

Fol  
03384

I CURSO SOBRE MANEJO DE SOLO E ÁGUA  
EM PROPRIEDADES AGRÍCOLAS DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO  
PERÍODO: 4 a 29 de outubro de 1982

REGULARIZAÇÃO DE TERRAS POR EMPARELHAMENTO  
E  
SISTEMATIZAÇÃO DE TERRAS PELOS MÉTODOS DOS  
MOMENTOS DIFERENCIAIS E DO CENTROIDE PARA IRRIGAÇÃO

Manoel Vieira de França

*Manoel Vieira de França*

1982  
Petrolina, PE.

49110



CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO

C P A T S A

REGULARIZAÇÃO DE TERRAS POR EMPARELHAMENTO  
E  
SISTEMATIZAÇÃO DE TERRAS PELOS MÉTODOS DOS  
MOMENTOS DIFERENCIAIS E DO CENTROIDE PARA IRRIGAÇÃO<sup>1</sup>

Manoel Vieira de França<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup>Trabalho elaborado para o I Curso de Manejo de Solo e Água em propriedades agrícolas do Trópico Semi-Árido Brasileiro.

<sup>2</sup>Graduando do Curso de Agronomia da Faculdade de Agronomia do Médio São Francisco, Juazeiro-BA.

Este trabalho é destinado a técnicos de qualquer nível, com a finalidade de facilitar e objetivar sua atuação na sistematização de terras, na pequena e média irrigação.

## SISTEMATIZAÇÃO DO SOLO

### 1 - Objetivo

Tornar a superfície irregular de um solo em pendentes uniformes em uma ou duas direções, a fim de que resulte uma melhor eficiência na aplicação da água na irrigação e que não venha prejudicar a fertilidade natural do mesmo. Um trabalho de sistematização bem executado traz sem dúvida as seguintes vantagens:

- a) Permite um controle mais eficiente da água e uma distribuição uniforme.
- b) Evita a erosão do solo e a perda da fertilidade tendo em vista o melhor controle da água.
- c) Melhora a eficiência de irrigação, onde se pode irrigar uma maior área com menor disponibilidade de água.
- d) Facilita a mecanização agrícola procedendo um trabalho mais eficiente e com mais rentabilidade.
- e) Proporciona uma melhor drenagem superficial para as áreas de regiões úmidas.

### 2 - Graus de Sistematização

Saber distinguir os graus de sistematização é muito importante. Sendo uma técnica bastante onerosa, deve-se adaptar a mesma ao método conveniente para que assim se evite aplicar erroneamente um grau de sistematização onde não é conveniente, causando assim danos ao solo como também altos custos na operação. Podemos citar três graus de sistematização:

2.1. Sistematização de 1º grau - são lotes com topografia quase regular que com duas ou três passadas de patrol pode se obter uma superfície adequada à irrigação.

2.2. Sistematização do 2º grau - São lotes que apresentam uma micro topografia bem destinada com pequenas áreas, mas com alturas a considerar onde se torna necessário o emprego de máquinas pesadas para eliminar os acidentes e logo depois com duas ou três passadas de patrol pode-se obter uma superfície adequada à irrigação.

2.3. Sistematização do 3º grau - São lotes que apresentam topografia irregular, onde requer um movimento maior da terra, com uma regular espessura de corte, onde se torna necessário os cálculos de corte e aterro, obtendo-se assim uma superfície que assegura um correto traçado de irrigação.

### 3 - REGULARIZAÇÃO POR EMPARELHAMENTO:

Para o primeiro e segundo graus, onde somente com duas ou três passadas de plaina podemos adequar a superfície à irrigação e para melhor desempenho das máquinas e um perfeito nivelamento, podemos lançar mão do método de regularização por emparelhamento, método peruano, introduzido no Brasil, trazido em primeira mão para a cidade de Juazeiro-BA com o nome de Sistematização de Terras por emparelhadura através do técnico em irrigação, Dr. MATUTE do IICA no ano de 1976.

Este método que no Peru é chamado de Sistematização, é para nós uma regularização orientada, não sendo necessário cálculos para sua execução, é objetivo e atinge ao que se propõe com um custo de até quatro vezes menor do que nos métodos de sistematização de 3º grau.

#### 3.1. Vantagens da regularização por emparelhamento, segundo MATUTE (1976).

a) Respeito a topografia geral do terreno, suas atividades, grandes depressões, ondulações pronunciadas, etc.

b) Exige menor movimento de material do solo fértil, sobretudo naqueles de pouca profundidade com escassos horizontes agrícolas.

c) Evita grandes cortes e consequentemente grandes aterros.

d) Possibilita o transporte de material a curtas distâncias.

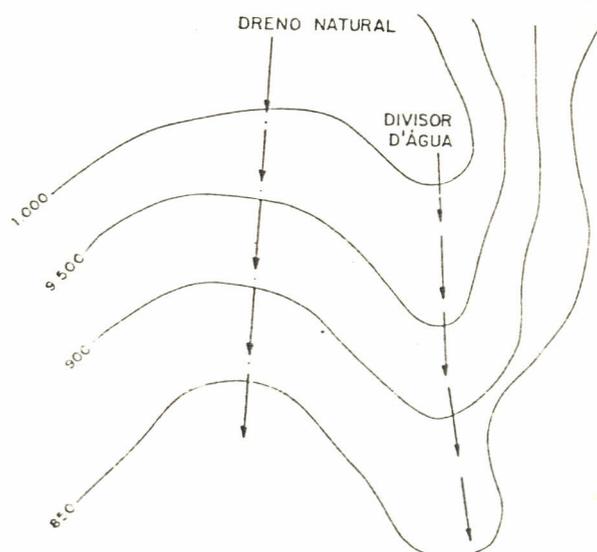
- e) Basicamente não possui fatores limitantes.
- f) Emprego de máquinas simples e de fácil manejo.
- g) Proporciona custos relativamente baixos.
- h) Pode ser empregado a maioria das culturas que se planta. em linhas.

Para que se tenha uma boa eficiência deste método, é necessário que:

- a) Tenhamos um pessoal técnico especializado
- b) Utilizemos máquinas adequadas e façamos a capacitação prévia da equipe de topografia e de operadores de máquinas.
- c) O agricultor tenha conhecimento do sistema de irrigação por sulco.

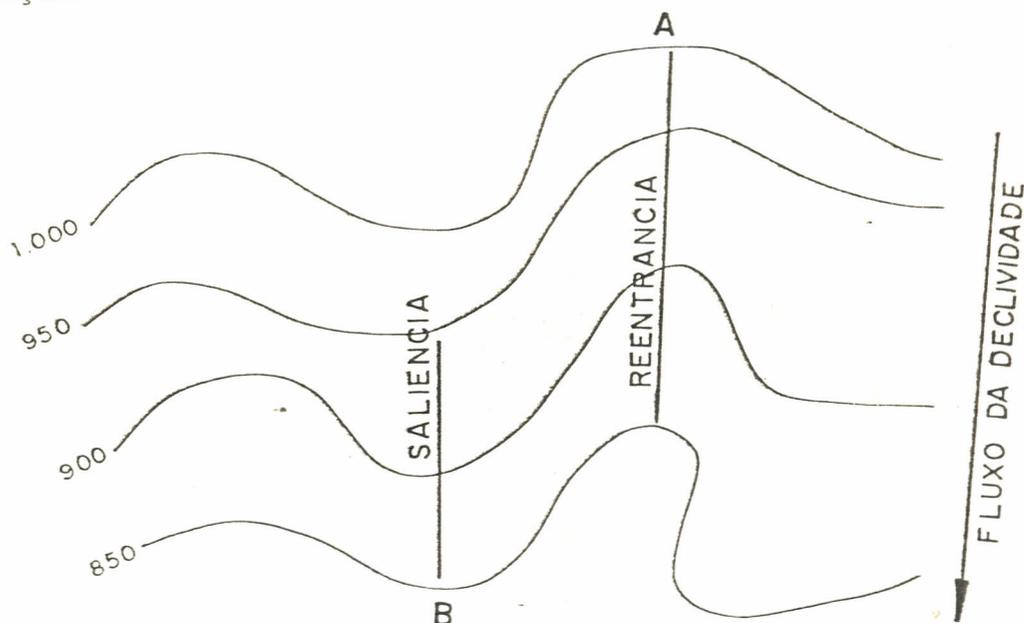
3.2. Processos dos Trabalhos - Quando pretendemos regularizar áreas grandes como por exemplo 100 ha, convém se fazer um levantamento altimétrico da área, apoiado em quadrículas de 20 x 20 ou 50 x 50, dependendo da declividade e da micro topografia existente. Esse levantamento serve para que de posse do mapa altimétrico possamos delinear o sistema de irrigação com subdivisão de campos ou lotes como também o sentido do movimento de terra das áreas de cortes para as de aterro.

O levantamento topográfico das zonas a serem niveladas devem ser feitos com bastante critério, visando o delineamento de irrigação e da drenagem. Havendo assim a necessidade de levantar todos os pontos notáveis ou seja, os pontos estratégicos, tais como: as partes altas que mostram por natureza os divisores de água e as baixas que representam os drenos naturais conforme figura abaixo.



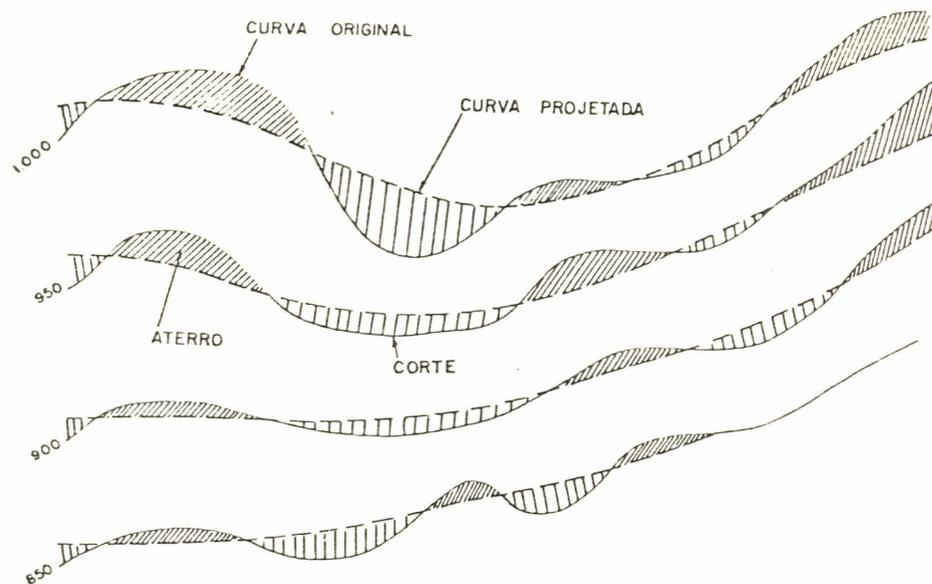
Os divisores de água por se localizarem nos pontos mais altos do terreno, tornam-se locais estratégicos à localização dos canais como as depressões servem bem à localização dos drenos.

De posse do mapa já delineado, ou seja, com todo sistema de irrigação e drenagem, traçaremos no mesmo, todo movimento de terra inclusive seu sentido. Porém, para isso, como interpretamos os divisores de água e os drenos naturais, também teremos que interpretar e marcar no mapa altimétrico os cortes e aterros, por uma simples interpretação altimétrica, sem especificar a espessura dos mesmos. Observando a figura a seguir verificamos que: sendo o fluxo da declividade no sentido AB, ou seja, de uma curva de nível de um valor maior para uma de valor menor, quando a curva de nível forma uma reentrância em busca de "A", é porque ali existe uma depressão, quer dizer que ali havia uma baixada e para se encontrar os pontos de mesmo nível, só foi possível contornando aquela depressão. Quando a curva de nível forma uma saliência em busca de "B", ali se caracteriza uma elevação que para encontrar os pontos de mesmo nível só foi possível contornando aquela elevação.



Fica assim caracterizado as zonas de cortes representadas por "B" e as de aterro representadas por "A" e para maior visualização poderemos usar simbologias diferentes para ambos, ficando a critério do projetista, podendo ser com tintas de cores diferentes, hachuras, etc.

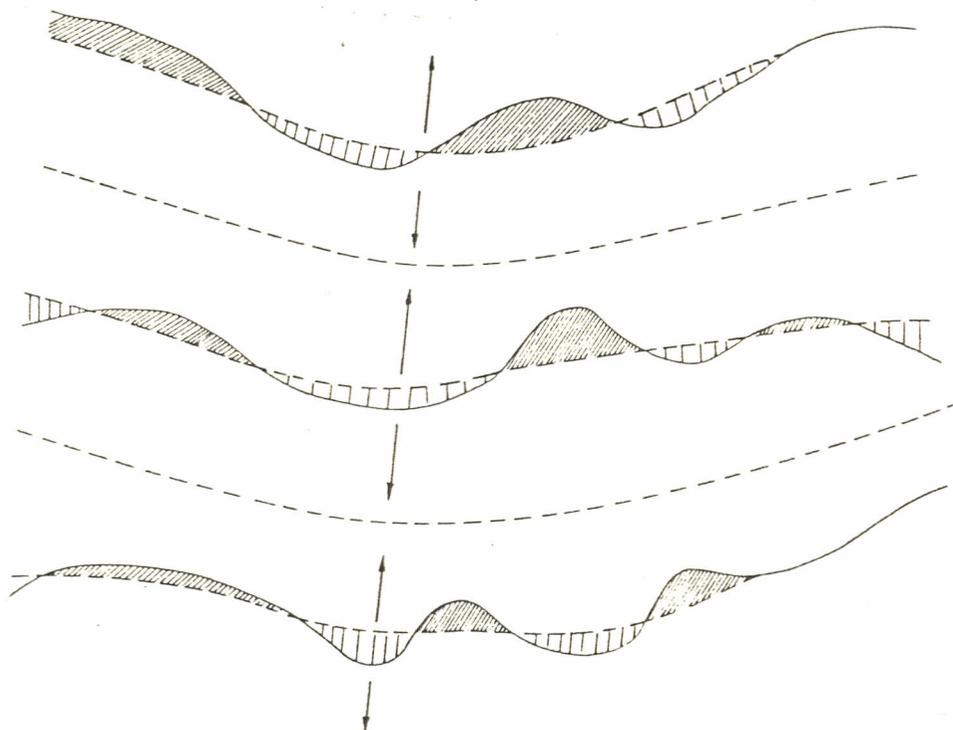
O método de regularização por emparelhamento consiste em tornar uma superfície irregular numa outra regularizada, ou seja transformar uma curva distonante com reentrâncias e saliências bruscas em curvas mais intonas das mais harmoniosas, bem aparelhadas, amigáveis uma da outra, ficando a parte que distonava a curva com um corte ou um aterro, como mostra o exemplo abaixo:



Quando a curva projetada passa abaixo da distância representa uma área de aterro e quando passa acima representa uma área de corte.

3.3. Execução no Campo - Depois do terreno arado, gradeado e pranchado, traça-se no campo as curvas de nível com distância de 0,25 m dependendo da topografia, contanto que a distância horizontal mínima entre curvas fique em torno de 20m e a máxima nunca exceda de 50m para que haja uma melhor atuação da motoniveladora. Traçadas as curvas de nível do terreno, passamos a marcar a curva desejada, ou seja, a curva projetada eliminando as distâncias que pretendemos, tendo-se o cuidado de marcar as estacas dessa nova curva com qualquer distintivo a fim de não confundir uma curva com a outra.

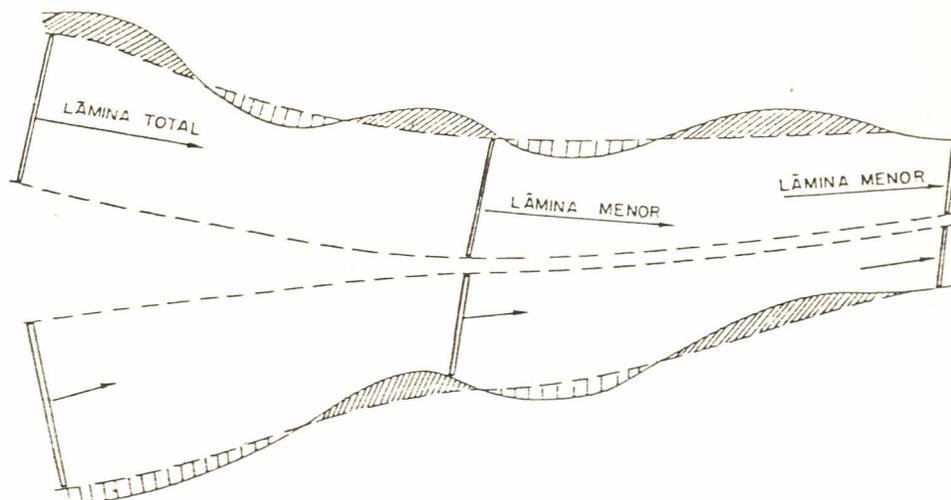
Depois da primeira plataforma pronta, passa a motoniveladora para a segunda plataforma a fim de proceder a mesma operação, depois para as seguintes até a última, deixando assim todas as plataformas em nível. Depois se procede o fechamento de uma plataforma à outra, tendo como gabarito as plataformas já niveladas, sendo que cada plataforma tem uma influência de 50% para cada lado. Ver figura a abaixo:



Quando as curvas de nível convergem ou divergem ao longo de sua trajetória, o fechamento entre plataforma obedece o seguinte critério:

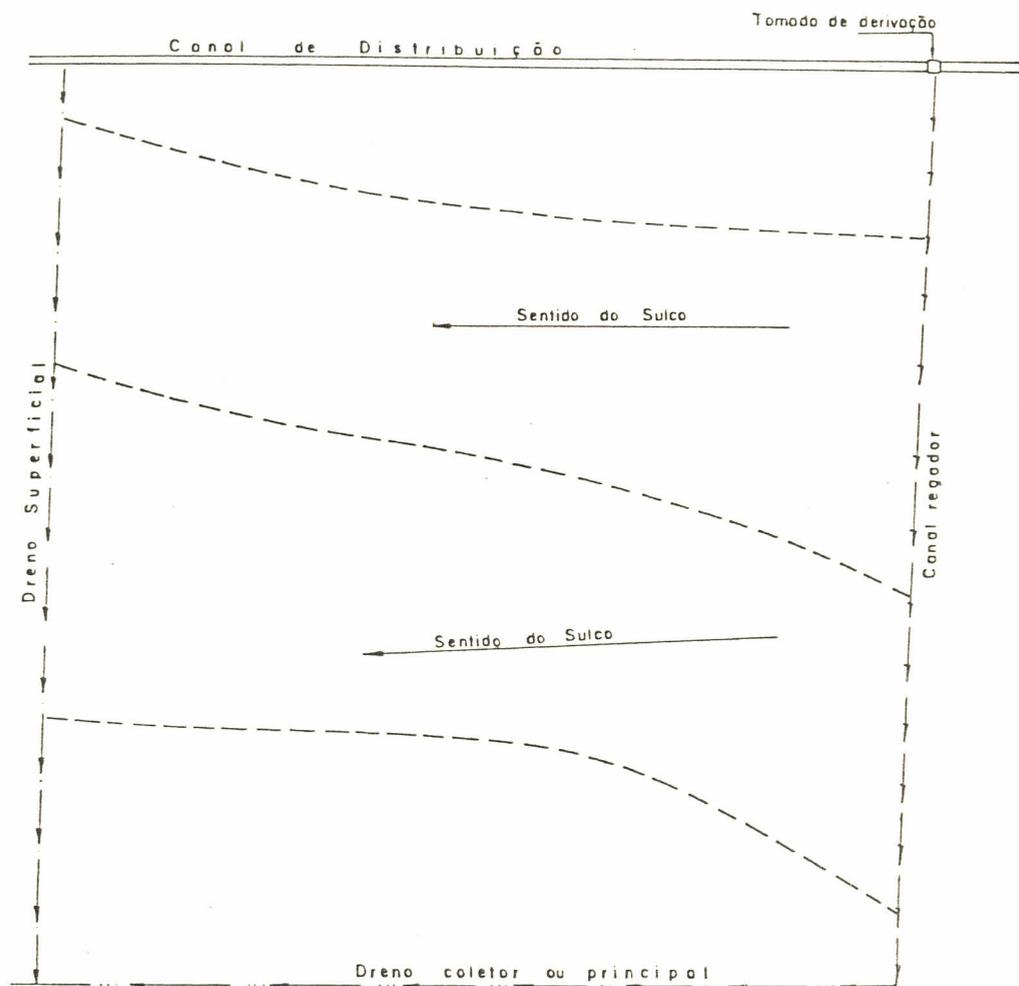
Quando converge, quer dizer que no início o terreno é mais plano e no final é mais íngreme, tendo a motoniveladora de começar o trabalho com a lâmina toda e chegar no final com metade ou um quarto da lâmina.

Quando diverge, quer dizer que no início o terreno é mais íngreme e no final é mais amplo, tendo a motoniveladora que começar o trabalho com metade ou quatro de lâmina e chegar no final com lâmina toda. Ver o exemplo abaixo.



Terminado o fechamento conforme recomendações, fica a área regularizada, porém deve-se dar um acabamento geral acompanhando o rastro da motoniveladora.

3.5. Materialização do Delineamento - Tendo já a área regularizada, procede-se então a marcação e execução imediata dos canais principais, regadores, drenos superficiais, coletores e vias de acesso. Aproveitando a própria motoniveladora para cobertura dos mesmos, usando movimentos horizontais, verticais e giros de inclinação que se aplica na abertura de canais, drenos e estradas de encostas. Ver figura a seguir.



Os sulcos de plantio podem ser retos desde que se faça um câmbio no seu sentido, quando o sentido anterior não satisfizer a declividade desejada. Como também podem ser feitos em contorno, obtendo dessa maneira um con-

torno mais perfeito pelo fato da regularização de área.

A regularização por emparelhamento para pequenas áreas dispensa o prévio levantamento altimétrico, podendo o técnico já traçar direto no campo as curvas de nível, programar a curva desejada e proceder de imediato o movimento de terra com a motoniveladora e a execução do delineamento.

#### 4 - Sistematização de Terceiro Grau

Sistematização de 3º grau como já foi citado no início desta apostila, implica numa série de dados a ser levantados como:

4.1. Solos - Identificar o tipo de textura, profundidade, velocidade de infiltração e fertilidade, para que, ao se projetar a sistematização não venha modificar a fertilidade do solo quando processados os cortes.

A matéria orgânica não é fator limitante na sistematização, ficando as zonas de cortes com uma especial atenção e cuidados na ocasião de fertilização, Brandão (1972).

4.2. Clima - Nas zonas áridas deve-se sistematizar o solo para que se tenha uma distribuição uniforme da água de irrigação evitando assim grandes perdas, aumentando a eficiência de irrigação. Nas zonas de altas pluviosidades, a prática da sistematização serve bem para melhorar a drenagem do solo e evitar a erosão por escoamento superficial, Brandão (1972).

4.3. Topografia - As condições topográficas da área a sistematizar é de grande importância nas áreas agrícolas, convém adotar-se uma classificação levando-se em conta os acidentes do relevo do solo. Por isso as pendentes do plano resultante devem ficar compreendidas dentro de limites práticos para o tipo de irrigação que se vai explorar e de acordo com o tipo de solo.

4.4. Cultivos - De acordo com o tipo de cultivo a ser implantado na área a ser sistematizada, é que se escolhe o tipo de irrigação a ser empregada, podendo, assim dar uma idéia do grau de sistematização a ser adotado. A implantação de culturas nobres, ou seja, aquelas de alta rentabilidade, pagam bem uma sistematização de 3º grau.

4.5. Tradição agrícola - As práticas agrícolas de agricultores da região, devem ser estudadas para que se faça um projeto que venha aperfeiçoar ainda mais os conhecimentos agrícolas da região, não chocando por inteiro uma tradição já existente.

## 5 - Trabalhos de Preparação

Antes de se tomar os dados topográficos, com o objetivo de determinar o grau de sistematização, deve-se dividir o lote em áreas com mesmas pendentes a fim de se ter o delineamento de irrigação e de se executar a própria sistematização. É necessário preparar adequadamente o terreno para tomada de dados. É de se salientar que todo campo ou lote deve ser traçado como uma unidade de trabalho e não se executar tarefas em áreas isoladas de campo. Pois, uma vez obtido os dados topográficos nessas áreas, podem surgir dúvidas sobre a continuidade dentro do mesmo campo, das curvas de nível obtidas na porção estudada e, portanto, dificultar um bom traçado para a irrigação parcelária ou encarecer os serviços ao se fazer uma sistematização inadequada.

Os trabalhos de preparação consistem em:

5.1. Desmatamento e Limpa - Deve-se proceder ao desmatamento do campo com o fim de eliminar a vegetação existente, ou, somente eliminar os cultivos anteriores. No caso do produto dessa limpa não possa ser incorporada ao solo, mediante uma simples aração ou gradagem, se procederá a junta e queima do produto da limpa.

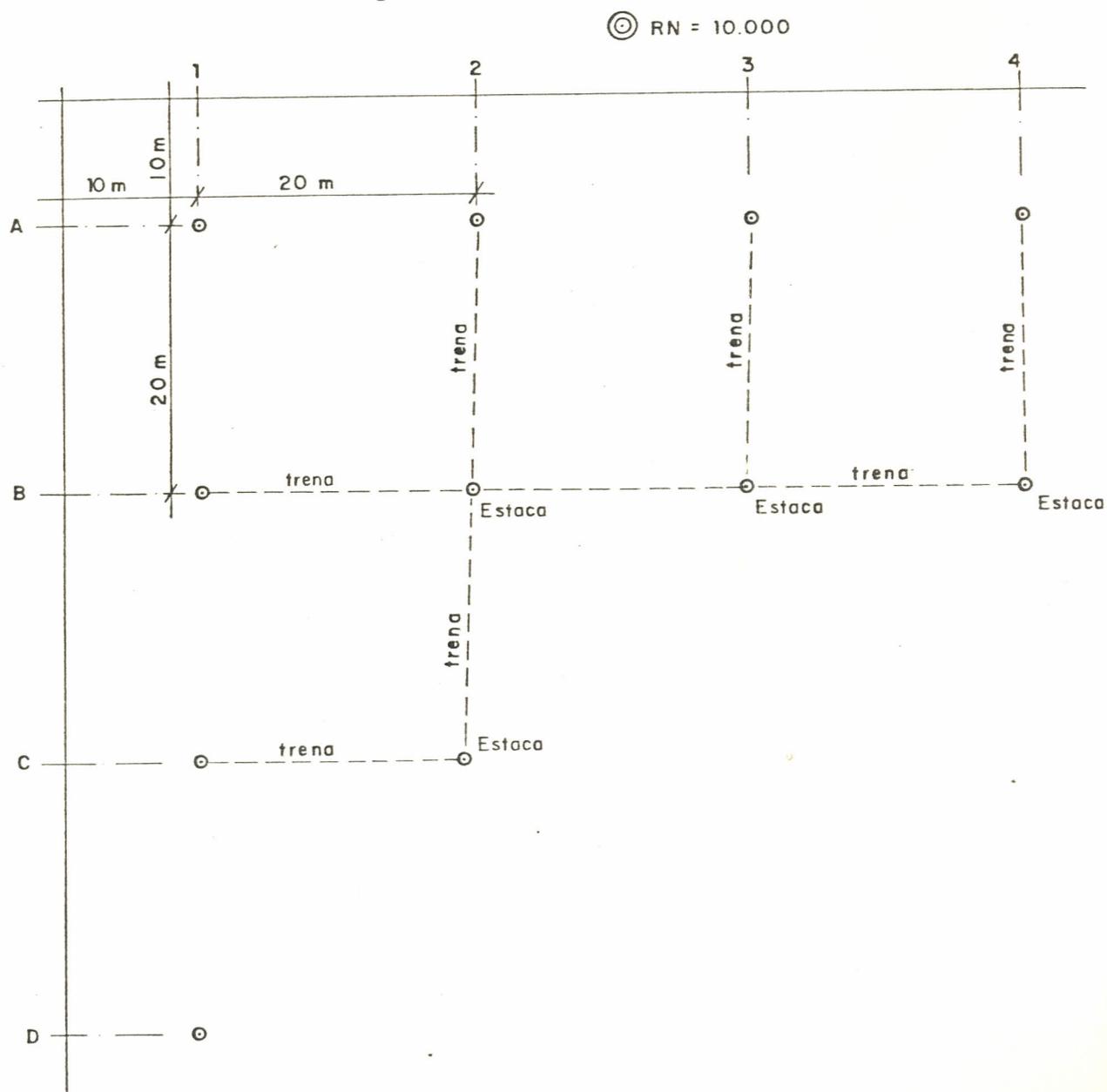
5.2. Aração e Gradagem - Procedese um passo de aração e outro de gradagem para que facilite posteriormente os trabalhos de movimento de terra.

5.3. Passos de Niveladora - Deverão ser dados um ou dois passos de niveladora, a critério do técnico, em toda superfície. Uma recomendação de importância e que deve obrigar o operador a cumpri-la, é que uma vez fixado o corte de lâmina, não deverá variar a altura do corte até que se tenha terminado de passar a niveladora em todo lote.

5.4. Topografia - Uma vez que se tem o terreno preparado, conforme já foi descrito, procede-se a coleta de dados topográficos conforme descrição seguinte:

5.4.1. Deverão ser traçadas duas linhas básicas perpendiculares entre si, a fim de ser delimitada a superfície por sistematizar. Estas linhas deverão ser estaqueadas em espaços pré-estabelecidos (20, 25 ou 30 m), sendo que a primeira estaca deverá ficar a meio espaço da linha básica. Deverá ser colocada referência de nível (RN) em local seguro e ímútável.

5.4.2. Para identificação dos pontos onde deverão ser obtidos os dados topográficos, quadricula-se o terreno colocando-se uma estaca nos vértices das quadriculas, representando as abscissas por número e as ordenadas por letras ou vice-versa. Ver Figura a abaixo.



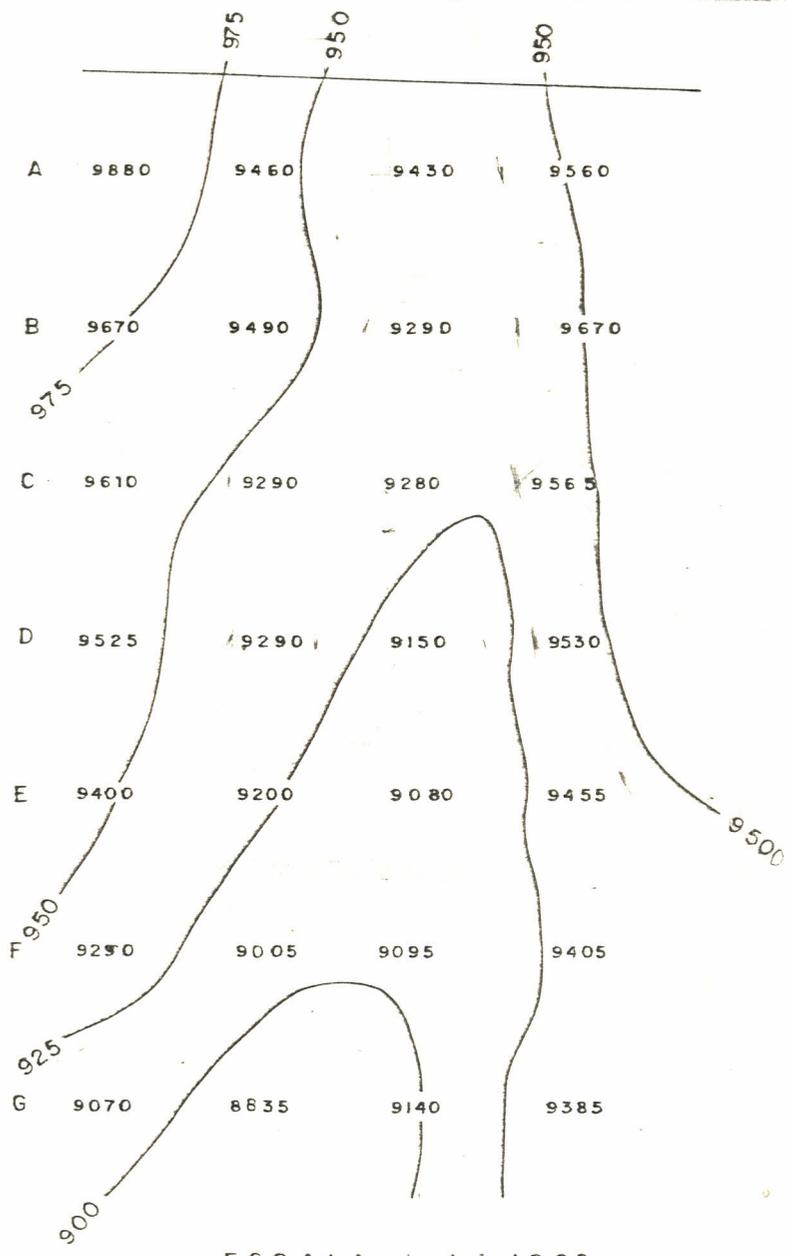
Após a marcação das duas linhas perpendiculares entre si, se procede a marcação do restante da área usando-se duas trenas de comprimento igual ao espaçamento, cuja interseção nos dará a localização da estaca seguinte até o fechamento total da área, conforme a figura anterior.

## CADERNETA DE NIVELAMENTO TOPOGRÁFICO

ESTACAS	V I S A D A S		ALTURA DO INSTRUMENTO.	COTA OU ALTITUDE	OBSERVAÇÕES
	RÉ	VANTE			
RN	0410		10.410	10.000	O RN está localizado próximo da estaca A <sub>2</sub>
A <sub>1</sub>		0530		9.880	
2		0950		9.460	
3		0980		9.430	
4		0850		9.560	
B <sub>1</sub>		0740		9.670	
2		0920		9.490	
3		1120		9.290	
4		0740		9.670	
C <sub>1</sub>		0800		9.610	
2		1120		9.290	
3		1130		9.280	
4		0845		9.565	
D <sub>1</sub>		0885		9.525	
2		1120		9.290	
3		1260		9.150	
4		0880		9.530	
E <sub>1</sub>		1010		9.400	
2		1210		9.200	
3		1330		9.080	
4		0955		9.455	
F <sub>1</sub>		1120		9.290	
2		1405		9.005	
3		1315		9.095	
4		1005		9.405	
G <sub>1</sub>		1340		9.070	
2		1575		8.835	
3		1270		9.140	
4		1025		9.385	

5.5. Cálculo e Projeto - Uma vez calculada as cotas dos vértices das quadriculas, providencia-se a planta do lote traçando-se as curvas de nível, com equidistâncias de 20 ou 25 cm.

PLANTA DA ÁREA



ESCALA : 1 : 1000

NIVELAMENTO DE TERRENO PARA IRRIGAÇÃO = MÉTODOS DOS MOMENTOS DIFERENCIAIS = TABELA DOS FATORES. comprimento do campo em estações.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0,5	2	5	10	17,5	26	42	60	82,5	110	143	182	227,5	280	340
2	1,0	4	10	20	35,0	56	84	120	165,0	220	286	364	455,0	560	680
3	1,5	6	15	30	52,5	84	126	180	247,5	330	429	546	682,5	840	1.020
4	2,0	8	20	40	70,0	112	168	240	330,0	440	572	728	910,0	1.120	1.360
5	2,5	10	25	50	87,5	140	210	300	412,5	550	718	910	1.137,5	1.400	1.700
6	3,0	12	30	60	105,0	168	252	360	495,0	660	858	1.092	1.365,0	1.680	2.040
7	3,5	14	35	70	122,5	196	294	420	577,5	770	1001	1.274	1.592,5	1.960	2.380
8	4,0	16	40	80	140,0	224	336	480	660,0	880	1144	1.456	1.820,0	2.240	2.720
9	4,5	18	45	90	155,5	252	378	540	742,5	990	1287	1.638	2.047,5	2.520	3.060
10	5,0	20	50	100	175,0	280	420	600	825,0	1.100	1430	1.820	2.275,0	2.800	3.400
11	5,5	22	55	110	192,5	308	462	660	907,5	1.210	1573	2.002	2.502,5	3.080	3.704
12	6,0	24	60	120	210,0	336	504	720	990,0	1.320	1716	2.184	2.730,0	3.360	4.080
13	6,5	26	65	130	227,5	364	546	780	1.072,5	1.430	1859	2.366	2.957,5	3.640	4.420
14	7,0	28	70	140	245,0	392	588	840	1.155,0	1.540	2002	2.548	3.185,0	3.920	4.760
15	7,5	30	75	150	262,5	420	630	900	1.237,5	1.650	2145	2.730	3.412,5	4.200	5.100
16	8,0	32	80	160	280,0	448	672	960	1.320,0	1.760	2288	2.912	3.640,0	4.480	5.440
17	8,5	34	85	170	297,5	476	714	1.020	1.402,5	1.870	2431	3.094	3.867,5	4.760	5.780
18	9,0	36	90	180	315,0	504	756	1.080	1.485,0	1.980	2574	3.276	4.095,0	5.040	6.120
19	9,5	38	95	190	332,5	532	798	1.140	1.567,5	2.090	2717	3.458	4.322,5	5.320	6.460
20	10,0	40	100	200	350,0	560	840	1.200	1.650,0	2.200	2860	3.640	4.550,0	5.600	6.800
21	10,5	42	105	210	367,5	588	882	1.260	1.732,5	2.310	3003	3.822	4.777,5	5.880	7.140
22	11,0	44	110	220	385,0	616	924	1.320	1.815,0	2.420	3146	4.004	5.005,0	6.160	7.480
23	11,5	46	115	230	402,5	644	966	1.380	1.897,5	2.530	3289	4.186	5.232,5	6.440	7.820
24	12,0	48	120	240	420,0	672	1.008	1.440	1.980,0	2.640	3432	4.368	5.460,0	6.720	8.160
25	12,5	50	125	250	437,5	700	1.050	1.500	2.062,5	2.750	3575	4.550	5.687,5	7.000	8.500
26	13,0	52	130	260	455,0	728	1.092	1.560	2.145,0	2.860	3718	4.732	5.915,0	7.280	8.840
27	13,5	54	135	270	472,5	756	1.134	1.620	2.227,5	2.970	3861	4.914	6.142,5	7.560	9.180
28	14,0	56	140	280	490,0	784	1.176	1.680	2.310,0	3.080	4004	5.096	6.370,0	7.840	9.520
29	14,5	58	145	290	507,5	812	1.216	1.740	2.392,5	3.190	4147	5.276	6.597,5	8.120	9.860
30	15,0	60	150	300	525,0	840	1.260	1.800	2.475,0	3.300	4290	5.460	6.825,0	8.400	10.200

- CÁLCULO DE SISTEMATIZAÇÃO PELO MÉTODO DOS MOMENTOS DIFERENCIAIS -

- 1º) Nº de colunas  $a = 4$   
 2º) Nº de linhas  $b = 7$   
 3º) Nº de pontos ou estacas  $N = a.b = N. 4 \times 7 = 28$   
 4º) Abcissa do centróide:  $x_a = \frac{a + 1}{2} = \frac{4 + 1}{2} = \frac{5}{2} = 2,5$   
 5º) Ordenada do centróide:  $y_b = \frac{b + 1}{2} = \frac{7 + 1}{2} = \frac{8}{2} = 4$   
 6º) Somatória das alturas:  $\Sigma H = 262.050$   
 7º) Altura média =  $H_m = \frac{\Sigma H}{N} = \frac{262.050}{28} = 9.358,9 \approx 9.359$   
 8º) Somatória dos momentos de "x"

X Col.	Cotas Totais	Distância em Pontos	Momentos
1	66.445	1	66.445
2	64.570	2	129.140
3	64.465	3	193.395
4	66.570	4	266.280
$\Sigma H =$	262.050	$\Sigma M_x =$	655.260

$$\Sigma M_x = 655.260$$

- 9º) Somatória dos momentos de "y"

Y Linha	Cotas Totais	Distância em Pontos	Momentos
A	38.330	1	38.330
B	38.120	2	76.240
C	37.745	3	113.235
D	37.495	4	149.980
E	37.135	5	185.675
F	36.795	6	220.770
G	36.430	7	255.010
$\Sigma H =$	262.050	$\Sigma M_y =$	1.039.240

$$\Sigma M_y = 1.039.240$$

109) Fator de x (tirado da tabela) -  $F_x = 35$

119) Fator de y (tirado da tabela) -  $F_y = 112$

129) Declividade no sentido do eixo dos "x"

Fórmula:

$$x/20 \text{ m} = \frac{\sum M_x - (\sum H \cdot x_a)}{F_x}$$

$$x/20 \text{ m} = \frac{655.260 - (262.050 \times 2,5)}{35} =$$

$$x/20 \text{ m} = \frac{655.260 - 655.125}{35} = \frac{135}{35} = 3,85 \approx 4$$

$$x/20 \text{ m} = 4$$

139) Declividade no sentido do eixo dos "y"

$$y/20 \text{ m} = \frac{\sum M_y - (\sum H \cdot y_b)}{F_y}$$

$$y/20 \text{ m} = \frac{1.039.240 - (262.050 \times 4)}{112}$$

$$y/20 \text{ m} = \frac{1.039.240 - 1.048.200}{112} = \frac{-8.960}{112} = -80$$

$$y/20 \text{ m} = -80$$

149) Determinação da cota inicial

$$A_1 = H_m - [x/20 (x_a - 1)] - [y/20 \text{ m} (y_b - 1)]$$

$$A_1 = 9.359 - [4 (2,5 - 1)] - [-80 (4 - 1)]$$

$$A_1 = 9.359 - [4 \times 1,5] + [-80 \times 3] = 9.593,00$$

ESTACAS Nº	COTA DO TERRENO	DECLIVIDADES		COTA CALCULADA	MOVIMENTO DE TERRA		COTA CORRIGIDA	MOVIMENTO DE TERRA	
		x/20m	y/20m		CORTE	ATERRO		CORTE	ATERRO
A <sub>1</sub>	9.880		-0080	9.593 <sup>0.4</sup>	287 <sup>0.4</sup>		9.583	297	
2	9.460	0004		9.597 <sup>?</sup>		137 <sup>0.4</sup>	9.587		127
3	9.430	0004		9.601		171	9.591		161
4	9.560	0004		9.605		45	9.595		35
B <sub>1</sub>	9.670		-0080	9.513	157		9.503	167	
2	9.490	0004		9.517		27	9.507		17
3	9.290	0004		9.521		231	9.511		221
4	9.670	0004		9.525	145		9.515	155	
C <sub>1</sub>	9.610		-0080	9.433	177		9.423	187	
2	9.290	0004		9.437		147	9.427		137
3	9.280	0004		9.441		161	9.431		151
4	9.565	0004		9.445	120		9.435	130	
D <sub>1</sub>	9.525		-0080	9.353	172		9.343	182	
2	9.290	0004		9.357		67	9.347		57
3	9.150	0004		9.361		211	9.351		201
4	9.530	0004		9.365	165		9.355	175	
E <sub>1</sub>	9.400		-0080	9.273	127		9.263	137	
2	9.200	0004		9.277		77	9.267		67
3	9.080	0004		9.281		201	9.271		191
4	9.455	0004		9.285	170		9.275	180	
F <sub>1</sub>	9.290		-0080	9.193	97		9.183	107	
2	9.005	0004		9.197		192	9.187		182
3	9.095	0004		9.201		106	9.191		96
4	9.405	0004		9.205	200		9.195	210	
G <sub>1</sub>	9.070			9.113		43	9.103		33
2	9.835	0004		9.117		282	9.107		272
3	9.140	0004		9.121		19	9.111	29	
4	9.385	0004		9.125		260	9.115	270	

$$\Sigma c = 2.096 \quad \Sigma a = 2.098$$

$$\Sigma c = 2.226 \quad \Sigma a = 1.948$$

$$\frac{\Sigma c}{\Sigma a} = \frac{2.096}{2.098} = 0,999$$

$$\frac{\Sigma c}{\Sigma a} = \frac{2.226}{1.948} = 1,14 \approx 1,15$$

$$A_1 = 9.359 - 6 + 240$$

$$A_1 = 9.353 + 240 = 9.593$$

$$A_1 = 9.593 \quad \checkmark$$

#### 159) Relação Corte Aterro

$$\frac{\Sigma c}{\Sigma a} = \frac{2.096}{2.098} = 0,999$$

K, Coeficiente textural de acordo com a natureza e tipo de solo.

Solo de textura arenosa - K = 1,11

Solo de textura franco arenosa - K = 1,15

Solo de textura franco argilosa - K = 1,20

Solo de textura argilosa - K = 1,30

169) Quando a relação corte-aterro  $\frac{\Sigma c}{\Sigma a}$ , não atinge a textura correspondente ao solo o qual se está sistematizando, torna-se necessário fazer-se uma correção, tendo-se em vista que, o volume de corte seja sempre superior ao de aterro de acordo com o K textural de solo da tabela acima. Isso porque, sempre há perdas no movimento de terra causada pela ação dos ventos, levando-se em conta o tamanho das partículas de solo. Quanto menor o tamanho da partícula de solo, maiores serão essas perdas. Daí o porque do K maior nos solos de textura pesadas e menores nos de textura leve. Torna-se também necessário esse acréscimo do corte em relação ao aterro, pelo fato do acamamento de terra nas áreas de aterro, ou seja, a sua comportamento natural através do uso de irrigação.

Fórmula para correção das Cotas Calculadas

$$(FC) = \frac{\Sigma c + NcZ}{\Sigma a + NaZ} = 1,15$$

Colocamos na fórmula de correção o K = 1,15 porque estamos trabalhando com solo de textura franco-arenosa.

Como a relação corte-aterro  $\frac{\Sigma c}{\Sigma a}$  foi inferior ao K = 1,15, isso quer dizer que teremos que diminuir o valor das cotas calculadas, para que haja um

rebaixamento igual para todo o plano para que assim se proceda um volume maior de corte que atinja o K desejado.

Na fórmula de correção temos no numerador os sinais  $+$  e no denominador temos os sinais  $-$ . Como o nosso caso é de aumentarmos o volume de corte, teremos que dar preferência no numerador ao sinal positivo e ao denominador os sinal negativo, porque ao procedermos um aumento nos cortes, consequentemente irá diminuir os aterros.

$$(FC) = \frac{\Sigma c + NcZ}{\Sigma a - NaZ} = 1,15$$

$$(FC) = \frac{2.096 + 13.Z}{2.098 - 15.Z} = 1,15 \quad 2.096 + 13.Z = 1,15 (2.098 - 15.Z)$$

$$2.096 + 13.Z = 2.412,7 - 17,25 Z$$

$$13.Z = 2.412,7 - 2.096 - 17,25 Z$$

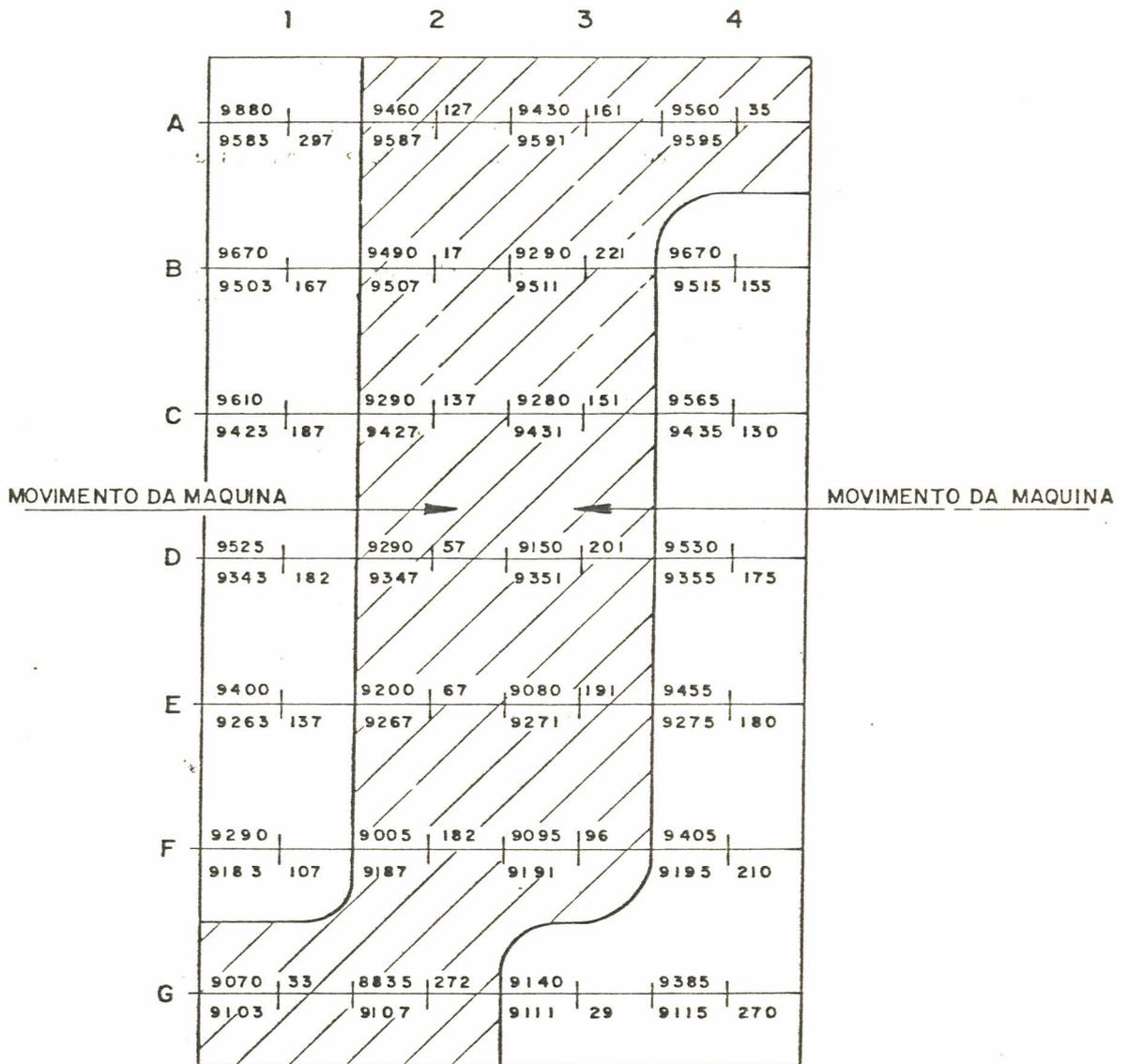
$$13.Z + 17,25 Z = 2.412,7 - 2.096$$

$$30,25 Z = 316,7 \quad \therefore \quad Z = \frac{316,7}{30,25} = 10,46 \approx 10$$

Como nosso  $Z = 10$ , isso quer dizer que as novas cotas da sistematização, ou seja, as cotas corrigidas serão as cotas calculadas menos 10. Enquanto que os nossos cortes corrigidos serão os calculados mais 10 e os aterros menos 10. Depois fazendo a relação corte-aterro  $\Sigma c/\Sigma a$ , verificamos que atingiu o K desejado.

#### - Preparação do mapa para sistematização

Para cada vértice calculado traçamos uma cruz deitada. Em cada quadrante colocamos os valores resultantes dos cálculos, ou seja, no quadrante à esquerda e para cima colocamos a cota do terreno, a esquerda e para baixo as cotas corrigidas, a direita e para cima colocamos os valores de aterro e a direita e para baixo colocamos os valores de cortes. Depois separamos com uma curva os valores de cortes dos de aterro, hachuramos as áreas de aterro para se ter uma idéia do fluxo da motoniveladora na sistematização, ou seja, dos cortes para os aterros. Ver figura a seguir.



## LEGENDA

 CORTE

 ATERRO

ESCALA: 1 : 1000

$$\text{ÁREA} - S = N \times 20^2 = 28 \times 400 = 11.200 \text{ m}^2 = 1,12 \text{ ha}$$

$$\text{VOLUME DE CORTE} - V_c = \Sigma c \times 400 = 2,226 \times 400 = 890,4 \text{ m}^3$$

$$\text{VOLUME POR ÁREA} - \frac{V_c}{S} = \frac{890,4}{1,12} = 795 \text{ m}^3/\text{ha.}$$

- Marcação no campo

Empregam-se estacas de 1,20 m de comprimento, estas estacas devem ser colocadas nos vértices das quadrículas.

Para que os operadores de máquinas possam executar com melhor precisão a sistematização, procede-se a marcação da seguinte maneira:

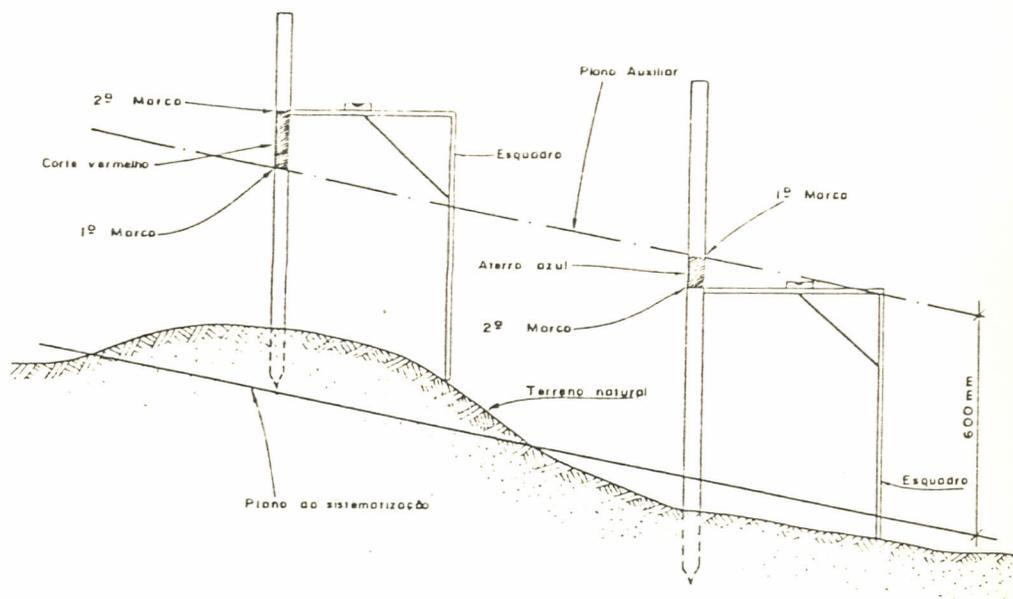
a) Soma-se às cotas corrigidas uma constante de 500 ou 600 mm, a fim de se obter um plano superior auxiliar e paralelo àquele que deverá ficar o terreno depois de sistematizado.

b) Com o auxílio do nível topográfico com base no RN. colocado na área, dá-se a primeira marca nas estacas situadas nos vértices das quadrículas, ponto onde o plano auxiliar corta as referidas estacas.

c) De posse de um esquadro cujo cateto maior mede a distância que foi levantado o plano, ou seja, a distância do plano das cotas corrigidas, para o plano auxiliar superior (500 ou 600 mm) e o cateto menor aproximadamente 450 mm, procede-se nas estacas uma segunda marca. Para tal coloca-se o esquadro próximo da cada estaca, ficando o cateto maior na vertical e o ponto onde o outro cateto encontra a estaca será esse ponto a segunda marca. Para melhor execução desta tarefa, costuma-se colocar no cateto menor um nível de pedreiro que facilitará a colocação do cateto menor na horizontal.

d) Quando a segunda marca da estaca, ou seja, aquela encontrada com o auxílio do esquadro ficar acima da primeira, a porção compreendida entre as duas marcas representa a espessura do corte, devendo essa porção ser pintada de vermelho.

e) Quando a segunda marca ficar abaixo da primeira, a porção compreendida entre as duas marcas representa a espessura de aterro, devendo essa porção ser pintada de azul. Ver figura a seguir.



- Após a marcação das estacas, o operador está em condições de proceder a execução dos trabalhos de movimento de terra. A aferição dos trabalhos de corte e de aterro, ficará a cargo de um operário auxiliar. Quando a motoniveladora passa por uma estaca, o auxiliar vai colocando o esquadro de aferição até que o cateto menor coincida com a marca paralela ao projeto. Quando isso acontece o auxiliar deve colocar qualquer distintivo nessa estaca, indicando que ali o corte ou o aterro já está pronto.

- Tolerância - O ideal é que o volume de corte tenha preenchido as áreas de aterro. Entretanto, depois de se trabalhar o solo, haverá sempre um excesso de terra nas regiões de corte; e depois da área irrigada, haverá sempre um acamamento nas regiões de aterro.

—> Por isso há uma tolerância de até 3 cm abaixo do plano de sistematização nas regiões de corte e de 3 cm acima nas regiões de aterro.

CALCULO DE SISTEMATIZAÇÃO PELO MÉTODO DO CENTRÓIDE

1º) Nº de colunas = a = 4

2º) Número de linhas = b = 7

3º) Número de pontos ou estaca - N = a . b N = 4 . 7 = N = 28

4º) Abcissa do centróide -  $x_a = \frac{a + 1}{2}$   $\therefore x_a = \frac{4 + 1}{2} = \frac{5}{2} = 2,5$

5º) Ordenada do centróide -  $y_b = \frac{b + 1}{2}$   $\therefore y_b = \frac{7 + 1}{2} = \frac{8}{2} = 4$

6º) Somatória das alturas =  $\Sigma H = 262.050$

7º) Altura média  $H_m = \frac{\Sigma H}{N}$   $\therefore H_m = \frac{262.050}{28} = 9.358,9 \approx 9.359$

8º) Somatória da 1ª coluna =  $\Sigma x_4 = 66.445$

9º) Somatória da última coluna =  $\Sigma x_1 = 66.570$

10º) Declividade no sentido do eixo dos "x"

$$\begin{aligned} x/20 \text{ m} &= \frac{\Sigma x_4 - \Sigma x_1}{(a - 1) b} \quad \therefore x/20 \text{ m} = \frac{66.570 - 66.445}{(4 - 1) 7} \\ &= \frac{125}{21} = 5,95 \approx 6 \end{aligned}$$

11º) Somatória da 1ª linha  $\Sigma^Y A = 38.330$

12º) Somatória da última linha  $\Sigma^Y G = 36.430$

13º) Declividade no sentido do eixo dos "y"

$$\begin{aligned} y/20 \text{ m} &= \frac{\Sigma^Y G - \Sigma^Y A}{(b - 1) a} = y/20 \text{ m} = \frac{36.430 - 38.330}{(7 - 1) 4} \\ &= \frac{-1.900}{24} = -80,4 \approx -80 \end{aligned}$$

14º) Cálculo da Cota Inicial

$$A_1 = H_m - [x/20 \text{ m} (x_a - 1)] - [y/20 \text{ m} (y_b - 1)]$$

$$A_1 = 9.359 - [6 (2,5 - 1)] - [-80 (4 - 1)]$$

ESTACAS Nº	COTA DO TERRENO	DECLIVIDADES		COTA CALCULADA	MOVIMENTO DE TERRA		COTA CORRIGIDA	MOVIMENTO DE TERRA	
		x/20m	y/20m		CORTE	ATERRO		CORTE	ATERRO
A <sub>1</sub>	9.880		-0080	9.590	290		9.580	300	
2	9.460	0006		9.596		136	9.586		126
3	9.430	0006		9.602		172	9.592		162
4	9.560	0006		9.608		48	9.598		38
B <sub>1</sub>	9.670		-0080	9.510	160		9.500	170	
2	9.490	0006		9.516		26	9.506		16
3	9.290	0006		9.522		232	9.512		222
4	9.670	0006		9.528	142		9.518	152	
C <sub>1</sub>	9.610		-0080	9.430	180		9.420	190	
2	9.290	0006		9.436		146	9.426		136
3	9.280	0006		9.442		162	9.432		152
4	9.565	0006		9.448	117		9.438	127	
D <sub>1</sub>	9.525		-0080	9.350	175		9.340	185	
2	9.290	0006		9.356		66	9.346		56
3	9.150	0006		9.362		212	9.352		202
4	9.530	0006		9.368	162		9.358	172	
E <sub>1</sub>	9.400		-0080	9.270	130		9.260	140	
2	9.200	0006		9.276		76	9.266		66
3	9.080	0006		9.282		202	9.272		192
4	9.455	0006		9.288	167		9.278	177	
F <sub>1</sub>	9.290		-0080	9.190	100		9.180	110	
2	9.005	0006		9.196		191	9.186		181
3	9.095	0006		9.202		107	9.192		97
4	9.405	0006		9.208	197		9.198	207	
G <sub>1</sub>	9.070			9.110		40	9.100		30
2	8.835	0006		9.116		281	9.106		271
3	9.140	0006		9.122	18		9.112	28	
4	9.385	0006		9.128	257		9.118	267	

$\Sigma c = 2.095 \quad \Sigma a = 2.097$

$\Sigma c = 2.225 \quad \Sigma a = 1.947$

Nº 13      Nº 15

$$\frac{\Sigma c}{\Sigma a} = 0,999$$

$$\frac{\Sigma c}{\Sigma a} = 1,142 \approx 1,15$$

$$A_1 = 9.359 - [6 \times 1,5] - [-80 \times 3]$$

$$A_1 = 9.359 - 9 + 240$$

$$A_1 = 9.350 + 240 = 9.590$$

$$A_1 = 9.590$$

Fórmula de correção da Cota Calculada

$$159) (FC) = \frac{\sum c \pm NcZ}{\sum a \mp NaZ} = 1,15$$

$$(FC) = \frac{2,095 + 13 Z}{2,097 - 15 Z} = 1,15$$

$$2,095 + 13 Z = 1,15 (2,097 - 15 Z)$$

$$2,095 + 13 Z = 2.411,55 - 17,25 Z$$

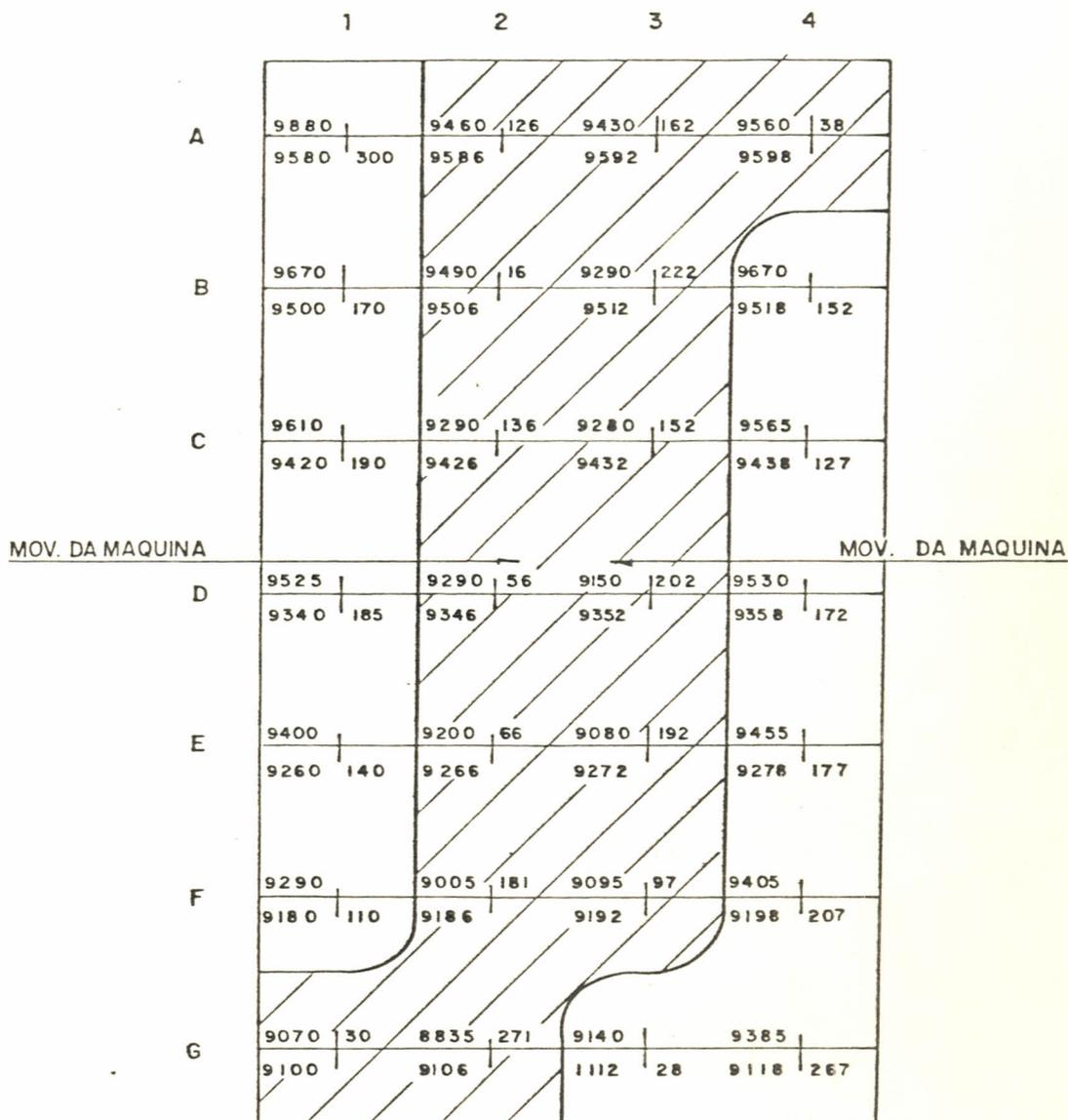
$$13 Z + 17,25 Z = 2.411,55 - 2.095$$

$$30,25 Z = 316,55$$

$$Z = \frac{316,55}{30,25} = 10,47 \approx 10$$

$$Z \approx 10$$

MAPA PARA SISTEMATIZAÇÃO



ESCALA 1 : 1000

LEGENDA

- CORTE
- ATERRO

ÁREA -  $S = N \times 20^2 \therefore S = 28 \times 400 = 11.200 \text{ m}^2$  ou 1,12 ha.

VOLUME DE CORTE -  $V_c = \Sigma c \times 400 \therefore V_c = 2,225 \times 400 = 890 \text{ m}^3$

VOLUME POR ÁREA -  $V/S = \frac{V_c}{S} \therefore V/S = \frac{890}{1,12} = 794 \text{ m}^3/\text{ha}.$

- O procedimento da execução da sistematização de 3º grau por qualquer método é feito como foi explicado no método dos momentos diferenciais desta apostila.

- Volume máximo por área permitido para sistematização de acordo com a profundidade do solo.

- Solos profundos  $\div$  V/S até  $1000 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

- Solos pouco profundos até  $500 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

- No exemplo feito pelos dois métodos de sistematização, cujo campo encontra-se localizado no CPATSA-EMBRAPA no município de Petrolina-PE., classificado como latossolo pouco profundo, o volume máximo permitido por área é de  $500 \text{ m}^3/\text{ha}$ ., quando nos cálculos por um método encontramos  $V/S = 795 \text{ m}^3/\text{ha}$  e no outro  $V/S = 794 \text{ m}^3/\text{ha}$ , sendo assim antieconômico e antitécnico sua sistematização de 3º grau para irrigação. Porém pode-se verificar que cujo campo não foi bem delineado pois pode-se verificar que quase no centro da área ficou um dreno natural implicando assim um movimento maior de material.

Observa-se também que a mudança do método de sistematização não ajudou em nada na diminuição do movimento de terra, provando assim que, o método não favorece um maior ou menor movimento de terra e sim o delineamento do campo.

## BIBLIOGRAFIA

MATUTE, ENRIQUE - Nivelamento de terra por Emparelhamento IICA - 1976.

BRANDÃO, JOÃO COLEHO - III Curso de Sistematização de terras para Irrigação -  
GEIDA - SUDENE - 1972.