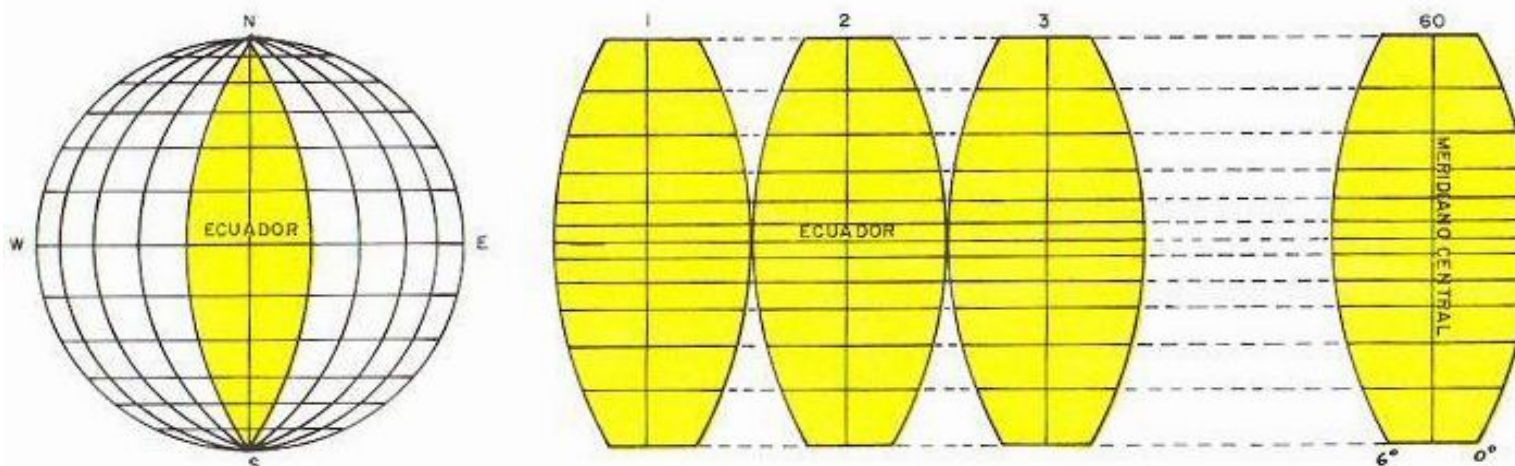


PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM

O sistema é constituído por 60 fusos de 6° de longitude, numerados a partir do antimeridiano de Greenwich, seguindo de oeste para leste até o encontro com o ponto de origem. A extensão latitudinal está compreendida entre 80° Sul e 84° Norte. O eixo central do fuso, denominado como **meridiano central**, estabelece, junto com a **linha do equador**, a **origem do sistema de coordenadas de cada fuso**.



PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA

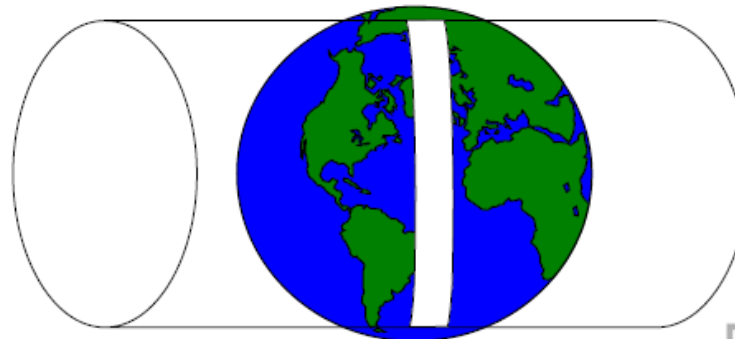
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM



Cada fuso representa um único sistema plano de coordenadas.

Um ponto definido no sistema UTM além dos valores de suas coordenadas, para ser identificado, precisa fazer referência ao fuso ao qual pertence.

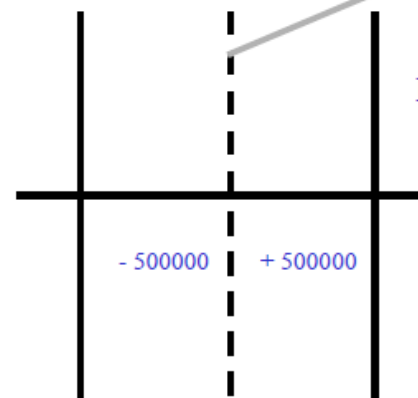
Projeção UTM- Cilindro transverso e secante ao elipsóide



Meridiano central
E = 500.000

Cálculo do fuso UTM :

$$FUSO = \left(\frac{180 - Longitude}{6} \right) + 1$$



Hemisfério Norte N = (Coordenada + 0)

Equador N = 0

Hemisfério Sul N = (10.000.000 - Coordenada)

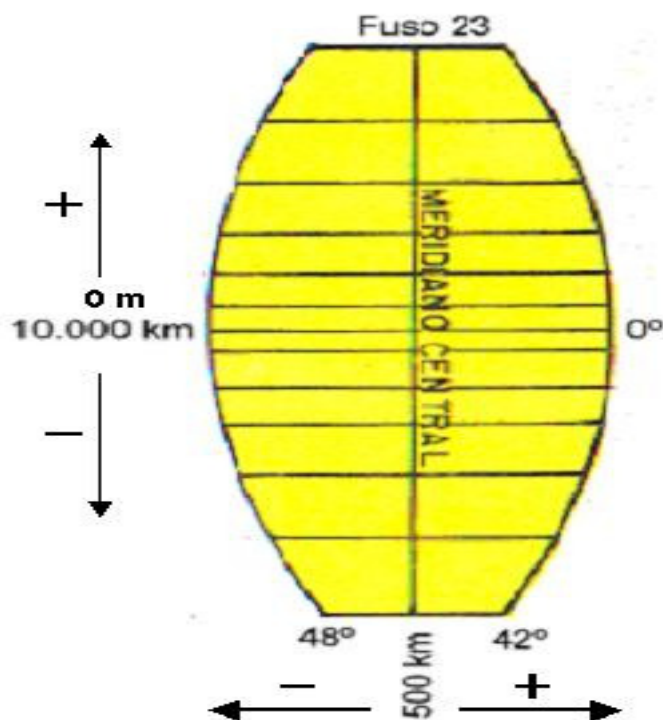
Fusos de 6° em 6°, garantem uma distorção mínima no mapeamento.

SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM



Para evitar coordenadas negativas, são acrescentadas constantes à origem do sistema de coordenadas UTM:

- **10.000.000m para linha do Equador**, referente ao eixo das ordenadas do hemisfério sul, com valores decrescentes nesta direção;
- **500.000m para meridiano central**, com valores crescentes do eixo das abscissas em direção ao leste.



Como convenção atribui-se a letra **N** para coordenadas norte-sul (**ordenadas**) e, a letra **E**, para as coordenadas leste-oeste (**abscissas**).

Um par de coordenadas no sistema UTM é definido, pelas coordenadas (**E**, **N**).

Neste caso, MC = - 45°

PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM

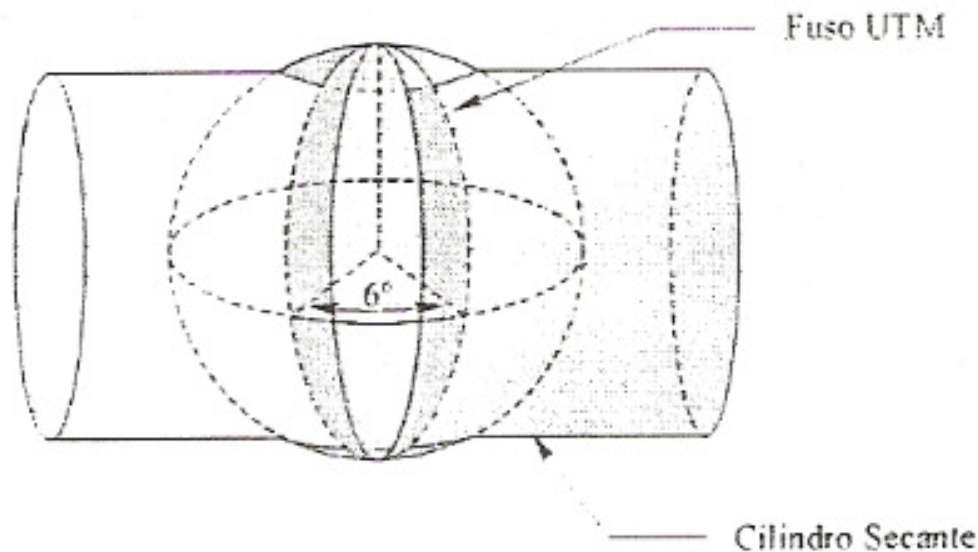
Cada fuso representa um único sistema plano de coordenadas.

Um ponto definido no sistema UTM **além dos valores de suas coordenadas**, para sua perfeita identificação, **precisa fazer referência ao fuso ao qual pertence.**

SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM

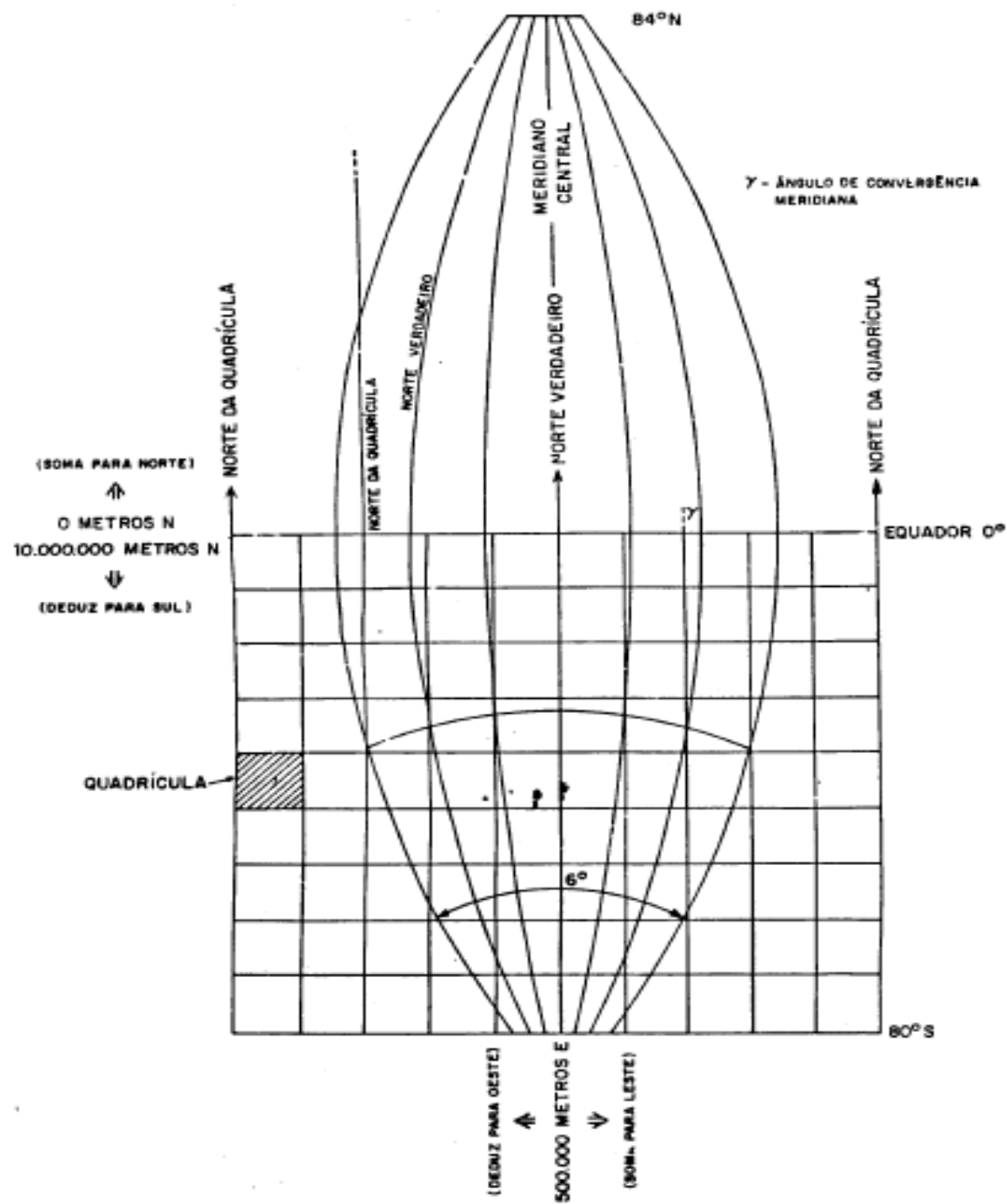


Esta projeção, desenvolvida por Gauss-Tardi, adota como modelo geométrico para a Terra, o elipsóide de revolução e como superfície de desenvolvimento (projeção) o cilindro transverso e secante. Para evitar distorções muito grandes, o mundo é dividido em 60 cilindros, abrangendo cada um deles, uma amplitude de 6° em longitude. A cada faixa de 6° dá-se o nome de fuso.



Cada fuso possui um meridiano central onde o Fator de deformação é igual a $k_0 = 0,9996$

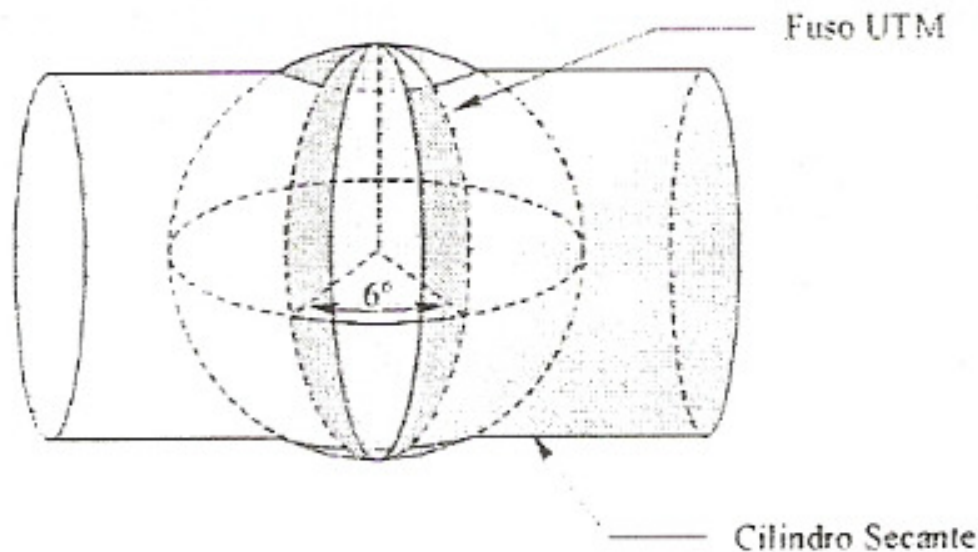
SISTEMA UTM



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM



Esta projeção, desenvolvida por Gauss-Tardi, adota como modelo geométrico para a Terra, o elipsóide de revolução e como superfície de desenvolvimento (projeção) o cilindro transverso e secante. Para evitar distorções muito grandes, o mundo é dividido em 60 cilindros, abrangendo cada um deles, uma amplitude de 6° em longitude. A cada faixa de 6° dá-se o nome de fuso.

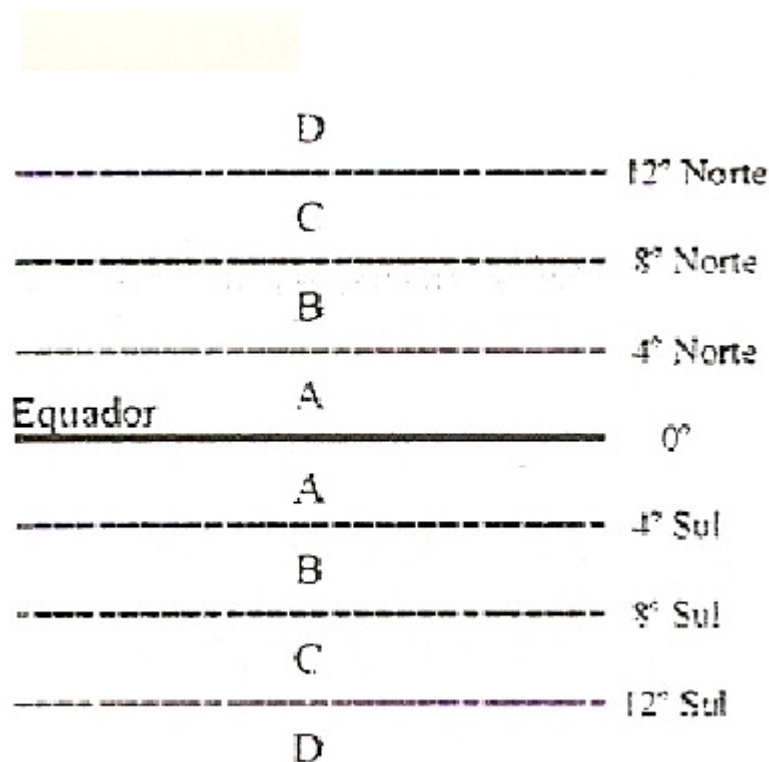


Cada fuso possui um meridiano central onde o Fator de deformação é igual a $k_0 = 0,9996$

UTM – Articulação de folhas 1:1 000 000



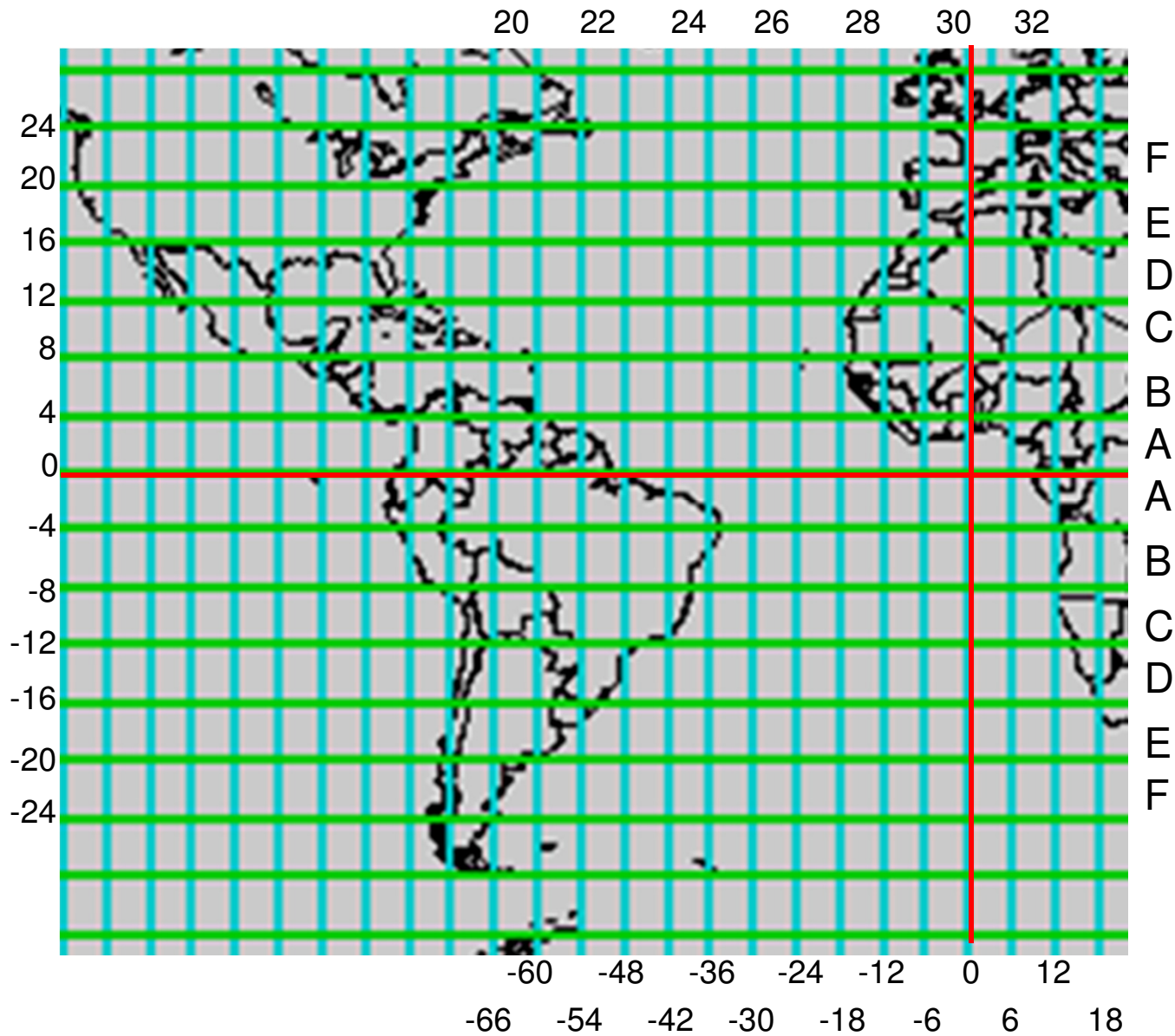
A partir do equador, tanto para o hemisfério norte como para o sul, a cada 4° de LATITUDE, adota-se seqüencialmente uma letra do alfabeto. Dessa forma, uma carta na escala 1:1 000 000 irá abranger uma área de 6° de LONGITUDE e 4° de LATITUDE, sendo nominada da seguinte forma:



S F – 22

A primeira letra indicará o hemisfério (N ou S), seguido da letra que indicará a faixa de latitude e finalmente o número do fuso.

CIM – Carta Internacional ao Milionéssimo



UTM – Articulação de folhas 1:1 000 000

S F – 22

A partir dessas informações, é possível determinar quais as LATITUDES e LONGITUDES da folha topográfica;



S – hemisfério sul

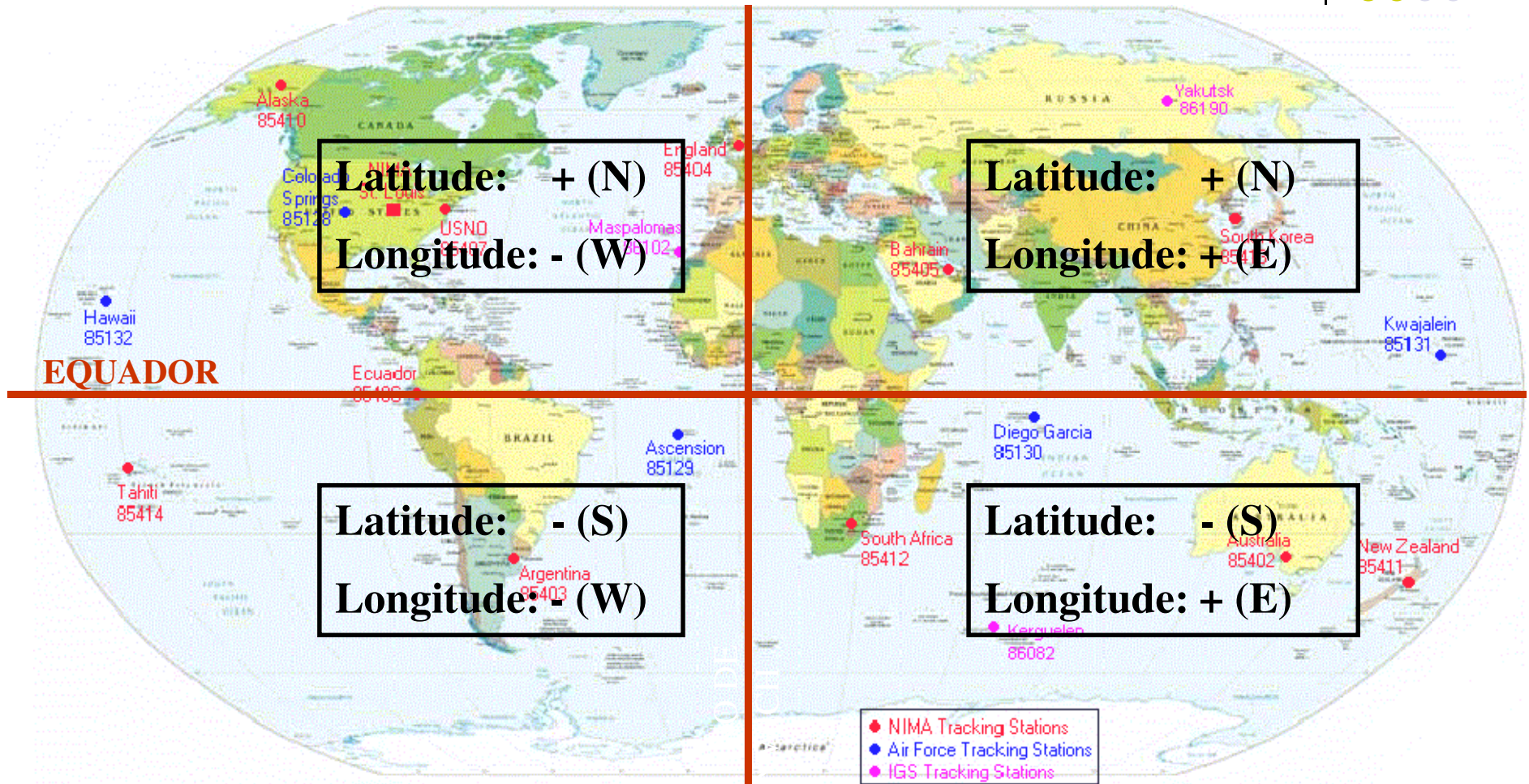
Faixa “F” = 6º letra do alfabeto => Lat = 6 * (-4)º = - 24º

No cálculo da Longitude, utiliza-se a fórmula:

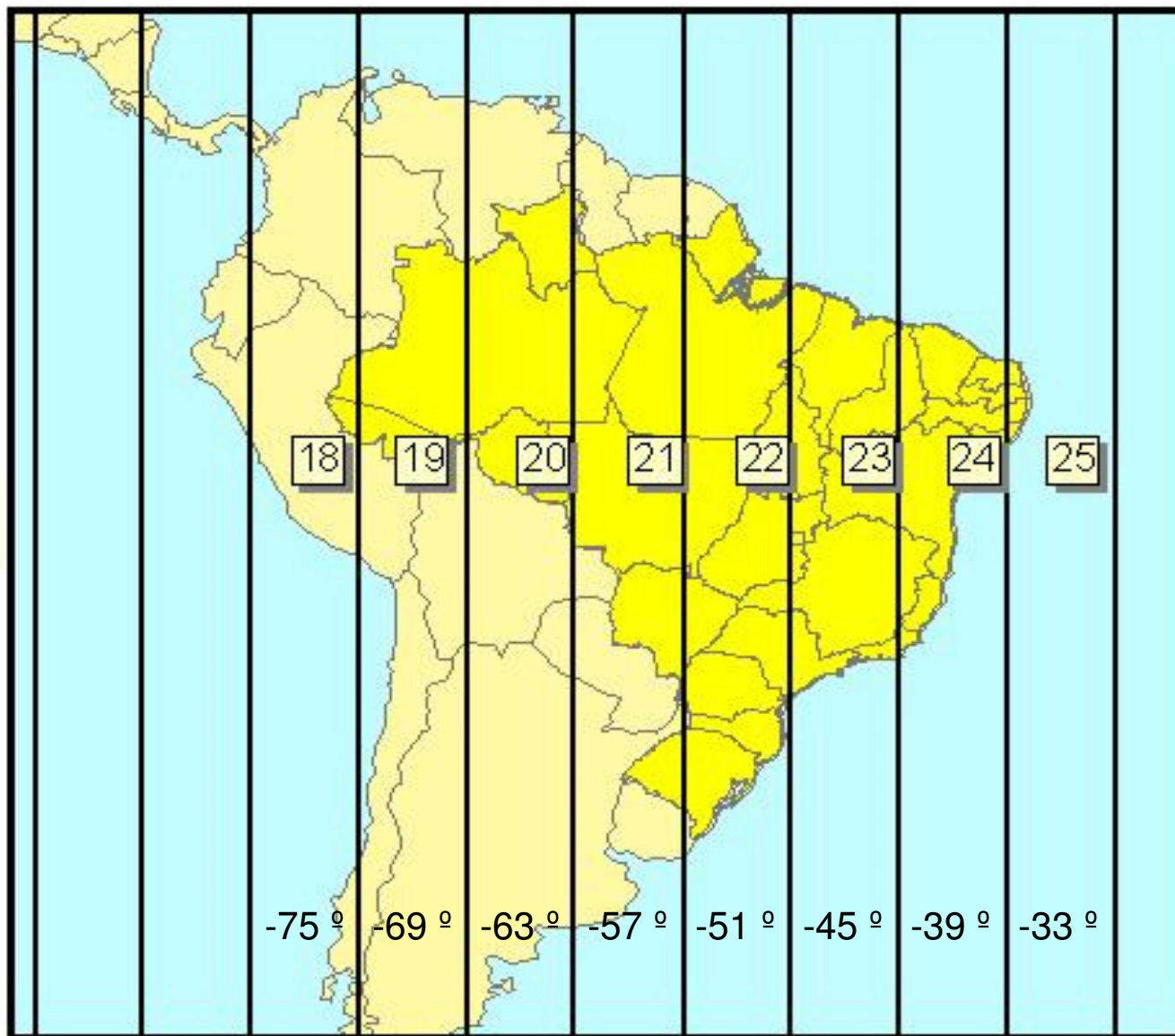
$$F = \frac{180^\circ + \lambda}{6^\circ} \Rightarrow \lambda = F * 6^\circ - 180^\circ$$

$$\lambda = 22 * 6^\circ - 180^\circ \Rightarrow 132^\circ - 180^\circ \Rightarrow \lambda = -48^\circ$$

Sistema de Coordenadas - UTM

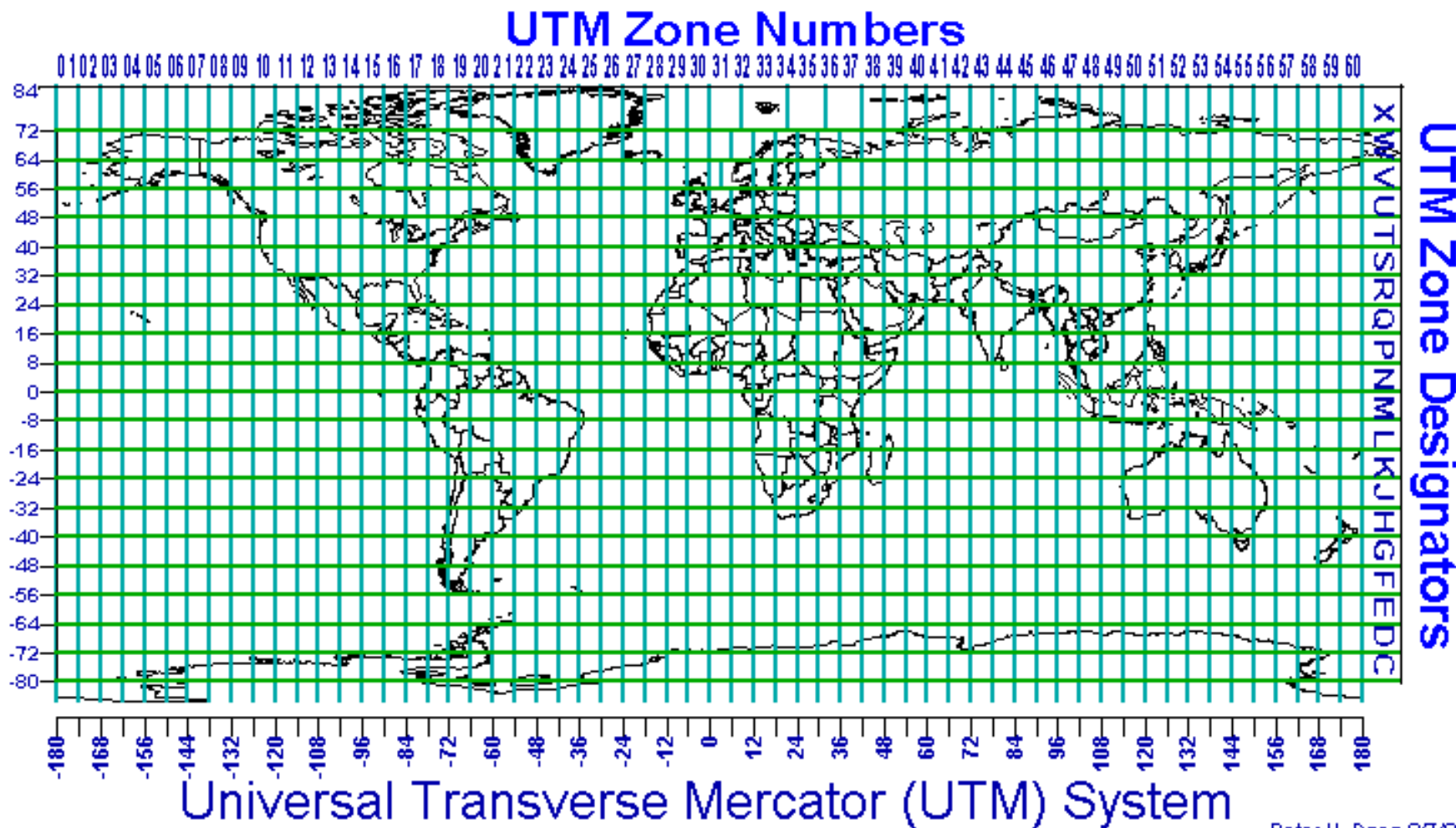


SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM



MANAUS: meridiano - 60 ° = limite dos fusos 20 e 21

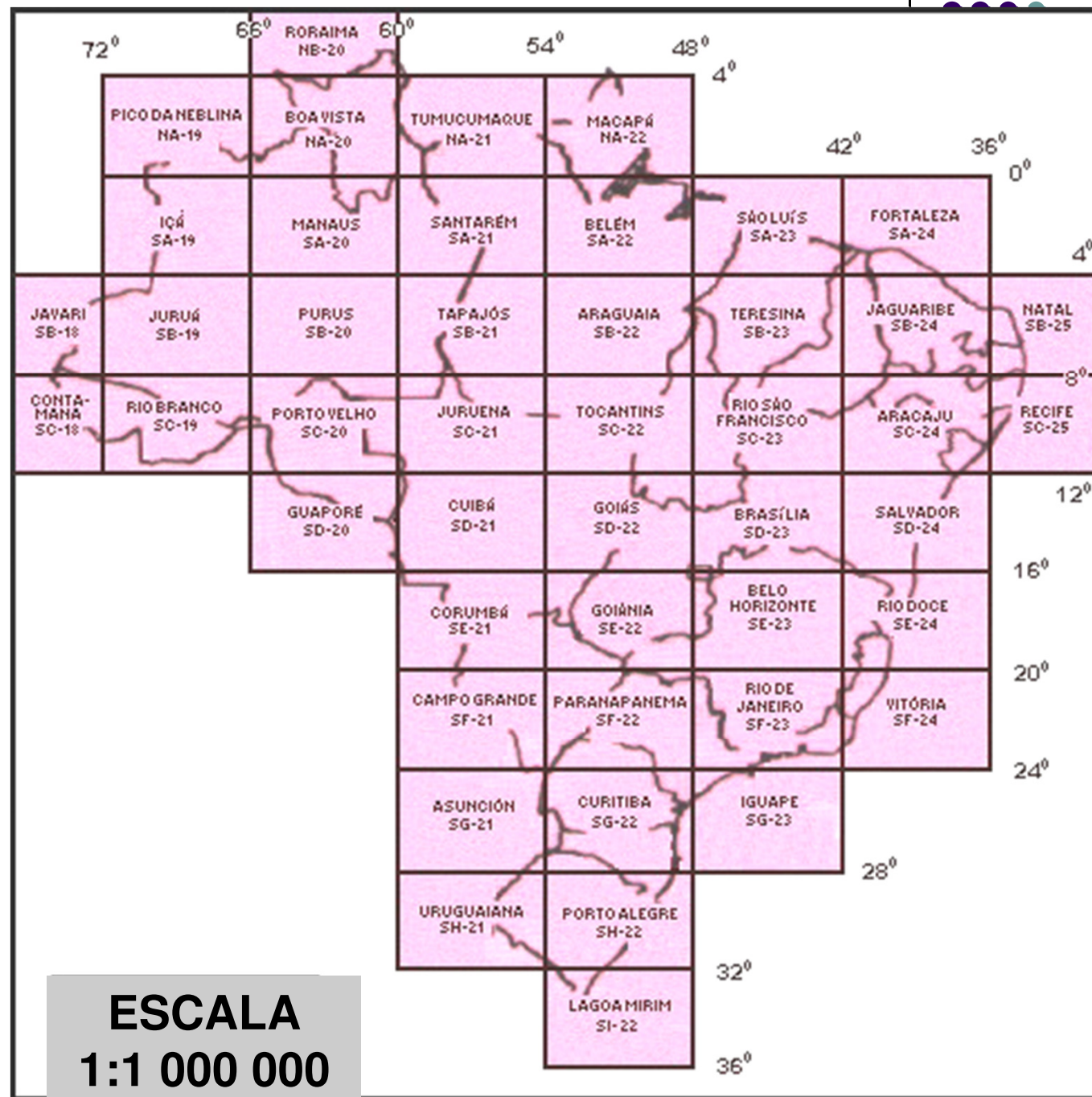
CIM – Carta Internacional ao Milionéssimo = estrutura geométrica básica do UTM



Carta do Brasil ao Milionésimo



46 folhas articuladas



RELAÇÃO ENTRE MC e FUSOS



$$\text{N}^{\circ} \text{ do Fuso} = \frac{(183^{\circ} - \text{MC})}{6}$$

sendo **MC** expresso em **módulo**

$$\text{MC} = (6 \times \text{Fuso} - 183^{\circ})$$

EXEMPLO: Qual o MC do fuso 22 ?

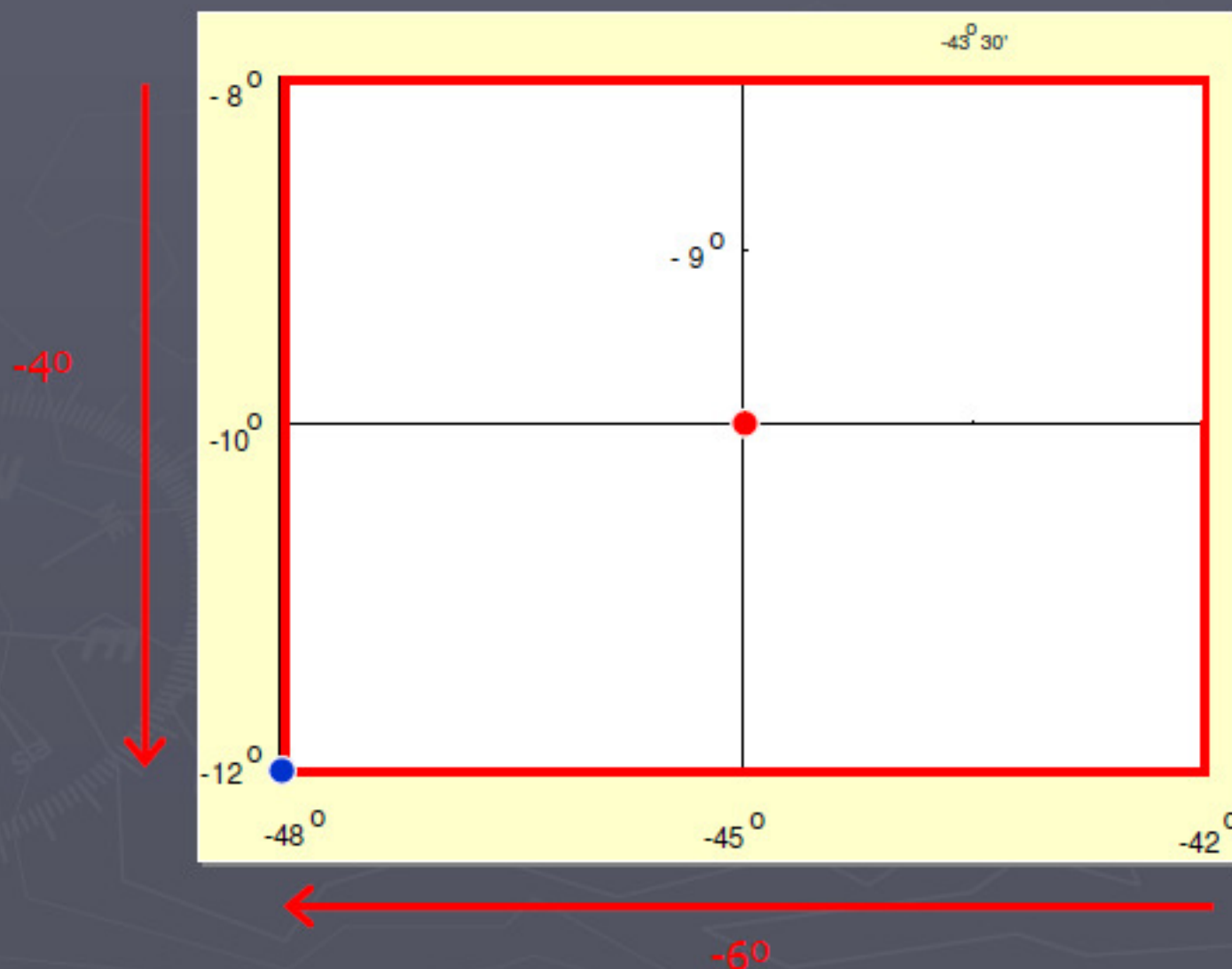
$$\text{MC} = 6 \times \text{Fuso} - 183^{\circ} \Rightarrow 6 \times 22 - 183^{\circ}$$

$$\text{MC} = 132^{\circ} - 183^{\circ} \Rightarrow \text{MC} = -51^{\circ}$$

Folha SC 23 na Escala: 1:1.000.000

Coordenadas do pto. azul : $\Phi =$ e $\lambda =$

Coordenadas do pto. vermelho : $\Phi =$ e $\lambda =$



DESDOBRAMENTO DA FOLHA 1:1.000.000 EM OUTRAS ESCALAS



A folha 1:1 000 000 se desdobra em outras escalas consideradas oficiais. Tomando-se como exemplo a folha 1:1.000.000, SF-23, (S = hemisfério Sul; F = zona, 23 = fuso), Rio de Janeiro, exemplifica-se, na Figura que segue, como se dá o seu deslocamento até, a escala 1:25.000 e como são designados através do sistema de referência.

A divisão da folha ao milionésimo dá-se da seguinte maneira:

a folha 1:1.000.000 ($4^{\circ} \times 6^{\circ}$) divide-se em quatro folhas de 1:500000 (V X Y Z)

a folha 1:500.000 ($2^{\circ} \times 3^{\circ}$), divide-se em quatro folhas de 1 :250 000 (A, B, C, D).

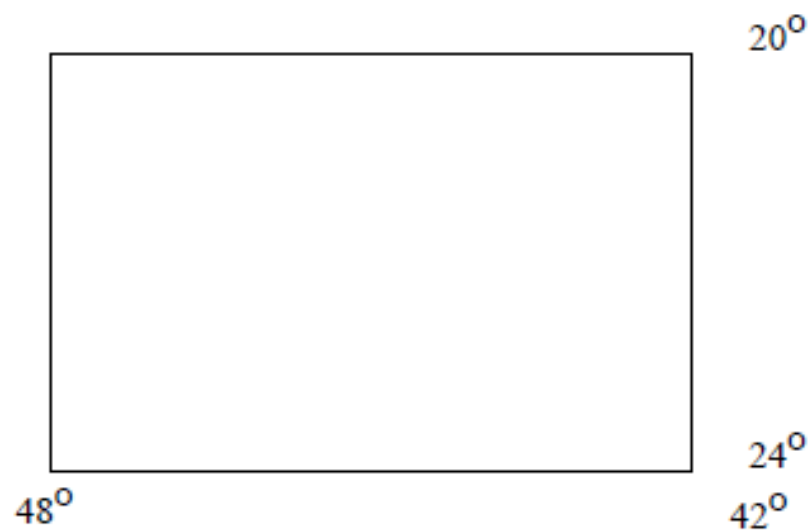
a folha 1:250.000 ($1^{\circ} \times 1^{\circ}30'$), divide-se em seis folhas de 1:100.000(I, II, III, IV, V, VI)

a folha 1:100.000 ($30' \times 30'$), divide-se em quatro folhas de 1:50.000 (1, 2, 3, 4)

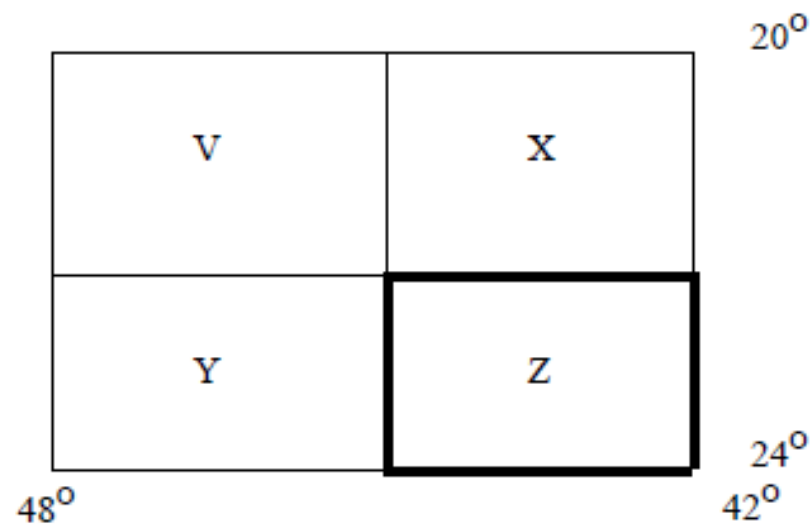
a folha 1:50.000 ($15' \times 15'$) divide-se em quatro folhas de 1:25.000 (NO, NE, SO, SE);

a folha 1:25.000 ($7'30'' \times 7'30''$) divide-se em seis folhas de 1:10.000 (A, B, C, D, E, F) e assim por diante.

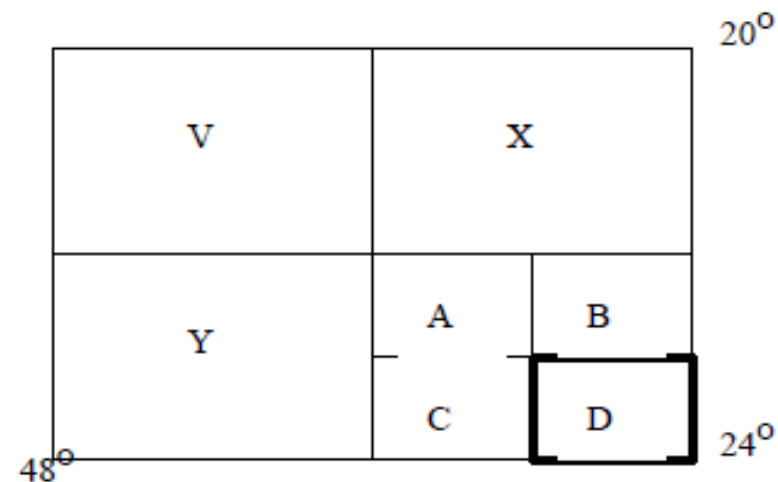
ARTICULAÇÃO FOLHAS UTM



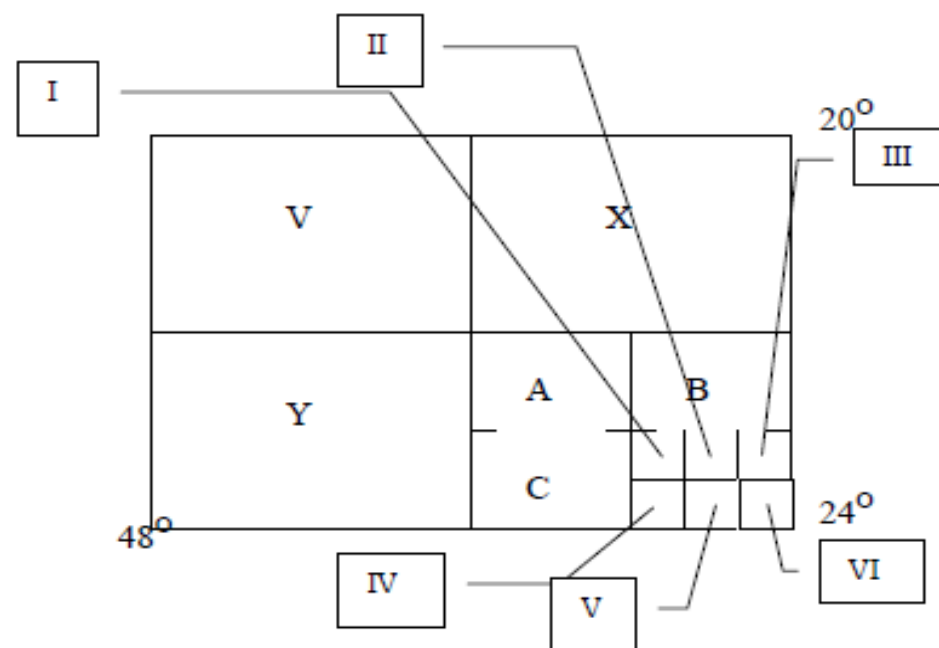
:1.000.000 (SF 23)



1:500.000 (SF 23 - Z)

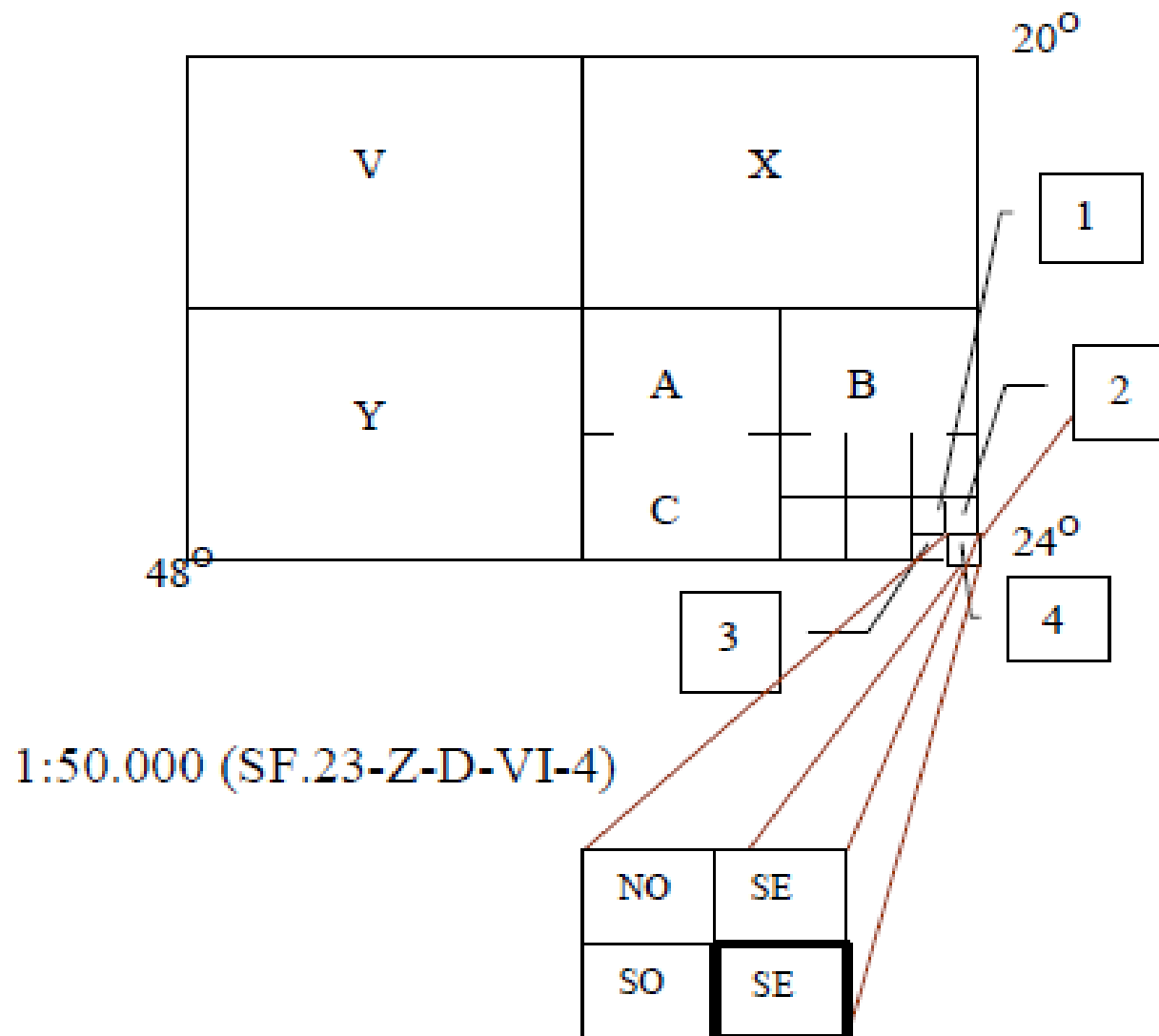


1:250.000 (SF.23-Z-D)



1:100.000 (SF.23-Z-D-VI)

ARTICULAÇÃO FOLHAS UTM



1:50.000 (SF.23-Z-D-VI-4)

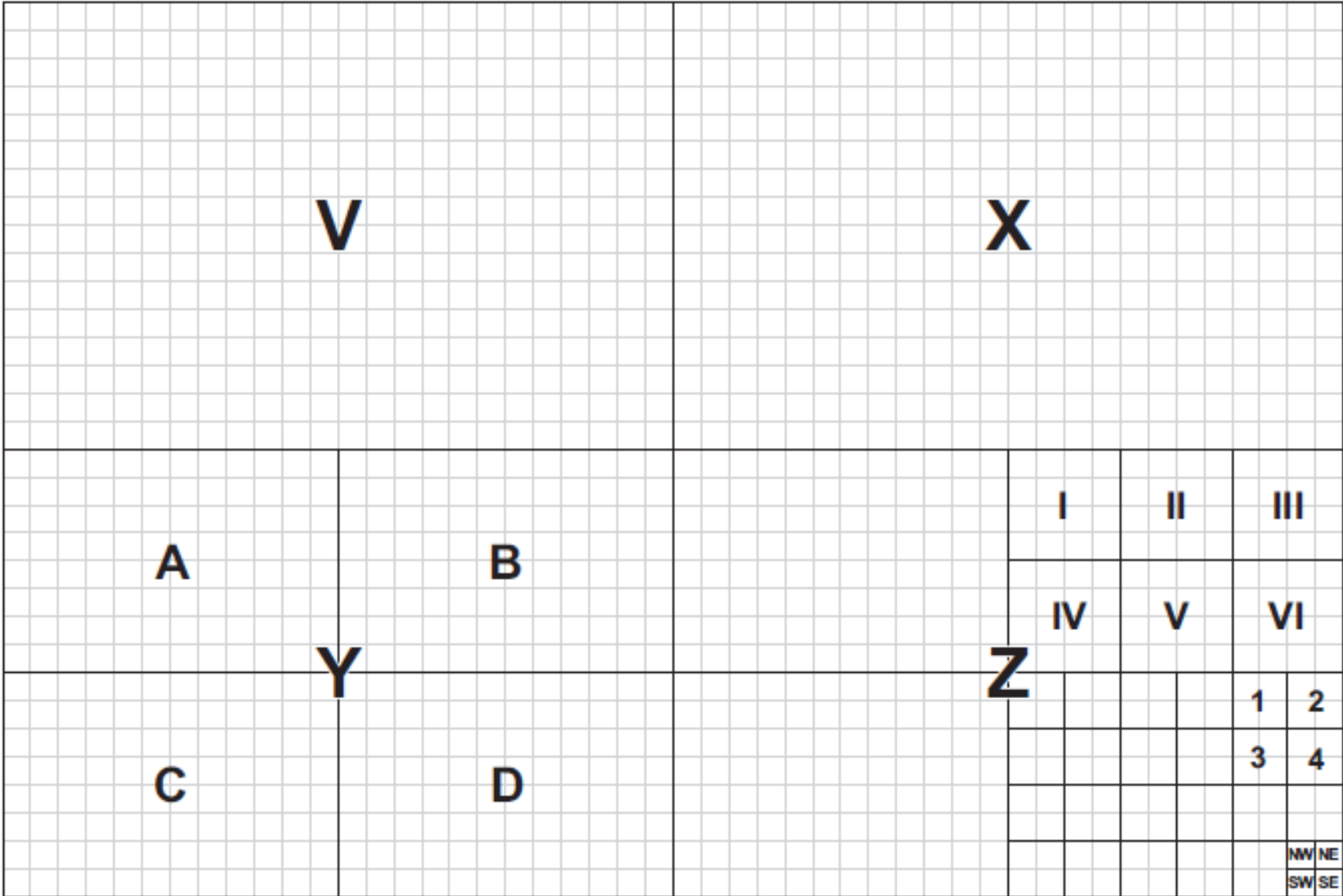
1:25.000 (SF.23-Z-D-VI-4-SE)

EXERCÍCIO: Identificar as inscrições marginais angulares da folha
SH – 22 – Z – D – VI – 4 – SE.



22

SH

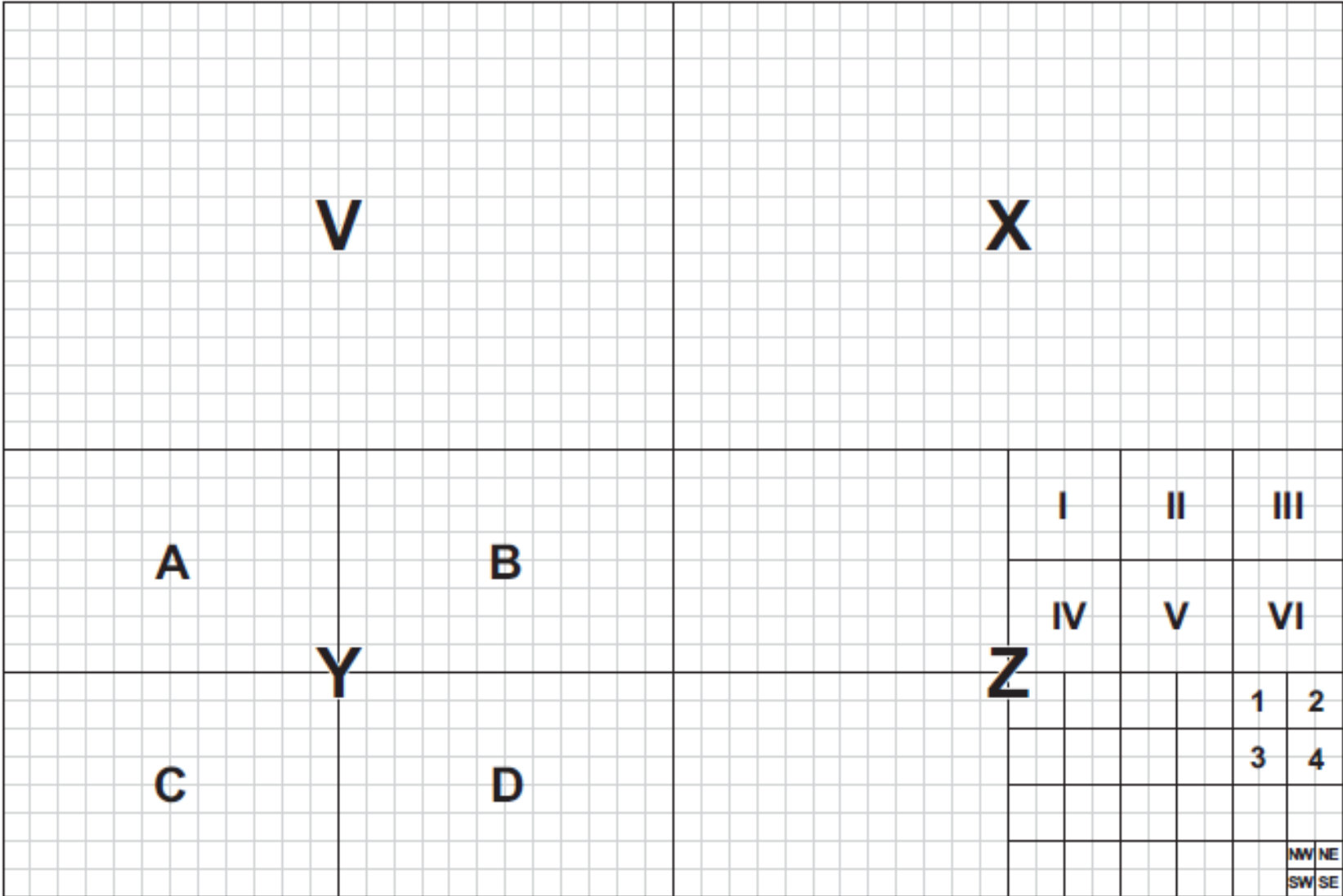


EXERCÍCIO: Identificar as inscrições marginais angulares da folha
SH – 22 – Z – D – VI – 4 – SE.



22

SH



OBTENDO COORDENADAS UTM



Para determinar a coordenada **E**, deve-se identificar o valor da linha vertical da quadrícula UTM, imediatamente à esquerda do ponto (pex: **640 = 640 000m**). Medir com uma régua a distância entre essa linha e o ponto considerado (pex: 1.000m). Somar os dois valores: $640\ 000 + 1.000$ ou **E = 641 000m**.

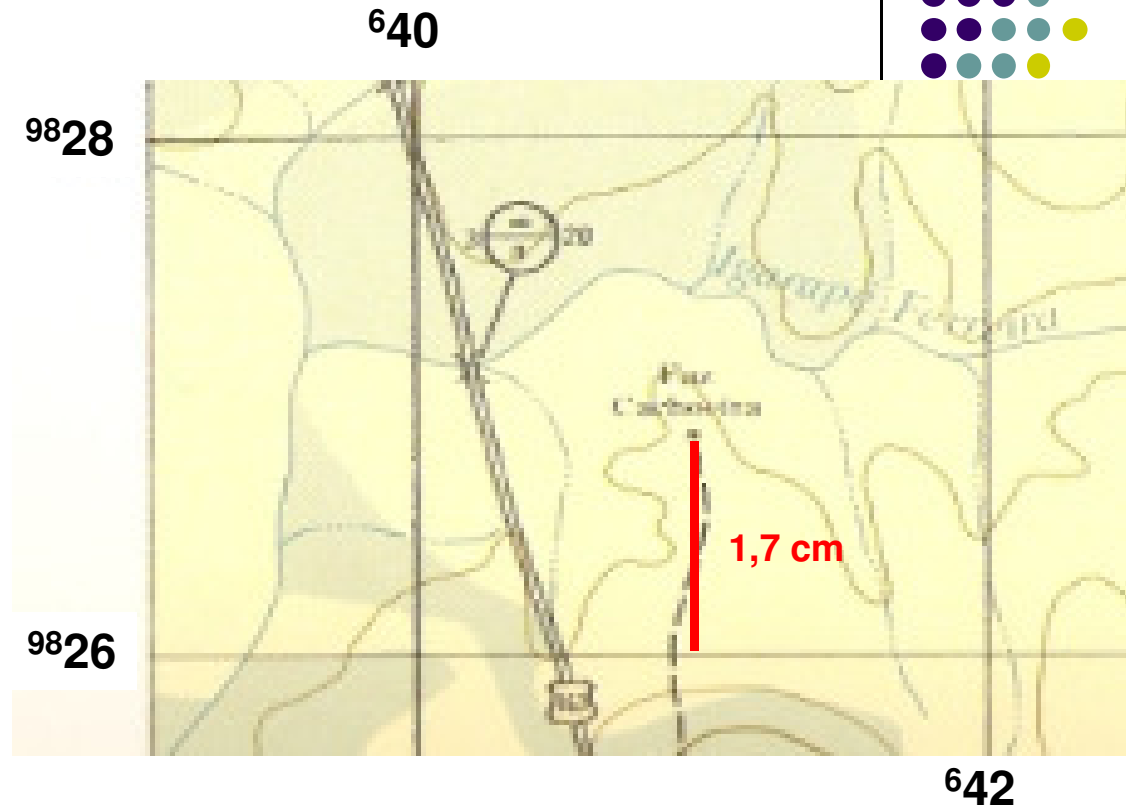
9828

640



642

OBTENDO COORDENADAS UTM

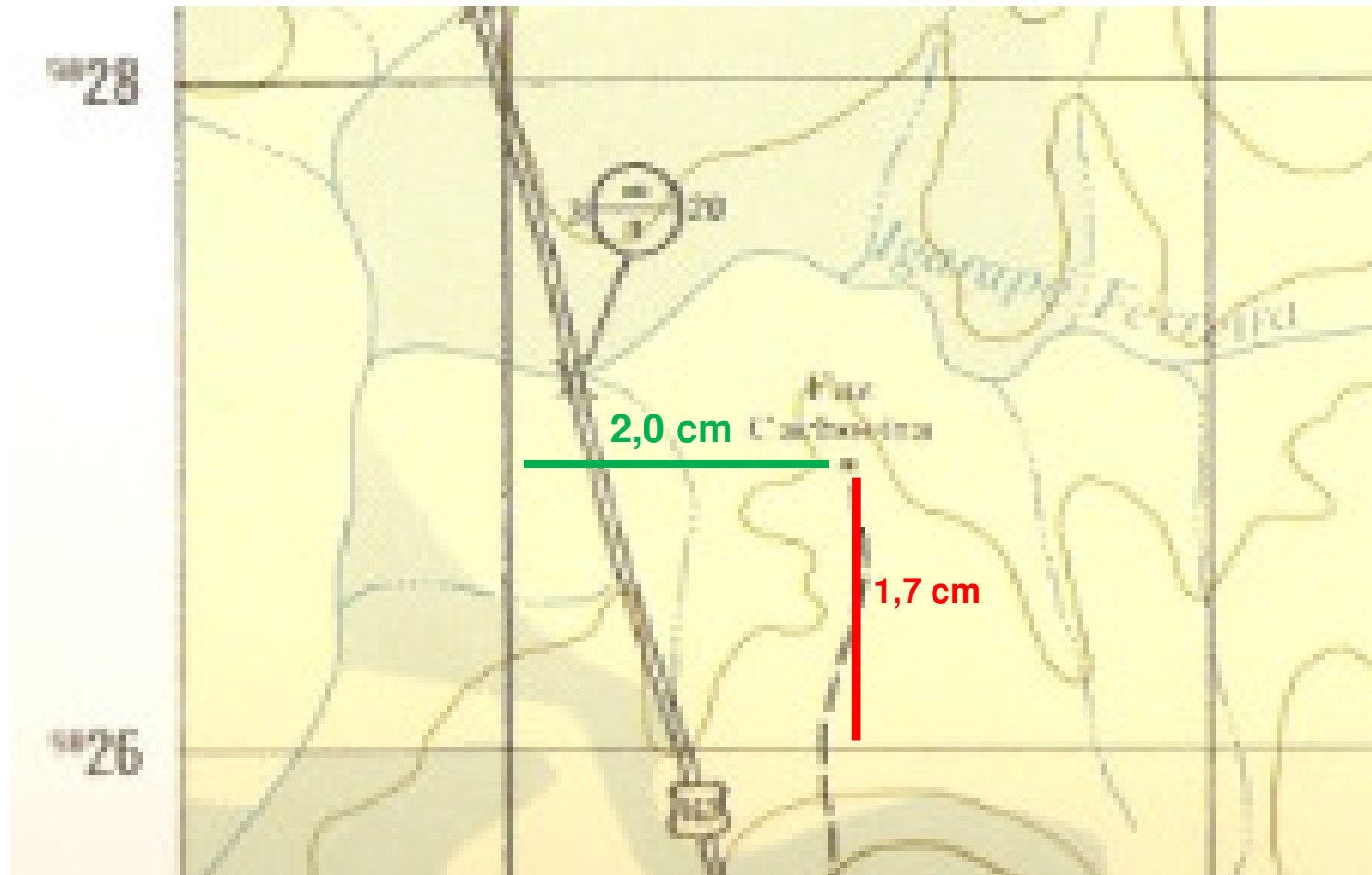


Para determinar a coordenada **N**, deve-se identificar o valor da linha horizontal da quadrícula UTM, imediatamente abaixo do ponto (pex: $9826 = 9\ 826\ 000\text{m}$). Medir com uma régua a distância entre essa linha e o ponto considerado (pex: 850m). Somar os valores: $9\ 826\ 000 + 850$ ou **N** = $9\ 826\ 850\text{m}$.

OBTENDO COORDENADAS UTM

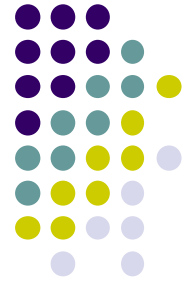
640

642



Coordenadas P (E; N) ou **(641 000; 9 826 850)**.

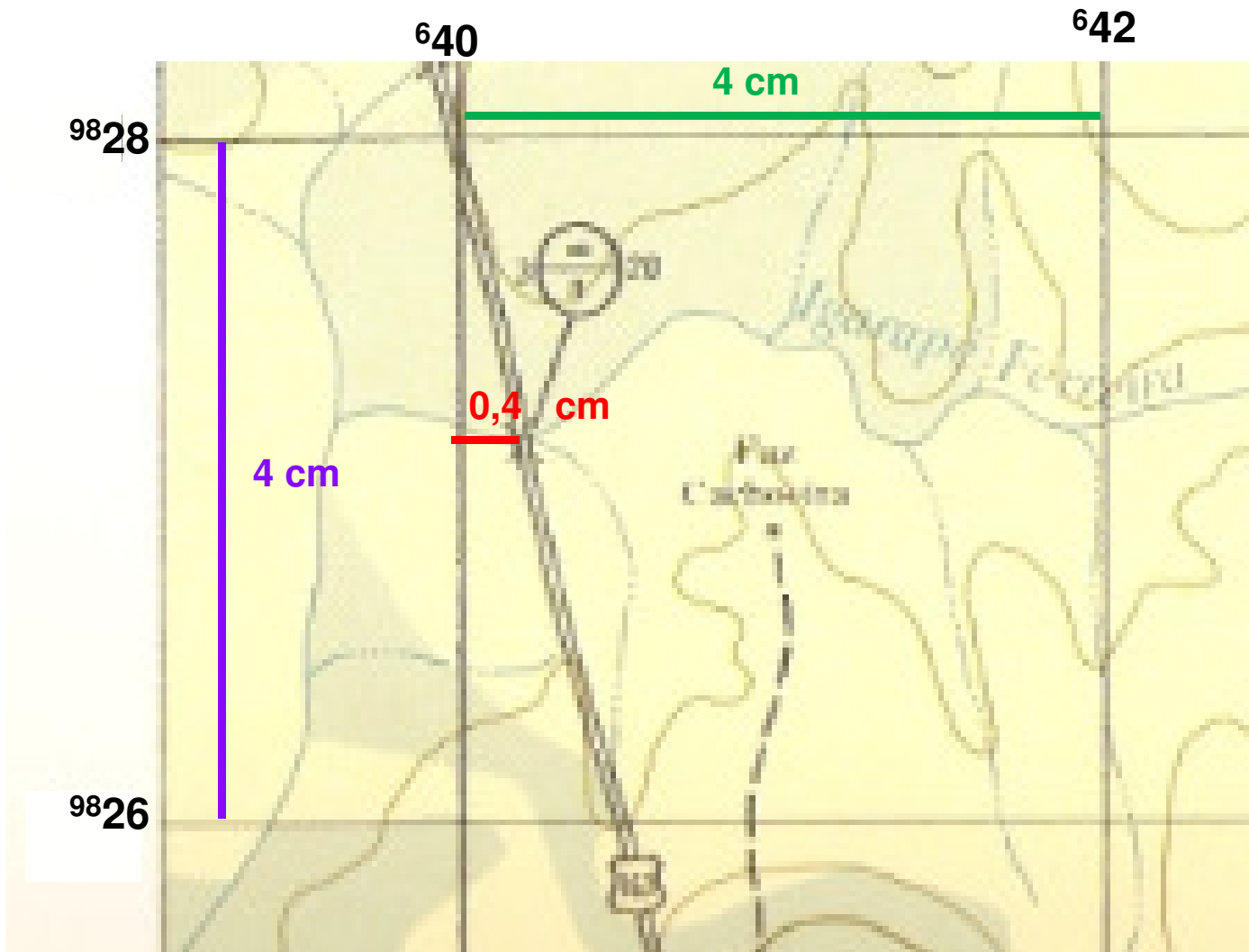
IDENTIFICAÇÃO de COORDENADAS UTM



Identificar as coordenadas UTM (**E**, **N**) dos seguintes pontos da Carta Topográfica (militar) MI 420/2 com MC = -57° e Fuso 21:

- *Entroncamento da BR 163 com Igarapé Ferreira;*
- *Entroncamento das estradas: BR 163 com BR 254*
- *Sede da Fazenda São Nicolau;*

IDENTIFICANDO o IGARAPÉ FERREIRA



Cálculo de E

4 cm \Rightarrow 2000 m

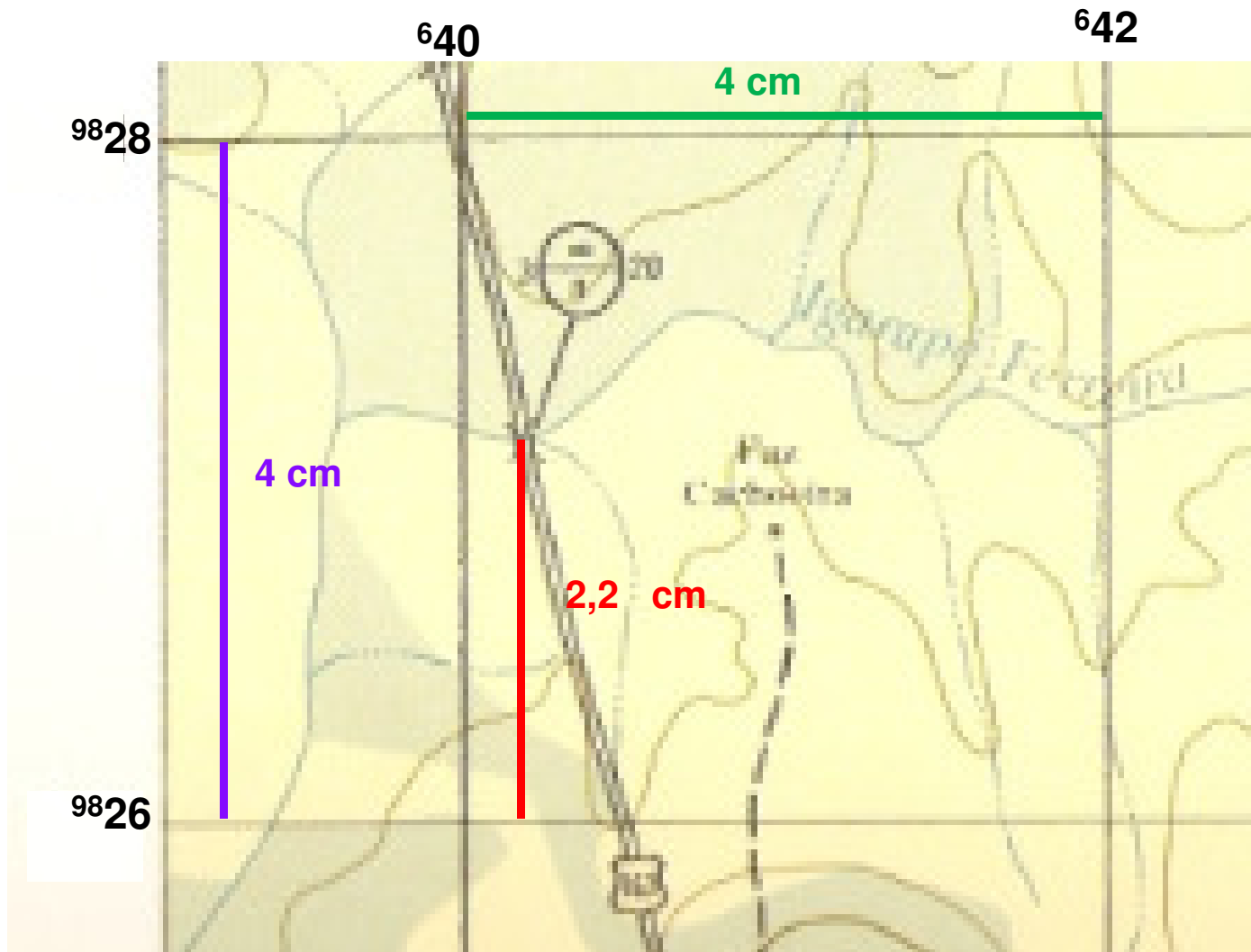
0,4 cm \Rightarrow X m

X = 200 m

$$E = \text{valor base} + X \quad \Rightarrow \quad E = 640\,000 + 200$$

$$E = 640\,200 \text{ m}$$

IDENTIFICANDO o IGARAPÉ FERREIRA



Cálculo de N

4 cm \Rightarrow 2000 m

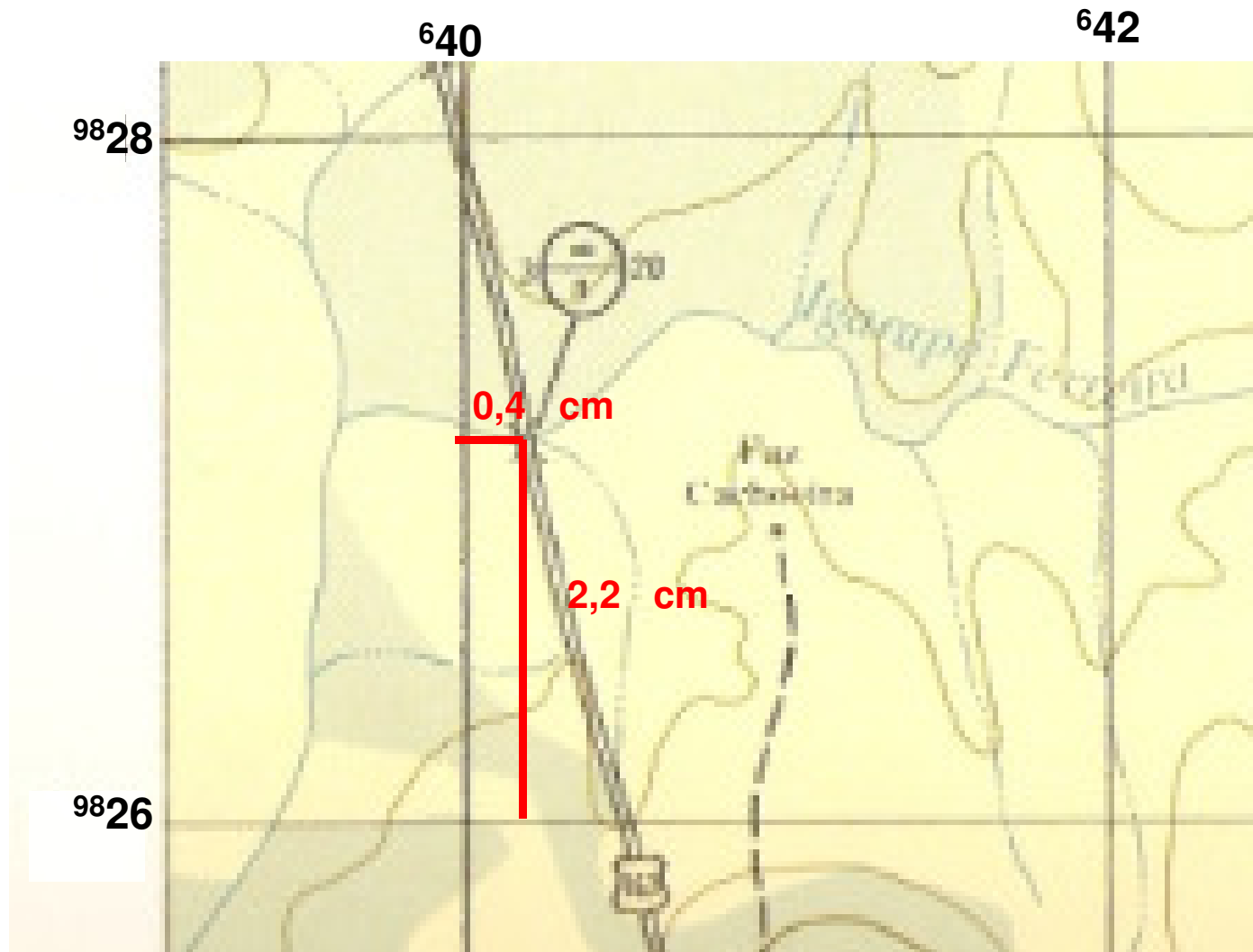
2,2 cm \Rightarrow Y m

Y = 1 100 m

N = valor base + Y \Rightarrow N = 9 826 000 + 1 100

N = 9 827 100 m

IDENTIFICANDO o IGARAPÉ FERREIRA



E = 640 200 m

N = 9 827 100 m

IDENTIFICADO o ENTRONCAMENTO

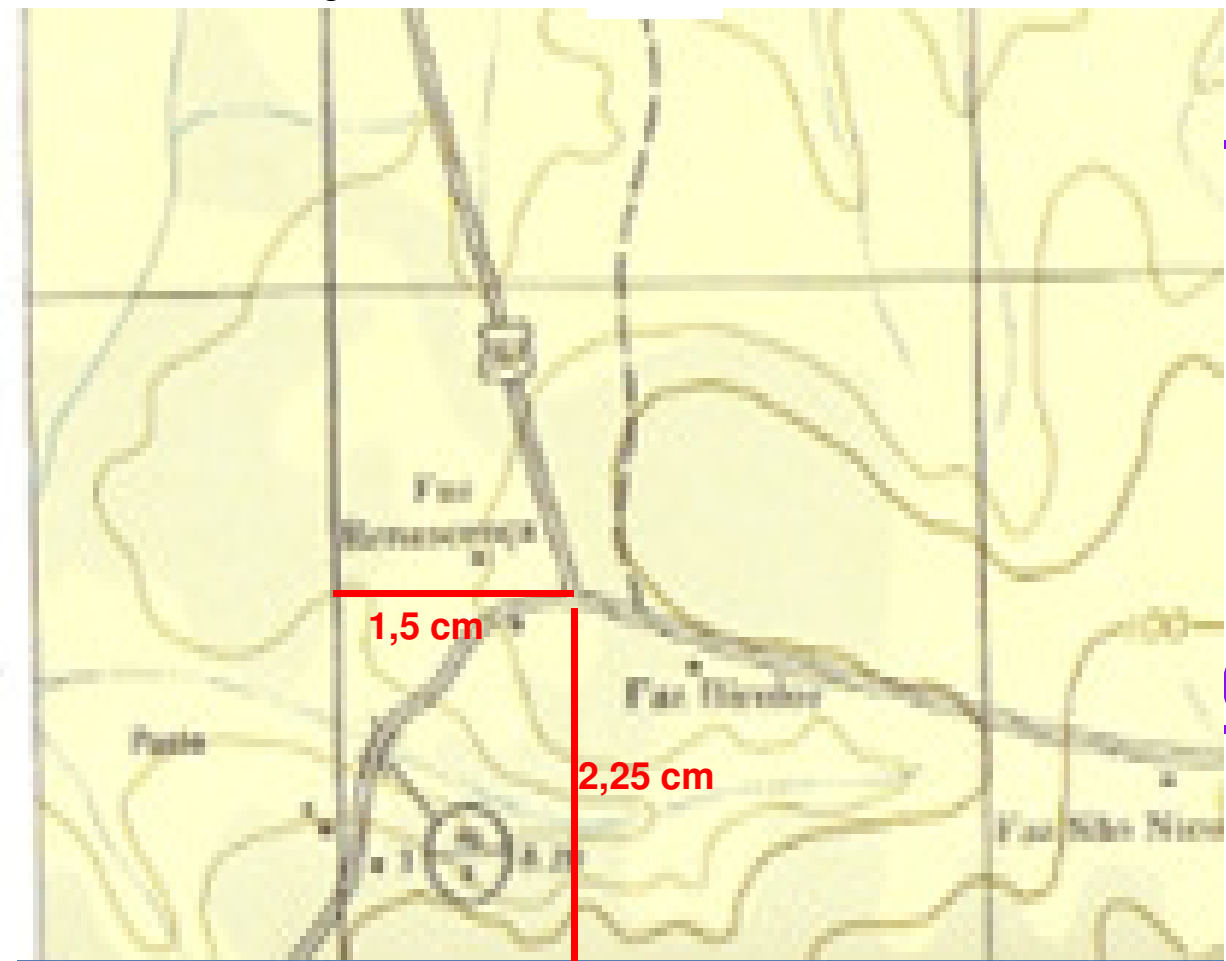


640

642

9826

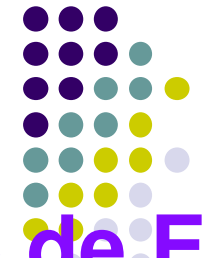
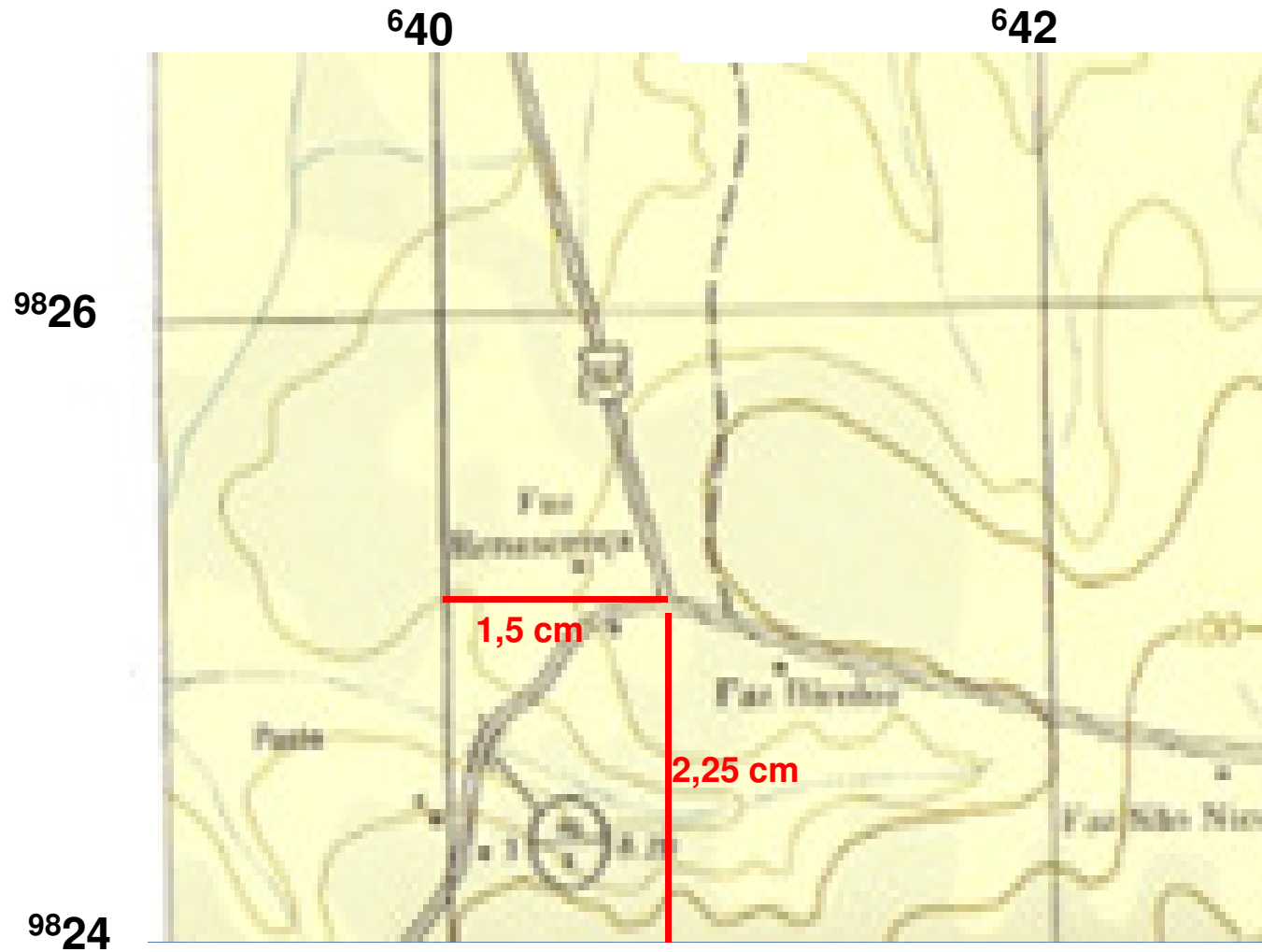
9824



Cálculo de E

Cálculo de N

IDENTIFICADO O ENTRONCAMENTO



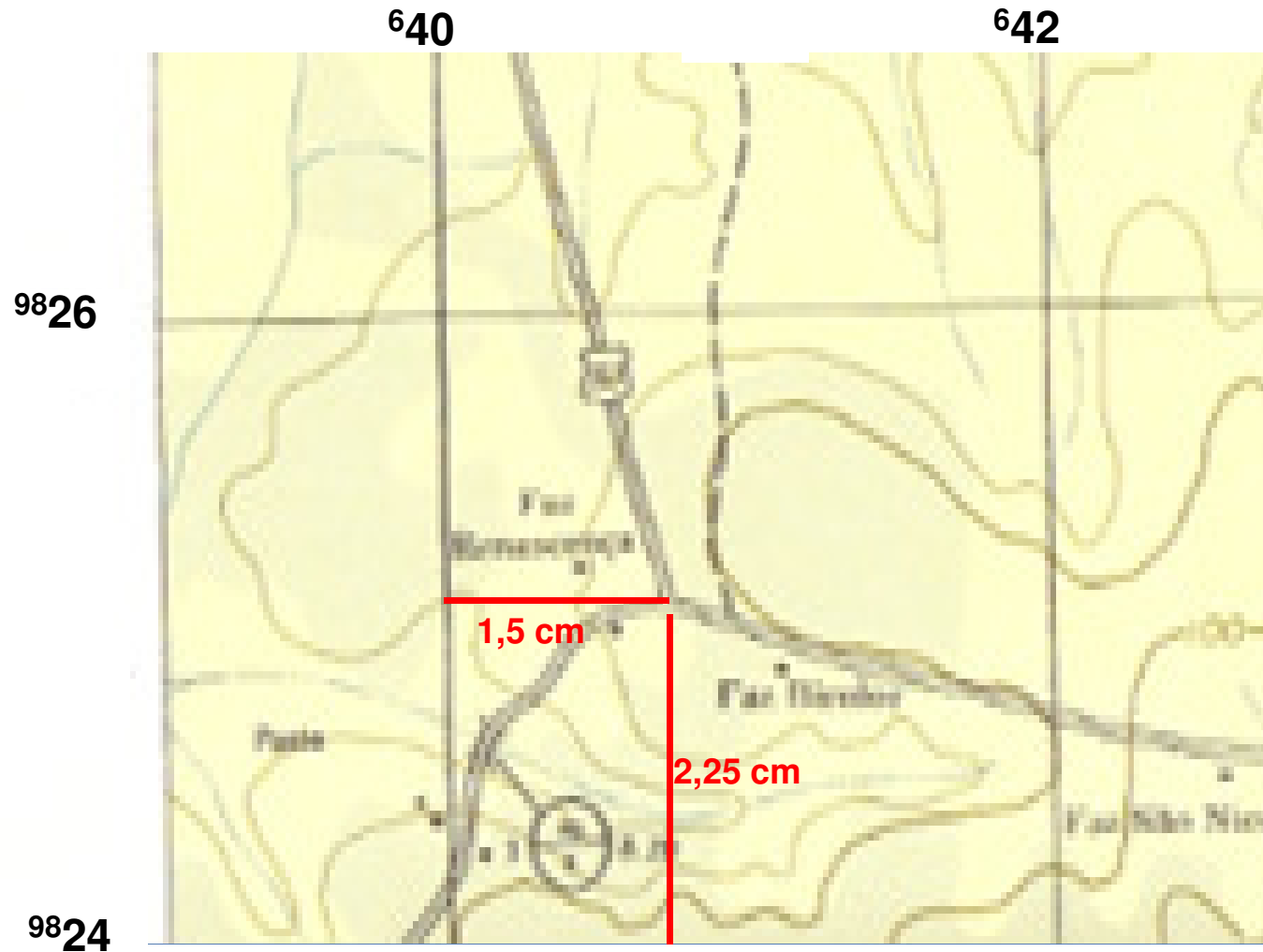
Cálculo de E

4 cm \Rightarrow 2000 m
1,5 cm \Rightarrow X
X = 750 m

E = valor base + X
E = 640 750 m

Cálculo de N

IDENTIFICADO O ENTRONCAMENTO



Cálculo de E

4 cm \Rightarrow 2000 m
1,5 cm \Rightarrow X
X = 750 m

E = valor base + X
E = 640 750 m

Cálculo de N

4 cm \Rightarrow 2000 m
2,25 cm \Rightarrow Y
Y = 1 125 m

N = valor base + Y
N = 9 825 125 m

Resposta:

E = 640 750 m
N = 9 825 125 m

IDENTIFICAÇÃO de COORDENADAS UTM



RESPOSTAS:

- *Ponte na BR 163 com Igarapé Ferreira;*
• E = 640 200 m e N = 9 827 100 m
- *Entroncamento das estradas: BR 163 com BR 254*
• E = 640 750 m e N = 9 825 125 m
- *Sede da Fazenda São Nicolau;* (1,15 cm ; 1,20 cm)
• E = 642 575 m e N = 9 824 600 m

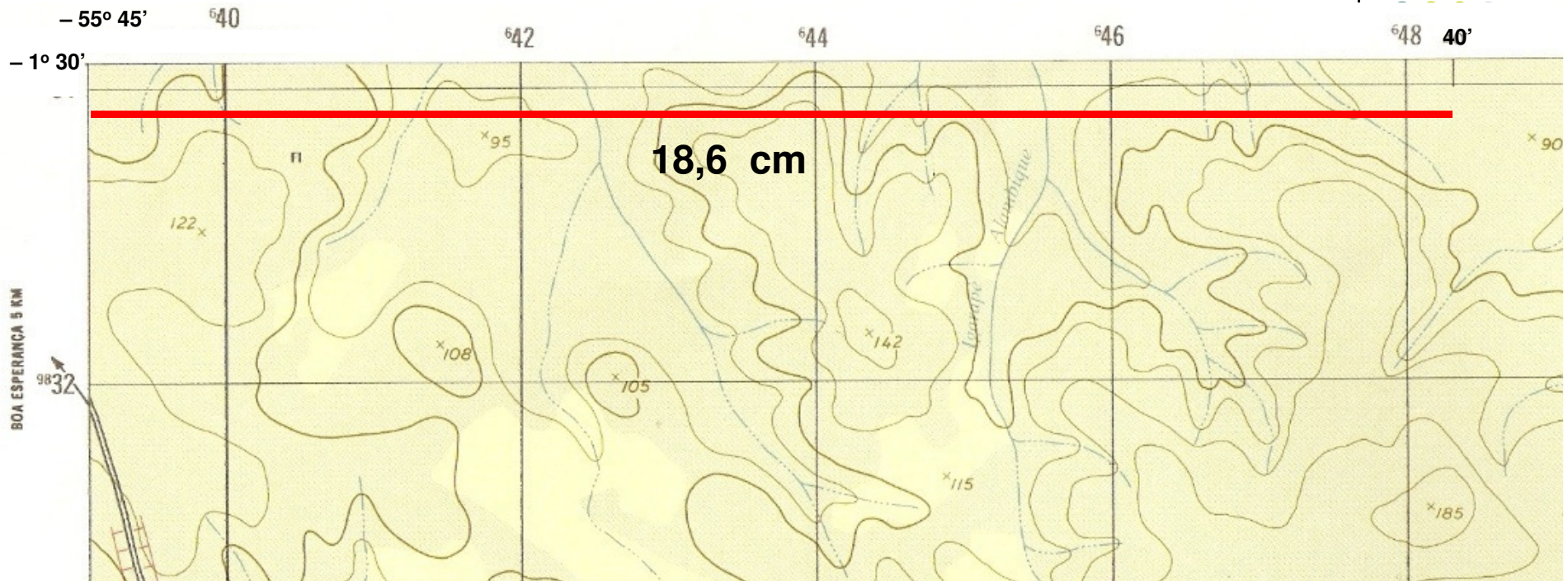
IDENTIFICAÇÃO de COORDENADAS GEOGRÁFICAS

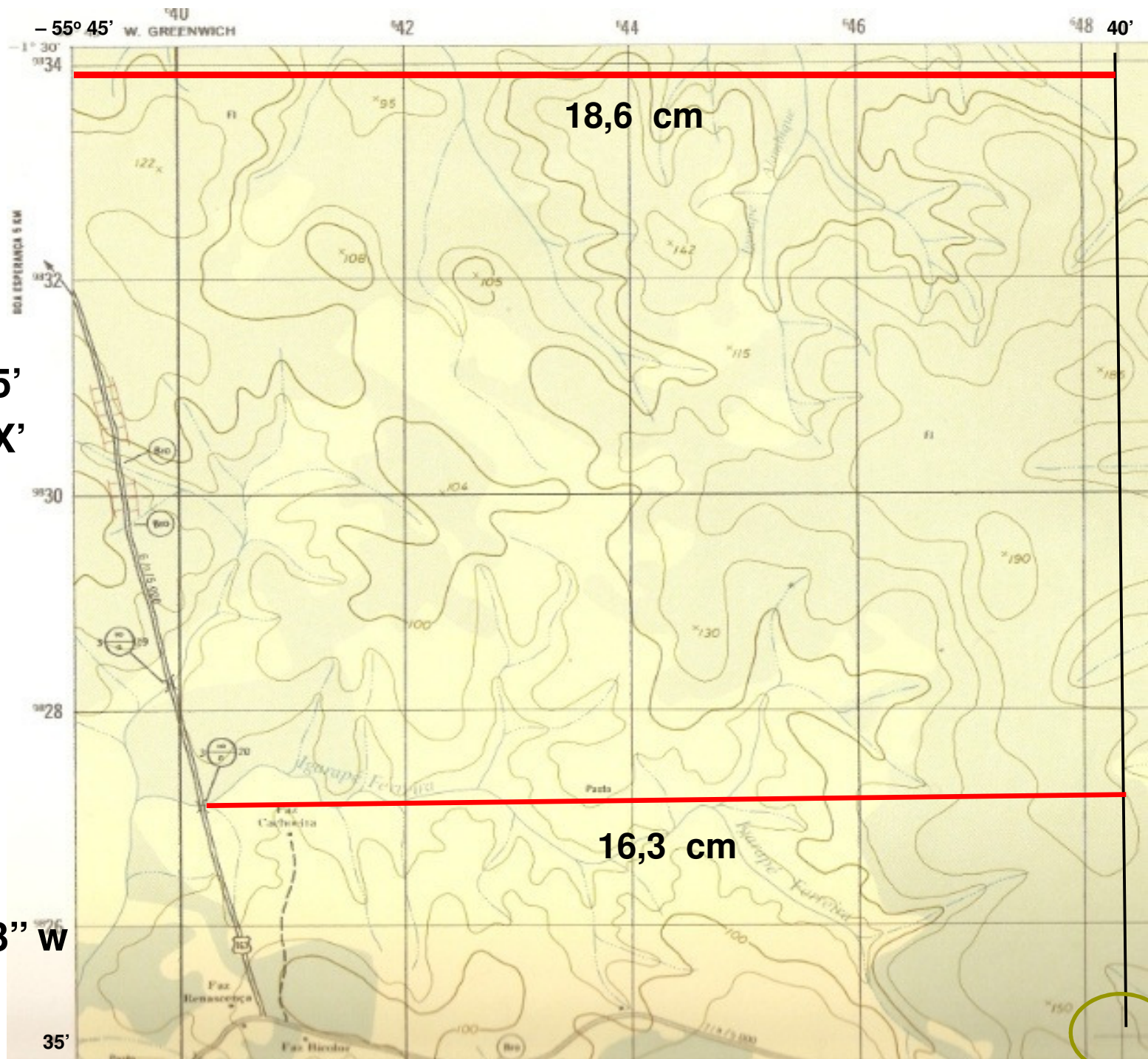


Identificar as coordenadas geográficas (**Latitude**, **Longitude**) dos seguintes pontos:

- *Entroncamento da BR 163 com Igarapé Ferreira;*
- *Entroncamento das estradas: BR 163 com BR 254*
- *Sede da Fazenda São Nicolau;*

IDENTIFICADO o IGARAPÉ FERREIRA





18,6 cm

18,6 cm \Rightarrow 5'

16,3 cm \Rightarrow X'

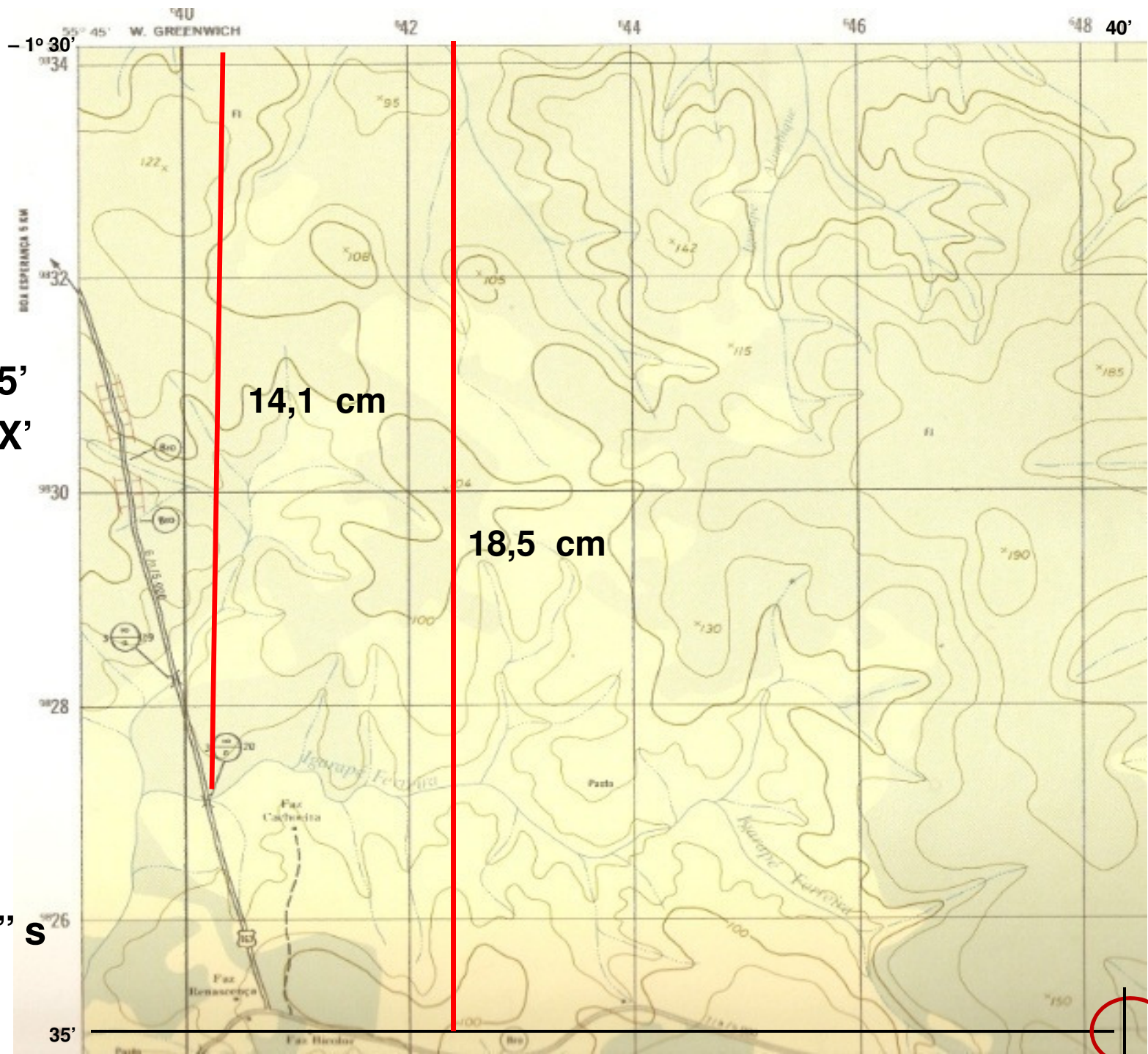
X = 4,38172'

OU

X = 4' 23"

$\lambda = 55^\circ 44' 23''$ W

16,3 cm



18,5 cm \Rightarrow 5'
 14,1 cm \Rightarrow X'

14,1 cm

18,5 cm

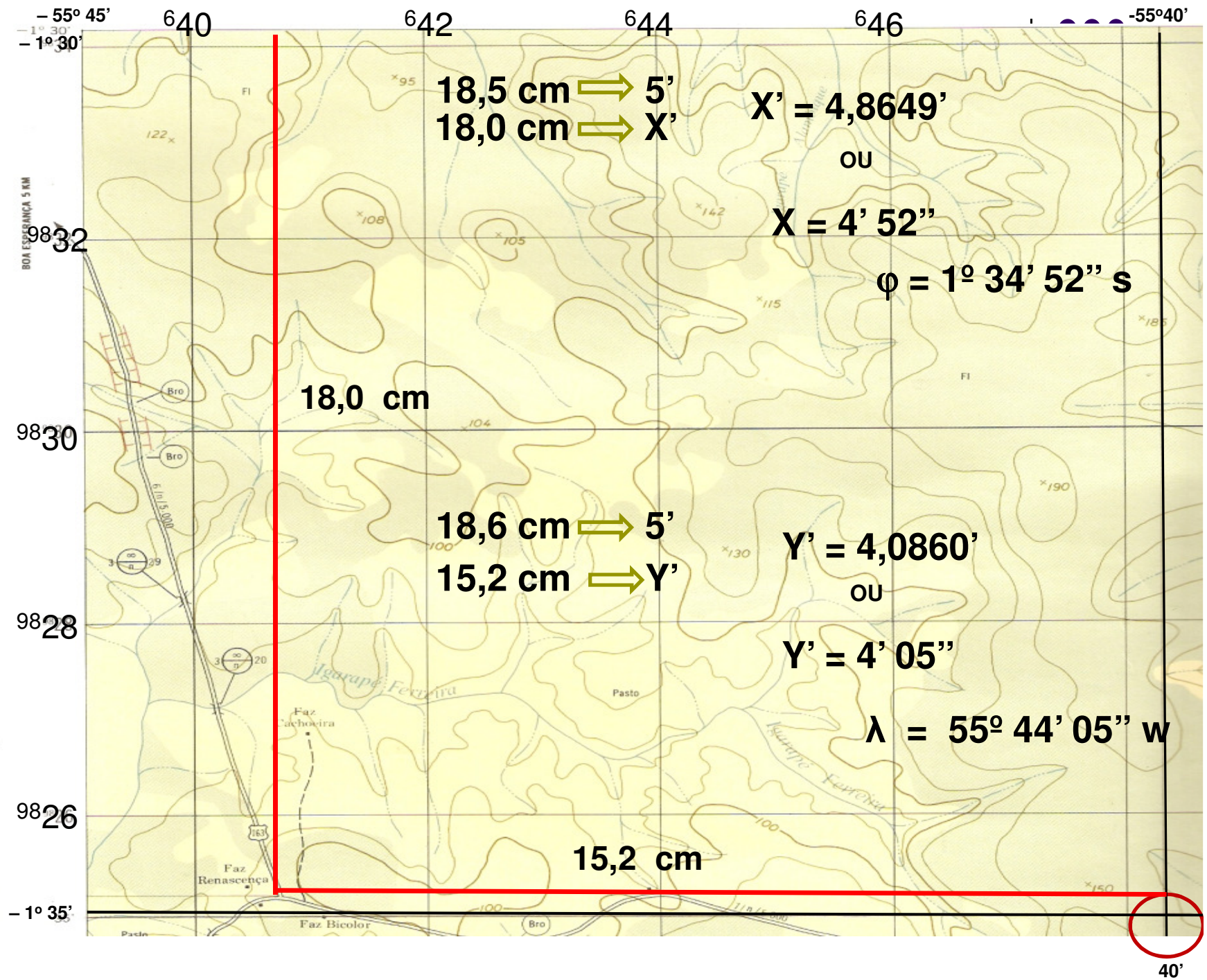
X = 3,81081'

OU

X = 3' 49"

$\varphi = 1^\circ 33' 49''$ S





IDENTIFICAÇÃO de COORDENADAS GEOGRÁFICAS



RESPOSTAS:

- *Entroncamento da BR 163 com Igarapé Ferreira;*
• Lamb = $55^{\circ} 44' 23''$ w e FI = $1^{\circ} 33' 49''$ s
- *Entroncamento das estradas: BR 163 com BR 254*
• Lamb = $55^{\circ} 44' 05''$ w e FI = $1^{\circ} 34' 52''$ s
- *Sede da Fazenda São Nicolau;* (régua: eixo ϕ = 19,1 cm e eixo λ = 11,5 cm)
• Lamb = $55^{\circ} 43' 05''$ w e FI = $1^{\circ} 35' 10''$ s

18,5	→	5		
19,1	→	X =	5,1622min	
		X =	5' 10	
		ϕ =	$1^{\circ} 35' 10''$ S	

18,6	→	5		
11,5	→	Y =	3,0914min	
		Y =	3' 05"	
		λ =	$55^{\circ} 43' 05''$ W	

IDENTIFICAR NO MAPA os seguintes PONTOS:



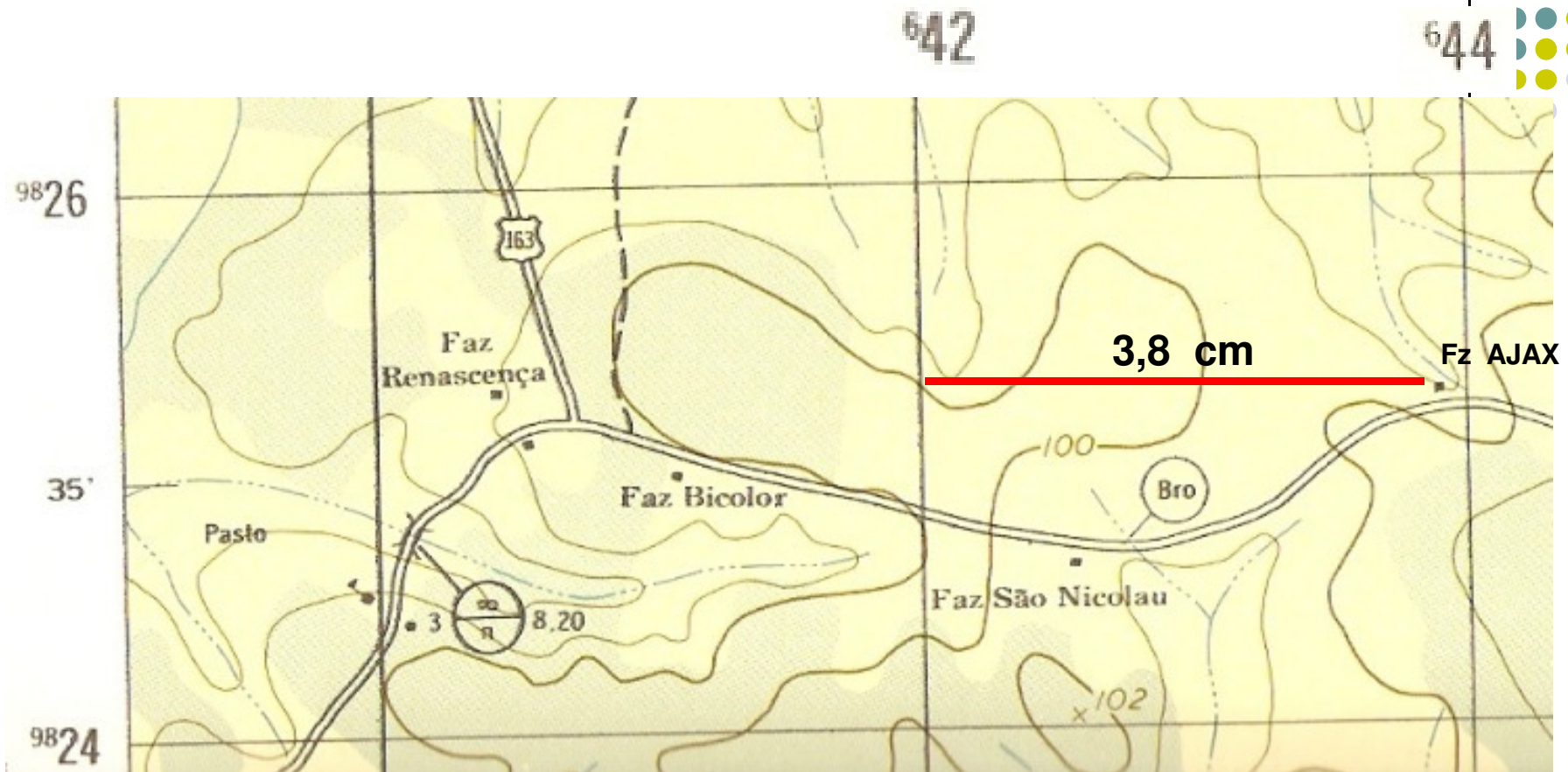
COORDENADAS UTM:

- *Fz AJAX* \Rightarrow E = 643 900 e N = 9 825 225
- *Ig Iça c/ Ig Ferreira* \Rightarrow E = 642 650 e N = 9 827 275

COORDENADAS GEOGRÁFICAS:

- *Ig Belo c/ Ig Ferreira* \Rightarrow Lamb = 55° 41' 56" w e FI = 1° 33' 51" s

IDENTIFICAR NO MAPA: Fz AJAX E = 643 900 e N = 9 825 225



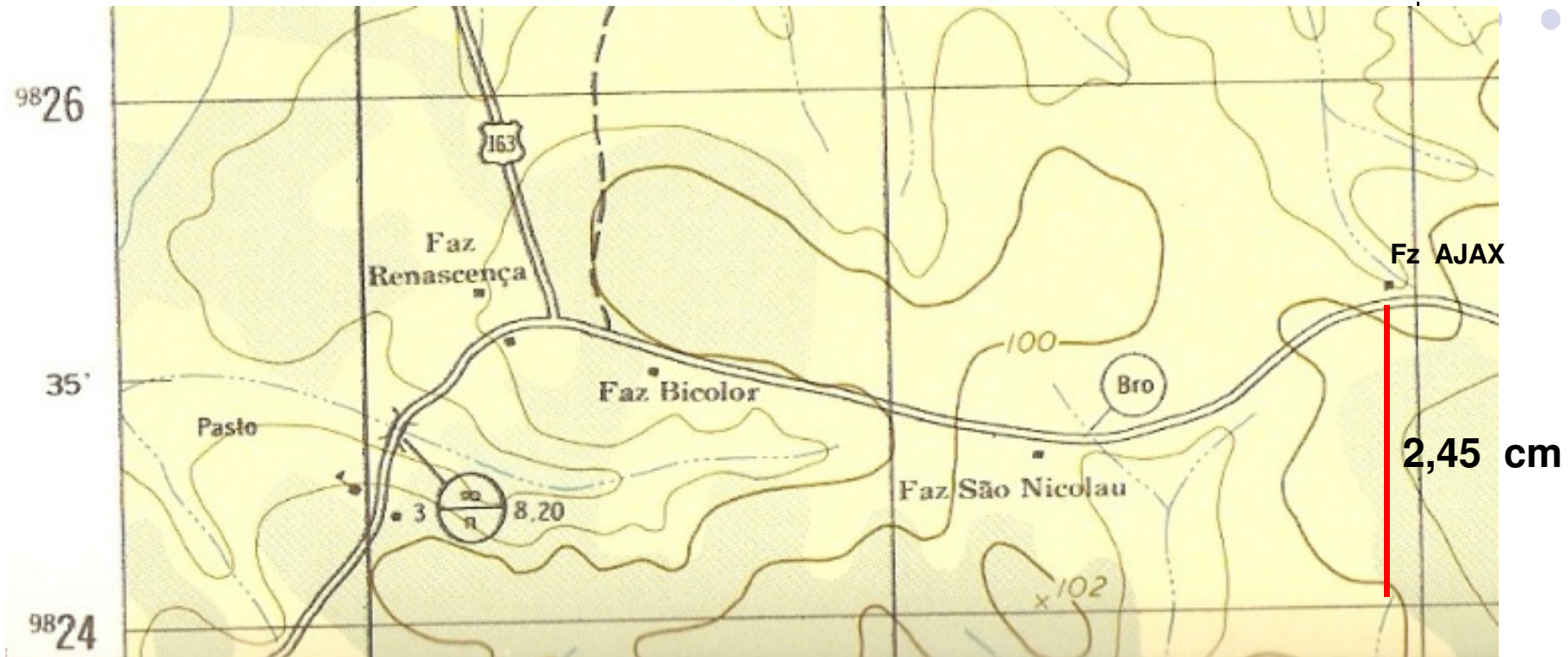
$$X = 643\,900 - 642\,000 \Rightarrow X = 1\,900 \text{ ou } X = 3,80 \text{ cm}$$

IDENTIFICAR NO MAPA: Fz AJAX E = 643 900 e N = 9 825 225



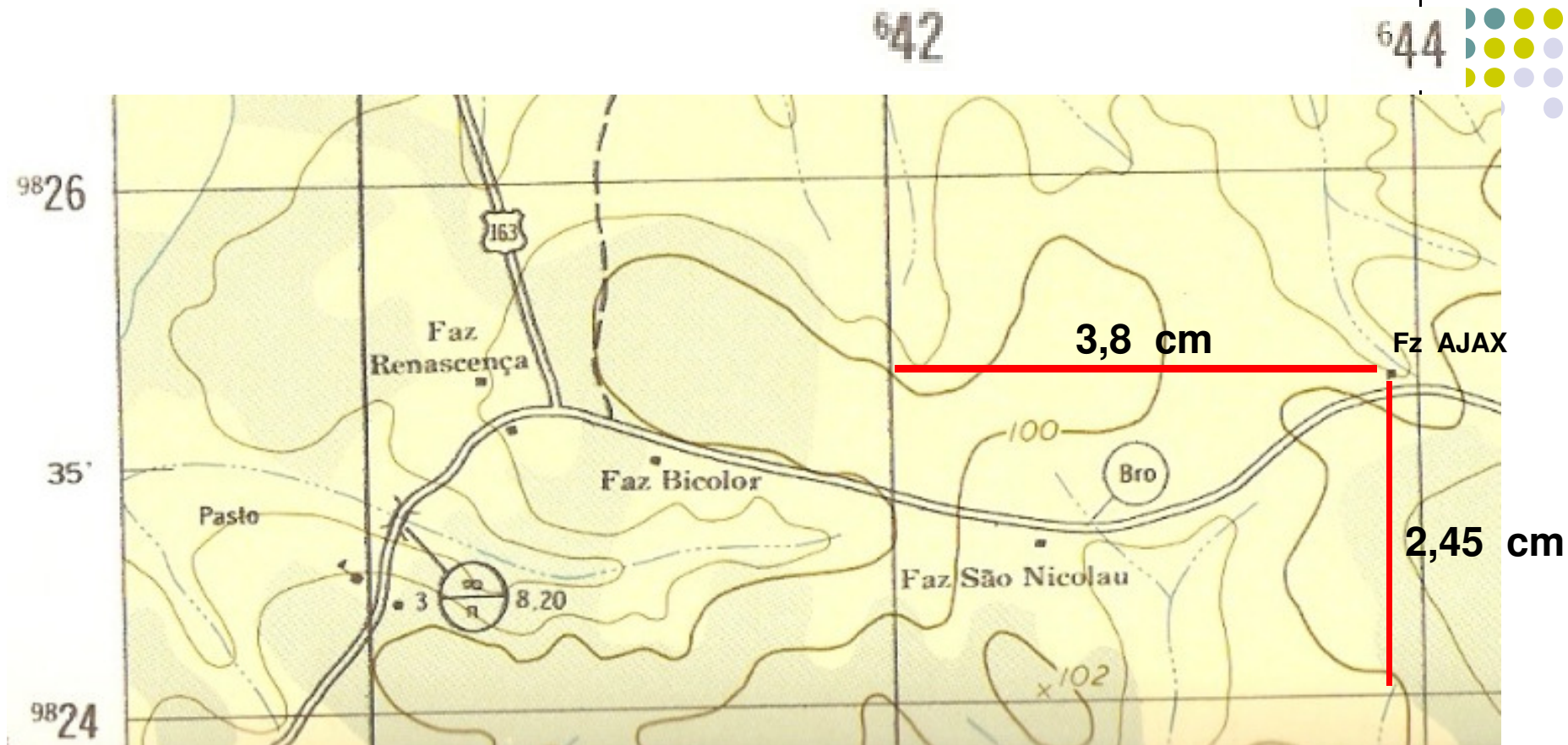
642

644



$$Y = 9\ 825\ 225 - 9\ 824\ 000 \Rightarrow Y = 1\ 225 \text{ ou } Y = 2,45 \text{ cm}$$

IDENTIFICAR NO MAPA: Fz AJAX E = 643 900 e N = 9 825 225



$$X = 643\ 900 - 642\ 000 \Rightarrow X = 1\ 900 \text{ ou } X = 3,80 \text{ cm}$$

$$Y = 9\ 825\ 225 - 9\ 824\ 000 \Rightarrow Y = 1\ 225 \text{ ou } Y = 2,45 \text{ cm}$$

IDENTIFICAR: Ig Belo c/ Ig Ferreira $\lambda = 55^\circ 41' 56''\text{w}$ e $\varphi = 1^\circ 33' 51''\text{s}$



Identificando a Longitude = (λ):

Em referência à linha $40' = 55^\circ 41' 56'' - 55^\circ 40' \Rightarrow \text{Ref}(\lambda) = 1' 56''$

Transformando os segundos em minutos, teremos:

$$56'' / 60' = 0,9333 \text{ ou } \text{Ref}(\lambda) = 1,9333'$$

Se: **18,4 cm** \Rightarrow **5'**

Então: $X_\lambda \Rightarrow 1,9333'$ ou $X_\lambda = 7,2 \text{ cm}$ contado da linha dos $40'$ p/ esquerda

Identificando a Latitude = (φ):

Em referência à linha $1^\circ 30' = 1^\circ 33' 51'' - 1^\circ 30' \Rightarrow \text{Ref}(\varphi) = 3' 51''$

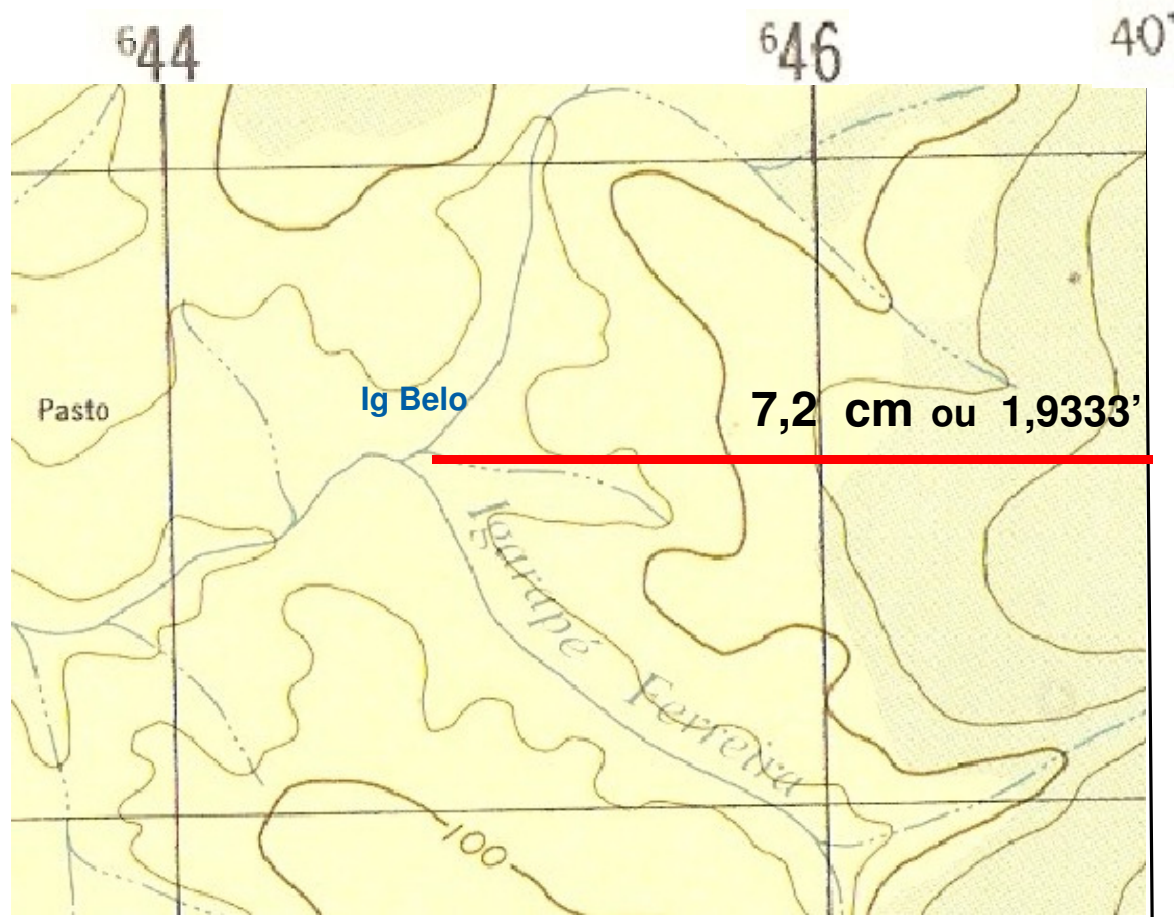
Transformando os segundos em minutos, teremos:

$$51'' / 60' = 0,85' \text{ ou } \text{Ref}(\varphi) = 3,85'$$

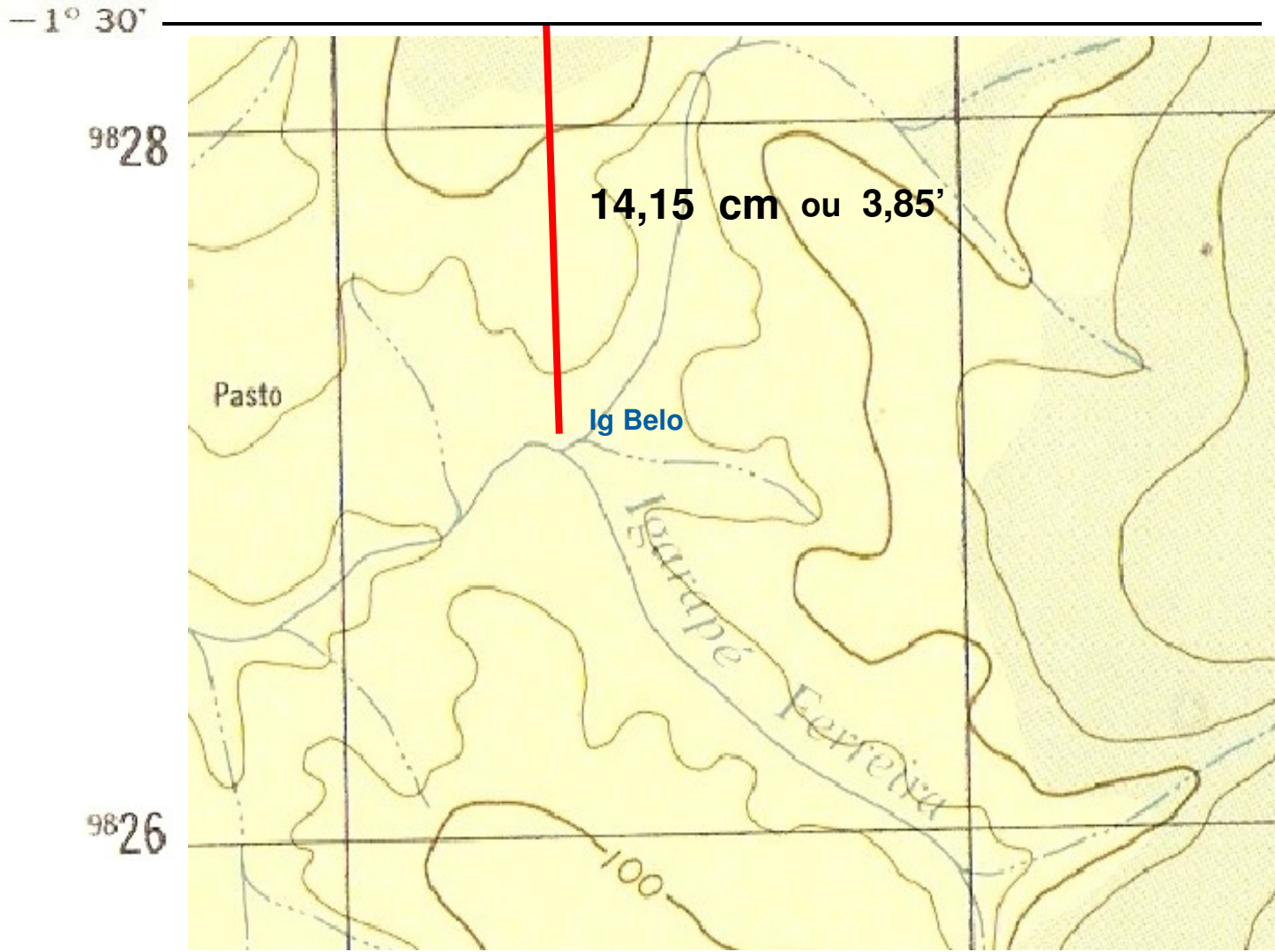
Se: **18,4 cm** \Rightarrow **5'**

Então: $Y_\varphi \Rightarrow 3,85'$ ou $Y_\varphi = 14,15 \text{ cm}$ contado da linha do $- 1^\circ 30'$ p/ baixo

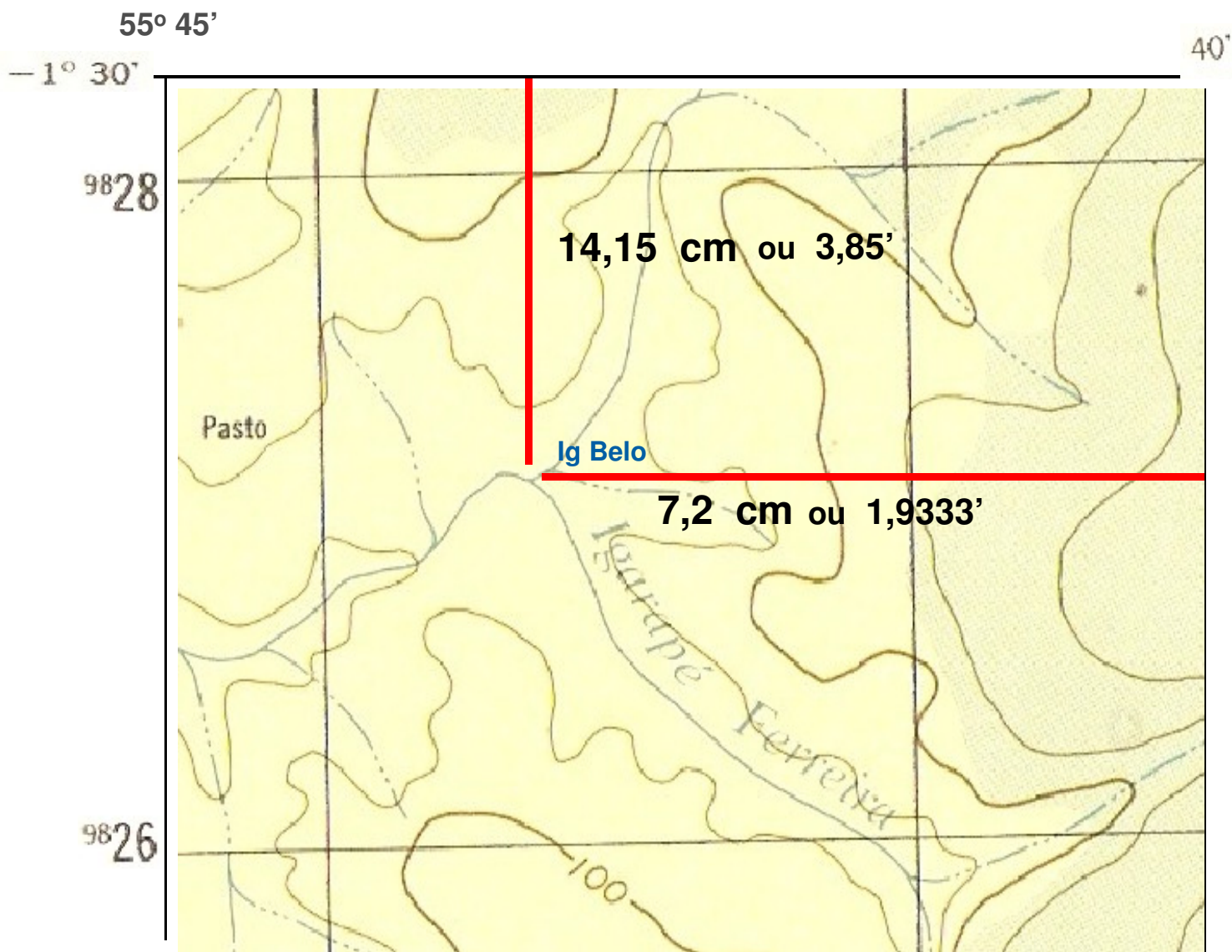
IDENTIFICAR: *Ig Belo c/ Ig Ferreira* $\lambda = 55^{\circ} 41' 56''w$ e $\phi = 1^{\circ} 33' 51''s$



IDENTIFICAR: *Ig Belo c/ Ig Ferreira* $\lambda = 55^{\circ} 41' 56''w$ e $\phi = 1^{\circ} 33' 51''s$



IDENTIFICAR: *Ig Belo c/ Ig Ferreira* $\lambda = 55^{\circ} 41' 56''\text{w}$ e $\phi = 1^{\circ} 33' 51''\text{s}$



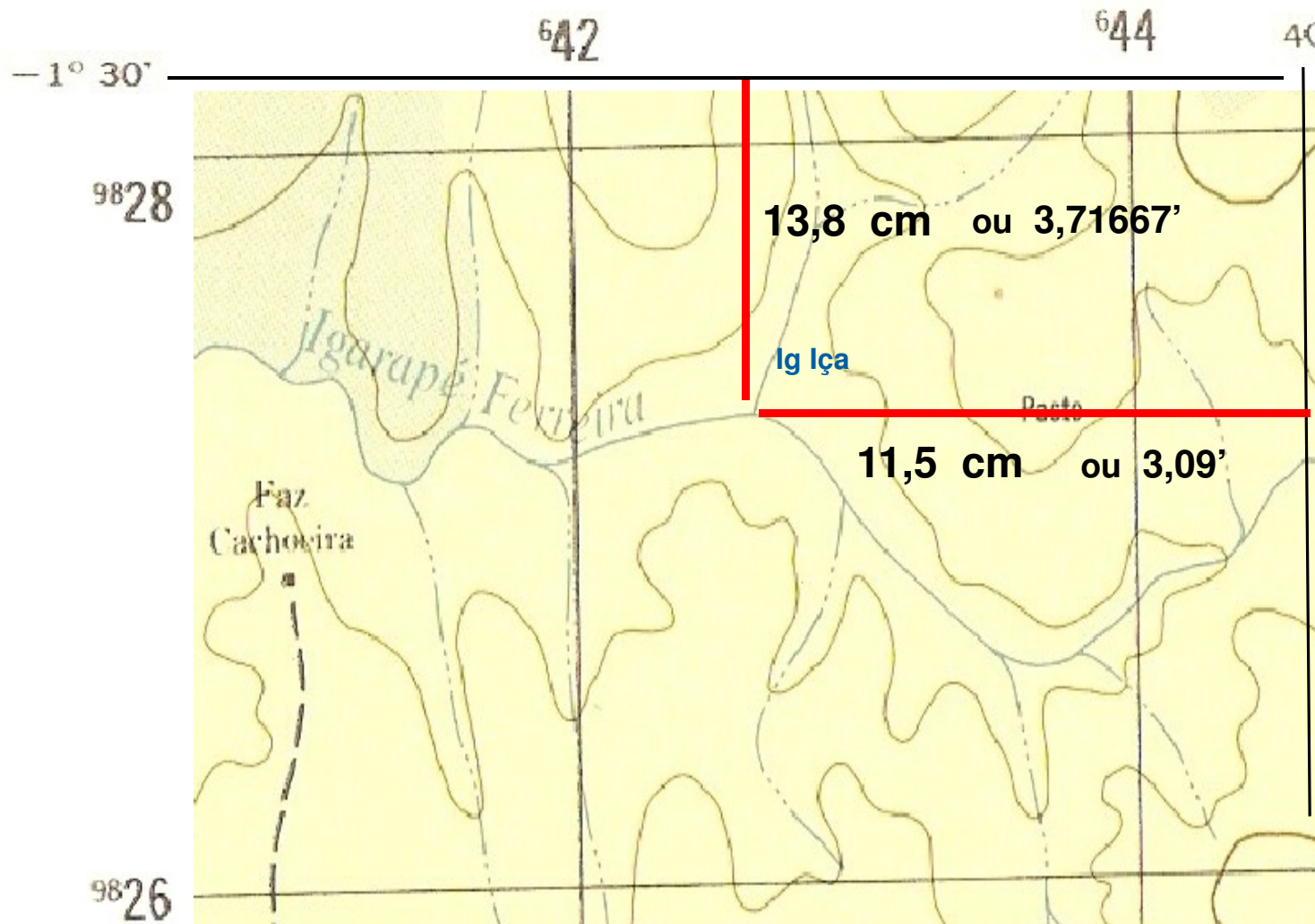
IDENTIFICAR NO MAPA o PONTO:



COORDENADAS GEOGRÁFICAS:

- *Ig Iça c/ Ig Ferreira* ⇒ $\text{Lamb} = 55^{\circ} 43' 05,4'' \text{ w}$ e $\text{Fl} = 1^{\circ} 33' 43'' \text{ s}$

IDENTIFICAR: *Ig Iça c/ Ig Ferreira* $\lambda = 55^{\circ} 43' 05,4''w$ e $\varphi = 1^{\circ} 33' 43''s$



$$X_{\lambda} = 55^{\circ} 43' 05,4'' - 55^{\circ} 40' 00'' \Rightarrow 3,09' \text{ ou } 11,5 \text{ cm} \quad (\text{para a relação } 5' \Rightarrow 18,6 \text{ cm})$$

$$Y_{\varphi} = 1^{\circ} 33' 43'' - 1^{\circ} 30' 00'' \Rightarrow 3,71667' \text{ ou } 13,8 \text{ cm} \quad (\text{para a relação } 5' \Rightarrow 18,5 \text{ cm})$$



F I M