



**UNIVERSIDADE FEDERAL**

**DA PARAIBA**

CAMPUS II - CAMPINA GRANDE - PB

ESTÁGIO SUPERVISIONADO

CENTRO NACIONAL DE ENG AGRÍCOLA

CENEA - SOROCABA / SP.

VITAL PEDRO DA SILVA PAZ

MATRÍCULA: 8011342 - 6

ENGENHARIA AGRÍCOLA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
AVENIDA APRÍGIO VELOSO, 882 - Cx. Postal 518  
TELEX: 0832211 - FONE: (083) 321.7222  
58.100 - CAMPINA GRANDE - PB  
BRASIL



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

## INDICE

. Agradecimentos	
. CENEA - Centro Nacional de Engenharia Agrícola	
. Objetivo	
. Apresentação	
. Conclusão	
1 - Métodos para a determinação das características de infiltração em sistemas de irrigação superficial...	01
1.1 - Introdução.....	01
1.2 - Classificação dos Métodos.....	01
1.2.1 - Métodos sem fluxo superficial.....	02
1.2.1.a - Método do cilindro infiltrômetro simples ou duplo.....	02
1.2.1.b - Método do sulco infiltrômetro.....	03
1.2.1.c - Método do sulco infiltrômetro (By-Pass).....	04
1.2.2 - Método com sulco superficial.....	05
1.2.2.a - Método de Criddle.....	05
1.2.2.b - Método de Christiasen.....	06
1.2.2.c - Método de Gilley.....	06
2 - Avaliação de métodos para determinação das características de infiltração em sulcos - Método de Gilley	10
2.1 - Introdução.....	10
2.2 - Método de Gilley.....	11
2.2.1 - Considerações Gerais.....	11
2.2.2 - Cálculos e resultados.....	13

Cont.:

2.3 - Comentários.....	16
3 - Sistematização de solos.....	21
3.1 - Considerações Gerais.....	21
3.2 - Método utilizado.....	21
3.3 - Cálculos e resultados.....	22
4 - Testes de uniformidade de aplicação d'água dos <u>as</u> persores.....	39
5 - Caixa de coleta de amostras de solo em campo.....	41
6 - Declaração.....	42
7 - Bibliografia.....	43





## AGRADECIMENTOS

Ao Centro Nacional de Engenharia Agrícola - CENEA -, na pessoa do seu Diretor, DR. PROF. ANIVALDO PEDRO COBRA, e toda equipe de Técnicos e Engenheiros, pela extraordinária oportunidade a mim concedida de participar na qualidade de estagiário, dos trabalhos e pesquisas desenvolvidas pelo Centro no campo da Engenharia Agrícola no Brasil.

Nossos agradecimentos são extensivos à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Agrícola - UFPB, e aos demais colaboradores, que tornaram possível a realização desse estágio, além de incentivos à outras atividades curriculares e extracurriculares.

CENEA - CENTRO NACIONAL DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

Objetivo:

Contribuir para o desenvolvimento da Engenharia Agrícola no país, através da aplicação conjunta das Ciências Agrárias, Físico-matemáticas e de Engenharia.

Segundo a Portaria Ministerial Nº 815 de 10 de novembro de 1976, o CENEA tem por finalidade:

- Desenvolver programas integrados, abrangendo todos os aspectos da Engenharia Agrícola;

- Planejar, programar, controlar, coordenar e promover a execução de Cursos de treinamento em Engenharia Agrícola, de conformidade com o programa geral de treinamento do Ministério da Agricultura;

- Oferecer apoio às Universidades e Órgãos de pesquisa na realização de Cursos de Especialização, Graduação e Pós-graduação, bem como no desenvolvimento de pesquisas básicas e aplicadas de Engenharia Agrícola;

- Promover estudos e participar de projetos sobre tratores, máquinas, implementos e ferramentas agrícolas;

- Prestar assistência técnica para melhoria e expansão de órgãos de treinamento e aperfeiçoamento de pessoal em Engenharia Agrícola;

- Executar ensaios em tratores, máquinas, implementos e ferramentas agrícolas de fabricação ou montagem no País e de importação;

- Desenvolver estudos com vista à elaboração de normas técnicas a serem aplicadas à Engenharia Agrícola;

O CENEA - Centro Nacional de Engenharia Agrícola, possui interação com o Ministério da Indústria e Comércio, do Interior, da Educação e Cultura, dos Transportes, das Minas e Energia, da Fazenda, além de Secretarias da Presidência da República, como a Secretaria de Planejamento (SEPLAN) e a Secretaria Especial de Informática (SEI).

Existe também um Projeto de Cooperação Técnica com o Governo alemão, através do Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) e o CENEA.

Basicamente as atividades do CENEA estão compreendidas nas Divisões de Ensaio, de Desenvolvimento Tecnológico, e de Treinamento. Além das três Divisões Técnicas, existe a Divisão de Administração, a qual é responsável pelas atividades de apoio e manutenção da base física do Centro.

A Divisão de Ensaio (DIVEN) tem por objetivo o controle de desempenho e características nominais de bens de capital e de infraestrutura da agricultura.

A Divisão de Desenvolvimento Tecnológico (DITEC) tem por objetivo gerar tecnologias capazes de oferecer bens de capital e de infraestrutura que aliem melhor desempenho técnico com menor custo operacional, assegurando maior conforto ao produtor rural e proteção de recursos naturais. Abrange as áreas de conhecimento que compõem a Engenharia Agrícola: Mecânica Agrícola; Engenharia de Água e Solo; Construções Rurais; Pré-Processamento

e Armazenamento; e Energização Rural.

A Divisão de Treinamento (DITRE) tem por objetivo a maior difusão de materiais e métodos tecnológicos relacionados com as várias áreas da Engenharia Agrícola.

A Divisão de Administração compreende os seguintes serviços de apoio e manutenção:

1. Serviços diversos - setores de intendência; segurança e vigilância; carpintaria e serralaria.
2. Serviço de pessoal - material e patrimônio; execução orçamentária e financeira; oficina mecânica.
3. Produção e comercialização - setores de produção vegetal (agrícola, florestal e horticultura); mecanização agrícola; pré-processamento e armazenagem; produção de sementes; produção animal.
4. Seção de Estradas e Conservação de Água e Solo - setores de estradas; topografia; irrigação; e conservação de solos.

-----:-----

## OBJETIVO

O programa de estágio oferecido pelo CENEA, visa a difusão de tecnologias desenvolvidas nas diversas áreas da Engenharia Agrícola, dando incentivo à realização de trabalhos e pesquisas relacionadas à expansão e dinamização da agricultura no Brasil.

O presente relatório tem como objetivo o cumprimento de uma norma estabelecida pela Universidade Federal da Paraíba, incluída nas atividades curriculares obrigatórias do Curso de Graduação em Engenharia Agrícola, de apresentação de trabalhos desse gênero que descrevam o conteúdo dos conhecimentos adquiridos, tendo então, um valor adicional na avaliação das atividades escolares.

## APRESENTAÇÃO

O estágio foi realizado no Centro Nacional de Engenharia Agrícola - CENEA -, em Sorocaba SP, junto à Divisão de Desenvolvimento Tecnológico - DITEC -, no setor de Engenharia de Água e Solo, no período de 06 de janeiro a 16 de fevereiro de 1984, totalizando 285 horas.

Este relatório apresenta de maneira clara e objetiva, as descrições e resultados das atividades desenvolvidas durante o período de estágio, enfocando parte do que o CENEA vem desempenhando no campo da Engenharia Agrícola, nos seus segmentos de incrementação de novas tecnologias à agricultura. Assim, este documento relata os conhecimentos e informações adequadas durante o período de estágio, que proporcionaram enriquecimento e experiência que nos serão úteis na vida prática e profissional.



## CONCLUSÃO

Ao término deste estágio podemos analisá-lo como suficientemente aproveitável e útil, tendo em vista os conhecimentos práticos adquiridos, proporcionando-nos uma amostra da condução e execução dos trabalhos realizados no CENEA, acumulando-se, assim, um conjunto de informações e experiências de grande importância ao desempenho profissional.

Tivemos a oportunidade de observar várias atividades em diversas áreas como, mecânica agrícola, água e solo, energização e irrigação propriamente dita, tudo isso acompanhado de uma orientação teórica que nos forneceu subsídios para a avaliação e interpretação dos resultados obtidos nos referidos trabalhos.

É conscientemente importante o conhecimento prático na complementação acadêmica, facilitando a conciliação dos valores Técnico-Científicos aos valores reais do campo.

Se faz necessário denotar a capacidade com que caminha o CENEA, nos seus segmentos de adoção de novas tecnologias para a agricultura, dando impulso a invasão da Técnica e da Engenharia Agrícola nos mais diversos meios de produção e produtividade, para o bem-estar do homem e da natureza.

## 1. MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE INFILTRAÇÃO EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO SUPERFICIAL

### 1.1 - Introdução

O conhecimento das características de infiltração é indispensável ao dimensionamento, manejo e avaliação de sistemas de irrigação superficial. A complexidade do fenômeno e as dificuldades originárias devido à variabilidade espacial e temporal dos solos, dificultam a obtenção de uma equação que seja representativa do processo de infiltração, em todas as irrigações efetuadas em uma determinada área.

Inúmeros métodos têm sido propostos para avaliar as características de infiltração em sistemas superficiais, visando a dificuldade de obtenção de equações representativas.

### 1.2 - Classificação dos métodos.

A maioria dos métodos existentes podem ser reunidos sob duas aproximações gerais: ausência e presença de fluxo superficial. No primeiro caso, pode-se incluir os métodos do ciclindro infiltrômetro simples, ou duplo, sulco infiltrômetro e sulco infiltrômetro "By-Pass". No entanto, esses métodos têm sido criticados, visto que, na prática a infiltração ocorre sob condições de fluxo superficial, onde o transporte e a reorientação das partículas poderiam afetar a condição superficial do solo e alterar as características de infiltração. Também, os métodos com ausência de fluxo superficial são restritos à

áreas muito pequenas, requerendo, porém, um grande número de repetições para se obter resultados representativos de uma determinada área.

Os métodos desenvolvidos sob condições de fluxo superficial constituem particulares soluções da equação de balanço volumétrico, onde o volume infiltrado constitui a única incógnita. Estes métodos, reproduzindo as condições nas quais a irrigação se desenvolve, devem ser preferíveis em relação aos anteriores.

#### 1.2.1 - Métodos sem fluxo superficial

Estes métodos consistem em se determinar, direta ou indiretamente, a lâmina infiltrada em uma reduzida área na superfície do solo a intervalos de tempo arbitrários. Devido a natureza do processo de infiltração, recomenda-se que os intervalos sejam mais reduzidos no início do teste, aumentando-os gradativamente, a medida que diminui a variação da razão de infiltração com o tempo.

##### 1.2.1.a - Método do cilindro infiltrômetro simples ou duplo:

Nesse método, a lâmina infiltrada é determinada diretamente, através de leituras do nível da água no interior do cilindro, utilizando-se um micrômetro de gancho. Recomendam-se utilizar vários cilindros simultaneamente em cada teste, contudo, os cilindros devem apresentar diâmetros um pouco diferentes, de maneira que possam ser dispostos concêntricamente. Estes cilindros medem, aproximadamente, 25cm de diâmetro e 30cm de altura,

podendo variar arbitrariamente. Quanto maior a superfície definida pelo cilindro, maior será a representatividade dos resultados e menos significativos os efeitos de borda.

Para minimizar os efeitos de borda, recomenda-se estabelecer um anel de molhamento em torno do cilindro infiltrômetro, o qual poderá ser obtido através de um pequeno dique circular, do próprio solo, respeitando-se uma distância mínima de 15cm do cilindro, ou então, através da instalação de um cilindro externo, forçando o fluxo vertical descendente da água do cilindro interno utilizado nas determinações.

A espessura da lâmina superficial não deve influenciar significativamente os resultados, motivo pelo qual se recomenda que a lâmina permaneça entre 7,5 e 12,5cm, chamando-se a atenção para o reabastecimento de água no cilindro, caso necessário, tão rapidamente quanto possível. Neste caso não esquecer de anotar o nível da superfície líquida antes e depois do reabastecimento.

O teste deve se prolongar por um período semelhante àquele requerido pelas irrigações, ou então, até que a razão de infiltração atinja valores aproximadamente constantes. Os resultados poderão ser acumulados para a obtenção de uma equação do tipo Kostiaikov ( $z=Kt^a$ ), onde os parâmetros  $K$  e  $a$  são determinados analítica ou graficamente, utilizando-se papel bilogarítimo.

#### 1.2.1.b. Método do sulco infiltrômetro

O sulco infiltrômetro constitui uma variação do cilindro, adequado para avaliar as características de infiltração em sulcos. Bondurant (1957), admitiu que um sulco apresenta características de infiltração que

não são significativamente representadas quando se utiliza um cilindro infiltrômetro.

O método consiste em se determinar, a intervalos de tempo arbitrários, o volume infiltrado em uma seção do sulco demarcada por duas placas impermeáveis à água (placas metálicas), espaçadas de, aproximadamente, 1m. O nível da água no sulco é mantido constante através de uma válvula adequada.

As lâminas infiltradas são determinadas dividindo-se o volume infiltrado, determinado através de um reservatório graduado, pela área líquida ou bruta de infiltração. A área líquida é determinada multiplicando-se o comprimento da seção pelo perímetro molhado médio do sulco. No caso da área bruta, substitui-se o perímetro molhado pelo espaçamento entre sulcos. As constantes  $K$  e  $a$  da equação de infiltração tipo Kostiaikov são determinadas analítica ou graficamente, como no método anterior.

#### 1.2.1.c. Método do sulco infiltrômetro "By - Pass"

Trata-se de uma estrutura impermeável à água (metálica) dimensionada para bloquear metade de uma seção longitudinal do sulco, tendo cerca de 90cm de comprimento. Assim, a metade adjacente do infiltrômetro apresenta fluxo normal. Um sistema de flutuadores, colocados fora e dentro do infiltrômetro, controla a abertura da válvula de abastecimento de água ao infiltrômetro. Quando o nível da água no infiltrômetro é inferior ao da metade adjacente do sulco, a válvula se abre.

A lâmina infiltrada e as constantes  $K$  e  $a$ , da equação de infiltração, são determinadas como no caso anterior.

### 1.2.2 - Métodos com fluxo superficial

Estes métodos podem ser utilizados para determinação das características de infiltração tanto em sulcos quanto em faixa. O resultado final é a avaliação dos parâmetros  $K$  e  $a$ , de uma equação que expressa a lâmina molhada em função do tempo, do tipo proposto por Kostiaikov (1932). No caso de sulcos de infiltração, deveria-se considerar a redução do perímetro molhado ou da área líquida de infiltração, com a distância de avanço. Neste caso, a equação do balanço volumétrico será expressa por:

$$\bar{Q}t = V_y + V_z = x (\bar{A}_y + \bar{A}_z) = x (\bar{B}\bar{y} + \bar{W}\bar{z})$$

Onde:

$\bar{Q}$  = Vazão média derivada ao sulco durante o tempo  $t$ ;

$V_y$  = Volume de água superficial;

$V_z$  = Volume infiltrado;

$x$  = Distância de avanço durante o tempo  $t$ ;

$\bar{B}$  = Largura média da superfície líquida;

$\bar{y}$  = Lâmina média superficial;

$\bar{W}$  = Grandeza linear que pode ser o perímetro molhado ( $\bar{W}_p$ ), a largura média da superfície líquida ( $\bar{B}$ ) ou o espaçamento entre sulcos (F.S.);

$\bar{z}$  = Lâmina média infiltrada.

#### 1.2.2.a - Método de Criddle

Este método baseia-se na determinação do balanço volumétrico, em uma seção representativa do sulco, a intervalos de tempo arbitrários. A um determinado tempo, a diferença entre as vazões de entrada e saída, em uma determinada seção do sulco ou faixa, representa a vazão infiltrada nesta seção. Dividindo-se a vazão infiltrada pela



área de infiltração, obtém-se a razão de infiltração ( $\partial z / \partial t = a K t^{a-1}$ ) correspondente àquele tempo.

A integral da equação de infiltração instantânea em relação a  $t$ , resulta na equação de infiltração acumulada tipo Kostiaikov ( $z = K t^a$ ).

Para se determinar as vazões, geralmente adota-se medidores de regime crítico, especificamente, calhas tipo WSC. Estes dispositivos, instalados na saída da seção de controle do sulco interferem no fluxo, aumentando a altura da lâmina superficial e, conseqüentemente, o perímetro molhado. Isto resulta em um aumento da área de infiltração em relação ao fluxo livre da água em sulcos.

#### 1.2.2.b - Método de Christiasen

O método desenvolvido por Christiasen é simples e pode fornecer valores confiáveis de infiltração em sulcos e faixas, e também é baseado no balanço volumétrico durante a fase de avanço da água na superfície do solo.

Contudo, o método de Christiasen, não apresenta nenhuma vantagem em relação ao de Gilley, a apresentado a seguir, logo, são métodos essencialmente semelhantes onde, o primeiro carece da elegância do desenvolvimento matemático apresentado por Gilley.

#### 1.2.2.c - Método de Gilley

O método proposto do Gilley apresenta

um desenvolvimento teórico muito apropriado, a partir de hipóteses bem suportadas na maioria das condições, onde prevalece a irrigação superficial.

Apesar de ser restrito apenas à fase de avanço da água, provavelmente é um dos métodos mais indicados para avaliar as características de infiltração em faixas e sulcos.

. Dados necessários:

O sulco ou faixa deverá ser estaqueado a cada 10m. No momento em que a água atinge cada estaca, os seguintes dados devem ser determinados:

- . Tempo decorrido desde o início do processo;
- . Volume da água aplicado ao sulco ou faixa;
- . Volume da água existente na superfície do solo;

Estes dados serão utilizados na determinação da curva (ou equação) do volume infiltrado em função do tempo e da curva (ou equação) de avanço.

O volume de água infiltrado ( $V_z$ ) no momento em que o avanço atinge uma determinada estaca, pode ser avaliado pela diferença entre o volume total derivado ao sulco ou faixa ( $V_t = Q \cdot t$ ) e o volume de água existente na superfície do solo ( $V_y$ ). Este volume é calculado multiplicando-se a área média das seções transversais ao fluxo, determinadas em todas as estacas atingidas pela água, pela distância de avanço.

Os dados de volumes infiltrados e avanço em função do tempo, constituem todas as informações requeridas pelo método.

As bases teóricas do método de Gilley estão apoiadas em três hipóteses:

a. O avanço segue uma função de potência da forma  $s = ft_s^h$ , onde  $s$  é a distância de avanço no tempo  $t_s$ ,  $f$  e  $h$ , constantes empíricas;

Derivando-se:

$$\frac{ds}{dt_s} = hft_s^{h-1}$$

b. A infiltração acumulada ( $z$ ) segue também uma função de potência, conhecida como equação de Kostiaikov, do tipo:

$z(T) = KT^a$  ;  $z(T(s,t)) = KT^a$ , onde  $T$  é o tempo de oportunidade para infiltração e,  $K$  e  $a$ , constantes empíricas, sendo que:  $T(s,t) = t - t_s$ .

c. O avanço é considerado unidimensional, ou seja, a frente líquida na superfície do solo movimentase na direção perpendicular a largura. Esta hipótese é aplicada principalmente à faixas de infiltração.

- Observações:

. Na descrição dos métodos acima citados e comentados, ficam implícitos os modelos matemáticos desenvolvidos em cada um deles para a obtenção dos parâmetros e equações que descrevem as características de infiltração. É nossa intenção e objetivo, o conhecimento teóri

co e prático da determinação e, conseqüentemente, avaliação das características de infiltração em sistemas de irrigação superficial, sem contudo nos deter à demonstrações das equações formuladas para este fim.

. O trabalho teve como idéia central, o conhecimento e desenvolvimento dos trabalhos executados (em campo) para a obtenção dos dados e aplicação dos mesmos nas formulações matemáticas (equações) conhecidas, chegando-se, assim, aos valores dos parâmetros de infiltração desejados como descritos nos referidos métodos.

. No nosso caso, por razões óbvias de demonstrações de como executar a determinação dos parâmetros e características, nos detemos à aplicação de um só método, no caso, o método de Gilley, como será tratado logo adiante.

## 2. AVALIAÇÃO DE MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE INFILTRAÇÃO EM SULCOS - Metodo de Gilley.

### 2.1 - Introdução

As características de infiltração de água no solo constituem um dos principais parâmetros requeridos no dimensionamento, operação, manejo e avaliação de sistemas de irrigação superficial.

A infiltração é um fenômeno complexo, dependente de inúmeras variáveis, relacionadas às características físicas, químicas e morfológicas do solo, e apresentando uma dependência especial do teor de água no perfil e à condição da superfície. Esta, por sua vez, é afetada pela geometria da seção de escoamento e pelo fluxo superficial, que determinam a condição física e a grandeza da área de infiltração.

Alguns métodos simples empregados na determinação das características de infiltração, como o cilindro infiltrômetro simples (Richards, 1954) ou duplo (Blouwer, 1961), sulco infiltrômetro (Bondurant, 1957) e sulco infiltrômetro "By-Pass" (Shull, 1961), efetivamente não representam as condições de fluxo superficial, nas quais a irrigação se desenvolve. Tem sido demonstrado, que o fluxo superficial em sulcos ou faixas está associado ao transporte e reorientação de partículas de solo, que modificam sua condição superficial e alteram as características de infiltração.

## 2.2 - Método de Gilley

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a representatividade das equações de infiltração obtidas através de alguns métodos baseados na equação de balanço volumétrico, durante a fase de avanço da água no sulco e, do método da diferença entre as vazões de entrada e saída em um segmento do solo.

No nosso caso, como já nos referimos anteriormente, o trabalho foi desenvolvido especificamente em cima do método de Gilley, uma vez que o objetivo principal foi o conhecimento da metodologia do teste de infiltração segundo a descrição do referido método e, obtidos os dados e observados os parâmetros, executar a avaliação dos resultados.

A metodologia e o procedimento do método de Gilley estão descritos no item 1.2.2.c.

### 2.2.1 - Considerações gerais

O teste de infiltração a que se refere este trabalho foi desenvolvido no Campo Experimental de Irrigação Superficial existente no Centro Nacional de Engenharia Agrícola, Fazenda Ipanema, na cidade de Sorocaba SP.

Para desenvolver o teste de infiltração, foram selecionados três sulcos paralelos e adjacentes, sendo que os dois externos tiveram um efeito de borda dura. Os sulcos foram obtidos utilizando-se sulcadores traçionados mecanicamente, assegurando uma satisfatória uniformidade de forma e dimensões, em toda sua extensão. O comprimento adotado foi 180m, e o espaçamento entre sul



cos, 0,80m. A declividade na direção do escoamento foi considerada uniforme, assumindo um valor médio de 0,6%. A vazão derivada aos sulcos foi mantida constante durante todo o período de aplicação de água, assumindo um valor de 0,7 l/s.

Com a finalidade de se determinar a equação de avanço da água no sulco e alguns elementos geométricos da seção de escoamento, a cada incremento de avanço da frente de molhamento, foram definidas estações de medição, desde o ponto de derivação de água, a cada 10m até o final do sulco.

Utilizando-se de um perfilômetro, procedeu-se a determinação dos elementos geométricos da seção transversal do sulco em cada estação. Com estes dados, estabeleceu-se uma relação entre a altura da lâmina, medida no centro geométrico da seção transversal do sulco, e a largura da superfície do fluxo correspondente. Estes dados foram ajustados, através da regressão linear, obtendo-se um monômio de forma:

$$B = \alpha y^a$$

Onde:

B = Largura da superfície do fluxo, cm;

y = Altura da lâmina líquida, cm;

$\alpha$  e a = Coeficiente e expoente empíricos,

respectivamente.

Reconhecendo-se que  $B = \frac{dA}{dy}$ , pode-se

facilmente determinar a área da seção de escoamento em cada estação, através da expressão:

$$A = \frac{\infty y^{a+1}}{(a+1)}$$

Para atender as exigências dos métodos baseados na fase de avanço da água nos sulcos, os dados de avanço da lâmina líquida em cada estação foram ajustados a uma expressão monominal da forma:

$$S = ft^h$$

Onde:

$S$  = Distância de avanço correspondente ao tempo;

$f$  e  $t$  = Constantes empíricas.

A cada incremento de distância de avanço, procedeu-se à determinação do volume de água infiltrado, até a água atingir o final do sulco, através do cálculo de um balanço volumétrico. Neste cálculo, determinou-se a área da seção transversal do sulco em todas as estações compreendidas pela distância de avanço correspondente, obtendo-se um valor médio, que multiplicado pela respectiva distância de avanço fornece o volume de água superficial. Subtraído-se este volume daquele aplicado, obtém-se o volume de água infiltrado em toda a extensão de avanço.

### 2.2.2 - Cálculos e resultados

#### . Determinação da Equação de Avanço:

Os dados de avanço foram ajustados através da regressão linear, à forma:

$$S = ft^h ; f, h = \text{constantes empíricas}$$

ou seja, com a distância de avanço (estacas)  $S$ , e o tempo correspondente (tempo acumulado),  $t$ , com isso, para cada  $t$ , teremos o avanço da água em cada estação respectivamente.

$$f = 0,3355$$

$$h = 0,6548$$

. Volume Aplicado:

O volume aplicado é determinado multiplicando-se a vazão derivada no sulco e o tempo acumulado (em cada estação).

$$Q_{apl} = Q \text{ (m}^3\text{/seg)} \times T_{acum} \text{ (seg)}.$$

. Tempo de Oportunidade:

O tempo acumulado é definido como sendo a diferença entre o tempo total de irrigação e o tempo de avanço (acumulado) em cada estação.

. Área da Seção do Sulco:

Com o perfilômetro, procedeu-se a determinação dos elementos geométricos da seção do sulco. Com os dados das alturas da lâmina medida no centro geométrico da seção transversal do sulco, e a largura da superfície do fluxo, ajustados da regressão linear à forma:

$$B = \alpha y^a;$$

Onde:

$B$  = Largura da superfície do fluxo; cm.

$y$  = Altura da lâmina do fluxo; cm.

$\alpha$  e  $a$  = Constantes empíricas.

Como:

$$A = \int B \, dy; \quad A = \frac{\alpha y^{a+1}}{a+1},$$

Determinamos a área da seção transversal do sulco. Logo para cada  $y$ , teremos a seção transversal do sulco, correspondente.

. Volume Superficial:

O volume superficial numa seção do sulco, é dado como sendo 0,7 da área da seção do sulco multiplicado pela distância (comprimento) correspondente à mesma seção. Assim,  $V_{mp} = 0,7 \cdot A_i \cdot d_i$ . Procede-se à próxima seção somando-se o volume ( $A_i \cdot d_i$ ) da anterior, e assim, sucessivamente.

. Volume infiltrado:

O volume infiltrado é dado pela diferença entre o volume derivado ou aplicado e o volume superficial, obtendo-se assim, o volume infiltrado ao longo do sulco, em cada estação.

. Equação do volume infiltrado:

Esta equação nos fornece o total infiltrado em cada estação, ao longo de todo o sulco, no decorrer do período total de irrigação.

A equação é obtida através do processo da regressão linear, na forma de um monômio do tipo:

$$V_i = Kt^{\delta}$$

Onde:

$V_i$  = Volume infiltrado

$t$  = Tempo acumulado

$K, \delta$  = Constantes empíricas.

Assim, com os valores do tempo acumulado e do volume infiltrado, obtivemos:

$$K = 0,0253$$

$$\delta = 1,0774$$

Como os valores do tempo de oportunida de na equação acima, determinamos para cada estação o volume total infiltrado em todo o período de irrigação.

### 2.3 - Comentários:

A proximidade dos valores infiltrados a partir da equação do volume infiltrado, comparados com os valores anteriormente determinados, nos fornece uma idéia da eficiência e exatidão dos modelos matemáticos utilizados nos métodos de avaliação para determinação das características de infiltração em sulco. Bem como, nesses tipos de trabalhos alguns efeitos são levados em consideração, tais como, evaporação, tipo de solo e planta, que acusam diferenças no balanço volumétrico analisado.

No trabalho desenvolvido ficou provado a capacidade do método de Gilley, com sua simplicidade matemática na determinação dos parâmetros requeridos para a avaliação dos diversos métodos, e também na facilidade nos efeitos de interpretação das equações utilizadas.



## Dados de avanço e infiltração no sulco

Vazão: 0,7 l/seg.

Declividade: 0,6%

Estaca	tempo (min) (hora)	$\Delta t$ (min)	tempo acu- mulado. (min)	avanço água no sulco (m)	volume aplica- do (m <sup>3</sup> )	área se- ção sul- co 10 <sup>-2</sup> (m <sup>2</sup> )	volume su- perficial 10 <sup>-2</sup> (m <sup>3</sup> )	volume in- filtrado. 10 <sup>-2</sup> (m <sup>3</sup> )
0	9:05	0	0					
1	9:10	5	5	9,6250	0,21		5,8940	15,1060
0						8,420		
2	9:15	5	10	15,1530	0,42		16,1396	25,8604
1						11,028		
0						8,420		
3	9:35	20	30	31,1090	1,26		26,9182	99,0818
2						4,966		
1						12,414		
0						11,028		
4	10:05	30	60	48,9770	2,52		32,2601	219,3799
3						3,953		
2						6,051		
1						12,414		
0						11,028		
5	10:40	35	95	66,171	3,99		36,2216	362,7784
4						3,958		
3						3,958		
2						6,051		
1						12,414		
0						11,028		
6	11:14	34	129	80,847	5,418		39,5216	502,278
5						3,018		
4						3,958		
3						3,958		
2						6,051		
1						12,414		



Dados de avanço e infiltração no sulco

Vazão: 0,7 l/seg.

Declividade: 0,6%

Estaca	tempo (min) (hora)	$\Delta t$ (min)	tempo acu- mulado. (min)	avanço água no sulco (m)	volume aplica- do (m <sup>3</sup> )	área se- ção sul- co 10 <sup>-2</sup> (m <sup>2</sup> )	volume su- perficial 10 <sup>-2</sup> (m <sup>3</sup> )	volume in- filtrado. 10 <sup>-2</sup> (m <sup>3</sup> )
0						11,028		
7	11:20	6	135	83,290	5,67		44,9112	522,088
6						4,966		
5						3,018		
4						3,958		
3						4,966		
2						6,051		
1						12,414		
8	11:30	10	145	87,280	6,090		48,5710	560,429
7						6,051		
6						6,051		
5						3,018		
4						3,958		
3						6,051		
2						6,051		
9	11:40	10	155	91,176	6,510		57,8876	593,112
8						3,018		
7						7,204		
6						6,051		
5						3,018		
4						3,958		
3						6,051		
10	11:50	10	165	94,985	6,930		65,1167	627,883
9						6,051		
8						3,953		
7						7,204		
6						7,204		
5						3,018		

Dados de avanço e infiltração no sulco

Vazão: 0,7 l/seg.

Declividade: 0,6%

Estaca	tempo (min) (hora)	$\Delta t$ (min)	tempo acu- mulado. (min)	avanço água no sulco (m)	volume aplica- do (m <sup>3</sup> )	área se- ção sul- co 10 <sup>-2</sup> (m <sup>2</sup> )	volume su- perficial 10 <sup>-2</sup> (m <sup>3</sup> )	volume in- filtrado. 10 <sup>-2</sup> (m <sup>3</sup> )
4						3,958		
11	12:06	16	181	100,920	7,602		72,9098	687,290
10						7,204		
9						6,051		
8						3,953		
7						7,204		
6						7,204		
5						3,953		
12	12:32	26	207	110,190	8,694		80,4597	788,940
11						6,051		
10						7,204		
9						7,204		
8						3,953		
7						7,204		
6						7,204		
13	12:55	23	230	118,060	9,666		91,9442	874,055
12						4,964		
11						7,204		
10						11,028		
9						8,420		
8						3,953		
7						7,204		
14	13:03	48	278	133,660	11,676		103,859	1.063,741
13						4,966		
12						6,051		
11						9,695		
10						11,028		
9						9,695		

## Dados de avanço e infiltração no sulco

Vazão: 0,7 l/seg.

Declividade: 0,6%

Estaca	tempo (min) (hora)	$\Delta t$ (min)	tempo acu- mulado. (min)	avanço água no sulco (m)	volume aplica- do (m <sup>3</sup> )	área se- ção su- co 10 <sup>-2</sup> (m <sup>2</sup> )	volume su- perficial 10 <sup>-2</sup> (m <sup>3</sup> )	volume in- filtrado. 10 <sup>-2</sup> (m <sup>3</sup> )
8						6,051		
15	13:23	20	298	139,880	12,516		119,459	1.132,14
14						6,051		
13						8,420		
12						8,420		
11						11,028		
10						12,414		
9						11,028		
16	13:44	21	319	146,265	13,398		131,317	1.208,48
15						7,204		
14						9,605		
13						7,204		
12						9,695		
11						12,414		
10						12,414		
17	14:03	19	338	151,905	14,196		137,744	1.281,85
16						6,051		
15						8,420		
14						8,420		
13						7,204		
12						9,695		
11						12,414		
18	18:40	17	355	156,865	14,910		141,672	1.349,32
17						3,018		
16						6,051		
15						8,420		
14						8,420		
13						7,207		
12						9,695		

### 3. SISTEMATIZAÇÃO DE SOLOS

- Área para irrigação por sulco -

#### 3.1 - Considerações gerais

O método de irrigação por sulco consiste na aplicação da água no solo através de pequenos canais ou sulcos lateralmente situados, às linhas de plantas, durante o tempo suficiente para umedecer o solo na zona radicular da cultura.

Como os demais tipos de irrigação superficial, exige-se neste método, geralmente, uma sistematização ou regularização do terreno dando a conformidade adequada para o movimento da água no sulco, uma vez que os parâmetros de forma, espaçamento e declividade exercem considerável influência na capacidade de assimilação de água pelas plantas.

Além disso, numa sistematização, deve-se também dar especial atenção aos critérios de menor movimentação possível do solo com base na economicidade do projeto e na fertilidade do terreno, não afetando o crescimento e, conseqüentemente, a rentabilidade da cultura a ser implantada.

#### 3.2 - Método utilizado

A partir de um levantamento plani-altimétrico já existente da área em consideração, foi utilizada a metodologia do método que consiste em reduzir o terreno a ser nivelado a uma superfície plana, com declividade uniforme no sentido longitudinal e transversal, com o menor movimento de terra possível e tornando equivalente os cortes e aterros.

Por determinadas razões, principalmente construtivas, sempre deve haver maior disponibilidade de corte do que de aterro, o que somente será conseguido mediante o abaixamento sucessivo do plano final.

O terreno compreende uma área de 120m X 195m que, para efeito de facilidade de cálculo e execução do trabalho das máquinas, foi dividido em 4 (quatro) faixas ou parcelas de 30m X 195m, respectivamente.

### 3.3 - Cálculos e resultados - (Planilhas)

#### - 1.<sup>a</sup> parcela

	(1)	(0)		
M	10,857	10,517	- 21,374	- 10,687
L	10,807	10,502	- 31,309	- 10,654
K	10,702	10,567	- 21,269	- 10,634
J	10,502	10,447	- 20,949	- 10,474
I	10,712	10,362	- 21,074	- 10,537
H	10,650	10,263	- 20,913	- 10,456
G	10,337	10,192	- 20,529	- 10,264
F	10,387	10,292	- 20,679	- 10,339
E	10,287	10,200	- 20,487	- 10,243
D	10,091	10,142	- 20,233	- 10,116
C	10,102	10,092	- 20,194	- 10,097
B	10,077	10,017	- 20,094	- 10,047
A	10,142	10,000	- 20,142	- 10,071
	<u>135,653</u>	<u>133,593</u>	<u>269,246</u>	<u>134,619</u>
	10,434	10,276	20,711	

Altura do centróide (Hm):

$$H_m = \frac{h}{N} \quad \text{onde: } h = \text{soma das cotas}$$

$$N = \text{número de estacas}$$

$$H_m = \frac{269,246}{26} \quad H_m = 10,355m$$

Localização do centroide ( $X_m, Y_m$ ):

$$X_m = \frac{a + 1}{2} \quad \text{onde: } a = \text{n}^\circ \text{ de colunas}$$

$$X_m = \frac{2 + 1}{2} \quad X_m = 1,5 \text{ m\u00f3dulos; } X_m = 22,5m$$

$$Y_m = \frac{b + 1}{2} \quad \text{onde: } b = \text{n}^\circ \text{ de linhas}$$

$$Y_m = \frac{13 + 1}{2} \quad Y_m = 7,0 \text{ m\u00f3dulos; } Y_m = 105m$$

Da\u00ed, ( $X_m; Y_m$ ) = (22,5; 105)

- C\u00e1lculo da declividade que melhor se adapta: Os declives que melhor se adaptam para os sentidos (N-S) e (O-E), s\u00e3o dados pela equa\u00e7\u00e3o:

$$G = \frac{\Sigma(SH) - \frac{(\Sigma S) \cdot (\Sigma H)}{N}}{\Sigma(S^2) - \frac{(\Sigma S)^2}{N}}$$

$G$  = Declive melhor adaptado \u00e0 declividade m\u00e9dia do terreno;

$S$  = Dist\u00e2ncia em m\u00f3dulo de cada ponto ou eixo nos perf\u00edis m\u00e9dios;

$H$  = Cota m\u00e9dia em cada coluna ou linha;

$N$  = N\u00b0 de pontos em perfil m\u00e9dio.

Sentido (N-S)

$$G_y = \frac{\Sigma(Y \cdot Hy) - \frac{(\Sigma y) \cdot (\Sigma Hy)}{N}}{\Sigma(Y)^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{N}}$$

$$\begin{aligned}
 N &= 13 \\
 \Sigma (Y.Hy) &= 931,66 \\
 \Sigma (Y) &= 91 \\
 \Sigma (Hy) &= 134,619 \\
 (\Sigma Y)^2 &= 8281 \\
 \Sigma (Y)^2 &= 819
 \end{aligned}$$

Substituindo na equação, teremos:

$$Gy = \frac{931,66 - \frac{91 \cdot 134,619}{13}}{819 - \frac{8281}{13}} \quad Gy = -0,058/\text{módulo};$$

$$Gy = \frac{0,058}{15} \times 100; \quad Gy = 0,386\%$$

Sentido (O-E)

$$Gx = \frac{\Sigma (XHx) - \frac{(\Sigma X) \cdot (\Sigma Hx)}{N}}{\Sigma (X)^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N}}$$

$$\begin{aligned}
 N &= 2 \\
 \Sigma (XHx) &= 30,986 \\
 \Sigma (X) &= 3 \\
 \Sigma (Hx) &= 20,711 \\
 (\Sigma X)^2 &= 9 \\
 \Sigma (X)^2 &= 5
 \end{aligned}$$

Logo:

$$Gx = \frac{30,986 - \frac{3 \cdot 20,711}{2}}{5 - \frac{9}{2}} \quad Gx = -0,161/\text{módulo};$$



$$G_x = \frac{0,161}{15} \times 100; \quad G_x = 1,073\%$$

## - PLANILHA DE CÁLCULO -

Estacas	Cota do terreno	Cota calculada	Módulo de terra (cm)		Cota corrigida (final)	Mov. de terra (cm)	
			Corte	Aterro		Corte	Aterro
M-1	10,857	10,763	9,4	-	10,774	8,3	-
L-1	10,807	10,705	10,2	-	10,716	9,1	-
K-1	10,702	10,647	5,5	-	10,658	4,4	-
J-1	10,502	10,589	-	8,7	10,600	-	9,8
I-1	10,712	10,531	18,1	-	10,542	17,0	-
H-1	10,650	10,473	17,7	-	10,484	16,6	-
G-1	10,337	10,415	-	7,8	10,426	-	8,9
F-1	10,387	10,357	3,0	-	10,368	1,9	-
E-1	10,287	10,299	-	1,2	10,310	-	2,3
D-1	10,091	10,241	-	15,0	10,252	-	16,1
C-1	10,102	10,183	-	8,1	10,194	-	9,2
B-1	10,077	10,125	-	4,8	10,136	-	5,9
A-1	10,142	10,067	7,5	-	10,078	6,4	-
M-0	10,517	10,602	-	8,5	10,613	-	9,6
L-0	10,502	10,544	-	4,2	10,555	-	5,3
K-0	10,567	10,486	8,1	-	10,497	7,0	-
J-0	10,447	10,248	1,9	-	10,439	0,8	-
I-0	10,362	10,370	-	0,8	10,381	-	1,9
H-0	10,263	10,312	-	4,9	10,323	-	6,0
G-0	10,192	10,254	-	6,2	10,265	-	7,3
F-0	10,292	10,196	9,6	-	10,207	8,5	-
E-0	10,200	10,138	6,2	-	10,149	5,1	-
D-0	10,142	10,080	6,2	-	10,091	5,1	-
C-0	10,092	10,022	7,0	-	10,033	5,9	-
B-0	10,017	9,964	5,3	-	9,975	4,2	-
A-0	10,000	9,906	9,4	-	9,917	8,3	-
Somatório			125,1	70,2		108,6	82,3

$$\frac{C}{A} = 1,32$$

## Ajuste de corte e aterro

$$\text{Relação corte/aterro: } \frac{\Sigma \text{ cortes}}{\Sigma \text{ aterros}} = \frac{125,1}{70,2} = \frac{C}{A} = 1,782$$

- Admitindo-se uma relação corte/aterro de 1,3, aproximadamente, suficiente para os possíveis assentamentos excessivos, terrenos:

$$\frac{M\Sigma A - \Sigma C}{MNa + Nc} ; \quad \text{onde:}$$

Variação na cota de todos os piquetes;

M = Relação desejada entre corte e aterro;

$\Sigma A$  = Somatório dos aterros;

$\Sigma c$  = Somatório dos cortes;

Na = Número de piquetes com aterros;

Nc = Número de piquetes com cortes;

Logo:

$$= \frac{1,3 \cdot 70,2 - 125,1}{1,3 \cdot 11 + 15} ; \quad \begin{aligned} &\cong - 1,155\text{cm} \\ &\cong - 0,0115\text{m} \end{aligned}$$

Relação final corte/aterro:

$$\frac{C}{A} = \frac{108,6}{82,3} \quad \frac{C}{A} \cong 1,32$$

## VOLUME DE TERRA

. Volume de corte =  $1.086 (15 \times 15) / 0,585\text{ha} = 417,7\text{m}^3/\text{ha}$

. Volume de aterro =  $0,823 (15 \times 15) / 0,585\text{ha} = 316,53\text{m}^3/\text{ha}$

2.<sup>a</sup> parcela

	(3)	(2)				
M	11,412	11,182	-	22,594	-	11,297
L	11,317	11,087	-	22,404	-	11,202
K	11,132	10,912	-	22,044	-	11,022
J	10,995	10,800	-	21,795	-	10,897
I	10,942	10,817	-	21,759	-	10,879
H	10,792	10,622	-	21,414	-	10,707
G	10,552	10,589	-	21,141	-	10,570
F	10,376	10,342	-	20,718	-	10,359
E	10,205	10,303	-	20,508	-	10,254
D	10,132	10,157	-	20,289	-	10,144
C	10,197	10,057	-	10,254	-	10,127
B	9,922	10,317	-	20,239	-	10,119
A	9,768	9,837	-	19,605	-	9,802
	<u>137,742</u>	<u>137,022</u>		<u>274,764</u>		<u>137,379</u>
	10,595	10,540		21,135		

Altura do centróide (Hm):

$$H_m = \frac{h}{n} = \frac{274,764}{26} \quad H_m = 10,567m$$

Localização do centróide (Xm, Ym):

$$(X_m; Y_m) = (22,5; 105)$$

Cálculo da declividade que melhor se adapta:

Sentido (N-S)

$$G_y = \frac{\sum (y \cdot Hy) - \frac{(\sum y) \cdot (\sum Hy)}{n}}{\sum (y)^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}}$$

$$N = 13$$

$$\sum (YHy) = 939,831$$

$$\sum (Y) = 91$$

$$\sum (Hy) = 137,379$$

$$\sum (Y)^2 = 8281$$

$$\sum (Y)^2 = 819$$

$$G_y = \frac{939,831 - \frac{91 \cdot 137,379}{13}}{819 - \frac{8281}{13}} \quad G_y \approx -0,120/\text{m\u00f3dulo};$$

$$G_y = \frac{0,120}{15} \times 100; \quad G_y \approx 0,80\%$$

Sentido (O-E).

$$G_x = \frac{\sum (XHx) - \frac{(\sum X) \cdot (\sum Hx)}{N}}{\sum (X)^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}}$$

$$N = 2$$

$$\sum (XHx) = 31,675$$

$$\sum (X) = 3$$

$$\sum (Hx) = 21,135$$

$$\sum (X)^2 = 9$$

$$\sum (X)^2 = 5$$

$$G_x = \frac{31,675 - \frac{3 \cdot 21,135}{2}}{5 - \frac{9}{2}} \quad G_x \approx 0,055/\text{m\u00f3dulo};$$

$$G_x = \frac{0,055}{15} \times 100; \quad G_x \cong 0,37\%$$

## PLANILHA DE CÁLCULO

Estacas	Cota do Terreno	Cota calculada	Mov. da terra (cm)		Cota cor rígida (final)	Mov. da terra (cm)	
			Corte	Aterro		Corte	Aterro
M-3	11,412	11,314	9,8	-	11,305	10,7	-
L-3	11,317	11,194	12,3	-	11,185	13,2	-
K-3	11,132	11,074	5,8	-	11,065	6,7	-
J-3	10,995	10,954	4,1	-	10,945	5,0	-
I-3	10,942	10,834	10,8	-	10,825	11,7	-
H-3	10,795	10,714	8,1	-	10,165	9,0	-
G-3	10,552	10,594	-	4,2	10,585	-	3,3
F-3	10,376	10,474	-	9,8	10,465	-	8,9
E-3	10,205	10,354	-	14,9	10,345	-	14,0
D-3	10,132	10,234	-	10,2	10,225	-	9,3
C-3	10,197	10,114	8,3	-	10,105	9,2	-
B-3	9,922	9,994	-	7,2	9,985	9,2	6,3
A-3	9,768	9,874	-	10,6	9,865	-	9,7
M-2	11,182	11,259	-	7,7	11,250	-	6,8
L-2	11,087	11,139	-	5,2	11,130	-	4,3
K-2	10,912	10,019	-	10,7	11,010	-	9,8
J-2	10,800	10,899	-	9,9	10,890	-	9,0
I-2	10,817	10,778	3,8	-	10,770	4,7	-
H-2	10,622	10,659	-	3,7	10,650	-	2,8
G-2	10,589	10,539	5,0	-	10,530	5,9	-
F-2	10,342	10,419	-	7,7	10,419	-	6,8
E-2	10,303	10,299	0,4	-	10,290	1,3	-
D-2	10,157	10,179	-	2,2	10,170	-	1,3
C-2	10,057	10,059	-	0,2	10,050	0,7	-
B-2	10,317	9,939	37,8	-	9,930	38,7	-
A-2	9,837	9,819	1,8	-	9,810	2,7	-
Somatório			108	104,2		119,5	92,3

$$C/A = 1,294$$

Ajuste de corte e aterro

$$\text{Relação corte/aterro: } \frac{\Sigma \text{cortes}}{\Sigma \text{aterros}} = \frac{108}{104,2} \quad \frac{C}{A} = 1,036$$

Admitindo-se uma relação corte/aterro de 1,3, aproximadamente, suficiente para os possíveis assentamentos excessivos, teremos:

$$= \frac{M \Sigma A - \Sigma C}{MNa + Nc}$$

Logo:

$$= \frac{1,3 \cdot 104,2 - 108}{1,3 \cdot 147 + 12}; \quad \begin{array}{l} \cong 0,909\text{cm} \\ \cong 0,009\text{m} \end{array}$$

Relação final corte/aterro:

$$\frac{C}{A} = \frac{199,5}{92,3} \quad \frac{C}{A} = 1,294$$

Volume de terra:

- . Volume de corte =  $1,175 (15 \times 15) / 0,585\text{ha} = 459,61\text{m}^3/\text{ha}$
- . Volume de aterro =  $0,923 (15 \times 15) / 0,585\text{ha} = 355\text{m}^3/\text{ha}$

3.<sup>a</sup> Parcela

	(5)	(4)			
M	11,907	11,664	-	23,571	- 11,785
L	11,439	11,449	-	22,888	- 11,444
K	11,505	11,324	-	22,829	- 11,414
J	11,427	11,114	-	22,541	- 11,270
I	10,825	10,899	-	21,724	- 10,862
H	10,717	10,752	-	21,469	- 10,734
G	10,372	10,446	-	20,818	- 10,409
F	10,307	10,374	-	20,681	- 10,340
E	10,107	10,102	-	20,209	- 10,114
D	10,084	10,084	-	20,168	- 10,084
C	9,667	9,954	-	19,621	- 9,810
B	9,557	9,659	-	19,216	- 9,608
A	9,217	9,589	-	18,806	- 9,403
	137,131	137,410		274,541	137,267
	10,548	10,570		21,118	

Altura do centróide (Hm):

$$Hm = \frac{h}{n} = \frac{274,541}{26} \quad Hm = 10,559m$$

Localização do centróide (Xm, Ym):

$$(Xm, Ym) = (22,5; 105)$$

Cálculo da declividade que melhor se adapta:

Sentido: (N-S):

$$Gy = \frac{\sum (Y \cdot Hy) - \frac{(\sum Y) \cdot (\sum Hy)}{n}}{\sum (Y)^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}}$$



$$N = 13$$

$$\sum (UHy) = 925,513$$

$$\sum (Y) = 91$$

$$\sum (Hy) = 137,267$$

$$(\sum Y)^2 = 8281$$

$$\sum (Y)^2 = 819$$

$$Gy = \frac{925,517 - \frac{91 \cdot 137,167}{13}}{819 - \frac{8281}{13}} \quad Gy = -0,194/\text{m\u00f3dulo}$$

$$Gy = \frac{0,194}{15} \times 100 ; \quad Gy \cong 1,295\%$$

Sentido (O-E)

$$Gx = \frac{\sum (XHx) - \frac{(\sum X) \cdot (\sum Hx)}{N}}{\sum (X)^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}}$$

$$N = 2$$

$$\sum (XHx) = 31,688$$

$$\sum (X) = 3$$

$$\sum (Hx) = 21,118$$

$$(\sum X)^2 = 9$$

$$\sum (X)^2 = 5$$

$$Gx = \frac{31,688 - \frac{3 \cdot 21,188}{2}}{5 - \frac{9}{2}} \quad Gx = 0,022/\text{m\u00f3dulo}$$

$$G_x = \frac{0,022}{15} \times 100;$$

$$G_x = 0,146\%$$

## PLANILHA DE CÁLCULO

Estacas	Cota do terreno	Cota calculada	Mov. da terra (cm)		Cota cor_rígida (final)	Mov. da terra (cm)	
			Corte	Aterro		Corte	Aterro
M-5	11,907	11,713	19,4	-	11,700	20,7	-
L-5	11,439	11,519	-	8,0	11,506	-	6,7
K-5	11,505	11,325	18,0	-	11,312	9,3	-
J-5	11,427	11,131	29,6	-	11,118	30,9	-
I-5	10,825	10,937	-	11,2	10,924	-	9,9
H-5	10,717	10,743	-	2,6	10,730	-	1,3
G-5	10,372	10,548	-	17,6	10,535	-	16,3
F-5	10,307	10,354	-	4,7	10,341	-	3,4
E-5	10,107	10,160	-	5,3	10,147	-	4,0
D-5	10,084	9,966	11,8	-	9,953	13,1	-
C-5	9,667	9,772	-	10,5	9,759	-	9,2
B-5	9,557	9,578	-	2,1	9,565	-	0,8
A-5	9,217	9,384	-	16,7	9,371	-	15,4
M-4	11,664	11,734	-	7,0	11,721	-	5,7
L-4	11,449	11,540	-	9,1	11,527	-	7,8
K-4	11,324	11,346	-	2,2	11,333	-	0,9
J-4	11,114	11,152	-	3,8	11,139	-	2,5
I-4	10,899	10,958	-	5,9	10,945	-	4,6
H-4	10,752	10,764	-	1,2	10,751	-	0,1
G-4	10,446	10,570	-	12,4	10,557	-	11,1
F-4	10,374	10,376	-	0,2	10,363	1,1	-
E-4	10,102	10,182	-	8,0	10,169	-	6,7
D-4	10,084	9,988	9,6	-	9,975	10,9	-
C-4	9,954	9,794	16,0	-	9,781	17,3	-
B-4	9,659	9,600	5,9	-	9,587	7,2	-
A-4	9,589	9,406	18,3	-	9,393	19,6	-
Somatório:			128,6	128,5		130,1	106,4

$$C/A \approx 1,23$$

Ajuste de corte e aterro

$$\text{Relação corte/aterro: } \frac{\sum \text{cortes}}{\sum \text{aterros}} = \frac{128,6}{128,5} \quad \frac{C}{A} \cong 1,00$$

Admitindo-se uma relação corte/aterro de 1,3, aproximadamente, suficiente para os possíveis excessivos, teremos:

$$= \frac{M \sum A - \sum C}{MNa + Nc}$$

Logo:

$$= \frac{1,3 \cdot 128,5}{1,3 \cdot 18} - \frac{128,6}{8} ; \quad \begin{array}{l} \cong 1,22 \text{ cm} \\ \cong 0,0122 \text{ m} \end{array}$$

Relação final corte/aterro

$$\frac{C}{A} = \frac{130,1}{106,4} \quad \frac{C}{A} \cong 1,23$$

Volume de terra:

. Volume de corte =  $1,301 (15 \times 15) / 0,585 \text{ ha} = 500,38 \text{ m}^3 / \text{ha}$

. Volume de aterro =  $1,064 (15 \times 15) / 0,585 \text{ ha} = 409,23 \text{ m}^3 / \text{ha}$

4. <sup>a</sup> Parcela						
	(7)	(6)				
M	12,108	12,029	-	24,209	-	12,104
L	11,845	11,677	-	23,522	-	11,761
K	11,510	11,492	-	23,002	-	11,501
J	11,312	11,499	-	22,811	-	11,405
I	10,557	10,925	-	21,882	-	10,941
H	10,525	10,703	-	21,228	-	10,614
G	10,365	10,466	-	20,831	-	10,415
F	10,095	10,222	-	20,317	-	10,158
E	9,815	10,297	-	20,112	-	10,056
D	9,537	9,692	-	19,229	-	9,614
C	9,200	9,497	-	18,697	-	9,348
B	9,015	9,167	-	18,182	-	9,091
A	8,835	9,097	-	17,962	-	8,966
	<hr/>			<hr/>		
	135,191	136,763		271,955		135,974
	10,399	10,520		20,919		

Altura do centróide (Hm):

$$Hm = \frac{h}{n} = \frac{271,955}{26} \quad Hm = 10,459m$$

Localização do centróide (Xm, Ym):

$$(Xm; Ym) = (22,5; 105)$$

Cálculo da declividade que melhor se adapta:

Sentrido: (N-S)

$$Gy = \frac{\sum (y H_y) - \frac{(\sum y) \cdot (\sum H_y)}{n}}{\sum (y)^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}}$$

$$n = 13$$

$$\sum (YH_y) = 903,429$$

$$\sum (Y) = 91$$

$$\sum (H_y) = 135,974$$

$$(\sum y)^2 = 8281$$

$$\sum (y)^2 = 819$$

$$G_y = \frac{903,429 - \frac{91 \cdot 135,974}{13}}{819 - \frac{8281}{13}} \quad G_y = -0,265/\text{m\u00f3dulo}$$

$$G_y = \frac{0,265}{15} \times 100 ; \quad G_y = 1,76\%$$

Sentido: (O-E).

$$G_y = \frac{\sum (XH_y) - \frac{(\sum X) \cdot (\sum H_x)}{n}}{\sum (X)^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}$$

$$n = 2$$

$$\sum (XH_x) = 31,439$$

$$\sum (X) = 3$$

$$\sum (H_x) = 20,919$$

$$(\sum X)^2 = 9$$

$$(\sum X)^2 = 5$$

$$G_x = \frac{31,439 - \frac{3 \cdot 20,919}{2}}{5 - \frac{9}{2}} \quad G_x = 0,121/\text{m\u00f3dulo}$$

$$G_x = \frac{0,121}{15} \times 100 ; \quad G_x = 0,8\%$$

## PLANILHA DE CÁLCULO

Estacas	Cota do terreno	Cota calculada	Mov. da terra (cm)		Cota corrigida (Final)	Mov. da terra (cm)	
			Corte	Aterro		Corte	Aterro
M-7	12,180	11,988	19,2	-	11,979	20,1	-
L-7	11,845	11,723	12,2	-	11,714	13,1	-
K-7	11,510	11,458	5,2	-	11,449	6,1	-
J-7	11,312	11,193	11,9	-	11,184	12,8	-
I-7	10,957	10,928	2,9	-	10,919	3,8	-
H-7	10,525	10,663	-	13,8	10,654	-	12,9
G-7	10,365	10,398	-	3,3	10,389	-	2,4
F-7	10,095	10,133	-	3,8	10,124	-	2,9
E-7	9,815	9,868	-	5,3	9,859	-	4,4
D-7	9,537	9,603	-	6,6	9,594	-	5,7
C-7	9,200	9,338	-	13,8	9,329	-	12,9
B-7	9,015	9,073	-	5,8	9,064	-	4,9
A-7	8,835	8,808	2,7	-	8,799	3,6	-
M-6	12,029	12,109	-	8,0	12,100	-	7,1
L-6	11,677	11,844	-	16,7	11,835	-	15,8
K-6	11,492	11,579	-	8,7	11,570	-	7,8
J-6	11,499	11,314	18,5	-	11,305	19,4	-
I-6	10,925	11,049	-	12,4	11,040	-	11,5
H-6	10,703	10,784	-	8,1	10,775	-	7,2
G-6	10,466	10,519	-	5,3	10,510	-	4,4
F-6	10,222	10,254	-	3,2	10,245	-	2,3
E-6	10,297	9,989	30,8	-	9,980	31,7	-
D-6	9,692	9,724	-	3,2	9,715	-	2,3
C-6	9,497	9,459	3,8	-	9,450	4,7	-
B-6	9,167	9,194	-	2,7	9,185	-	1,8
A-6	9,097	8,929	16,8	-	8,920	17,7	-
Somatório			124,0	117,5		133,0	106,3

$$C/A = 1,25$$

## Ajuste de Corte e Aterro

$$\text{Relação corte/aterro: } \frac{\Sigma \text{ corte}}{\Sigma \text{ aterro}} = \frac{124,0}{117,5} \quad \frac{C}{A} = 1,055$$

Admitindo-se uma relação corte/aterro de 1,3, aproximadamente, suficiente para os possíveis assentamentos excessivos, teremos;

$$= \frac{M \Sigma A - \Sigma c}{M N a + N c}$$

Logo:

$$= \frac{1,3 \cdot 117,5 - 124,0}{1,3 \cdot 16 + 10} ; \quad \begin{array}{l} \cong 0,933 \text{ cm} \\ \cong 0,009 \text{ m} \end{array}$$

## Relação final corte/aterro

$$\frac{C}{A} = \frac{133}{106,3} \quad \frac{C}{A} \cong 1,25$$

## Volume de terra

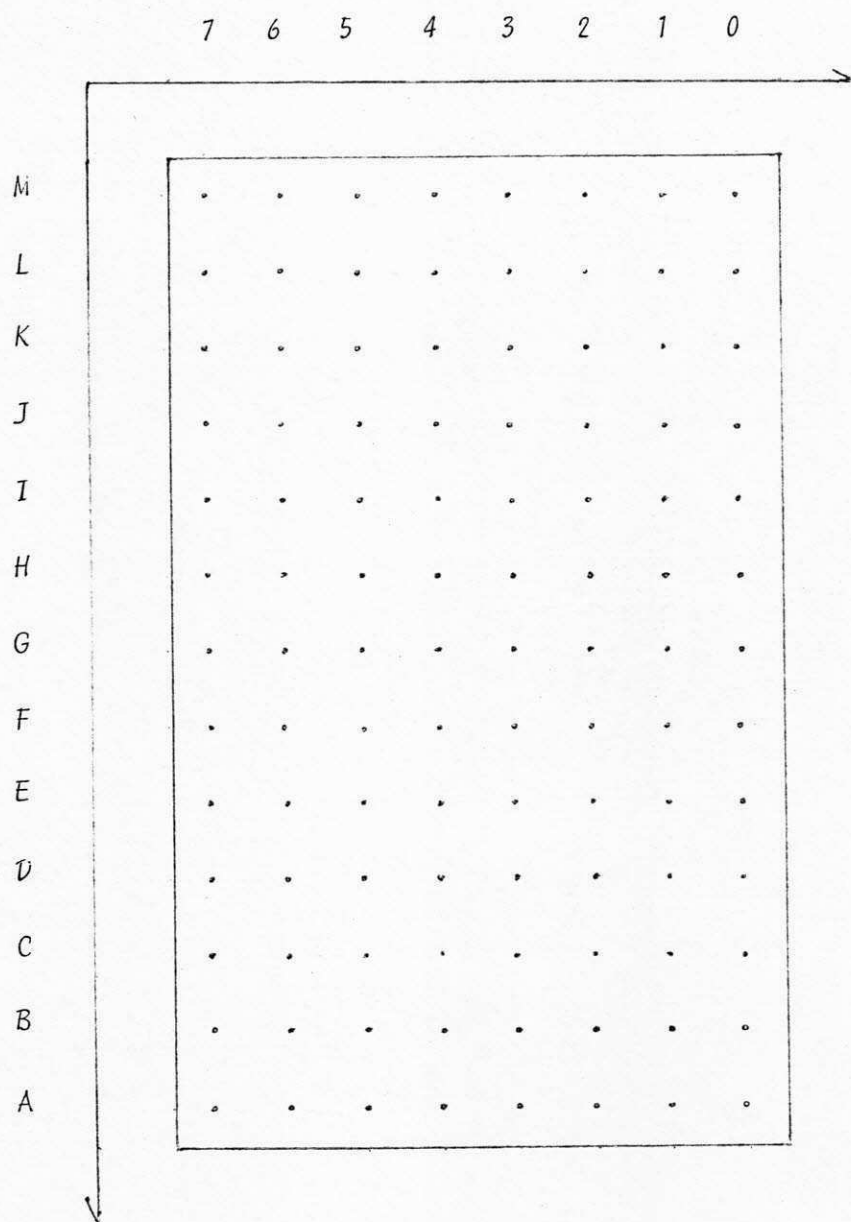
. Volume de corte =  $1,33 (15 \times 15) / 0,585 \text{ ha} = 511,53 \text{ m}^3 / \text{ha}$

. Volume de aterro =  $1,063 (15 \times 15) / 0,585 \text{ ha} = 408,84 \text{ m}^3 / \text{ha}$



CROQUI -

Área (120 x 195)m



#### 4. TESTE DE UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO D'ÁGUA DOS ASPERSORES:

Existem equações, ou parâmetros que a valiam a uniformidade de distribuição de um sistema de ir rigação, a partir de ensaios de aplicação d'água na super fície do solo.

Os ensaios de uniformidade de aplicação d'água aspersores consistem na instalação de um con junto de pluviômetros, ou latas abertas, em torno do as persor a ser testado. No decorrer do teste são medidos a pressão e a vazão do bocal do aspersor, a direção e velo cidade do vento, a velocidade de rotação, bem como, a lã mina d'água coletada em cada pluviômetro, ou lata, no fi nal do teste. A área em torno do aspersor é dividida em sub-áreas quadradas de iguais dimensões, onde são instalados os coletores.

O campo de testes do CENEA, fazenda Ipanema, compreende uma área de dimensões de 160 x 160m, instalado um sistema de aspersão fixo enterrado e uma re de de drenagem em valas, e obedece aos critérios da norma estabelecida pela ABNT, para ensaios desse tipo.

Os testes realizados nos aspersores, além de fornecerem um indicativo da uniformidade de aplicação d'água no solo, é objetivo da verificação de suas características, dados pelo fabricante, de acôrdo com o estabelecido pela norma para diferentes tamanhos e tipos de aspersores.

Depois de ensaiado o aspersor e coletados todos os dados necessários, caminha-se para a verificação das características de uniformidade de aplicação d'água no solo, baseado nas proposições de Christiasen, que são:

. Coeficiente de uniformidade de Christiasen - (CUC).

$$CUC = 100 \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})}{n\bar{X}} \right), \text{ em percentagem}$$

Onde:

$X_i$  = Precipitação observada em cada pluviômetro;

$\bar{X}$  = Média de precipitação;

$n$  = Número de pluviômetros

. Coeficiente de uniformidade de aplicação. - (CUA).

$$CUA = 100 \cdot \frac{\bar{x}}{\bar{X}}, \text{ em percentagem;}$$

Onde:

$\bar{x}$  = Média de 25% do total de pluviômetros, com as menores precipitações;

$\bar{X}$  = Média das precipitações, considerando todos os pluviômetros;

. Coeficiente estatístico de uniformidade. - (CUE).

$$CUE = 100 \left[ 1,0 - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1) \bar{X}^2}} \right] = 100 \left[ 1 - \frac{S}{\bar{X}} \right] = 100 - CV.$$

Onde:

$S$  = Desvio padrão dos dados da precipitação;

$\bar{X}$  = Média das precipitações;

$X_i$  = Precipitação observada em cada pluviômetro;

$n$  = Número de pluviômetros;

$CV$  = Coeficiente de variação.

## 5. CAIXA DE COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO EM CAMPO.

Na necessidade de amostras de solo in deformáveis para caracterização e ensaios em laboratórios, se faz necessário projetar a confecção de uma caixa de coleta que facilitasse a mão-de-obra para a obtenção dessas amostras, dando maior segurança e eficiência de operação, e fornecendo uma quantidade razoável de solo indeformável ao longo de seu perfil, dando então, aos ensaios de determinações em laboratório, um maior grau de precisão nos resultados.

A caixa de coleta foi confeccionada em dimensões de 35 x 35 x 35cm, com todos os seus lados mõveis e fixados com cantoneiras, de tal forma que a amostra permaneça ajustada ao tamanho da caixa, sem movimento da mesma durante o transporte. Sendo assim, não haverá desequilíbrio da estrutura original do solo até chegar ao laboratório e iniciar as determinações que se desejam para a caracterização do solo.

## 6 - DECLARAÇÃO

DECLARO, para todos os fins, que as informações prestadas neste relatório são de minha inteira responsabilidade e de suma veracidade.

Campina Grande, 28 de Agosto de 1984.



VITAL PEDRO DA SILVA PAZ

Eng<sup>o</sup> Agrícola.

## 7. BIBLIOGRAFIA (CONSULTADA)

*Determinação das Características de Infiltração em Sistemas de Irrigação Superficial - Avaliação de Métodos.*

. SCALOPPI, EDMAR JOSÉ

*Sistematização do Solo para Irrigação*

. MANZAN, RENATO JÁCOMO

*Manual de Irrigação*

. BERNARD, SALASSIER