

SISTEMATIZAÇÃO DE TERRAS PARA IRRIGAÇÃO POR SUPERFÍCIE



Circular Técnica nº 33

ISSN 0100-6460

Abril, 1999

**SISTEMATIZAÇÃO DE TERRAS PARA IRRIGAÇÃO POR
SUPERFÍCIE**

Aurelir Nobre Barreto
Gilvan Rodrigues de Oliveira
Joaquim José de Carvalho
Maria José da Silva e Luz
Malaquias da Silva Amorim Neto
José Renato Cortez Bezerra



Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Algodão

Rua Osvaldo Cruz 1143 - Centenário

Caixa Postal 174

Telefone (083) 341-3608

Fax (083) 322-7751

<http://www.cnpa.embrapa.br>

algodao@cnpa.embrapa.br

CEP 58107-720 - Campina Grande, PB

Tiragem: 500 exemplares

Comitê de Publicações

Presidente: Luiz Paulo de Carvalho

Secretária: Nívia Marta Soares Gomes

Membros: Alderi Emídio de Araújo

Eleusio Curvelo Freire

Francisco de Sousa Ramalho

José da Cunha Medeiros

José Mendes de Araújo

José Wellington dos Santos

Lúcia Helena Avelino Araújo

Malaquias da Silva Amorim Neto

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. (Campina Grande, PB

Sistematização de terras para irrigação por superfície, por Aurelir Nobre Barreto e outros. Campina Grande, 1999.

29p. (Embrapa - CNPA. Circular Técnica, 33).

1. Irrigação - Superfície. I. Oliveira, G.R. de. II. Carvalho, J.J. de. III. Luz, M.J. da S. e. IV. Amorim Neto, M. da S. V. Bezerra, J.R.C. VI. Título. VII. Série.

CDD 631.7

©Embrapa 1999

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	5
2. RESULTADOS DA SISTEMATIZAÇÃO	7
3. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO ALTIMÉTRICO	14
4. MAPEAMENTO	16
5. PREPARO DA ÁREA.....	17
6. CÁLCULOS.....	22
7. COMPARAÇÃO DA SISTEMATIZAÇÃO COM E SEM DECLIVIDADE.....	25
8. COMENTÁRIOS FINAIS	27
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

SISTEMATIZAÇÃO DE TERRAS PARA IRRIGAÇÃO POR SUPERFÍCIE

Aurelir Nobre Barreto¹
Gilvan Rodrigues de Oliveira²
Joaquim José de Carvalho³
Maria José da Silva e Luz¹
Malaquias da Silva Amorim Neto⁴
José Renato Cortez Bezerra¹

1. INTRODUÇÃO

1.1. Definição e Conceitos

A sistematização de terras pode ser definida como a técnica de engenharia, baseada na compensação volumétrica entre áreas de corte e de aterro, para tornar a superfície do solo adequada ao processo de distribuição de água nos sistemas de irrigação por superfície.

A regularização da superfície do terreno, ou nivelamento com "plaina", e a terraplanagem são outras operações diferenciadas da técnica de sistematização. Para Ayers & Westcot (1991), o nivelamento dos terrenos aplaina a superfície do solo, mas não produz mudanças de declividade. O nivelamento do terreno deve ser executado anualmente, ou em cada período em que ocorrer a sucessão de culturas anuais, para assegurar uma distribuição uniforme da água durante cada evento de irrigação, enquanto a

¹ Pesquisador M.Sc. da Embrapa Algodão, Engenharia de Irrigação e Drenagem. CP.174, CEP 58107-720 Campina Grande, PB. Email: aurelir@cnptc.embrapa.br

² Especialista (M.Sc) - Recursos Hídricos (Irrigação e Drenagem)

³ Eng. Agr., M.Sc. Irrigação e Drenagem, Rua Ana Azevedo, 509 Palmeira, CEP 58320-102, C. Grande-PB, Fone (083) 321 7654

⁴ Pesquisador D.Sc. Da Embrapa Algodão

sistematização de terras deve ser executada uma só vez, e tem por objetivo modificar e uniformizar as declividades do campo, requerendo o transporte do solo "cortado" das partes altas às zonas baixas do campo sobre as quais se espalham como "aterros" para elevar o seu nível. Regularizações periódicas podem ser necessárias para manter a uniformidade do plano de sistematização da área.

1.2. Importância

O relevo natural das áreas irrigáveis por superfície quase sempre impossibilita o fluxo de água contínuo e uniforme ao longo do comprimento considerado ótimo para a fase de avanço, reduzindo a uniformidade de distribuição de água. Portanto, para satisfazer as exigências do fluxo de água através da superfície de escoamento da área, a qual pode ser de 25% a 100%, dependendo do sistema, desde sulco de pequena seção transversal até a inundação de cultivos muito adensados, é necessária a modificação da condição topográfica natural, o que é feito através da sistematização. Isto permite a adaptação da superfície do terreno para atender às exigências do projetista, concernentes aos parâmetros de campo e às leis que regem a dinâmica de água no solo, favorecendo uma operacionalização racional para o manejo de solo e água nos sistemas de irrigação por superfície.

A distribuição da umidade no solo, de forma discreta e uniforme, é o resultado da qualidade da sistematização e das leis que governam os inúmeros processos da hidrodinâmica no solo, envolvendo a geometria espacial do arranjo das partículas nos agregados multiformes. Na sistematização com declividade, o movimento da água na superfície do solo ocorre, principalmente, devido ao potencial gravitacional, gerado pelo gradiente altimétrico. Quando o plano de sistematização é executado em cota única - bacia em nível - a dinâmica de avanço da água na superfície se dá pelo gradiente hidráulico.

Entre os diversos métodos artificiais de fornecimento de água aos cultivos utilizados no mundo, a irrigação por superfície ocupa, ainda hoje, a maior área irrigada, por demandar menor investimento por unidade de área, na sua implantação e manutenção. De acordo com Bernardo (1998), do total da área irrigada no Brasil em 1996, a irrigação por superfície, inundação e sulco, respondeu por 59,6%, a aspersão por 36,3% e a irrigação localizada - microaspersão e gotejamento - por 4,1%.

2. RESULTADOS DA SISTEMATIZAÇÃO

De toda a água utilizada pela humanidade, 65% são destinados ao uso consuntivo, essencialmente para a agricultura irrigada (FAO, 1995). Nos sistemas de irrigação por superfície a sistematização é o marco maior para o sucesso e qualidade da irrigação, gerando economia de água, energia e trabalho. Entre os muitos benefícios desta técnica, destacam-se:

2.1. Uniformidade da Superfície de Escoamento e de Infiltração da Água no Solo

A distribuição e a eficiência de aplicação de água a nível parcelar são diretamente proporcionais à uniformidade da superfície do plano de sistematização executado na área. A Figura 1 (a, b, c) evidencia a distribuição de água na superfície do solo e sua redistribuição "espaço-tempo" na seção de fluxo durante a fase de avanço e após as fases de reposição, de depleção e de recesso, no caso de uma sistematização em cota única - bacia em nível.



(a)



(b)



(c)

Figura 1. a) Efeito de uma sistematização adequada sobre a distribuição da água nos sulcos de irrigação; b e c) efeito na redistribuição da umidade na seção de fluxo, evitando detenção superficial e, em parte, o surgimento de ervas daninhas nos camalhões. Fotos: a e b. A.N. Barreto (São Gonçalo, PB). c: A.N. Barreto (Welton - Mohawk Valley, Yuma, Arizona).

2.2. Melhoria na Qualidade da Irrigação

Os parâmetros de campo responsáveis pelo desempenho dos sistemas de irrigação por superfície são influenciados, também, pela precisão da operação de sistematização, com reflexos positivos na distribuição espaço-tempo de água, a nível de parcela agrícola, no stand, crescimento e rendimento das culturas. Isto pode ser observado na Figura 2 (a, b, e c). Santana (1996), monitorando um sistema de irrigação por sulco numa área sistematizada com declividade uniforme, no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, PB, após ajustar os parâmetros de campo e aplicar as melhorias indicadas pelo modelo computacional SIRTOM (Azevedo, 1992) encontrou eficiências de aplicação em torno de 71% em 8 eventos de irrigação.



Figura 2. a) Sulcos parcialmente fechados com o uso de fileiras duplas na cultura do algodão, numa área sistematizada com declividade Vale do Açu, RN; b) efeito de uma boa distribuição de umidade no solo sobre o rendimento do algodoeiro; c) sistematização em cota única em patamares, para o cultivo da bananeira.

**Fotos. a e b: A.N. Barreto (Vale do Açu, RN).
c: A.N. Barreto (Vale do Banabuiú, CE).**

2.3. Economia de Água, Energia e Trabalho

Esta interação econômica de fatores resulta, obviamente, de empreendimento financeiro em obras de sistematização de terras com qualidade na execução dos serviços. A economia do insumo água está ligada ao controle fácil na aplicação e na distribuição espaço-tempo, com influência direta sobre a eficiência global do uso de água. Scaloppi (1986) estudando os potenciais de economia de energia nos sistemas de bombeamento, calculou a redução de até 62% do consumo de energia elétrica em função do aumento da eficiência de aplicação de água nos sistemas de irrigação por superfície. Barreto & Formiga (1986) avaliando o desempenho de eventos de irrigação em sulcos de base larga na introdução dos sistemas de bacias em nível, numa área sistematizada com alta precisão, mediram eficiências de aplicação entre 75 e 95%, necessitando de um tempo mínimo para aplicar a lâmina de água calculada.

2.4. Controle de Salinidade

O controle e o balanço de sais no horizonte padrão de exploração do sistema radicular das culturas são mais difíceis quando a superfície do solo não é suficientemente uniforme para permitir boa distribuição da água de irrigação (Ayers & Westcot, 1991). A água acumulada nas depressões acarreta risco, ao formar alagamentos, detenção superficial (Figura 3) e problemas de drenagem, ou a umidade não alcança os pontos mais elevados e a água infiltrada se desloca por capilaridade, de onde se evapora com rapidez, concentrando os sais. Isto acarreta desuniformidade na germinação, nos pontos altos por escassez de umidade e nas depressões, por saturação do solo.



Figura 3. Efeito da má operação de sistematização sobre a distribuição de água nos sulcos.

Foto: A.N. Barreto (São Gonçalo, PB).

Erie & Dedrick (1979) afirmam que a lavagem de sais é efetuada naturalmente, com o sistema de irrigação por bacia em nível. A razão disto é que, em cada evento de irrigação, a água se distribui uniformemente e permanece estática por toda a superfície de escoamento durante a fase de armazenamento (inundação ou sulco) sem a ocorrência de perdas por deflúvio, escoamento superficial no final da área; assim, eliminam-se os sais residuais, pelo efeito da lixiviação.

2.5. Controle da Erosão Hídrica

A ação da água, erosão hídrica, sobre o subsistema solo durante o escoamento superficial em regime de fluxo turbulento, além de transportar tanto partículas da fase sólida do solo como nutrientes químicos, sementes e defensivos agrícolas, causa

também a poluição dos recursos hídricos e o assoreamento dos mananciais.

Nos sistemas de irrigação por superfície, sem critérios normativos na implantação, na operação e no manejo de água e solo, o efeito da erosão hídrica é indiscutivelmente um meio de degradação dos recursos naturais.

A qualidade dos trabalhos de sistematização e as características texturais dos solos são os elementos básicos que definem o regime de fluxo da água na superfície, evitando a erosão hidro-laminar a partir do controle da vazão sobre a superfície de escoamento.

2.6. Mecanização Agrícola

Em áreas bem sistematizadas as operações mecanizadas são feitas de forma normal, sem danos para o solo e cultivos, evitando-se muitas práticas manuais. As diversas tarefas da mecanização agrícola são executadas quando o teor de umidade no solo está baixo, para evitar a compactação pelo efeito da compressão causada pelos pneus.



Figura 4. Operação mecanizada com tripla finalidade: fertilização, capina na seção dos sulcos e controle de pragas.
Foto: A. N. Barreto (Imperial Valley, USA).

3. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO ALTIMÉTRICO

A condição básica para o cálculo com boa precisão da sistematização de terras é o levantamento topográfico altimétrico da área a ser trabalhada. A altimetria aplicada à sistematização de terras atua no plano perpendicular à vertical da área e relaciona a diferença de nível entre os vários pontos de amarração e um plano chamado referência de nível (RN), permitindo o cálculo da compensação volumétrica entre áreas de corte e de aterro.

3.1. Instalação do Instrumento Topográfico

O ponto mais adequado para se instalar o instrumento é o centro da área a ser sistematizada, uma vez que facilita a leitura da mira, por ficar eqüidistante dos pontos de visadas mais distantes. Numa mesma área deve-se evitar mudanças do instrumento, aplicando-se a altimetria simples, sem "leituras de ré".

3.2. Leitura da Mira ou Visadas

Uma vez instalado o instrumento topográfico, inicia-se a leitura dos pontos de amarração da área. A ordem de anotações deve seguir uma ficha de campo processada em colunas e linhas, formando uma planilha alfanumérica. Esta operação tem por finalidade a determinação das diferenças de níveis entre os pontos do estaqueamento e um plano de referência de nível (RN) preestabelecido. Recomenda-se cravar um piquete auxiliar, no nível do solo, preferencialmente no primeiro ponto de leitura (1a) visando materializar o RN e facilitar os trabalhos de piqueteamento nas cotas topográficas correspondentes ao plano de sistematização ou altura de projeto, calculada por um software.

3.3. Escolha da Referência de Nível (RN)

O levantamento altimétrico de uma área só tem significado numérico real quando as leituras são referenciadas a um plano denominado referência de nível (RN) que pode ser real ou arbitrado; quando arbitrado, atribui-se-lhe um valor elevado (10; 100m etc) de modo que não ocorram cotas negativas no levantamento. No caso de sistematização de áreas com a utilização da altimetria simples, instrumento de precisão estacionado num único ponto, recomenda-se arbitrar o valor do RN = 10m, para evitar a digitação de números desnecessários.

4. MAPEAMENTO

4.1. Planta Baixa

Logo após a tarefa de estaqueamento da área, procede-se o mapeamento ou elaboração da planta baixa, croqui. Utiliza-se de preferência papel milimetrado por proporcionar melhor visualização da escala adotada para representar o desenho da área a ser sistematizada.

4.2. Delimitação das Áreas de Influência das Estacas e Cálculo dos Pesos

As quadrículas formadas pelo estaqueamento de amarração nem sempre têm peso 1,0; ou seja, em muitos casos não formam um quadrado mas, sim, figuras geométricas diferentes deste quadrilátero. Para se encontrar cada área de influência é necessário, portanto, utilizar-se, no cálculo, fórmulas conhecidas das figuras geométricas planas configuradas pela poligonal fechada que determina a figura, podendo ser um quadrado menor que a quadrícula normal, um retângulo, um triângulo ou um trapézio. O peso representa a razão entre o valor da área irregular e a área padrão de peso igual a 1, e é utilizado na entrada de dados como base de cálculo da compensação volumétrica "corte/aterro". A Figura 5 exibe a projeção de uma área de 1,20ha, bastante irregular numa situação real de campo.

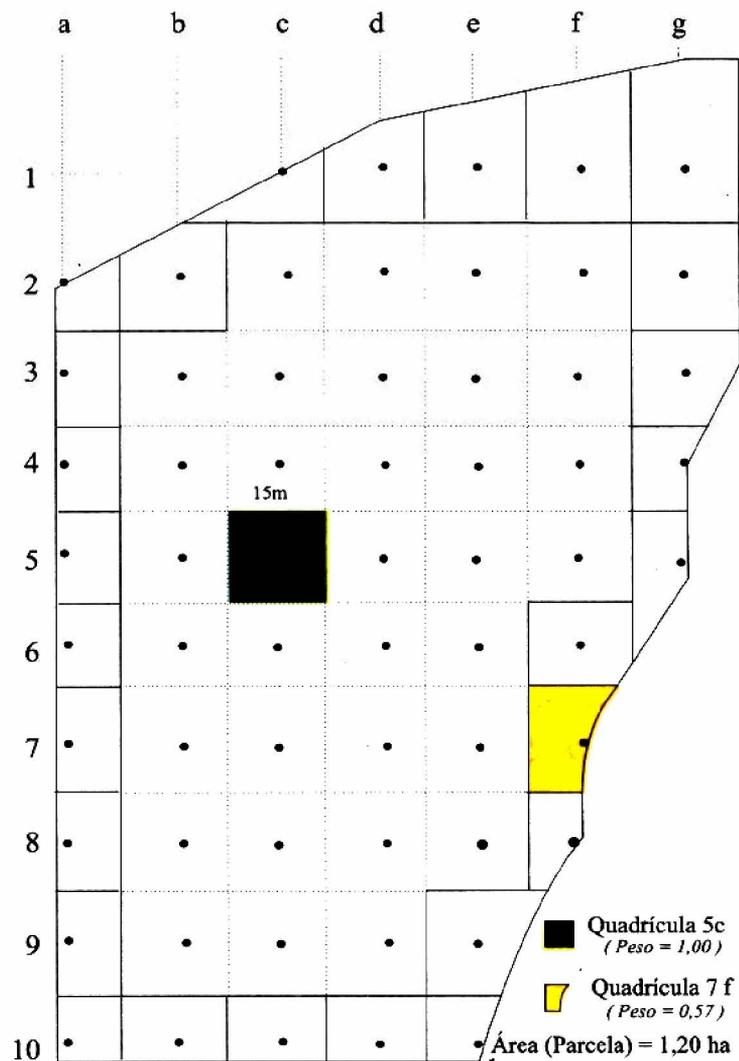


Figura 5. Exemplo típico de uma área irregular com quadriculas de pesos diferentes.

5. PREPARO DA ÁREA

5.1. Providências Iniciais

Como qualquer obra de engenharia, a sistematização exige critérios técnicos para o delineamento do projeto e da execução. Deve-se levar em conta o custo, a eficiência, a qualidade dos

trabalhos e o tempo de operação. O custo da sistematização representa uma parcela significativa do custo total de instalação de um sistema de irrigação por superfície. Por este motivo, a primeira providência a ser tomada é o reconhecimento da área, para se analisar a viabilidade técnica dos trabalhos. A caracterização física e morfológica dos solos também é importante, dedicando-se especial atenção à formação e evolução dos horizontes na seqüência do perfil, para se evitar cortes excessivos na camada agricultável. Não é recomendável que os trabalhos de sistematização sejam realizados durante a estação chuvosa. A operação sempre será executada no período de estiagem prolongada do ano, quando as máquinas apresentam maior rendimento operacional. A amplitude deste período determina o número de motoniveladoras demandadas para esta tarefa. A área a ser sistematizada deverá estar livre de qualquer vegetação ou de qualquer outro material, em proporção e dimensões que possam impedir ou prejudicar os trabalhos de campo. Para facilitar o estaqueamento de amarração e o levantamento altimétrico da área, recomenda-se fazer uma gradagem para melhor visualização do estaqueamento e, sempre que possível, deve-se eliminar elevações e depressões localizadas, para evitar que estas variações comprometam a representatividade do levantamento topográfico altimétrico da área.

5.2. Estaqueamento de Amarração

A tarefa de estaqueamento de uma área é realizada nas interseções de retas ortogonais traçadas paralelas e uniformemente a duas linhas básicas, localizadas a uma distância preestabelecida dos limites da área. Às vezes, pode-se optar pela distância correspondente à metade do espaçamento regular adotado entre as estacas. A distância de 15m entre estacas tem dado mais precisão nos trabalhos de sistematização que o estaqueamento, com 20m de distância, uma vez que a malha de 15x15m forma quadrículas de

225m² ao invés de 400m², resultante da malha de 20mx20m, muitas vezes adotada pelos projetistas e topógrafos.

5.3. Escavação dos Pontos de Corte

Antes da instalação do instrumento de precisão no campo, aconselha-se fazer uma escavação junto a cada estaca no terreno onde serão feitos os cortes. A profundidade de escavação deve ser igual ou maior que àquela indicada na planilha impressa.

5.4. Leitura das Cotas de Nivelamento e Piqueteamento

Para materializar o plano de sistematização ou de projeto, inicia-se com uma "leitura de ré" com a mira locada sobre o piquete auxiliar cravado no nível do terreno, no ponto "1a", por ocasião do levantamento altimétrico da área; em seguida, recorre-se à planilha para se averiguar quantos centímetros de corte ou de aterro este ponto inicial deve receber. No caso de corte, soma-se a "leitura de ré" à profundidade indicada na planilha e, no caso de ocorrência de aterro, subtrai-se a altura indicada na planilha e, assim, segue-se o trabalho de campo, a partir da declividade imposta pelo projetista e cravando os piquetes junto às estacas. Quando a opção de projeto é sem declividades, bacias em nível, a tarefa de piqueteamento torna-se mais simplificada, bastando fixar-se, na mira, uma fita marcadora, durex colorido, na leitura correspondente à cota única de nivelamento.

5.5. Indicação Visual dos Pontos de Corte e de Aterro

Para diferenciar as estacas indicadoras dos pontos de corte e de aterro (Figura 6), pintam-se as primeiras com uma marca em cor

vermelha e as segundas em cor azul, respectivamente; os pontos da área que não receberem cortes nem aterros, devem ser indicados com estacas totalmente brancas, procedimento importante para a orientação do operador da motoniveladora, pois serve para a visualização da direção e do sentido de transporte do material de corte dentro de cada área.

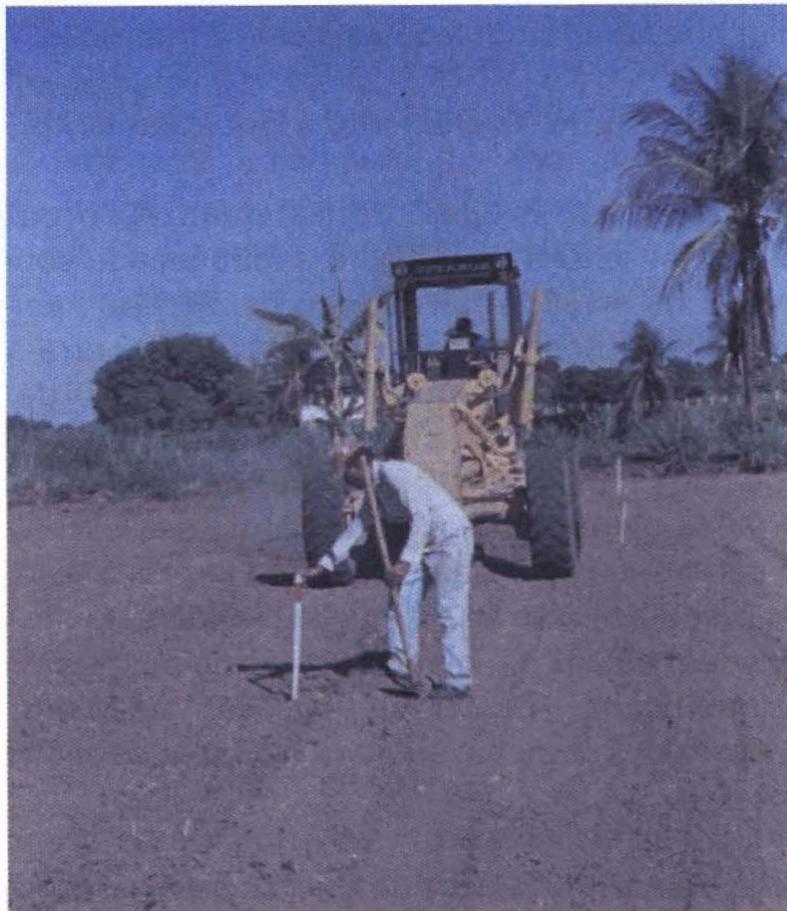


Figura 6. Operação de sistematização com indicação das áreas de corte e de aterro.

Foto: A. N. Barreto (São Gonçalo, PB).

5.6. Pintura dos Piquetes

Os piquetes cravados no terreno vão formar uma malha topográfica espacialmente distribuída em toda a área representando, assim, o plano de sistematização. Para facilitar esta operação eles devem ser pintados de vermelho na parte superior, topo.

5.7. Operação das Máquinas na Sistematização de Terras

As motoniveladoras são as máquinas mais adequadas para este tipo de serviço, devido à sua precisão. O emprego de tratores de esteira pode auxiliar bastante na operação dos cortes e no transporte do material de solo, inclusive barateando os custos, mas a fase de acabamento é melhor executada com motoniveladoras. Existem meios técnicos para automação do sistema hidráulico do mecanismo de corte do "scraper", através da utilização do raio laser e de programas computacionais, que podem controlar simultaneamente diversas máquinas em operação (Figura 7).

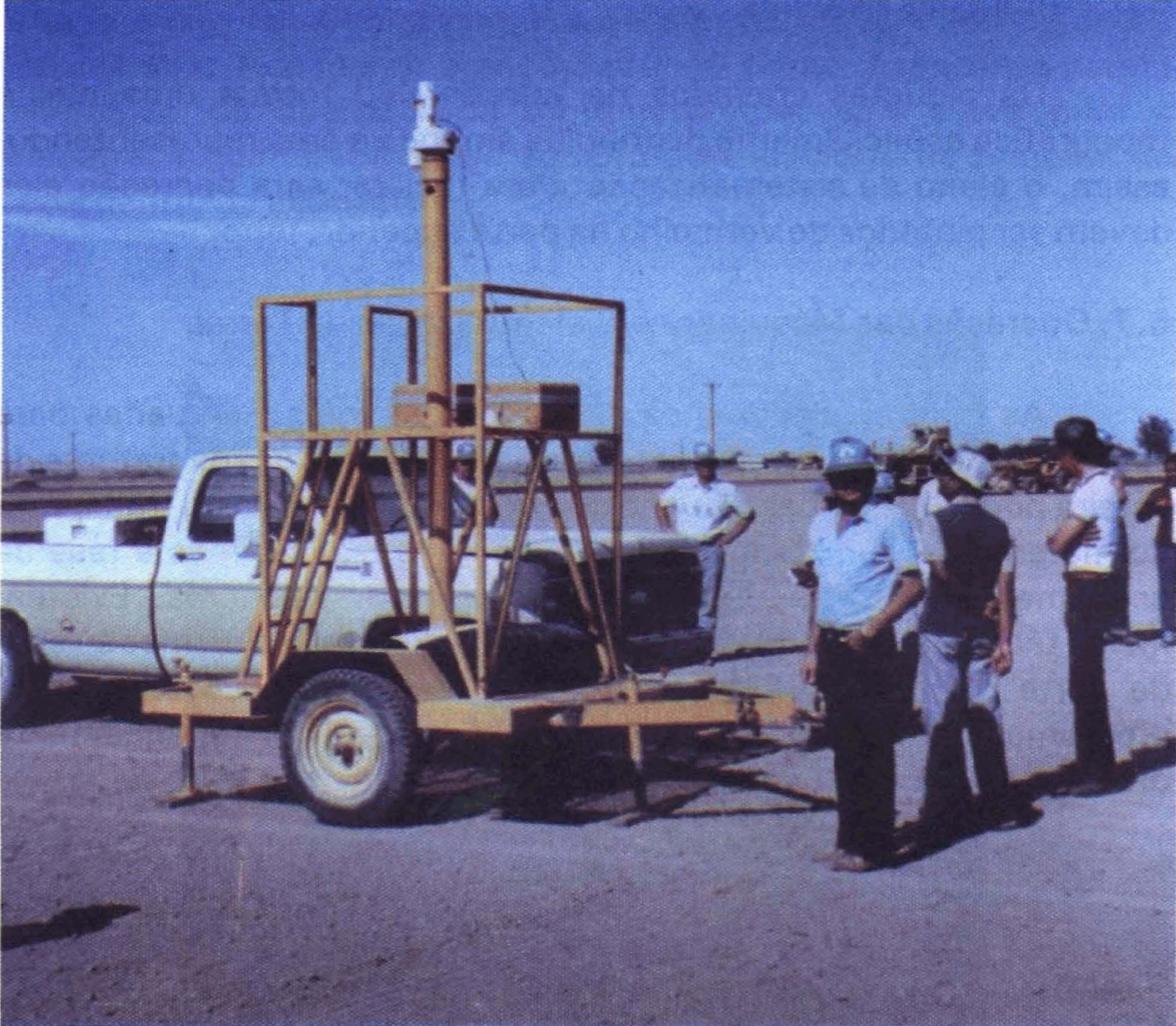


Figura 7. Equipamento emissor de raio laser controlando motoniveladoras numa operação de sistematização.

Foto: A.N. Barreto (Imperial Valley, USA).

6. CÁLCULOS

A modelagem matemática aplicada à informática é uma ferramenta de grande precisão que tem aprimorado e agilizado os cálculos relativos à engenharia de água e solo.

6.1. Uso de Softwares

6.1.1. Plano Fácil

Os cálculos podem ser simplificados usando-se programas de computadores apropriados para tais fins. Existem alguns programas que podem ser utilizados, mas dentre outros se pode destacar o software Plano Fácil, desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa, que, pelo fato de ser executado em ambiente do Windows, facilita bastante o seu uso. Este software consiste de uma série de programas de microcomputadores e documentos para projetos e manejos de sistemas de irrigação e drenagem, sendo apropriado, portanto, para projetistas e operadores que trabalham com cálculos de irrigação, em especial, com planilhas para estudos estatísticos, hidrológicos e sistemas de irrigação em terraços, que nada mais é do que uma técnica de manejo de corte e aterro de terras, conhecido como sistematização. É um software, bastante apropriado para irrigação por superfície que tenha necessidade da área sistematizada para aumentar a eficiência do sistema. Este software não é um substituto de práticas de engenharia ou conhecimentos individuais de tarefas específicas para serem desempenhadas, mas se trata de uma ferramenta para o profissional que deseja melhorar a qualidade do projeto na questão de alguns aspectos que são bastante utilizados nas obras hídricas e recursos hídricos em geral. De qualquer forma, a responsabilidade para qualquer consequência direta ou indireta do uso deste software, restringe-se ao usuário.

Este software também foi desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa e tem sido aplicado, com bons resultados, nos cálculos e nos trabalhos de campo. É um aplicativo que apresenta "menus" de tela auto-explicativos, numa seqüência lógica e, finalmente, uma tela com linhas e colunas num sistema alfanumérico, com algarismos arábicos na vertical e alfabeto grego na horizontal.

Três etapas são necessárias no processo operacional do programa:

a) Ingresso dos Dados

Apenas peso e cota natural (atual) são os dois parâmetros ou dados necessários como base de cálculo para alimentar a operacionalização deste aplicativo.

b) Compensação Volumétrica

O "menu" de tela para a etapa de execução dos cálculos de *compensação volumétrica entre áreas de corte e de aterro*, requer os seguintes dados:

- distância entre os piquetes (m)
- declividade no sentido de "X" (%)
- declividade no sentido de "Y" (%)
- relação corte/aterro (adimensional)
- corte máximo permitido (m)

A distância entre piquetes é a mesma do estaqueamento de amarração. A declividade no sentido "X" representa a inclinação que o projetista impõe ou não no sentido horizontal do croqui de campo e a declividade no sentido "Y" é a inclinação desejada no sentido vertical do croqui.

Quando não se deseja declividades no terreno, caso do sistema de irrigação por bacias em nível, impõe-se uma declividade mínima, da ordem de 0,001% que, na operação do programa, ainda vai ser dividida por 100, resultando um valor da ordem de 0,000001 m/m.

Na escolha do índice para obtenção da relação corte/aterro, deve-se considerar a classificação textural do material de solo da área. Bernardo (1989) recomenda valores entre 1,20 e 1,30; no entanto, para maior precisão nos trabalhos, valores entre 1,50 e 1,60 têm permitido uma compensação satisfatória entre volume de corte e de aterro. Na prática, isto significa que o volume de corte é 1,50 a 1,60

vez maior que o volume de aterro. A necessidade deste acréscimo é para compensar a compactação do solo devido à operação de desmonte, nos cortes, e à acomodação do material, nos aterros e, ainda, obter material de solo para a confecção dos diques de contorno das áreas.

c) Impressão dos Cálculos

Após o ingresso e a execução do programa *sistemat*, imprime-se a planilha contendo, além dos dados de campo ingressados, os valores das cotas de nivelamento, dos volumes de corte e de aterro para cada piquete, da área do lote ou parcela agrícola, do volume de aterro unitário (m^3/ha) e outras informações importantes, entre as quais a distância do centróide em relação aos eixos "X" e "Y".

7. COMPARAÇÃO DA SISTEMATIZAÇÃO COM E SEM DECLIVIDADE

A afirmativa de que o volume unitário de terra a ser movimentado numa área é maior quando não se impõe declividade no plano de sistematização não tem sentido real. Em alguns casos pode ocorrer mas, em geral, o plano de sistematização calculado em cota única tem resultado menor volume de corte, questão que pode ser entendida quando se comparam os dados obtidos em vários trabalhos de campo transformados em estudo de caso. A Figura 8 relaciona vinte casos de dados obtidos no campo, objetivando apresentar uma comparação entre volumes de corte unitários (m^3/ha) para uma mesma área - "com e sem declividade".

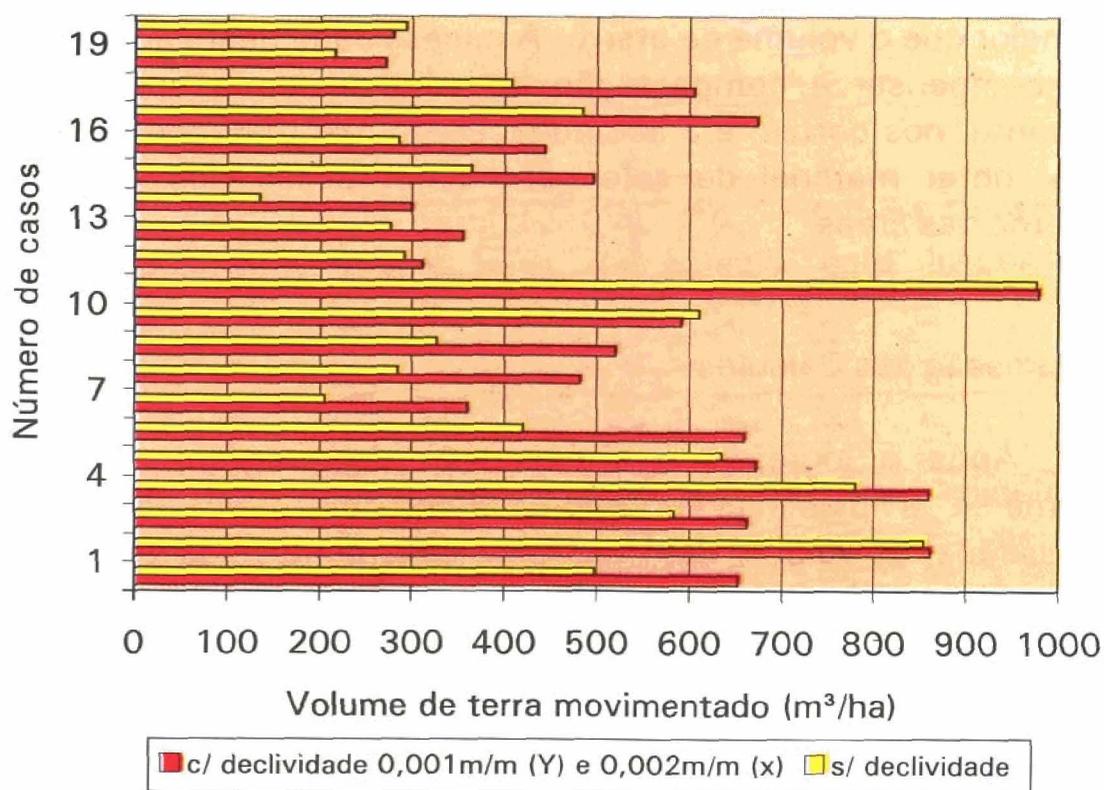


Figura 8. Estudo de caso: comparação de movimentação de terra numa mesma área, considerando-se dois planos alternativos de sistematização com e sem declividade.

No universo amostral de vinte casos (Figura 8) comparados volumetricamente, observa-se uma situação praticamente igualitária nos casos 2 e 11; nos casos 10 e 20, o plano de sistematização executado com declividade apresentou movimentação de terra um pouco menor mas, nos dezesseis casos restantes, os volumes movimentados foram menores quando se optou pelo plano em cota única.

8. COMENTÁRIOS FINAIS

O sistema de irrigação adequado é aquele que atende a quase todos os parâmetros operacionais envolvendo solo, água, cultivo e fatores geoambientais, com garantia de sustentabilidade socioeconômica, no contexto global do ecossistema. A irrigação por superfície pode ser aplicada na maioria dos solos aluviais de quase todas as planícies aluviônicas plioquaternárias dos vales do mundo todo.

Os solos aluviais profundos de recente formação podem ser sistematizados com pouco risco de alterar sua qualidade (Ayers & Westcot, 1991). Os solos de formação mais antiga, os aluviais estratificados e os residuais, apresentam certa limitação à sistematização e podem sofrer mudanças indesejáveis em suas estruturas, devido ao efeito compactador causado pelo tráfego de máquinas pesadas durante a execução da operação, caso em que se recomenda romper o horizonte compactado ou melhorar a dinâmica de água no solo, por meio de arações e subsolagem sistemáticas.

Os países detentores deste recurso natural têm utilizado, de forma interativa e contínua, os mais variados conhecimentos científicos para implementar melhorias aplicáveis à agricultura irrigada por superfície, por ser ainda hoje o sistema que demanda o menor custo de implantação.

A sistematização e a regularização das áreas agrícolas representam o fator mais importante na economia d'água, energia, potência motriz e trabalho nos sistemas hidroagrícolas irrigados por superfície.

Quanto à avaliação econômica, na Tabela 1 é apresentada a quantificação de dados de importância com relação à sistematização e à utilização de motoniveladora (Patrol), na implantação de sistemas de irrigação por superfície.

Tabela 1. Dados de consumo para análise econômica do sistema.

Tempo (hora/ha)	Movimento de terra (m ³ /ha)	Consumo de Óleo		Rendimento da máquina (m ³ /l)
		(l/ha)	(l/hora)	
10:00	350	155	15,5	2,3
10:30	374	158	15,0	2,4
18:18	568	285	15,6	2,0
25:00	820	392	15,5	2,1

Fonte: Barreto & Formiga (1986).

OBS: Preço médio da hora/máquina na região Nordeste (março, 1999) = R\$ 45,00.

Para a execução das obras de sistematização com segurança, economia e preservação do solo, consideram-se relevantes os seguintes aspectos:

- 1) projetista capacitado
- 2) operadores de motoniveladoras capacitados
- 3) máquinas com bom funcionamento, principalmente com relação ao sistema hidráulico do mecanismo de corte e transporte do material de solo
- 4) auxiliar de campo, piqueteiro, capacitado para esta tarefa
- 5) complementariedade entre a engenharia e as técnicas conservacionistas de solo e água, com ênfase na sustentabilidade do agronegócio.

9. REFERÊNCIAS BLIOGRÁFICAS

- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura.** Roma: FAO, 1991. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- AZEVEDO, C.A.V. **Realtime solution of the inverse furrow advance problem.** Utah: [s.n] 1992. 263p Tese (Doutorado).

- BARRETO, A N.; FORMIGA, L.A. **Introdução técnico- econômica do manejo de irrigação por bacias em nível**. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGROPECUÁRIA INOVADORA PARA O NORDESTE E AVALIAÇÃO, 1986, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: BNB, 1986. p.43-45.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1989. 596 p.
- BERNARDO, S. Irrigação e produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: SBEA, 1998. p.117 - 132.
- ERIE, L.J.; DEDRICK, A.R. **Level-basin irrigation**. Washington: USDA, 1979. 23p. (USDA. Farmer's Bulletin, 2261).
- FAO. Roma. **Necessidades y recursos: geografía de la agricultura y la alimentación** . Roma, 1995. 128p.
- REICHARDT, K. **A Água na produção agrícola**. São Paulo: McGraw- Hill do Brasil, 1978. 118p.
- SANTANA, E.F. de. **Monitoramento sazonal do desempenho de um sistema de irrigação por sulco no perímetro irrigado de São Gonçalo/PB**. Campina Grande: UFPB, 1996. 96p. Dissertação de Mestrado.
- SCALOPPI, J. E. Potencial para redução do consumo energético em irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 1986, Brasília. **Anais...** Brasília: ABID, 1986. p. 844-850.