

*PROJETO DE DRENAGEM SUBTERRÂNEA
DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DA EMBRAPA
NO PERÍMETRO IRRIGADO
DE BEBEDOURO, PE*

31.62098134

146p

988

v-1988.00365

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MA

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido - CPATSA

Caruaru, PE

DOCUMENTOS

Número 52

ISSN 0100-9729

agosto, 1988

PROJETO DE DRENAGEM SUBTERRÂNEA DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL
DA EMBRAPA NO PERÍMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO, PE

Carlos Reeder Valdivieso Salazar
Gilberto Gomes Cordeiro



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA
Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido - CPATSA
Petrolina, PE

Projeto de drenagem

1988

LV - 1988.00365



8417-1



© EMBRAPA, 1988

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à

EMBRAPA-CPATSA

BR 428, Km 152

Telefone: (081) 961-4411

Telex: 810016

Caixa Postal 23

56300 Petrolina, PE

Tiragem: 2.000 exemplares

Comitê de Publicações:

Terezinha Padilha Charles - Presidente

Aderaldo de Souza Silva

Clementino Marcos Batista de Faria

Clóvis Guimarães Filho

Eduardo Assis Menezes

Marco Antônio Drumond

Paulo César Fernandes Lima

Francisco Lopes Filho

Luiza Teixeira de Lima Brito

Severino Gonzaga de Albuquerque

| | |
|---------------------|--------|
| EMBRAPA-DDT | |
| Valor Aquisição R\$ | _____ |
| Data Aquisição | _____ |
| Nº N. Fiscal Futura | _____ |
| Fornecedor | _____ |
| Nº Ordem Compra | _____ |
| Doc. _____ | Doação |
| Nº de Tombo | 365/88 |

631.62098134
V146 p
1988

Req. 365/88

Valdivieso Salazar, Carlos Reeder

Projeto de drenagem subterrânea da Estação Experimental da EMBRAPA no perímetro irrigado de Bebedouro, PE, por Carlos Reeder Valdivieso Salazar e Gilberto Gomes Cordeiro. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1988.

54p. ilust. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 52).

1. Drenagem subterrânea-Projeto-Brasil-Pernambuco-Petrolina - Bebedouro. 2. Estação Experimental Bebedouro - Drenagem-Projeto. I. Cordeiro, Gilberto Gomes, Colab. II. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE ed. III. Título. IV Série.
CDD - 631.62098134

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| APRESENTAÇÃO | 5 |
| RESUMO/ABSTRACT | 7 |
| 1. INTRODUÇÃO | 8 |
| 2. DESCRIÇÃO DA ÁREA | 9 |
| 2.1. Localização | 10 |
| 2.2. Clima | 10 |
| 2.3. Topografia | 10 |
| 2.4. Solos | 10 |
| 2.5. Infra-estrutura de Irrigação e Drenagem | 14 |
| 2.5.1. Irrigação | 14 |
| 2.5.2. Drenagem | 15 |
| 3. ESTUDOS | 15 |
| 3.1. Situação de Lençol Freático | 15 |
| 3.2. Profundidade da Camada Impermeável | 24 |
| 3.3. Parâmetro Hidrodinâmicos | 28 |
| 3.3.1. Condutividade Hidráulica, K | 28 |
| 3.3.2. Fluxo Capilar, V | 28 |
| 3.3.3. Infiltração, i | 28 |
| 3.3.4. Porosidade Drenável | 28 |
| 4. PLANEJAMENTO ("DESIGN") | 31 |
| 4.1. Critérios | 31 |
| 4.1.1. Princípios | 31 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 4.1.2. Profundidade de Drenagem | 32 |
| 4.1.3. Descarga Normativa | 32 |
| 4.2. Projeto | 33 |
| 4.2.1. Espaçamento entre Drenos | 33 |
| 4.2.2. Lay-out | 36 |
| 4.2.3. Materiais e Estruturas | 37 |
| 4.2.4. Dimensionamento Hidráulico | 39 |
| 4.2.5. Drenos Coletores | 43 |
| 4.2.6. Detalhes da Instalação | 48 |
| 5. ORÇAMENTO | 48 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 51 |

APRESENTAÇÃO

A grande disponibilidade de água em alguns perímetros irrigados da região semi-árida brasileira tem provocado um manejo inadequado da irrigação, caracterizado pelo uso excessivo de água, o que, a médio ou a longo prazo, poderá resultar em graves problemas de salinidade e mesmo elevação do lençol freático a níveis críticos.

Esse fato não afeta apenas os agricultores, mas também as estações experimentais das instituições de pesquisa, geralmente com drenagem restrita, o que pode limitar seriamente os resultados experimentais.

O Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) tem desenvolvido trabalhos de pesquisa na Estação Experimental do Projeto de Irrigação do Bebedouro desde 1975, sem, contudo, ter adotado medidas preventivas de drenagem. Diante dos problemas que ora estão ocorrendo e que poderão advir, é que se propôs um projeto de drenagem da Estação, com o objetivo de gerar critérios e recomendações de drenagem para situações similares, objetivo principal do presente trabalho.

LUIZ MAURÍCIO CAVALCANTE SALVIANO
Chefe do Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido

PROJETO DE DRENAGEM SUBTERRÂNEA DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL
DA EMBRAPA NO PERÍMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO, PE

Carlos Reeder Valdivieso Salazar¹
Gilberto Gomes Cordeiro²

RESUMO - Problemas de salinidade deprimem substancialmente a produtividade agrícola e levam em casos extremos, ao abandono de áreas nos perímetros irrigados do Nordeste. Da mesma forma, excessos de umidade no perfil provenientes de chuva ou irrigação, criam condições adversas ao desenvolvimento normal das culturas. Em ambos os casos a drenagem superficial e/ou subterrânea é de vital importância para melhorar a produção. Na Estação Experimental do CPATSA, no Perímetro Irrigado de Bebedouro, os problemas de drenagem restrita, sacrificam a validade das pesquisas desenvolvidas e reclamam medidas urgentes. Chama-se a atenção, ao fato de que a implantação de uma área nova para pesquisa significará custos muito avultados de infraestrutura e demandará também medidas (preventivas) de drenagem não menos custosas do que as necessárias na área atual. A instalação de um sistema de drenagem subterrânea além de ser solução para problema local permitirá o desenvolvimento de estudos e pesquisas, possibilitando a obtenção de critérios e recomendações na tecnologia da drenagem para outros casos na região. O projeto de drenagem proposto contempla 17,7ha com drenagem por gravidade e 10,0ha com drenagem forçada (bombeamento), orçado em 6.655,4 OTN. O sistema coletor geral do perímetro irrigado será convenientemente condicionado e usado para evacuação. As áreas a serem drenadas serão aquelas que apresentam lençol freático acima de 1,50m, elevado por efeito da chuva, principal recarga de caráter local; os fluxos laterais sendo aparentemente irrelevantes. O sistema de drenagem pretenderá manter o lençol freático em profundidades maiores do que 1,50m, para isto, os drenos serão instalados de 1,8 a 2,0m de profundidade. A descarga normativa de projeto considerada conveniente é de 0,012m/d e o espaçamento calculado entre drenos é de 25,0m. Em condições de fluxo não estacionário, este espaçamento permite o rebaixamento do lençol em 0,4m num período de três dias.

Termos para indexação: drenagem, salinidade, irrigação, lençol freático, unidade de solo.

UNDERGROUND DRAINAGE PROJECT FOR EMBRAPA EXPERIMENT STATION AT
THE BEBEDOURO IRRIGATED PERIMETER, PE

ABSTRACT - Salinity problems depress essentially crop yield to levels that can lead to abandon agricultural areas of some irrigation projects of the Northeast. Excess of soil water in the profile due to rainfall or irrigation are harmful for normal crop development. For both cases is surface and/or subsurface drainage a very important practice. At CPATSA Experimental Station of Bebedouro Irrigation Project, drainage problems unworthy research developed and demand urgent measurements. Attention is called to the fact that abandoning the problem area to implement a new research area will be very costly and will still need drainage works. The installation of a subsurface drainage system besides being a solution to the problem will permit research studies to obtain criteria and recommendations on drainage technology for similar cases in the region. The drainage project proposed involved 17,7ha drains by gravity and 10,0ha pumped drained at 6.655,4 ORTN. The general collector system of Bebedouro Irrigation Project will be conveniently adequate and used for evacuation. Areas to be drained are those with water table higher than 1,5m raised by rainfall, main recharge of local character, lateral inflow being apparently irrelevant. Drainage system will aim to keep groundwater level deeper than 1,5m therefore drains will be installed 1,8 to 2,0m deep. The project normative discharge is 0,012m/d and the calculated drain spacing is 25,0m. For non-state flow conditions this spacing will allow a 0,4m drop of water table within a three days period.

Index terms: drainage, salinity, irrigation, water table, soil moisture.

¹Eng. Agrícola, M.Sc., Consultor em Irrigação e Drenagem Convênio IICA/EMBRAPA-CPATSA. Endereço atual: SUDENE - Sala 129 (Convênio IICA/SUDENE), Pça. J.G. de Souza s/n Cidade Universitária, CEP 50000 Recife, PE.

²Eng. Agr., M.Sc., EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, CEP 56300 Petrolina, PE.

PROJETO DE DRENAGEM SUBTERRÂNEA DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DA EMBRAPA NO PERÍMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO, PE

Carlos Reeder Valdivieso Salazar¹
Gilberto Gomes Cordeiro²

1. INTRODUÇÃO

As condições de lençol freático relativamente alto e fluxo não saturado lateral da umidade de um campo a outro vizinho, tornam incontrollável o regime de umidade no perfil do solo de algumas áreas da Estação Experimental da EMBRAPA-CPATSA, no Perímetro Irrigado de Bebedouro, PE.

Em experimentos cujo objetivo é medir a evapotranspiração real em culturas ou mesmo em trabalhos que envolvem sistemas de uso de água, as contribuições de umidade procedentes do lençol freático e fluxo lateral conduzem a resultados duvidosos ou de aplicabilidade condicionada. Em caso de culturas com raízes profundas a situação é ainda mais crítica.

O sucesso dos experimentos, a confiabilidade e a aplicabilidade dos resultados serão maiores na proporção em que menor for o grau de interferência dos fatores de produção não controlados. O lençol freático é um fator que interfere quando situado a pouca profundidade e em períodos prolongados.

¹ Eng. Agrícola, M.Sc., Consultor em Irrigação e Drenagem Convênio IICA/EMBRAPA-CPATSA. Endereço atual: SUDENE - Sala 129 (Convênio IICA/SUDENE), Pça. J.G. de Souza s/n Cidade Universitária, CEP 50000 Recife, PE.

² Eng. Agr., M.Sc., EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, CEP 56300 Petrolina, PE.

Irrigações pesadas como no caso da cana-de-açúcar são uma recarga importante que contribui para a elevação do lençol local e nas áreas vizinhas mais baixas. Devido à relativamente baixa eficiência de aplicação, mais do duplo da água requerida é necessário aplicar, fato que condiciona perdas que agravam o problema. Outra importante fonte de recarga é a chuva, principalmente de dezembro a abril. As chuvas podem ser intensivas nesse período e elevar fortemente o lençol tornando-se na época, crítica a situação.

As recargas mencionadas tornam necessário complementar a capacidade de drenagem natural dos solos com um sistema artificial, para assegurar o rápido descenso do lençol a uma profundidade desejada num intervalo de tempo razoavelmente curto.

O objetivo deste trabalho é definir critérios e bases para uma proposta de projeto, lay-out e dimensionamento hidráulico do sistema de drenagem subterrânea da Estação Experimental de Bebedouro.

A implantação deste sistema de drenagem, além de resolver problemas atuais e potenciais de drenagem pode também ser utilizado com fins de pesquisa que visem a obtenção de parâmetros de drenagem como profundidade, espaçamento e materiais de drenagem técnica e economicamente viáveis.

2. DESCRIÇÃO DA ÁREA

A Estação Experimental abrange uma área de aproximadamente 70ha, dos quais apenas 60% é atualmente aproveitado, em estudos experimentais de resposta de variedades de culturas como cana-de-açúcar, banana, videira, fruteiras, aspargo, tomate, tâmara, milho, feijão e mandioca

a diferentes regimes de irrigação, fertilidade etc. Os métodos de irrigação utilizados são bem variados, tais como: irrigação por potes de barro e cápsulas porosas; irrigação localizada (gotejadores e microaspersores); aspersão e irrigação por sulcos.

2.1. Localização

A Estação Experimental da EMBRAPA-CPATSA, no Perímetro Irrigado de Bebedouro, está localizada no extremo oeste do mencionado perímetro a 45km de Petrolina na BR 122. As coordenadas geográficas da Estação Meteorológica, situada aproximadamente no centro da área, são: Lat. $09^{\circ}09'S$, Long. $40^{\circ}22'W$ (Mapa 1).

2.2. Clima (Tabela 1)

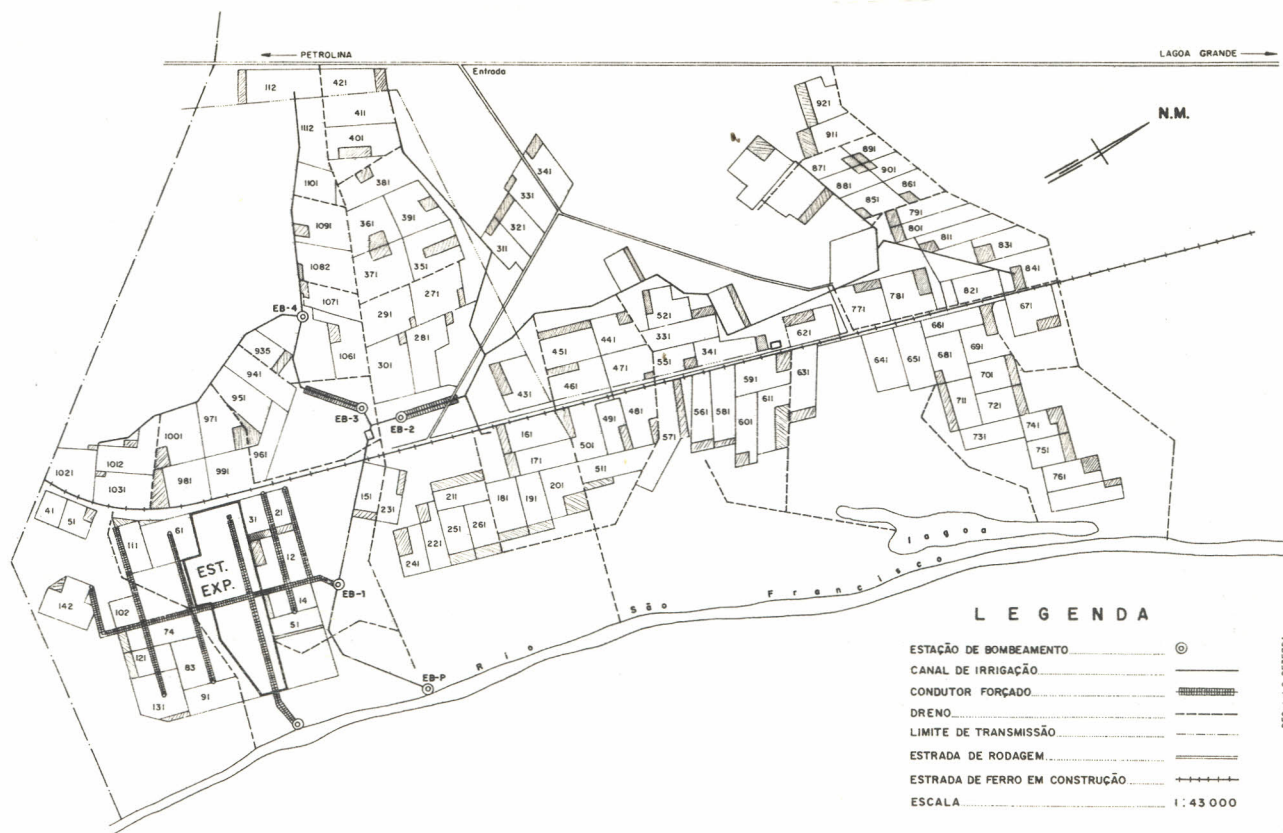
As médias anuais da precipitação (582,6mm) e da evaporação (2.657,2mm) e a média mensal da umidade relativa (61,8%) caracterizam o clima semi-árido e manifestam déficits hídricos (atmosféricos) pronunciados que fazem necessária a irrigação principalmente de maio a novembro.

2.3. Topografia

No mapa topográfico disponível, com curvas de nível, cada metro indica uma topografia suave e regular e declividade média de 0,7% no sentido sul-este (Mapa 2). A área apresenta depressões que são susceptíveis à inundação.

2.4. Solos

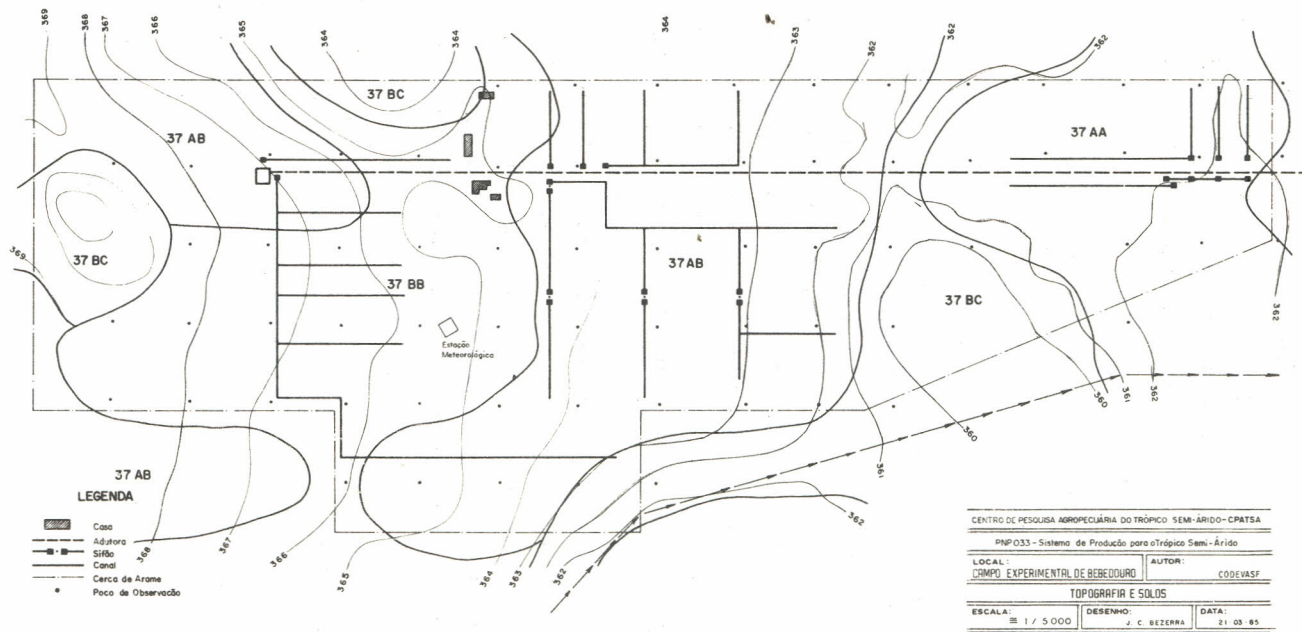
O tipo de solo predominante é o latossolo vermelho-amarelo, das seguintes unidades: 37BB, 37AA e 37BC (Pereira e Souza 1967). Estes são solos profundos com horizontes A e B até mais de 1,50m de profundidade, textura arenosa nas camadas superficiais mudando gradualmente



MAPA 1. Perímetro irrigado de Bebedouro - Localização da Estação Experimental.

TABELA 1. Dados Climatológicos do Perímetro Irrigado de Bebedouro. Médias Mensais 1964-82 Estação: Perímetro Irrigado de Bebedouro Lat. 09°09'S Long. 40°22'W Alt. 355,5m.

| | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | Média Total |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| Temp.Méd.Máx. °C | 32.1 | 31.6 | 31.3 | 30.5 | 29.9 | 29.4 | 29.0 | 30.6 | 32.0 | 33.6 | 33.8 | 32.6 | |
| Temp.Méd. Mín. °C | 21.1 | 21.4 | 21.1 | 20.8 | 19.6 | 18.7 | 17.9 | 18.5 | 19.6 | 21.2 | 21.9 | 21.4 | |
| Temp.Méd. °C | 27.1 | 26.9 | 26.6 | 26.1 | 25.5 | 24.7 | 24.5 | 25.4 | 26.9 | 28.5 | 28.4 | 27.9 | 26.54 |
| Tens.Vap.Sat.es mbar | 35.86 | 35.44 | 34.82 | 33.81 | 32.62 | 31.11 | 30.74 | 32.43 | 35.44 | 39.91 | 38.68 | 37.37 | |
| Tens.Vap.e | 22.6 | 23.7 | 24.0 | 24.0 | 21.9 | 19.9 | 18.4 | 18.2 | 18.4 | 20.0 | 21.3 | 22.0 | |
| Umid.Rel.% | 63 | 67 | 69 | 71 | 67 | 64 | 60 | 56 | 52 | 50 | 55 | 59 | 61.8 |
| Evapor mm/d | 7.2 | 6.6 | 6.1 | 5.8 | 5.7 | 5.9 | 6.6 | 8.1 | 9.3 | 9.6 | 8.9 | 7.6 | 7.28 |
| Precipit. mm | 67.2 | 97.6 | 128.9 | 104.2 | 17.4 | 10.5 | 7.5 | 4.7 | 7.1 | 9.8 | 47.7 | 79.6 | 582.6 |
| Veloc.Vento m/s | 1.95 | 1.76 | 1.66 | 1.67 | 2.11 | 2.45 | 2.72 | 2.88 | 3.07 | 2.80 | 2.28 | 2.00 | |
| Insolaç.Diária hr | 7.3 | 6.8 | 7.0 | 6.7 | 6.4 | 6.3 | 6.9 | 8.3 | 8.0 | 8.5 | 7.8 | 7.5 | |



MAPA 2. Topografia e solos.

para barro argilo-arenoso depois de 50cm de profundidade. O mosqueado vermelho nos 37BB a mais de 60cm de profundidade e a cor cinzenta desde a superfície nos 37BC são indicações extremas das condições de drenagem dos solos. As manchas de 37BC estão localizadas principalmente nas depressões (Mapa 2).

2.5. Infra-estrutura de Irrigação e Drenagem

2.5.1. Irrigação

O sistema de condução e distribuição está constituído pela tubulação adutora desde o ponto de recalque, na margem do rio São Francisco, até a caixa de distribuição na cota 367 e um sistema de canais primários e secundários revestidos (Mapa 2). Os métodos de aplicação de água (irrigação) utilizados são dos mais variados: sistema de aspersão e irrigação localizada (gotejamento e microaspersão) na parte alta da área, potes de barro e cápsulas porosas na parte central leste, destacando-se principalmente a irrigação superficial por sulcos. Os volumes de água aplicados estão em função da demanda evaporação das culturas e estágio de desenvolvimento, e da capacidade de armazenagem do solo. Os requerimentos totais de água das principais culturas plantadas na área são: 25.000m³/ha/ano para cana-de-açúcar; 50.000m³/ha/ano para banana; 5.000m³/ha/ano para videira; 13.000m³/ha/ano para tâmara e para fruteiras (graviola, pinha, mamão e goiaba) e 16.000m³/ha/ano para tomateiro (Hagan 1967).

Difícilmente podem-se determinar as eficiências de irrigação devido à variabilidade de métodos de irrigação usados principalmente em diversidade de culturas.

De um modo geral, as eficiências de irrigação são da ordem de 40% para sulcos, 70% para aspersão e 80% a 90% para gotejamento.

2.5.2. Drenagem

O dreno principal DP3 e o secundário DS101 da rede do Perímetro de Bebedouro de profundidade entre 1,5 e 2,0m em relação à superfície do terreno, talud 1:1,5 (H:V), largura de base 1,0m e declive de fundo em torno de 0,2% e 0,4% no DP3 e DS101 respectivamente, bordeam ou quase bordeam os extremos leste e oeste da área experimental, coletando águas principalmente superficiais das zonas 1 e 4 do perímetro irrigado (Mapa 1). O dreno DS101 funciona praticamente como interceptor no seu se tor de montante onde atinge profundidade de até 3,0m.

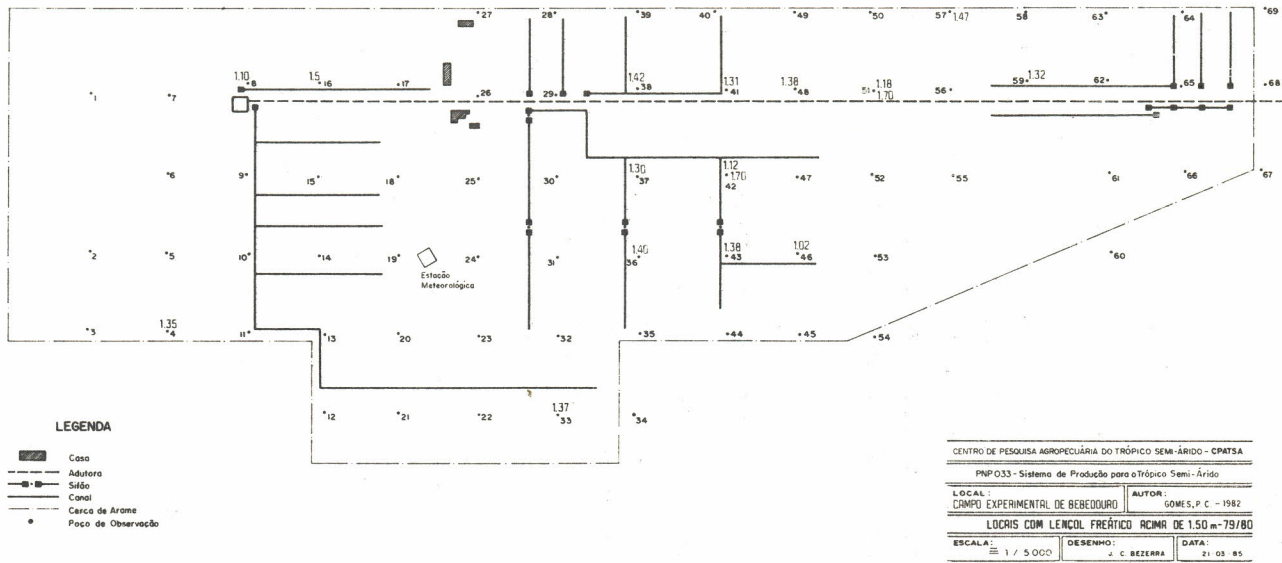
3. ESTUDOS

3.1. Situação do Lençol Freático

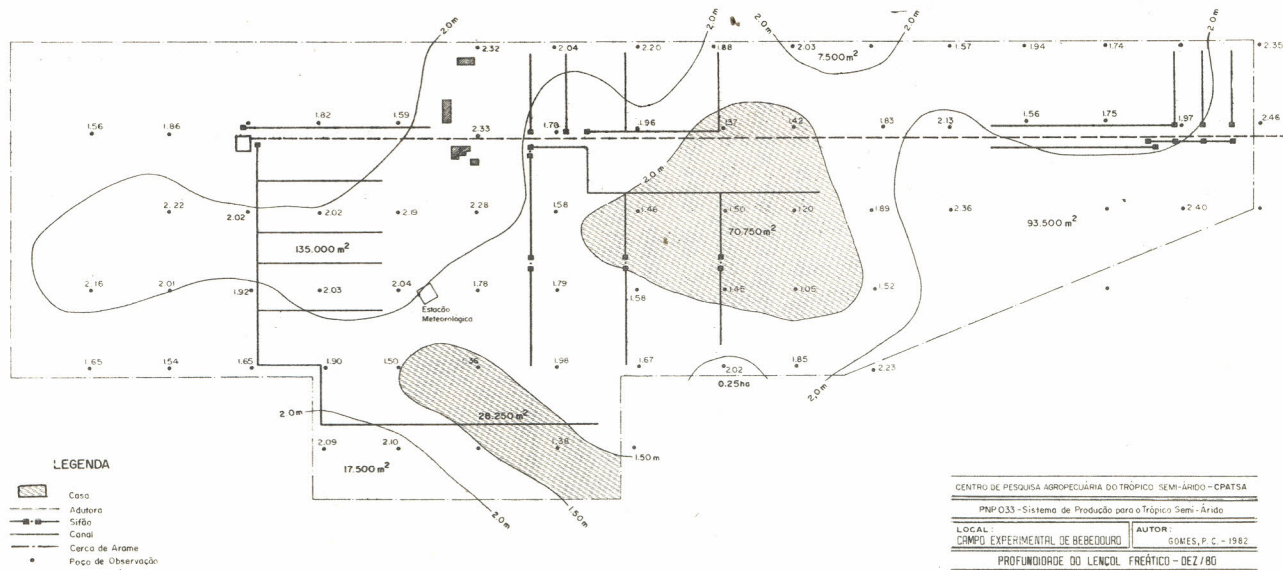
Do levantamento de Gomes* (1982), observou-se que a profundidade média do lençol no período de junho/79 a maio/82 foi menor que 1,50m (Mapa3) em quase 30% da área, e, mais de 2,0m no restante da área. Em geral o lençol freático acha-se mais profundo antes das chuvas (nov. a jan.)

Em dez./80, mês em que o regime de umidade dos solos depende em grande parte de irrigação, aproximadamente 15% da área da Estação (Campo 2 e 4) apresentava lençol freático acima de 1,50 (Mapa 4) (Gomes* 1982). Por efeito das chuvas o lençol freático se elevou em função da quantidade e intensidade das precipitações. Assim em abril/81 a área com lençol freático acima de 1,5m estendeu-se a 40% desta; aproximadamente 6% da área total, apresentando in clusive lençol freático acima de 1,0m (Mapa 5).

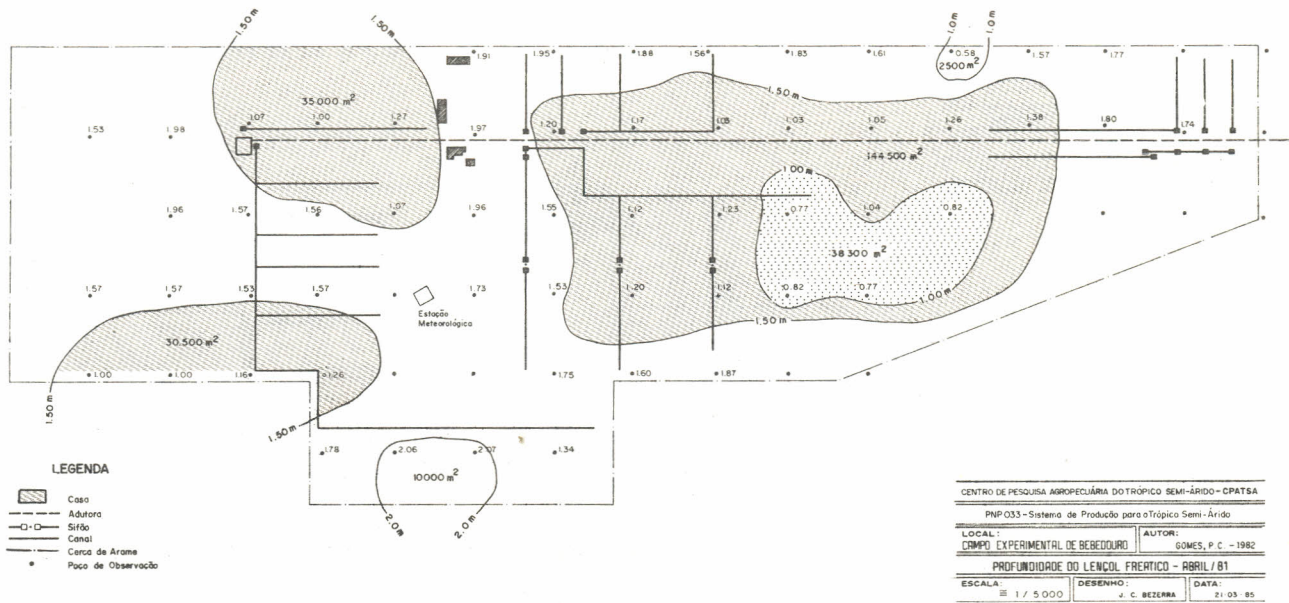
*Trabalho não publicado. (Paulo César Farias Gomes, CPATSA).



MAPA 3. Locais com lençol freático acima de 1,50m - 79/80.



MAPA 4. Profundidade do lençol freático - dez./80.



MAPA 5. Profundidade do lençol freático - abril/81.

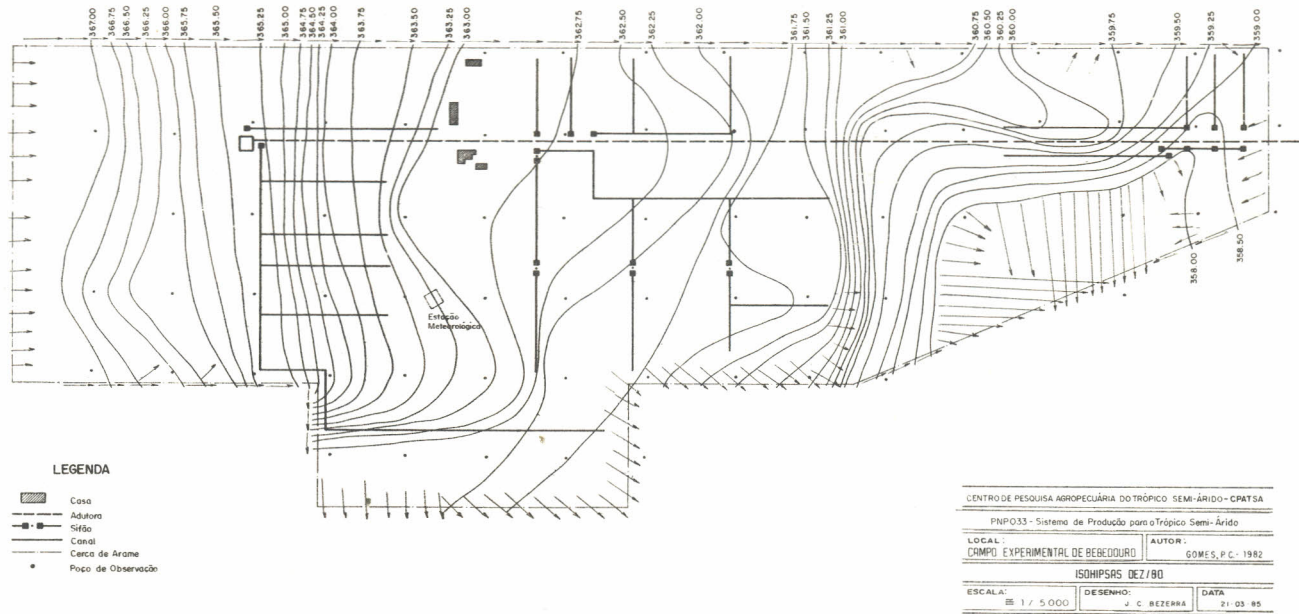
Embora as flutuações do lençol são respostas principalmente a recargas locais, existe um fluxo subterrâneo contínuo predominantemente na direção do rio São Francisco, com um gradiente hidráulico médio de 0,8% observado nas isohipsas confeccionadas por Gomes (1982), para dez./80 e abril/81 (Mapas 6 e 7).

Nestes mapas observam-se duas áreas que recebem recarga: uma no campo 2 por efeito de um fluxo natural restrigido como demonstra o apertamento das curvas isohipsas de cotas 360 a 361,5, e outra no campo 1 que é a parte mais baixa.

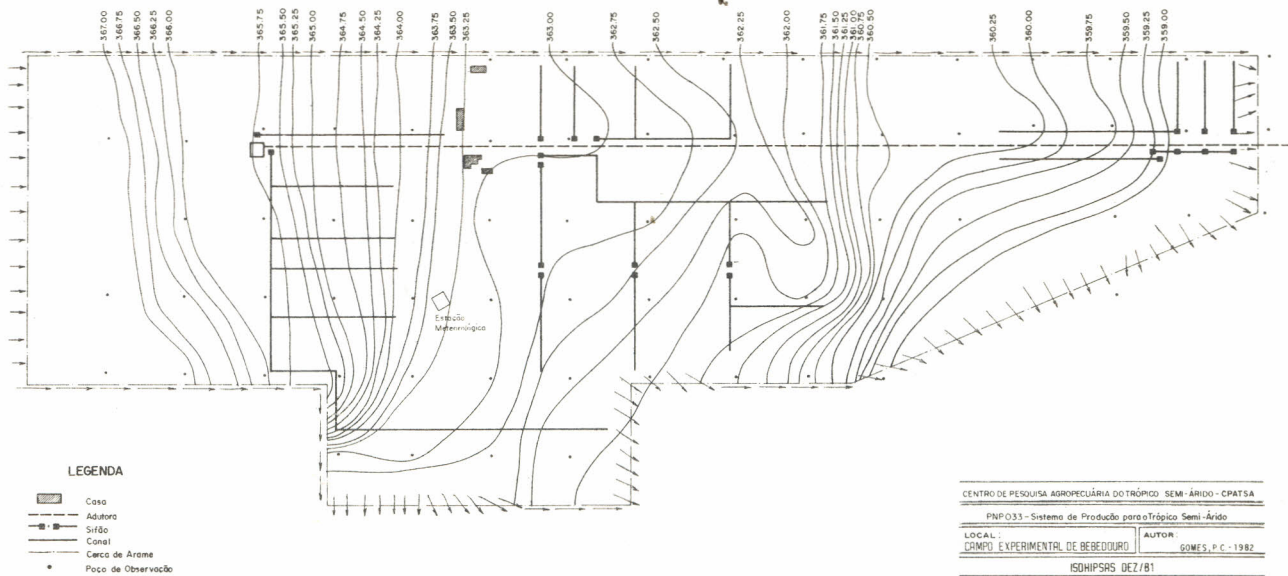
As fronteiras norte e sul são claramente identificadas como entradas de fluxo quando não há recarga por chuva (Mapa 6) e só a fronteira norte, quando o lençol freático sobe por efeito da chuva. Os fluxos de saída ocorrem principalmente, num setor da fronteira oeste e sudoeste. O fluxo de entrada estimado em base a equação de Darcy considerando espessura do aquífero de 4m, $K = 1,0\text{m/d}$ e gradiente de 0,006mm é de 0,13ℓ/s, e o fluxo de saída estimado em aproximadamente 0,11ℓ/s. Pela sensibilidade do método pode-se considerar ambas entrada e saída equilibradas o que dará maior relevância às recargas locais.

A elevação do lençol freático por efeito da chuva variou de lugar para lugar, dependendo aparentemente de condições de solo, topografia e cobertura vegetal. Observaram-se elevações de até 0,5m em aproximadamente 60% da área. A elevação foi maior de 50cm em 20% da área, principalmente nos campos 1 e 3 (Mapa 8).

O coeficiente de reação dos solos, ou seja, a sua capacidade de drenagem natural de restaurar o nível do lençol original também variou observando-se alguns pontos onde o lençol freático permaneceu vários meses acima de 1,50 (Fig.1).

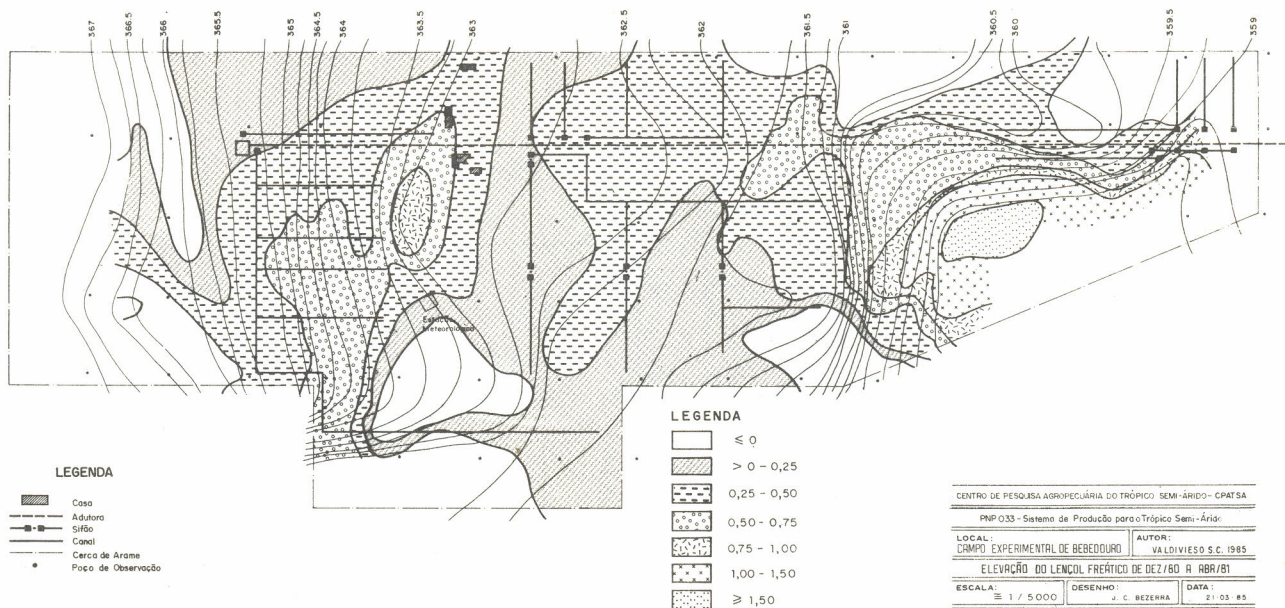


MAPA 6. Isohipsas dez./80.



MAPA 7. Isohipsas dez./81.

| | | |
|--|--------------------|----------|
| CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO - CPATSA | | |
| PNFO33 - Sistema de Produção para o Trópico Semi-Árido | | |
| LOCAL: | AUTOR: | |
| CRAMPO EXPERIMENTAL DE BEBEDOURO | GOMES, P.C. - 1982 | |
| ISOHIPHAS DEZ/81 | | |
| ESCALA: | DESENHO: | DATA: |
| 1 / 5 000 | J. C. BEZERRA | 21.03.85 |



MAPA 8. Elevação do lençol frático de dez./80 a abr./81.

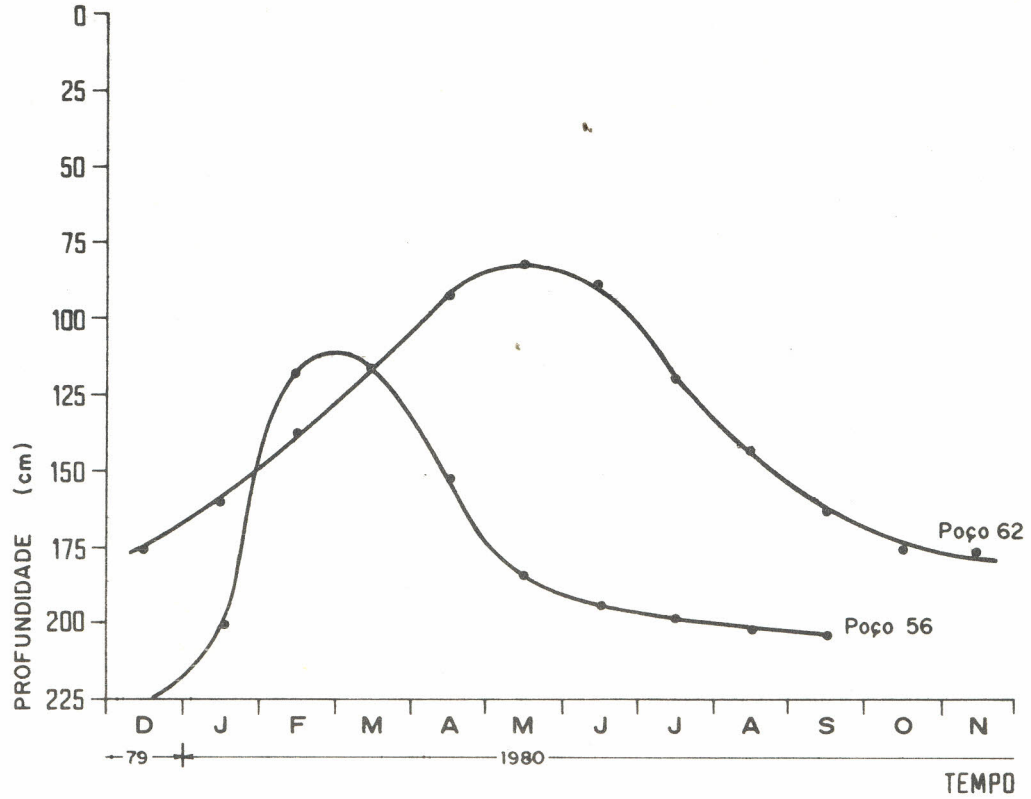


FIG 1. Hidrograma do lençol freático em poços de observação.

As profundidades do lençol freático registradas nos anos 1974, 1979 e 1984, da análise a nível de perímetro (Valdivieso e Cordeiro 1984) indicam um aumento gradual do lençol de 0,04m por ano na zona 1. Do mesmo estudo constata-se também boas condições de drenagem natural que determinam uma situação de equilíbrio aparente entre recarga e descarga, a longo prazo.

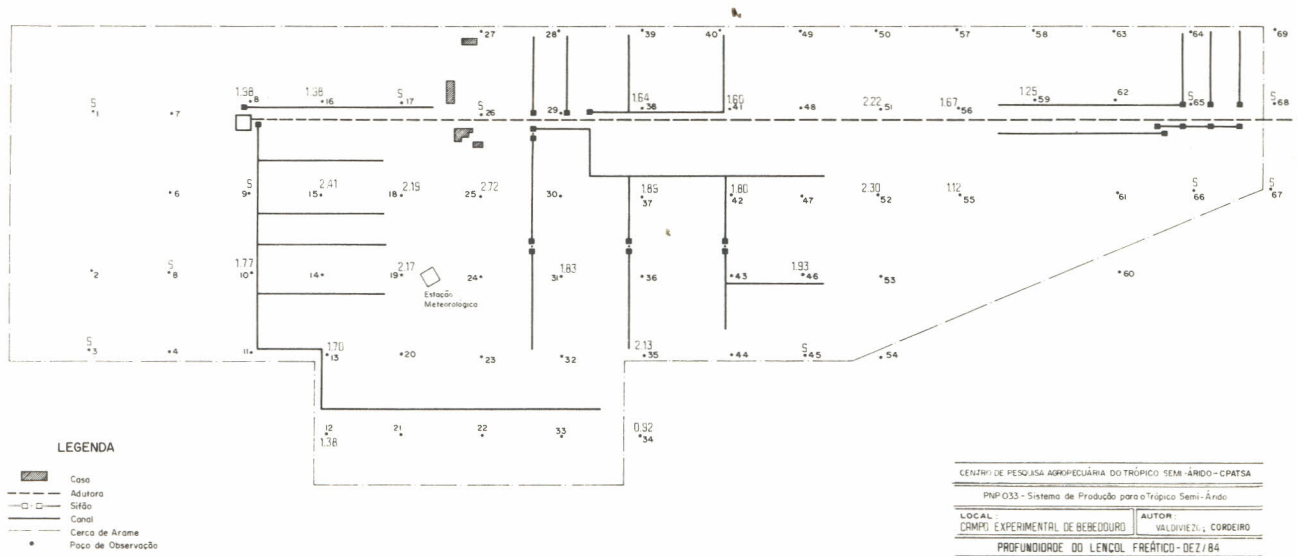
Com os trabalhos de melhoramento da rede de drenagem do perímetro, planejado por Suguino et al. (1984) e executado pela CODEVASF antes de dez./84, melhoraram-se as condições de escoamento e evacuação dos drenos principais e secundários. Estes trabalhos consistiram na limpeza, desmatamento, desassoreamento, correção da declividade e aprofundamento em alguns trechos, que aprofundaram o lençol em 10 a 25cm em média (Mapa 9).

Gomes (1982) constatou altas concentrações salinas nas águas do lençol em alguns locais. Aparentemente, isto não tem relação nem com a profundidade nem com o fluxo subterrâneo, e sim possivelmente, com a estratigrafia do solo, onde se observou a presença de materiais solúveis em camadas descontínuas (Mapa 10).

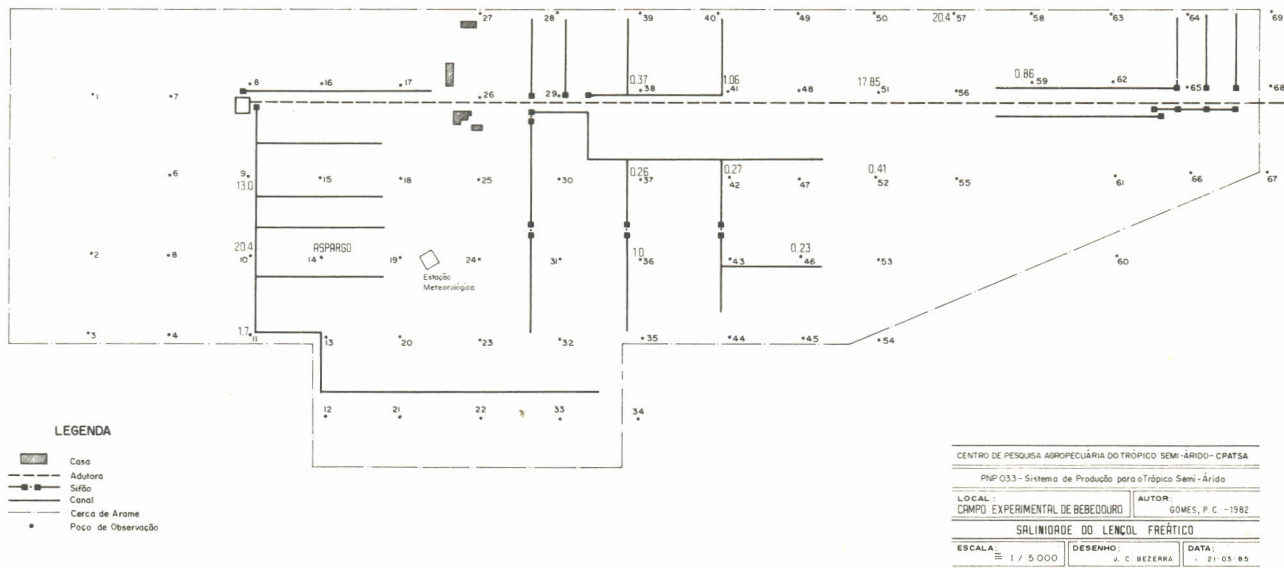
3.2. Profundidade da Camada Impermeável

Segundo FAO (1966) o perfil no setor litográfico mostra que a camada impermeável está constituída por concreções de óxidos de ferro e seixos rolados argamassados e dispostos numa camada de 1,5m de espessura, a profundidades que vão até aos 6m. Esta camada está subtendida por materiais de rocha decomposta embaixo da qual está o embasamento rochoso duro (Fig. 2).

Perfurações de trado no fundo de trincheira em cinco locais (Mapa 2) permitiram observar que dentro da camada desolo (0 a 6m) e a profundidades variáveis (geralmente 3m)



MAPA 9. Profundidade do lençol freático - dez./84.



MAPA 10. Salinidade do lençol freático.

escala horizontal : 1/10 000

escala vertical : 1/4 00

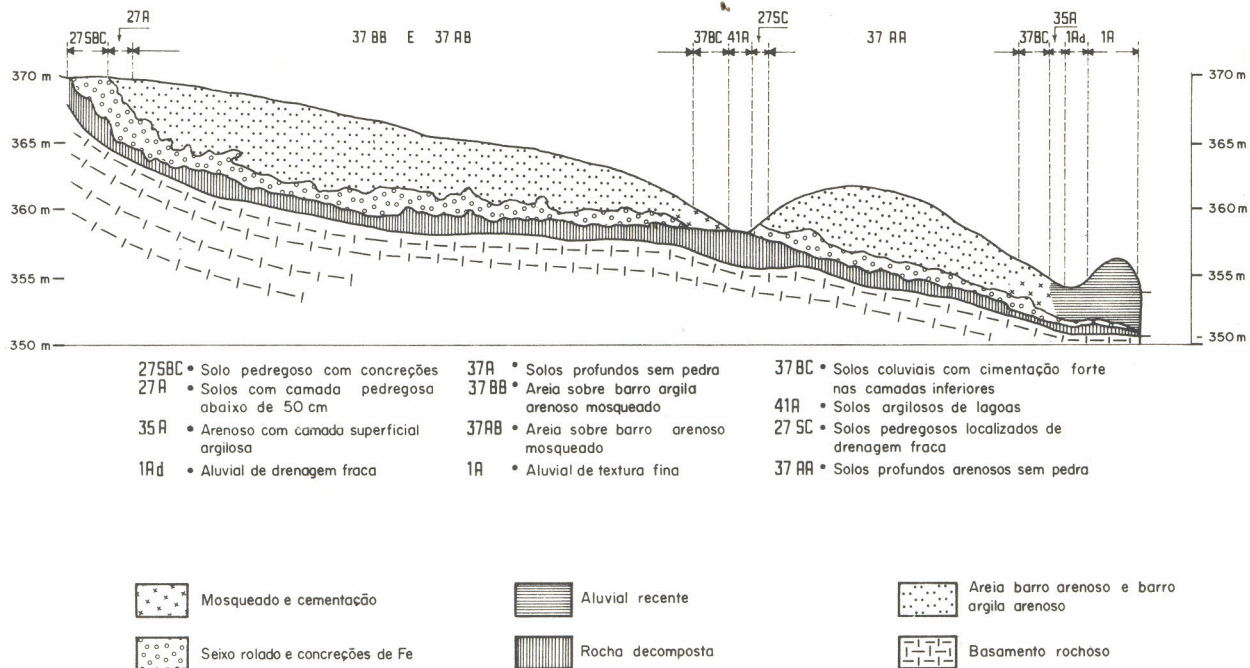


FIG. 2. Perfil geo-pedológico do perímetro irrigado de Bebedouro (FAO 1967).

existe uma camada bastante endurecida de textura argilo siltosa de cor cinza, que pode ser o limite inferior do aquífero superior.

3.3. Parâmetros Hidrodinâmicos

3.3.1. Condutividade Hidráulica, K

Determinada em testes de furo de trado, de 1 a 2,0m de profundidade, aproximadamente, a condutividade hidráulica variou de 0,4m/d nas unidades de solo 37AA a valores de 1,0m/d na unidade 37BC e 1,8m/d na unidade 37AB (Tabela 2).

3.3.2. Fluxo Capilar, V

O fluxo vertical ascendente de umidade desde o lençol freático à zona de raízes não foi determinado, todavia, baseado em determinações de laboratório para solos similares trabalhadas por Rijtema (1965) (Fig. 3), estimaram-se valores em torno de 0,6, 0,2 e 0,1mm/d para profundidades do lençol de 1,0, 1,5 e 3,0m respectivamente.

Se o lençol freático estiver a profundidades menores de 1,0m a contribuição do lençol pode chegar a ser de até 3 a 4mm/d, ou seja, aproximando-se a 50% do requerimento de água da maioria das culturas.

3.3.3. Infiltração, i

A infiltração básica oscila em torno de 3,0cm/h para as unidades de solos 37AB. Para as unidades 37AA, 37BB e 37BC as capacidades de infiltração são de 2,0, 1,5 e 0,7cm/h, respectivamente (Leal 1979 e Choudhury e Millar 1981).

3.3.4. Porosidade Drenável

Este parâmetro é estimado como a raiz quadrada do valor da condutividade hidráulica, K expresso

TABELA 2. Condutividade Hidráulica na Estação Experimental do CPATSA no Perímetro Irrigado de Bebedouro-PE.

| Ponto | Data | Prof.L.f. | Prof.Poço | Abat.L.f. | K m/d | |
|-------|----------|-----------|-----------|-----------|-------|------|
| A | 06.84 | - | 2,10 | - | 1,02 | 37BC |
| B | 06.84 | - | 2,20 | - | 1,32 | 37BB |
| C | 06.84 | 1,52 | 2,20 | 1,773 | 0,79 | 37BC |
| P35 | 04.84 | 0,22 | 1,66 | 0,539 | 5,52 | 37AB |
| P36 | 04.84 | 1,875 | 2,20 | - | 0,58 | 37AB |
| P37 | 04.84 | 0,385 | 2,20 | 0,712 | 2,79 | 37BC |
| P38 | 03.84 | - | 2,20 | - | 0,16 | 37AB |
| P43 | 04.84 | 1,32 | 2,20 | 1,487 | 0,29 | 37BB |
| X1 | 14.11.84 | - | 98 | - | 0,32 | 37BC |
| X2 | 14.11.84 | - | 118 | - | 2,94 | 37BB |
| X3 | 19.11.84 | - | 113 | - | 0,69 | 37BC |
| X4 | 23.11.84 | 152,5 | 216 | 25,6 | 0,413 | 37BB |
| X5 | 21.11.84 | 132,0 | 220 | 46,8 | 1,385 | 37AB |
| X6 | 26.11.84 | 114,5 | 216 | 11,8 | 1,156 | 37AB |
| X7 | 30.11.84 | - | 120 | - | 0,54 | 37BC |
| X8 | 30.11.84 | - | 136 | - | 0,42 | 37AA |
| X9 | 03.12.84 | - | 90 | - | 0,51 | 37AA |
| X10 | 03.12.84 | - | 220 | - | 0,32 | 37AA |

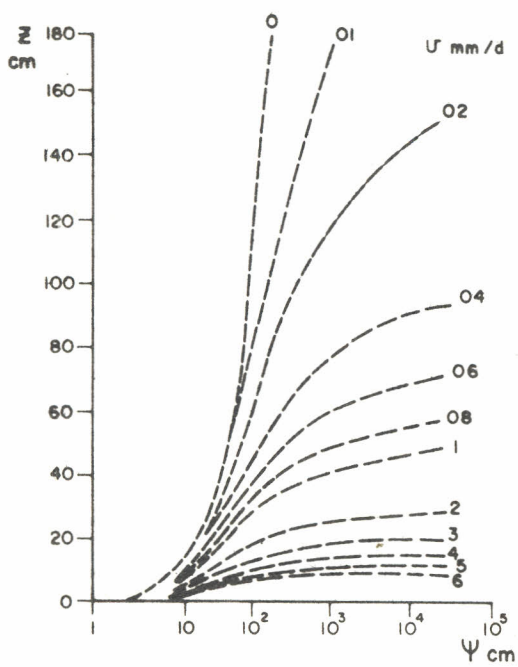


FIG. 3. Curvas de fluxo capilar
(Segundo Rijtema 1965).

em centímetros (Beers 1965). Como os valores de K variam de 40 a 180cm/d, a porosidade drenável varia entre 6 e 13%. Os menores valores correspondendo aos solos da unidade 37AA. Segundo isto, uma recarga R mm produzirá uma elevação do lençol $\Delta h = R/\mu mm$ (μ expresso como decimal). Um valor médio aceitável de μ é então 10% ou 0,10.

4. PLANEJAMENTO ("DESIGN")

4.1. Critérios

4.1.1. Princípios

Em condições normais de cultivo, poder-se-á pensar em problema de drenagem quando a média do lençol durante o período vegetativo é menor ou igual a 1,0m ou quando a profundidade máxima do lençol, mesmo sem irrigação, mantém altos teores de umidade na zona radicular, principalmente na época de maturação até a colheita.

Profundidades de lençol freático entre 1,0 e 1,5m são favoráveis pela sua contribuição ao regime de umidade do perfil e à diminuição dos requerimentos de irrigação. Entretanto, em condições de pesquisa, podem render resultados duvidosos principalmente se o objetivo do estudo está relacionado com níveis de umidade no solo.

Em condições normais, a execução de medidas de drenagem se justifica quando os excessos de umidade e/ou salinidade provocados por um lençol freático pouco profundo deprimem a produtividade a níveis não econômicos.

A drenagem da Estação Experimental do CPATSA no Perímetro Irrigado de Bebedouro, terá como critério principal o rebaixamento do lençol o suficiente para diminuir ao máximo a sua interferência no status de umidade do solo. O sistema de drenagem a ser instalado terá também

uma função de pesquisa, dando oportunidade de avaliar o desempenho dos drenos e de parâmetros como espaçamento e profundidade de drenos, descarga dos drenos, variações do lençol dependentes do tempo, bem como materiais de drenagem. Estudos desta natureza permitirão o ajustamento de recomendações para o resto do Perímetro Irrigado de Bebedouro.

4.1.2. Profundidade de Drenagem

A área a drenar será aquela que apresente lençol freático menor de 1,5m no período imediatamente posterior às chuvas que seria a época crítica. Esta área pode-se observar nos mapas cobrindo principalmente os campos 1 e 2 (aproximadamente 45% da área da Estação Experimental).

O sistema de drenagem a considerar deverá manter o lençol freático a profundidades maiores que 1,50m para o qual os drenos deverão ser instalados a profundidades entre 1,80 e 2,00m. Esta medida dará condições satisfatórias de drenagem, segundo o critério adotado, para culturas com profundidade máxima de raízes de 1,0m. Drenagem mais profunda, para favorecer culturas com profundidades de raízes maiores, implicarão grandes alterações no sistema de evacuação (drenos coletores).

4.1.3. Descarga Normativa

A elevação do lençol por efeito da chuva em locais críticos oscila em torno de 50cm (Mapa 8), o que corresponde a uma recarga de 50mm se a porosidade drenável fosse 10%. Estes 50mm coincidem com a chuva diária mais provável com cinco anos de período de retorno (Valdivieso e Cordeiro 1984). Segundo isto a descarga normativa ou coeficiente de drenagem deveria ser 50, 25, 16 ou 12mm/d para descer o lençol à sua posição inicial em

um, dois, três ou quatro dias, respectivamente. Segundo a análise das isohipsas (item 3.1.) pode-se descartar a ocorrência de recarga subterrânea de áreas vizinhas.

No período seco, a irrigação é a fonte de recarga, isto provoca uma elevação instantânea do lençol devendo re tornar ao nível original num período de tempo menor que o do intervalo de irrigação. As irrigações são normalmente menores que 50mm e os intervalos maiores que três dias fato que nos permite conservar o critério acima discutido.

4.2. Projeto

4.2.1. Espaçamento entre Drenos

Usando a fórmula de Hooghoudt (fluxo estacionário) para solos homogêneos e considerando que a camada impermeável se encontra 3,0m abaixo do nível dos drenos e que o diâmetro dos drenos é de 10cm calculou-se o espaçamento teórico de drenos para os diferentes tipos de solo caracterizados pelos diferentes valores de condutividade hidráulica.

Para cada tipo de solo considerou-se variações de carga hidráulica de 0,3 a 0,5m, e coeficientes de drenagem: 0,05; 0,025; 0,016; 0,012 e 0,010m/d. Os espaçamentos obtidos foram absurdamente pequenos quando o coeficiente de drenagem foi de 50mm/d, sendo que para os solos 37AA e 37AB os espaçamentos calculados foram menores que 25m (Tabela 3).

Com a finalidade de conferir o cálculo do espaçamento entre drenos, foram feitas também análises complementares: uma baseada na expressão do coeficiente de reação α e outra usando a fórmula de Glover e Dumm para condições não estacionárias.

TABELA 3. Espaçamento entre drenos calculados com a fórmula de Hooghoudt para solo homogêneo, $D = 3,0m$ e $r = 0,1m$.

| Solo | K | P | h | q | L |
|------|-----|-----|-----|-------|----|
| 37AA | 0,4 | 1,6 | 0,3 | 0,05 | 3 |
| | | | | 0,025 | 6 |
| | | | | 0,016 | 8 |
| | | | | 0,012 | 10 |
| | | | | 0,01 | 12 |
| | | 1,8 | 0,5 | 0,05 | 6 |
| | | | | 0,025 | 9 |
| | | | | 0,016 | 12 |
| | | | | 0,012 | 15 |
| | | | | 0,01 | 17 |
| 37BB | 0,6 | 1,6 | 0,3 | 0,05 | 5 |
| | | | | 0,025 | 8 |
| | | | | 0,016 | 11 |
| | | | | 0,012 | 14 |
| | | | | 0,010 | 15 |
| | | 1,8 | 0,5 | 0,05 | 6 |
| | | | | 0,025 | 12 |
| | | | | 0,016 | 16 |
| | | | | 0,012 | 20 |
| | | | | 0,010 | 22 |
| 37BC | 1,0 | 1,6 | 0,3 | 0,05 | 7 |
| | | | | 0,025 | 12 |
| | | | | 0,016 | 16 |
| | | | | 0,012 | 19 |
| | | | | 0,010 | 21 |
| | | 1,8 | 0,5 | 0,05 | 11 |
| | | | | 0,025 | 17 |
| | | | | 0,016 | 23 |
| | | | | 0,012 | 27 |
| | | | | 0,010 | 30 |
| 37AB | 1,8 | 1,6 | 0,3 | 0,05 | 11 |
| | | | | 0,025 | 17 |
| | | | | 0,016 | 23 |
| | | | | 0,012 | 27 |
| | | | | 0,010 | 30 |
| | | 1,8 | 0,5 | 0,05 | 16 |
| | | | | 0,025 | 25 |
| | | | | 0,016 | 32 |
| | | | | 0,012 | 38 |
| | | | | 0,010 | 42 |

K = condutividade hidráulica, m/d

P = profundidade do dreno, m

h = carga hidráulica, m

q = descarga do dreno, m/d

L = espaçamento entre drenos, m.

Considerando que um solo agrícola bem drenado é caracterizado por um coeficiente de reação de $\alpha = 0,3$ a $0,7$ dia⁻¹, foi adotado convenientemente um valor médio de $\alpha = 0,4$ que é aplicado à seguinte relação:

$$\alpha = \frac{\pi^2 KD}{\mu L^2}$$

α = coeficiente de reação

K = condutividade hidráulica (= 1m/d)

D = profundidade (equivalente do impermeável embaixo do nível dos drenos (= 2,5m))

μ = coeficiente de armazenamento ou porosidade drenável (= 0,1)

L = espaçamento entre drenos.

Substituindo os valores:

$$L = \frac{\sqrt{(3,14)^2 (1,0)(2,5)}}{(0,1) (0,4)} = 24,84\text{m}$$

Com o uso da fórmula de Glover e Dumm para rebaixar o lençol de 1,20 a 1,60, elevado por efeito da recarga, em três dias, teremos o seguinte resultado:

$$L = \pi \left[\frac{KDt}{\mu} \right]^{1/2} \left[\ln 1,10 \frac{h_0}{ht} \right]^{-1/2}$$

$$D = 2,5\text{m}$$

$$h_0 = 0,6\text{m}$$

$$K = 1,0\text{m/d}$$

$$ht = 0,2\text{m}$$

$$\mu = 0,1$$

$$L = 24,4\text{m}$$

Para $L = 25\text{m}$, o valor de t é sempre em torno de três dias. Estas são condições de fluxo não estacionário onde o lençol sobe até 1,20m embaixo do nível do terreno, por efeito da recarga e deve baixar 1,60m em três dias.

Para um espaçamento entre drenos de $L = 25\text{m}$ e carga hidráulica $h = 0,3\text{m}$, i.e. drenos instalados a 1,80m de

profundidade; usando a equação de Hooghoudt, a descarga normativa foi calculada em $q = 0,018\text{m/d}$:

$$L^2 = \frac{4K h (2hD + h)}{q}$$

$$k = 1,0\text{m/d}$$

$$h = 0,3\text{m}$$

$$D = 2,5\text{m}$$

$$L = 25\text{m}$$

$$q = 0,018\text{m/d}$$

Este espaçamento embora não satisfatório, teoricamente, para os casos de condutividade hidráulica menor que 1,0m/d segundo os critérios antes discutidos, será adotado para o planejamento preliminar. Uma pequena área deve ser reservada para a instalação de algumas linhas de drenos com espaçamento de 12 e 50m para efeitos de estudos.

4.2.2. Lay-out

O lay-out proposto consiste de laterais de 100 a 300m de comprimento fluindo a subcoletores abertos ou entubados dentro da área do projeto que vão despejar as águas aos drenos abertos principal e/ou secundário que servem a área (drenos DP3 e DS101). A profundidade máxima das linhas laterais dependerá da profundidade máxima técnica e economicamente possível e conseqüente nível de água nos receptores, isto é, das condições atuais e/ou potenciais de evacuação.

O sistema deve ser traçado de preferência, transversal a declividade do terreno, ou seja, paralelo as isohipsas do lençol freático, visando uma maior eficiência de captação dos drenos, devido à interceptação das linhas de fluxo. Procurando adaptar o sistema à infra-estrutura existente, e evitar cruzamentos com canais que implicaria cus

tos adicionais de reconstrução, alguns drenos terão o sentido da declividade longitudinal do terreno (Mapa 11).

A área com cota menor que 361,5 que é a que apresenta maiores problemas não foi incluída neste planejamento pois a sua situação topográfica e as condições de evacuação não permitem satisfazer os princípios observados para as outras áreas. A drenagem adequada desta área (10ha) implica o aprofundamento de 600m de dreno que demandam volumes de movimentação de terras, da ordem de 5.000m^3 a um custo em torno de 1.400 OTN entretanto a medida favorece uma área maior de 100ha.

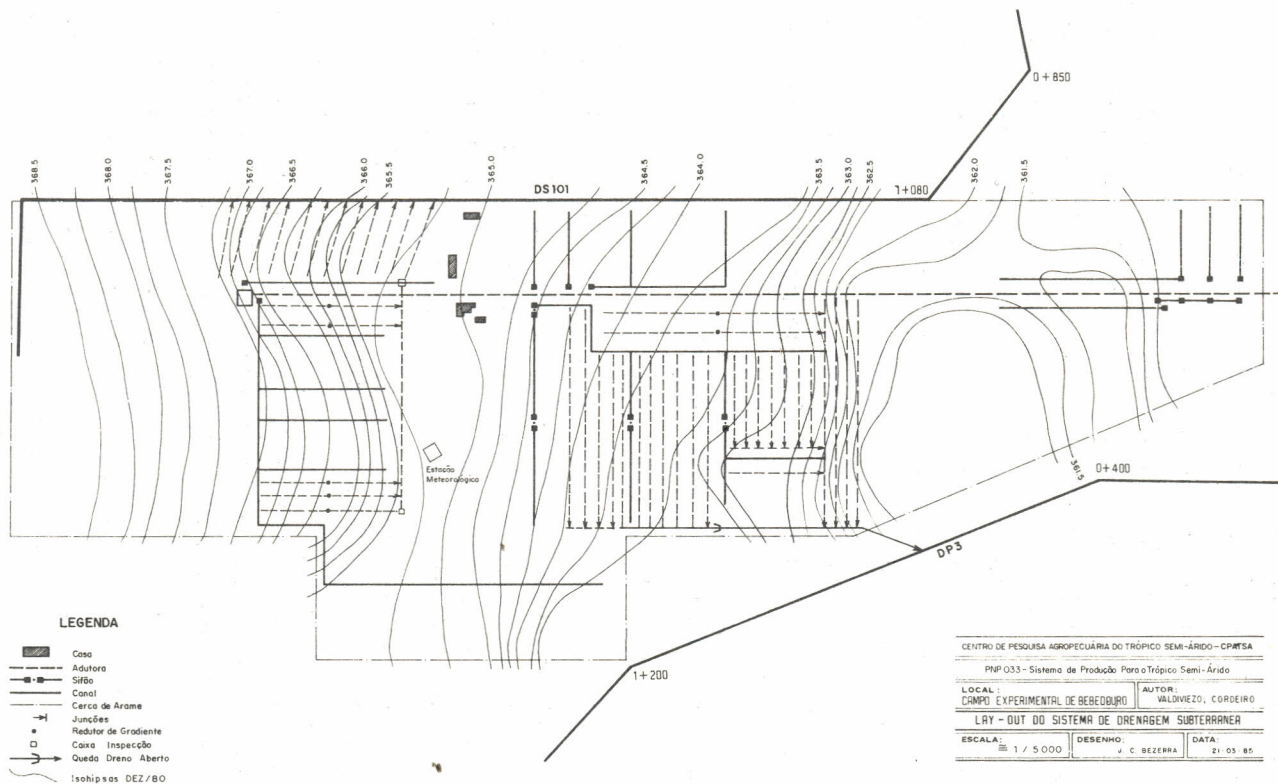
Este lay-out inclui um total de 5,5km de dreno lateral, 0,8 de coletor entubado e 0,4 de coletor aberto, para 18ha, aproximadamente.

4.2.3. Materiais e Estruturas

a. Materiais

Manilhas de cerâmica de seção circular de 10cm de diâmetro e 30cm de comprimento podem ser usadas para os drenos laterais. Uma primeira pesquisa de mercado indica que este tipo não é fabricado correntemente, podendo ser obtido por encomenda em fábricas do Ceará e/ou Caruaru. O preço destas manilhas embora sujeito a regularização é de 73 OTN o milheiro. A entrada de água nos drenos ocorre na junção entre duas manilhas consecutivas. Portanto, os extremos das manilhas devem ter um bom acabamento para permitir um bom contato entre elas e evitar problemas no alinhamento e entrada de sedimentos.

Uma excelente alternativa seria o uso de tubo de plástico liso (PVC) de 5 a 10cm de diâmetro. Neste caso, recomendam-se as seguintes especificações técnicas: espessura das paredes de 1 a 2mm, fendas com largura de 06 a



MAPA 11. Lay-out do sistema de drenagem subterrânea.

08mm de comprimento entre 20 e 30mm, fazendo uma área total de entrada de 9 a 13cm²/m de tubo, e peso de 0,2kg/m. O custo deste tubo é de 0,27 OTN/m.

Como material de cobertura ("envelope") pode ser usado seixo rolado ou cascalho de 0,5 a 2,0cm de diâmetro numa espessura de aproximadamente 10cm para melhorar as condições de fluxo ao redor do tubo e evitar a entrada de sedimentos. O seu custo se estima em 2,1 OTN/m³.

b. Estruturas

As seguintes estruturas simples serão necessárias: junções entre dreno lateral entubado e coletor entubado (18), redutor de gradiente em laterais entubados (07), caixas de inspeção (02) e proteção de saída de drenos entubados em dreno aberto (23). As junções de laterais a coletor entubado devem dispor de uma peça plástica (19) no extremo de montante que serve para dar acesso a dispositivos de limpeza. Também será necessário uma estrutura de queda no dreno coletor das áreas 1 e 2 e uma proteção na sua chegada ao dreno principal DP3 (Fig. 4 a 9).

4.2.4. Dimensionamento Hidráulico

As características de fluxo nos drenos entubados laterais e coletores foram determinadas usando as fórmulas de Colebrook e Wesseling e considerando coeficientes de rugosidade de 0,7 e 0,1mm para os casos de manilhas de cerâmica e tubo plástico liso, respectivamente. Os cálculos são resumidos na Tabela 4, e apresenta as áreas drenáveis para diferentes valores de vazão, declividade e diâmetro de dreno seja este de cerâmica ou de plástico PVC liso.

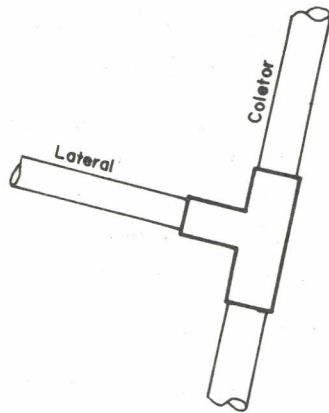


FIG. 4. Junção lateral VS coletor tubo.

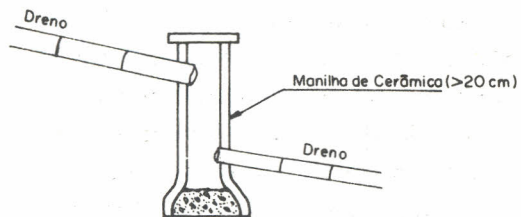


FIG. 5. Redutor de gradiente.

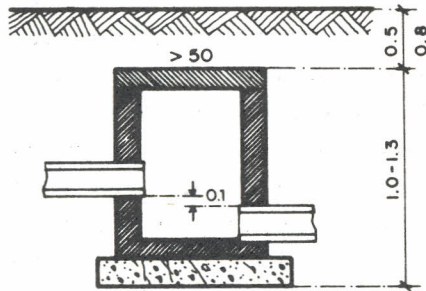


FIG. 6. Caixa de inspeção.

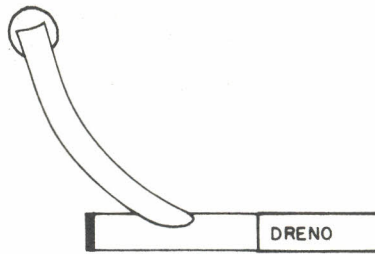


FIG. 7. Peça plástica de montagem para recepção do jato de limpeza.

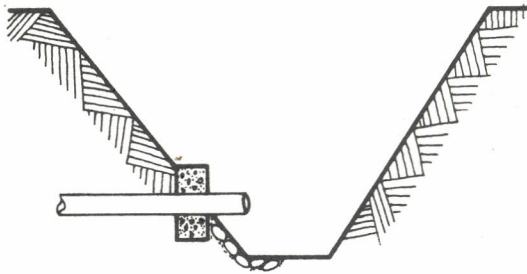


FIG. 8. Proteção de saída de dreno.

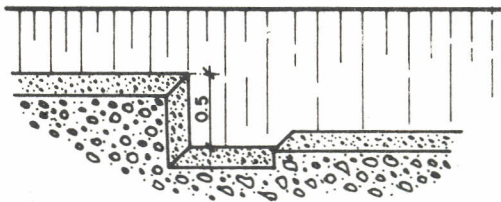


FIG. 9. Queda em dreno aberto.

TABELA 4. Áreas drenáveis (ha) com drenos laterais.

| Diâmetro (cm) | Q Declividade | 25mm/d (2,89%/s/ha) | | | 17mm/d (1,97%/s/ha) | | | 12,5mm/d (1,45%/s/ha) | | |
|----------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| | | 2% | 3% | 4% | 2% | 3% | 4% | 2% | 3% | 4% |
| *Cerâmica 10 | - | 1,0 | 1,2 | | 1,3 | 1,5 | 1,8 | 1,7 | 2,0 | 2,2 |
| **Plástico liso 5 | | 0,25 (0,19) | 0,28 (0,21) | 0,40 (0,30) | 0,40 (0,30) | 0,50 (0,38) | 0,60 (0,45) | 0,60 (0,45) | 0,70 (0,53) | 0,80 (0,60) |
| 10 | | 1,90 (1,43) | 2,60 (1,95) | 3,40 (2,55) | 2,60 (1,95) | 3,40 (2,55) | 4,00 (3,00) | 3,40 (2,55) | 4,40 (3,30) | 5,50 (4,13) |
| 15 | | 5,00 (3,75) | 7,00 (5,25) | 8,00 (6,00) | 7,00 (5,25) | 10,00 (7,50) | 12,50 (9,38) | 10,00 (7,50) | 14,00 (10,50) | 15,00 (11,25) |
| 20 | | 12,00 (9,00) | 16,00 (12,00) | 22,00 (16,50) | 18,00 (13,50) | 22,00 (16,50) | 26,00 (19,50) | 22,00 (16,50) | 28,00 (21,00) | 34,00 (25,50) |

*Fórmula de Colebrook.

**Fórmula de Wesseling.

()75%.

De maneira inversa, pode-se determinar o diâmetro do dreno e a declividade requeridas, conhecendo o espaçamento e comprimento dos drenos e a descarga.

Preveno problemas de assoreamento, é considerada uma capacidade efetiva de 7% no cálculo do diâmetro do dreno.

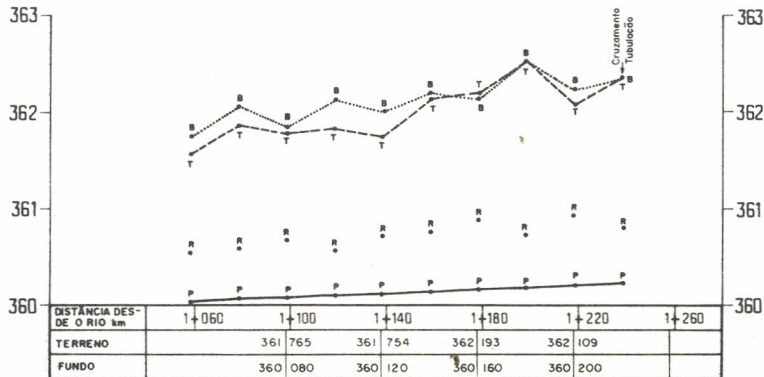
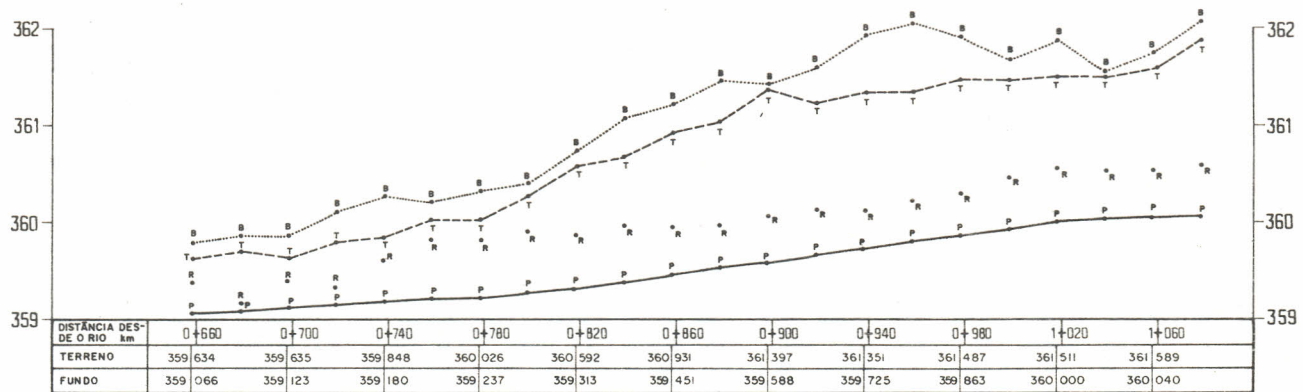
As declividades permissíveis são 0,2, 0,3 e 0,4% e os diâmetros considerados serão de 5 a 10cm nas laterais e de até 20cm no coletor entubado.

4.2.5. Drenos Coletores

Os drenos de despejo são o DP3 e o DS101 cujas características hidráulicas são mostradas nos perfis longitudinais correspondentes apresentados nas Fig. 10 e 11A, B e C.

A profundidade dos drenos é irremediavelmente limitada nos pontos de evacuação, coincidente com depressões topográficas. No caso da evacuação no dreno DS101, a cota do fundo é 362,58m no Km 1 + 813 mas à montante deste ponto o dreno poderá ser aprofundado até manter a mesma declividade de 0,14%, atualmente em 0,83%. Com os drenos laterais a 1,80m de profundidade, altura livre de evacuação de 0,20m e queda por declividade de $100 \times 0,003$, a área possível de drenar por gravidade será aquela de cota de terreno igual ou superior a $(362,58 + 1,80 + 0,2 + 0,3) = 364,9\text{m}$.

No caso da evacuação no dreno DP3, a cota de fundo limite é 359,25m no Km 0 + 780, e seguindo o mesmo raciocínio a área possível de drenar será aquela de cota de terreno igual ou superior a 361,55m. Em ambos os casos, áreas com cota de terreno inferior à calculada demandará evacuação por bombeamento. Um levantamento topográfico (perfil longitudinal) complementar de conferência ratificará esta afirmação.

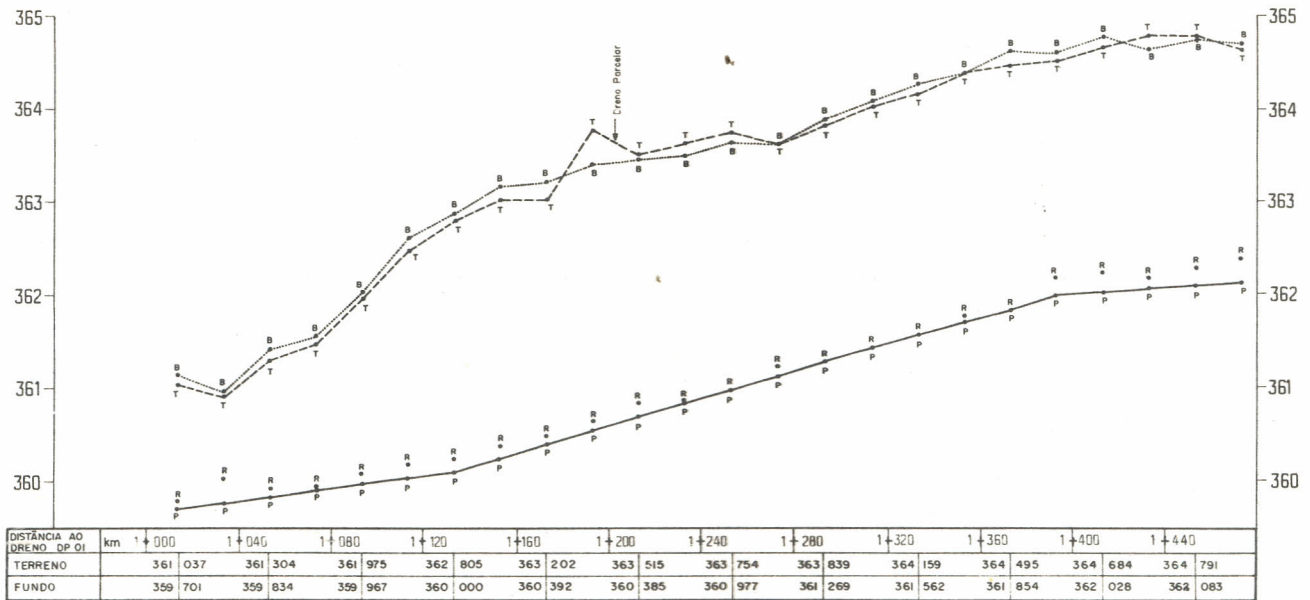


$Q_m = 1,45 \text{ m}^3/\text{s}$ $z = 1,5$
 $v = 0,77 \text{ m/s}$ $n = 0,025$
 $h = 0,94 \text{ m}$ $s = 0,0010 \text{ m/m}$
 $b = 0,60$

B = Borda do Dreno
 T = Nível do Terreno Adjacente
 R = Fundo do Dreno antes do Melhoramento
 P = Fundo atual

DES. J. C. BEZERRA

FIG. 10. Perfil longitudinal-dreno DP3.

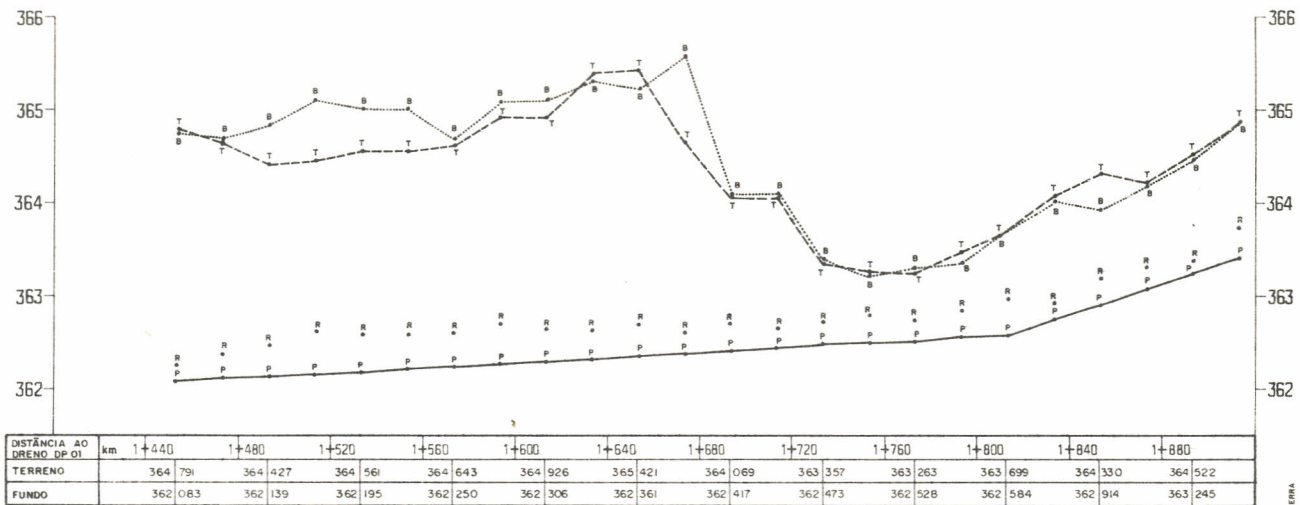


B = Borda do Dreno
 T = Nivel do Terreno Adjacente
 R = Fundo do Dreno antes do Melhoramento
 P = Fundo Atual

$z = 1.5$
 $n = 0.025$
 $s = 0.0033 \text{ m/m}$

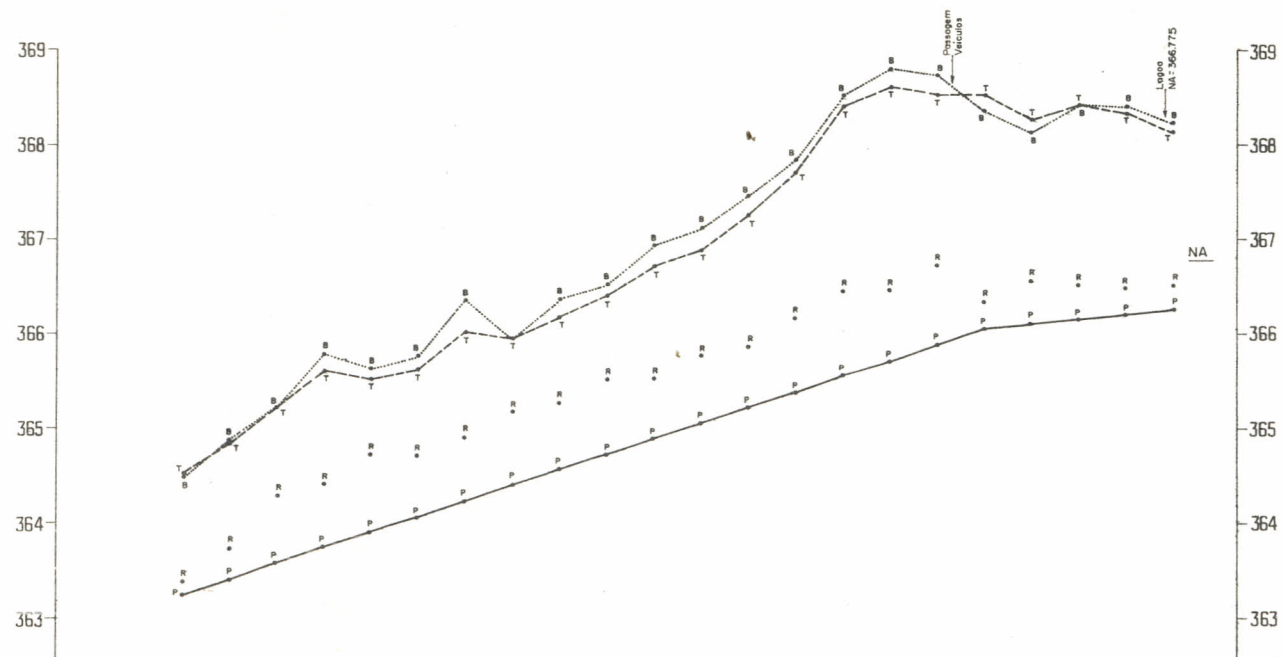
$Q_m = 0.69 \text{ m}^3/\text{s}$
 $v = 1.0 \text{ m/s}$
 $h = 0.51 \text{ m}$
 $b = 0.6$

FIG. 11 A. Perfil longitudinal-dreno DS101.



B = Borda do Dreno
 T = Nível do Terreno Adjacente
 R = Fundo do Dreno antes do Melhoramento
 P = Fundo Atual

FIG. 11B. Perfil longitudinal-dreno DS101.



| DISTÂNCIA AO DP. 01 | 1+880 | 1+920 | 1+960 | 2+000 | 2+040 | 2+080 | 2+120 | 2+160 | 2+200 | 2+240 | 2+280 | 2+320 | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| TERRENO | 364 | 522 | 365 | 227 | 365 | 539 | 366 | 037 | 366 | 165 | 366 | 743 | 367 | 262 | 368 | 420 | 368 | 541 | 368 | 273 | 368 | 345 |
| FUNDO | 363 | 245 | 363 | 575 | 363 | 906 | 364 | 236 | 364 | 567 | 364 | 897 | 365 | 227 | 365 | 558 | 365 | 888 | 366 | 110 | 366 | 207 |

B = Borda do Dreno
 T = Nível do Terreno Adjacente
 R = Fundo do Dreno antes do Melhoramento
 P = Fundo Atual

FIG. 11C. Perfil longitudinal-dreno DS101.

4.2.6. Detalhes da Instalação

Para a instalação dos drenos subterrâneos, laterais e coletores, deve-se escavar valetas com a profundidade de dimensionamento de 1,80m, com a seção como indicada na Fig. 12 que rende uma escavação de $1,20\text{m}^2/\text{m}$. A largura maior nos primeiros 50 centímetros foi concebida em função da estabilidade dos materiais dessa camada, visando em primeiro lugar evitar acidentes de trabalho e trabalhos extras de desassoreamento ocasionados por desmoronamento.

A escavação deve ser feita com retroescavadeira de 100 a 120cv, trabalhando toda a seção numa só vez.

O fundo da vala, deve receber um acabamento manual e controle topográfico.

As manilhas ou tubos de plástico devem ser colocados no fundo dos drenos e cobertos por cascalho como indicado na Fig. 12, o que corresponde a $0,038\text{m}^3$ de cascalho necessário por metro linear de dreno.

5. ORÇAMENTO

Os custos de instalação do sistema na área de drenagem por gravidade são estimados em 231,6 OTN/ha, utilizando manilhas de cerâmica, e de 241,7 OTN/ha utilizando tubos de plástico liso.

O custo por hectare das áreas mais baixas, com necessidade de bombeamento na evacuação será incrementado em aproximadamente 24 OTN/ha, ou seja, 255,6 OTN/ha. Isto significa que o custo total estimado para os 10ha nestas condições é de 2.556,0 OTN, e um total absoluto de 6.655,4 OTN para os 28ha diagnosticados com problemas atuais e/ou potenciais de drenagem (Tabela 5).

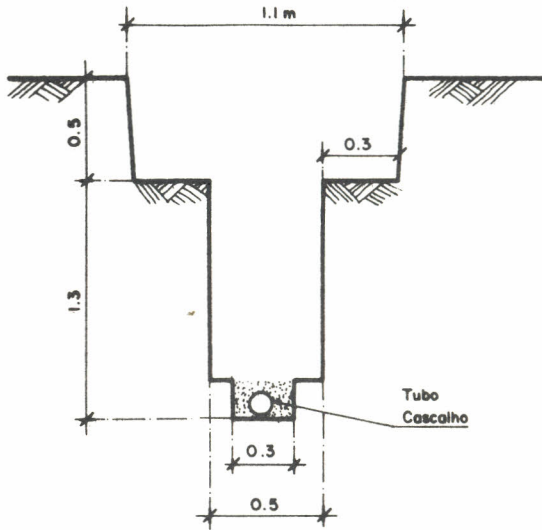


FIG. 12. Valeta e tubo com material envolvente.

TABELA 5. Custos de Drenagem Subterrânea da Estação Experimental do CPATSA no Perímetro Ir-
rigado de Bebedouro (18ha sem bombeamento).

| Drenos | | OTN | | | |
|---|------------|----------------|----------|----------|----------------|
| | Quantidade | Unidade | Unitário | Custo | Subtotal |
| MATERIAIS | | | | | |
| . Manilhas | 20 | milh. | 73,0 | 1.460,0 | |
| . Cascalho | 250 | m ³ | 1,93 | 466,0 | |
| . Tubos p/saída | 180 | m | 0,27 | 28,8 | |
| MAQUINARIA | | | | | |
| . Escavação | 6.600 | m ³ | 0,246 | 1.623,60 | |
| . Aterro | 150 | hr | 1,24 | 186,00 | |
| MÃO-DE-OBRA | | | | | |
| . Limpeza vala | 650 | h/d | 0,27 | 175,50 | |
| . Colocação tubo | 20 | h/d | 0,27 | 5,40 | |
| . Colocação cascalho | 20 | h/d | 0,27 | 5,40 | |
| . Topografia | 20 | h/d | 1,89 | 37,80 | 3.988,5 |
| Estruturas e Peças | | | | | |
| . Junções | 18 | Unid. | 0,8 | 14,4 | |
| . Redutor de gradiente | 07 | Unid. | 0,4 | 2,8 | |
| . Extensão de montante | 19 | Unid. | 0,8 | 15,2 | |
| . Caixa de Inspeção | 02 | Unid. | 2,5 | 5,0 | |
| . Proteção saída de laterais | 23 | Unid. | 1,5 | 34,5 | |
| . Queda dreno aberto | 01 | Unid. | 21,0 | 21,0 | |
| . Proteção na chegada de coletor aberto no DP | 01 | Unid. | 18,0 | 18,0 | 110,9 |
| TOTAL OTN | | | | | 4.099,4 |

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEERS, W.F.J. van. Some monographs for the calculation of drain spacings. Wageningen, ILRI, 1965. 48p. (ILRI. Bulletin, 8).
- CHOU DHURY, E.N. & MILLAR, A.A. Características físico-hídricas de três latossolos irrigados do Projeto Bebedouro. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Tópico Semi-Árido, Petrolina - PE. Pesquisa em irrigação no trópico semi-árido: solo, água, planta. Petrolina - PE, 1981. p.1-14.
- FAO, Roma, Itália. Survey of the San Francisco river basin-Brazil; semi-detailed soil surveys. Rome, 1966. v.2, Part 2, il. 11 mapas.
- HAGAN, R.M.; HAISE, H.R. & EDMINSTER, T.W. Irrigation of agricultural lands. Madison, American Society of Agronomy, 1967. 1.180p. il. (ASA. Agronomy, 11).
- LEAL, M.V.P. Determinação da eficiência de irrigação a nível de parcela, no Projeto de Irrigação de Bebedouro - Petrolina, Pernambuco. Viçosa-MG, 1979. 94p. Tese Mestrado.
- PEREIRA, J.M. de A. & SOUZA, R.A. de. Mapeamento detalhado da área de Bebedouro - Petrolina-PE; relatório. Recife-PE. SUDENE/Grupo de Irrigação do São Francisco, 1967. 57p. il. (Brasil. SUDENE. Irrigação, 21).

RIJTEMA, P.E. An analysis of actual evapotranspiration. Wageningen, Institute for Land and Water Management Research, 1965. 107p. (ICW. Agricultural Research Report, 659).

SUGUINO, H.H.; CALDAS JUNIOR, W. & VALDIVIESO S., C.R. Projeto de melhoramento da rede de drenagem superficial do perímetro de irrigação de Bebedouro. Petrolina-PE, CODEVASF, 3. Diretoria Regional, 1984. 1v. il., 1 anexo e 57 plantas.

VALDIVIESO S., C.R. & CORDEIRO, G.G. Drenagem subterrânea no perímetro irrigado de Bebedouro. I: Estudo do lençol freático. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 7, Brasília, DF, 1986. Anais... Brasília, ABID, 1986. v.2, p.621-43.