

63141
IOC
EXT-R-42

Tese de Licenciatura

**Diagnóstico da Salinidade dos Solos no Bloco
Irrigado pelo D11 - caso da margem direita
do Sistema de Regadio de Chókwè**



por:

Venâncio L. Iocheremua

Submetida à:



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

Maputo, Outubro de 2004

EXT-R-42

Tese de Licenciatura

**Diagnóstico da Salinidade dos Solos no Bloco
Irrigado pelo D11 - caso da margem direita
do Sistema de Regadio de Chókwè**

por:

Venâncio L. Iocheremua

Supervisor:

Eng.º Armindo H. Cambule

Submetida à:



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

Em cumprimento dos requisitos para a obtenção
do grau de licenciatura em Agronomia,
especialização - Engenharia Rural

Maputo, Outubro de 2004

Declaração de honra

Declaro por minha honra, que os dados usados na elaboração do presente relatórios, são reais e obtidos das análises por mim efectuadas e consultas bibliográficas devidamente citadas ao longo deste relatório.

O autor

(_____)

Venâncio L. Iocheremua

Dedicatória

À memória da minha mãe Laura da Conceição Petersburgo, ao meu pai Vicente Manuel A. Iocheremua e aos meus irmãos.

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar a FAEF pela oportunidade concedida para que este sonho se torna-se uma realidade,

Ao Eng.º Armindo H. Cambule como supervisor assistente deste estudo, que pelo seu empenho e dedicação fez com a realização deste estudo fosse um sucesso,

Ao Eng.º Magaia, que colaborou bastante para a elaboração dos mapas em Arcview-GIS e teceu algumas críticas e comentários que foram benéficos ao trabalho,

Ao meu pai Vicente M. Iocheremua, pelo apoio moral e material que prestou durante esta longa caminhada,

A meus irmãos: Fidélio, Líticia, Abílio, Helga, Lígia, Nelson e ao meu primo Zelito, por todo apoio moral e material que prestaram,

Aos colegas e amigos: Verde, Consolo, Matusso, Salência, Dovel, Fote, Caetano, Serra, Monteiro, Bicudo, Sambique, Massas, Argola, Chilundo, Tomo, Siteo, Nuvunga, Nhachole, Colial, entre outros que souberam apoiar em vários momentos desta caminhada,

Não poderia esquecer de agradecer a HICEP-Chókwè, por todo apoio prestado durante a realização do trabalho de campo, em especial ao Eng.º François Xavier, Eng.º Remi Trier, Eng.º Banguine, ao motorista Silvino e ao técnico Silvestre,

Enfim, todos outros que directa ou indirectamente contribuíram para que o sucesso deste trabalho fosse uma realidade.

“Kanimambo pela força”

RESUMO

No intuito de contribuir para o melhoramento da produtividade dos solos no bloco irrigado pelo D11 do SIREMO, efectuou-se o presente estudo, que consistiu na colecta de amostras de solo e de água no campo, seguindo-se de determinações laboratoriais no laboratório de solos da FAEF e por fim a análise dos resultados.

O estudo teve como objectivos específicos, diagnosticar o estado de salinidade dos solos (onde foi incluído o estudo da fertilidade), avaliar o impacto da qualidade de água de rega nas propriedades do solo e identificar estratégias de melhoramento dessas propriedades.

O estudo consistiu na colheita de amostras de solo no campo, numa área de aproximadamente 1000 ha (margem direita do D11). Foram colhidas no total 360 amostras de solo à profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, numa densidade de amostragem de 1 sondagem por 4 ha (200x200 m). Determinou-se posteriormente no laboratório de solos da FAEF a CEE, pH, o nível dos principais indicadores de fertilidade, entre outros parâmetros.

Para a identificação de estratégias de melhoramento das propriedades do solo foi usada a equação de balanço de sais no solo, descrito por Bolt & Bruggenwert (1976). Os resultados encontrados mostraram que cerca de 10% a 30% dos solos são salinos, aumentando o seu nível com a profundidade e, conclui-se que as dotações 50 mm/década e 60 mm/década influenciam bastante na redução do nível de salinidade no solo e os planos de culturas não mostram essas diferenças. Para fazer face a este fenómeno, recomenda-se um estudo mais detalhado do estado da permeabilidade dos solos.

ÍNDICE

Conteúdo	Página
Dedicatória.....	i
Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iii
Índice.....	iv
Lista de Abreviaturas.....	vi
Lista de tabelas.....	vii
Lista de figuras.....	vii
Lista de anexos.....	viii
1. Introdução.....	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Problema de estudo.....	2
1.3 Importância do estudo.....	2
1.4 Objectivos.....	3
1.5 Descrição da área de estudo.....	3
2. Revisão Bibliográfica.....	6
2.1 Generalidades.....	6
2.2 Antecedentes.....	7
2.3 O presente estudo.....	9
2.4 Definições e conceitos.....	14
3. Materiais e métodos.....	16
3.1 Materiais utilizados.....	16
3.2 Métodos de recolha de amostras.....	16
3.3 Métodos de colecta de dados.....	17
3.3 Método de análise de dados.....	18
4. Resultados.....	22
4.1 Diagnóstico da salinidade dos solos.....	22
4.2 Impacto da qualidade de água de rega nas propriedades do solo.....	24

4.3	Estratégias de melhoramento das propriedades do solo.....	26
5.	Discussão.....	29
5.1	Diagnóstico da salinidade dos solos.....	29
5.2	Impacto da qualidade de água de rega nas propriedades do solo.....	32
5.3	Estratégias de melhoramento das propriedades do solo.....	34
6.	Constatações	38
7.	Recomendações.....	39
8.	Referências bibliográficas.....	40

Lista de abreviaturas

CE	condutividade eléctrica
CEe	condutividade eléctrica do extracto saturado
CEi	condutividade eléctrica da água de rega
CTC	capacidade de troca catiónica
PST	percentagem de sódio trocável
RAS	razão de adsorção de sódio
MO	conteúdo total de matéria orgânica no solo
P	conteúdos de fósforo assimilável
N	conteúdo total de nitrogénio no solo
LR	fracção de água de lavagem (Leaching Requirement)
NAR	necessidade de água de rega
D11	canal distribuidor 11 do SIREMO
V1	vala de drenagem 1 do SIREMO
V5	vala de drenagem 5 do SIREMO
V6	vala de drenagem 6 do SIREMO
V8	vala de drenagem 8 do SIREMO
SIREMO	Sistema de Regadio Eduardo Mondlane (Chókwè)

Lista de tabelas

Tabela 1	Critérios de categorização dos solos.....	10
Tabela 2	Critérios de avaliação dos riscos de salinidade e sodicidade.....	11
Tabela 3	Redução relativa dos rendimentos.....	14
Tabela 4	Parâmetros químicos do solo.....	23
Tabela 5	Principais indicadores de fertilidade dos solos.....	23
Tabela 6	CE e pH da água do D11 e da V6.....	23
Tabela 7	Parâmetros químicos das amostras de água do D11 e da V6.....	24
Tabela 8	Tempo necessário para reduzir a CEe.....	28

Lista de Figuras

Figura 1	Dados de precipitação, evapotranspiração e temperatura para Chókwè.....	4
Figura 2	Localização dos pontos de amostragem.....	18
Figura 3	Relação entre a CEe e a $CE_{(2,5)}$	22
Figura 4	Distribuição da salinidade no solo.....	23
Figura 5	Distribuição da sodicidade no solo.....	23
Figura 6	Valores iniciais e finais na razão de troca para Na^+ e Ca^{2+}	26
Figura 7	Variação da CEe sob produção de arroz e algodão	26
Figura 8	Variação da CEe do solo sob produção de arroz, algodão e trigo.....	27
Figura 9	Variação da CEe do solo sob diferentes planos de culturas.....	27

Lista de Anexos

- Anexo 1 Distribuição da salinidade a 20 cm de profundidade
- Anexo 2 Distribuição da salinidade a 40 cm de profundidade
- Anexo 3 Distribuição da salinidade a 60 cm de profundidade
- Anexo 4 Relação entre $(CE_{1,2,5})$ e $a(CE_e)$
- Anexo 5 Resultados das análises químicas das amostras do solo
- Anexo 6 Rendimentos potenciais esperados para algumas culturas
- Anexo 7 Condutividade eléctrica do extracto e pH do solo
- Anexo 8 Variação da CE_e sob diferentes práticas de rega

1 – INTRODUÇÃO

1.1. Generalidades

Todos os solos contêm sais, porém solos salinos contêm quantidades excessivas de sais que limitam a produção na maior parte das culturas agrícolas (Smedema & Rycroft, 1983). Muitos sistemas de rega no mundo principalmente nas regiões de clima árido e semi-árido estão afectados em certa medida por problemas de salinidade e a história mostra que muitas áreas com um elevado potencial produtivo inicial perdem-se total ou parcialmente devido a salinização provocada pela irrigação (Tostão, 1997).

Em Moçambique, o fenómeno da salinidade tem afectado bastante os principais sistemas de regadio, como os de Sombo, Mafuiane e Chókwè, contribuindo assim para o abandono de extensas áreas irrigadas, tornando-se os mesmos marginais a produção agrícola. No caso do sistema de regadio de Chókwè, Brito *et al.* (2002) refere que a situação da salinidade agravou-se em 50% entre 1981 e 2002.

O bloco irrigado pelo D11, no SIREMO, tem suscitado muita atenção e preocupação, pois a salinidade chega a afectar em grande medida as camadas superficiais do solo, contribuindo assim para o abaixamento do seu potencial produtivo consequentemente no rendimento das culturas, com consequente abandono e marginalização de extensas porções da área pelos agricultores.

Konstapel (1981) e António (2000), referem que o problema se agravou nos períodos em que o D11 se encontrava seco, facto agravado pelo uso da água das valas de drenagem para a irrigação de culturas.

Como forma de mitigar este problema, em 2003 fez-se a reabilitação (pós cheias) dos sistemas de rega e de drenagem, pretendendo-se com o presente estudo adoptar estratégias para uma melhor gestão do sistema solo-água.

1.2. Problema de estudo

A região de Chókwè possui um clima com precipitações médias anuais são muito inferiores à evapotranspiração, por isso a agricultura de sequeiro nesta região comporta um risco acrescido. Apresenta algumas vantagens, por possuir recursos hídricos disponíveis provenientes da bacia do Limpopo, solos de boa qualidade para a produção agrícola e uma população com o conhecimento de base sobre cultivo em regadio. (Montez, 1976)

A introdução da agricultura de regadio trouxe por um lado algumas vantagens para a região, e por outro lado começou a haver elevação do lençol freático, que associado a origem marinha dos solos em questão causou a salinização das camadas superficiais, tornando alguns dos solos marginais à produção agrícola. (Touber & Noort, 1985)

Brito *et al.* (2002) refere que entre os períodos de 1981 e 2002 a situação da salinidade para o SIREMO ficou agravada em cerca de 50%, facto que demonstra uma perda de potencial produtivo dos solos.

No bloco irrigado pelo D11 do SIREMO, segundo Konstapel (1981) e António (2000) a situação da salinidade ficou agravada quando o D11 se apresentava seco (devido a condições climáticas e o estado degradado dos distribuidores), tendo a maioria dos agricultores usado a água de drenagem para a rega de culturas.

Com o acréscimo do nível de salinidade nos solos, criam-se condições de incerteza na gestão da produção agrícola por parte dos agricultores, facto que leva ao abandono de extensas porções de área, elevando-se assim o risco de acréscimo da salinidade das mesmas.

1.3. Justificação do estudo

Pelo abandono de áreas para a região do Chókwè, dada as condições climáticas da região, acresce-se o risco de elevação do nível de salinidade nas camadas superficiais do solo. Isto pode levar a uma rápida expansão das manchas salinas, verificando-se desse modo um sub-aproveitamento das potencialidades da região, com suas possíveis implicações na subsistência dos agricultores.

Assim, conhecendo-se o real estado de salinidade nesses solos e melhores estratégias para o seu controle, isso irá contribuir para a mitigação desse fenómeno, com possível melhoramento dos níveis de produção agrícolas, garantindo-se desse modo melhor aproveitamento dos recursos disponíveis.

Este estudo torna-se de capital importância para a região, uma vez reabilitados os sistemas de rega e de drenagem, que foram tidos como uma das causas do acréscimo no nível de salinidade dos solos, necessitando-se um plano de gestão do sistema solo-água para o melhoramento das propriedades do solo, com conseqüente redução na incerteza sobre a gestão da produção agrícola.

1.4. Objectivos

1.4.1. Objectivo geral

- Contribuir para o melhoramento da produtividade dos solos no bloco irrigado pelo D11 do sistema de regadio do Chókwè.

1.4.2. Objectivos específicos

- Diagnosticar a situação de salinidade dos solos no bloco irrigado pelo D11,
- Avaliar o impacto da qualidade de água de rega nas propriedades do solo,
- Identificar estratégias de melhoramento das propriedades do solo.

1.5. Descrição da área de estudo

1.5.1. Descrição geral

O perímetro irrigado de Chókwè, também designado por "Sistema de Regadio Eduardo Mondlane", está situado à cerca de 200 Km, a norte de Maputo, na margem direita do rio Limpopo, província de Gaza, entre 40 e 100 Km em linha recta a noroeste da cidade de Xai-Xai (Touber & Noort, 1985).

A área de estudo encontra-se dentro do perímetro irrigado de Chókwè, num total de aproximadamente 1010 ha, limitada por duas valas de drenagem, a V6 e V8 e entre estas passa o

distribuidor 11 (D11), sendo atravessada pela vala principal que recolhe as águas descarregadas pela valas secundarias.

O clima da área de estudo segundo a classificação de Koppen é semi-árido. A precipitação média anual é de 600 mm, atingindo o valor máximo de 140 mm em Fevereiro, mínimo de 10 mm em Junho e uma evapotranspiração média anual de 1400 mm, sendo o seu valor mensal sempre superior ao da precipitação. Na distribuição da precipitação mensal nota-se claramente a época chuvosa que compreende os meses de Outubro a Março e a época seca que compreende os meses de Abril a Setembro (Mosca, 1988).

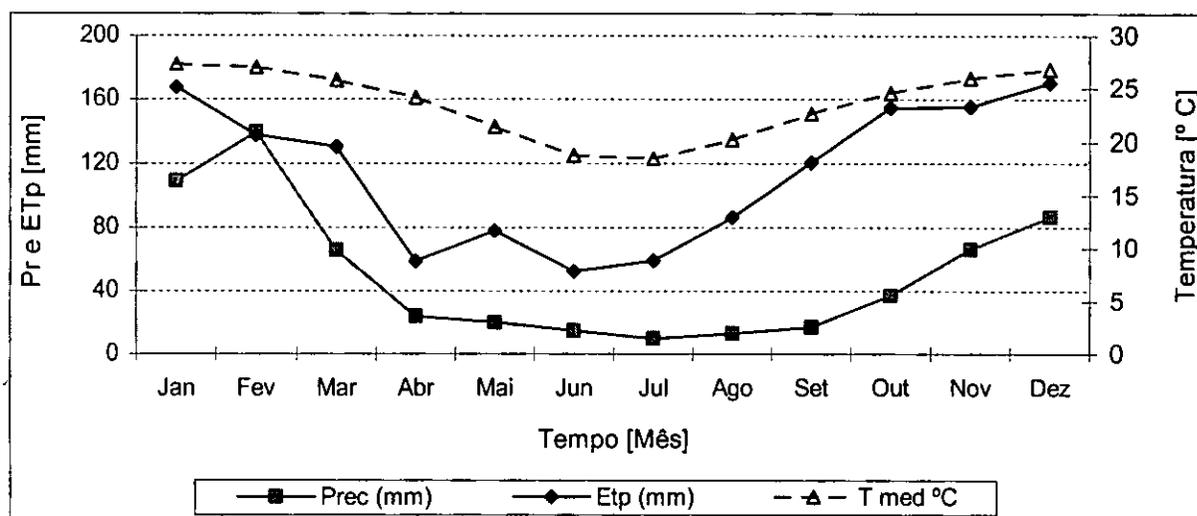


Figura 1 - dados de precipitações, temperaturas e evapotranspiração médias mensais da estação de Chókwè

Fonte: INIA, Touber & Noort 1985

A principal fonte de água na zona de estudo é o rio Limpopo, com os seus afluentes, um rio internacional com 19% da bacia no território nacional com características de um regime fluvial. A barragem de Massingir no rio dos Elefantes, contribui na regulação do caudal, o que constitui uma vantagem para o SIREMO e os regadios a jusante, em termos de qualidade de água e intrusão salina (Touber & Noort, 1985).

A maior parte das áreas relativamente altas, consistem de sedimentos marinho, franco-arenosos a argilo-arenosos onde predominam calcários. Enquanto nas depressões se encontram os sedimentos fluviais a fluvio-lacustres, argilosos a muito argilosos. Os solos são aluvionais e férteis, de textura

franco-argilosa á argilosa com boa drenagem mas que exigem uma irrigação suplementar (Mosca,1988).

1.5.2. Sistema de produção

Em geral a agricultura no perímetro irrigado pelo D11 é praticada em condições de regadio, em regime de rega por gravidade, através duma derivação de água do canal direito da rede Hidráulica de Chókwè. O maneiio de água a qualquer nível constitui um problema sério (Touber & Noort,1985).

O bloco irrigado D11 é ocupado por camponeses que possuem alguma experiência de rega e um baixo poder de compra. O padrão de cultivo para a região inclui o arroz na estação quente milho, tomate e batata doce na estação fresca. O milho e o arroz são as culturas dominantes. A rega é feita por gravidade baseada nos métodos de sulcos e/ou bacias. A maior parte das práticas agronómicas são executadas manualmente.

A HICEP é um dos principais fornecedor de assistência técnica, através de uma rede de extensionistas. Os camponeses estão organizados numa associação de regantes que fazem a gestão do regadio, apoiado por gabinete técnico.

O sector familiar não dispõe de capital para obter factores de produção melhorados, trabalha manualmente por vezes com uma lavoura e preparação de terra mecanizada com apoio das empresas agrícolas estatais ou tracção animal. Os rendimentos são baixos e destina-se principalmente à subsistência da própria família. (Touber & Noort,1985).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades

- Em muitas regiões do mundo, particularmente nos sub-tropicos, as chuvas médias anuais não são suficientes para cobrir as necessidades da evapotranspiração da cobertura vegetal. Qualquer adição de água de outras fontes para este solo, tanto pela ascensão capilar da água freática (se presente a pequenas profundidades) ou pela irrigação, implica necessariamente um risco acrescido na adição de sais ao solo, como toda água natural contém certa quantidade de sais (Bolt e Bruggenwert, 1978).
- A agricultura irrigada apresenta como constrangimento o acréscimo do perigo de salinização do solo, cuja ocorrência depende da qualidade da água, do balanço entre a água que sai e a que entra no solo, assim como do método de rega a usar. A água de rega, mesmo de boa qualidade é fonte de sais. Cada irrigação traz ao solo uma certa quantidade de sais na zona radicular, onde estes se depositam após a evaporação ou transpiração pela planta. (FAO, 1985)

A irrigação é um processo sócio-técnico que combina recursos humanos e materiais para o alcance de uma agricultura predizível e produtiva. Quando o sistema de irrigação e de drenagem capta, conduz, distribui e remove convenientemente a água para suportar o crescimento da cultura significa que este é viável para o projecto. Por isso, estes sistemas requerem um planeamento, um projecto técnico de utilização e manutenções correctas (Ainadine, 1994).

De acordo com o mesmo, o que acontece na prática é que embora muitos esquemas de regadio, praticamente na África sub-sahariana apresentem um performance e produções razoáveis no início, depois de poucos anos, estes decrescem substancialmente, e além disso os sistemas requerem reabilitações frequentes. Isto verifica-se porque estes são concebidos sem ter em conta todos estes factores. Também muitos outros problemas sobre aspectos sociais e organizacionais tais como a fraca gestão e autogestão pelos utilizadores entre outros, contribui para tal situação.

2.2. Antecedentes

As condições climáticas da região de Chókwè, não favorecem o desenvolvimento potencial das culturas em regime de sequeiro, por possuir um clima semi-árido. Porém apresenta notáveis vantagens comparativas por possuir recursos hídricos disponíveis provenientes do rio Limpopo, solos de boa qualidade para a prática da agricultura. Assim foi introduzido o sistema de regadio por volta de 1920 com o arranque do colonato do Limpopo, tendo sofrido uma revisão por volta de 1950 (Montez, 1976), com a finalidade de suplementar o défice de água às culturas para aumentar o seu potencial produtivo.

A irrigação do SIREMO é feita pela derivação do caudal do rio Limpopo perto da aldeia de Macarretane, onde na época colonial foi construída a barragem de Macarretane. A maior parte do sistema de rega é por gravidade, sendo a água conduzida através dos canais principais e canais distribuidores. Basicamente os canais distribuidores ou canais distribuidores secundários encontram-se a intervalos de 2 Km. Os lotes são servidos através de caleiras que geralmente se encontram a intervalos de aproximadamente 350 m, havendo adaptações destes intervalos às condições locais em vários lugares (Montez, 1976).

O sistema de drenagem consiste basicamente em colectores de lotes de pouca profundidade (0.70 - 1.0 m), também predominantemente a intervalos de aproximadamente 350 m. Estes colectores geralmente encontram-se entre duas caleiras. Parte desses colectores secundários desemboca directamente no rio Limpopo, porém a maior parte desemboca em colectores principais, dos quais a vala 5 e a vala 1 são os mais importantes. A vala V que é o colector principal para a maior parte dos sistemas do regadio desemboca na lagoa Chinanga (Montez, 1976).

A introdução do sistema de regadio trouxe consigo a elevação do lençol freático que, associado a origem marinha dos solos em questão causou a salinização das camadas superficiais, tornando alguns destes solos marginais à produção agrícola (Konstapel, 1981).

Segundo o mesmo autor, no caso do bloco irrigado pelo D11, a situação foi agravada durante o período em que no canal não chegava água, tendo a maioria dos agricultores usado a água de drenagem para irrigar as culturas. A qualidade dessa água suscita dúvidas pelo facto desta lavar os

sais das camadas dos solos cujo material é de origem marinha. Esta situação é agravada pelo estado de degradação da rede de drenagem, pois não conseguia drenar o excesso de água.

Devido a estas perturbações ecológicas causadas quer pelas actividades humanas, quer pela própria natureza, importantes áreas produtivas foram abandonadas. Assim, nos finais da década 80, a intensidade cultural baixou consideravelmente. Por conseguinte, a produção agrícola baixou, os agricultores mudaram o plano cultural, onde o arroz passou de cultura primária para cultura secundária, o que resultou na sub-utilização do equipamento destinado para rega e drenagem (António, 2000).

Vários estudos tem sido desenvolvidos na tentativa de contrariar a problemática da salinidade nos solos. Para a região do regadio de Chókwè, INIA num estudo feito por Konstapel (1981) para a identificação das áreas salinas, mostrou que cerca de 20% dos solos abrangidos pelo sistema de regadio de apresentavam-se salinizados, isto para a profundidade superficial de 30 cm.

Brito *et al.* (2002) num levantamento de campo realizado também no sistema de regadio de Chókwè, para verificar a distribuição espacial da salinidade, refere que cerca de 42% a 70% das parcelas apresentam-se salinizadas, isto para a situação dos 0-30 e 50-80 cm, respectivamente, tendo havido um aumento das manchas salinas na ordem dos 50%.

Embora os critério de classificação usados por Konstapel (1981) e Brito *et al.* (2002) sejam idênticos, as densidades de amostragem são completamente diferentes. O primeiro usa uma densidade de 1 sondagem por 150 ha e o segundo 1 sondagem por 25 ha, verificando-se uma maior generalização dos dados pelo primeiro.

Os vários estudos de salinidade feitos nos solos do sistema de regadio de Chókwè, não permitem saber o nível real da distribuição da salinidade no bloco irrigado pelo D11, pois as escalas de amostragem não permitem avaliar a salinidade a este nível. Porém, estes estudo vão servir de base para a avaliação da salinidade na região ao longo do tempo.

Entretanto, o presente estudo é de capital importância para a região do perímetro irrigado pelo D11 do regadio de Chókwè, pois uma vez mostrada a distribuição da salinidade nos solos dessa região

e, identificadas melhores estratégias conducentes à minimização desse fenómeno, pode ser um incentivo aos agricultores na exploração das mesmas, pois os riscos na incerteza de gestão da produção agrícola serão reduzidos.

2.3. O presente estudo

2.3.1. Diagnóstico da salinidade dos solos

A concentração de sais solúveis na solução do solo é influenciada pelo estado de humidade que o mesmo apresenta. Com este propósito em mente, para caracterizar o conteúdo de sais no solo, deve-se medir esta concentração a uma humidade standardizada do solo. Assim a salinidade do solo é usualmente caracterizada pela medição da condutividade eléctrica do extracto saturado. Este extracto é obtido pela sucção-filtração da água-pasta saturada do solo (Bolt e Bruggenwert, 1976).

Embora vários laboratórios usem diferentes proporções de solo e água para a obtenção de extractos aquosos de amostras de solo, recomenda-se o extracto saturado. Assim a condutividade eléctrica reflectirá com boa aproximação às condições do solo no campo. Outras proporções (1:2.5, 1:5) fáceis de extrair, são sujeitas a erro por causa da hidrólise e troca cationica (Bolt & Bruggenwert, 1976). A preparação do extracto saturado exige equipamento especial de pressão e é bastante demorado. Se houver uma boa correlação entre CEn e as condutividades eléctricas de extractos aquosos a diferentes proporções de solo e água, é possível estimar a CEe.

Para se avaliar a distribuição da salinidade numa área pré-definida, como se pretende para o presente estudo, deve-se estabelecer um critério de selecção e recolha de amostras no campo. Este critérios de selecção de amostras, varia de autor para autor, dependendo do grau de exigência e do tamanho da área abrangida pelo estudo.

Konstapel (1981) fez uma amostragem de 1 sondagem por 150 ha e Brito *et al.* (2002) fez uma 1 sondagem por 25 ha para o estudo da salinidade em todo o sistema de regadio de Chókwè. De referir que quanto menor for o grau de amostragem por área, verifica-se maior generalização dos dados e menor será o grau de aproximação à realidade dos factos.

Entretanto, para o presente estudo, por abranger uma área relativamente menor em relação aos estudos acima referenciados e como se pretender uma maior aproximação às condições reais da área, optou-se por uma amostragem mais densa, tendo sido considerada 1 sondagem por 4 ha, perfazendo malhas quadrangular de 200 por 200 m.

O critério usado para a caracterização dos solos, foi descrito por vários autores (FAO, 1985; Smedema & Rycroft, 1983; Bolt & Bruggenwert, 1976) e tem sido comum o seu uso para estudos da salinidade, é a segui apresentado:

Tabela 1: Intervalos de classes usados para a categorização dos solos, segundo o nivel de salinidade que o mesmo apresenta

Classificação	Intervalos de classes [CEe, dS/m]
Não salino	< 2.0
Fracamente salino	2 - 4
Moderadamente salino	4 - 8
Fortemente salino	> 8

Fonte: FAO, 1985

2.3.2. Impacto da qualidade de água de rega nas propriedades do solo

A qualidade de água de rega, é um dos factores importantes para a sustentabilidade dos projectos de rega e de drenagem, que vários autores (FAO, 1985, Smedema & Rycroft, 1983) sustentam como sendo a principal fonte de acréscimo dos sais nos solo (salinização secundária).

O deficiente maneiio na aplicação da água de rega pode afectar não só as propriedades do solo, como também o rendimento das culturas praticadas. O problema que se presume estar a afastar os agricultores das áreas abrangidas pelo estudo estão ligados com a salinidade dos solos e deficiente gestão da água durante o processo de rega, criando condições para a elevação da salinidade dos mesmos.

A avaliação dos impactos da qualidade de água de rega nas propriedades do solo, pode ser efectuada de diferentes maneiras: Bolt & Bruggenwert (1976) descrevem o método de Gapon

(expressão 1) que pode ser usado para se fazer o balanço da acumulação ou lavagem dos sais no complexo de troca após um certo período de rega. Esta equação é muito complexa e a sua aplicação exige vários parâmetros de solo e água cujo alguns deles são difíceis de quantificar.

$$\frac{\gamma_+ + x}{\gamma_{2+} - x} = K_G \frac{(w_{Co,+} + p - x)/(w+r)}{\sqrt{(w_{Co,2+} + q + x)/2(w+r)}} \quad (1)$$

Contudo, estes autores descrevem o método para avaliação do valor final da razão reduzida condicionada pela água de rega (expressão 2).

$$\frac{\gamma^+ Na}{\gamma^{2+} Ca} = 0.5 * \frac{C_0(Na)}{\sqrt{C_0(Ca)/2}} \quad (2)$$

Onde: $C_0(Na)$ e $C_0(Ca)$ representam as concentrações dos iões Na^+ e Ca^{2+} na água de rega

Smedema & Rycroft, (1983) e FAO (1985), descrevem os critérios de avaliação dos riscos de salinidade e sodicidade, que é mostrado na Tabela 2. Usando este critério de avaliação, pode prever-se o estado futuro de salinidade e/ou sodicidade no solo. Embora se faça com este critério uma avaliação pouco trivial é um método simples e de fácil aplicação.

Tabela 2: Critérios usados para avaliação dos riscos de salinidade e sodicidade da água para fins de rega

Risco	Parâmetro diagnóstico	Grau		
		Nenhum	Ligeiro a moderado	Severo
Salinidade	CEi [dS/m]	< 0.75	0.75 – 3.0	> 3.0
Sodicidade	CEi [dS/m]	> 0.5	0.5 – 0.2	< 0.2
	SAR [meq/l]	< 8	8 – 16	> 16

Fonte: Smedema & Rycroft (1983)

Sharma & Manchanda (1996) efectuaram seu estudo em laboratório, simulando a rega numa coluna de vidro de 60 cm de solo. Efectuaram medições dos níveis de salinidade antes e após a rega simulada e, referiram que os solos salinos dominados por sais de sulfatos mostraram maior eficiência na dessalinização, enquanto que, os solos dominados de sais de cloretos, mostravam maior eficiência na redução da PST.

Leskys *et al.* (1999), no estudo de campo realizado no norte de Las Vegas, usando água de condutividade 2.5 dS/m classificada como salina, referiu que houve maior acumulação de sais no solo em parcelas que tiveram o tratamento baixo LF (fracção de lavagem) e baixo CUC (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen).

Entretanto os métodos usados pelos diferentes autores acima referidos alguns são muito complexos, caros e demorado, exigindo equipamento especializado para avaliação do impacto da qualidade de água de rega.

Assim sendo, pela natureza do presente estudo e pela disponibilidade limitada de tempo e dinheiro, avaliou-se o risco de salinidade e sodicidade (critério descrito por Smedema & Ricroft, 1983 e FAO, 1985). Este critério baseia-se na comparação dos dados de CE e RAS medidos na água para fins de irrigação à valores padronizados, mostrada na tabela 2.

2.3.3. Estratégias de melhoramento das propriedades do solo

A incorporação do solo no sistema de produção agrícola provoca alterações em suas propriedades físicas e químicas. Desta forma devem ser adoptadas práticas de manejo do solo que aumentem a disponibilidade de água, reduzem a resistência mecânica e conservem a porosidade do solo.

Goerdert (1987), refere que a incorporação de matéria orgânica é uma técnica que oferece bons resultados. Segundo o mesmo, um estudo realizado no Brasil evidencia que incorporação da palha proporcionou um aumento de 20% à 45% na disponibilidade de água no solo.

Quanto maior for a salinidade da água, maior é o risco de salinização dos solos. É necessário para se garantir o uso contínuo do solo para irrigação algumas medidas para remover o sal através da água drenada de modo a manter o balanço favorável no solo, de onde os sais não são percolados naturalmente. (FAO, 1985)

A irrigação por si, não significa garantia de altas produções, pois o seu bom aproveitamento exige o emprego adequado e eficiente de outros insumos (correctivos e fertilizantes em especial). Todavia garante o controle permanente dos níveis de humidade no solo e, em consequência, o melhor aproveitamento dos factores de produção (Goedert, 1987).

Bolt e Bruggenwert (1976), descreveram a equação 3, mostrando a flutuação do nível de sais na zona radicular, que foi também usada por Ainadine (1994) aquando da elaboração do seu estudo realizado no sistema de regadio de Sombo,.

$$\Delta CEE(mS/cm) = \frac{[(CEiw * diw) - (CEdw * ddw)]}{P * dap.(PS/100)} \quad (3)$$

Onde:

ΔCEE – representa a variação anual da salinidade no solo [mS/cm]

diw – dotação de água de rega aplicada por período considerado [mm]

ddw – quantidade de água de drenada [mm]

p – a profundidade considerada [cm]

dap – densidade aparente [g/cm³]

PS – humidade do solo [%]

Um outro método para avaliar o balanço de sais no solos foi usado por Tostão (1997) e António (2000) nos seus estudo, é representada pela expressão 4.

$$\Delta S = \frac{Ir * CEir - Dr * (1 - f) * CEir - (Dr * f * S1 / Wcc)}{1 + \frac{Dr * f}{2Wcc}} \quad (4)$$

Onde ΔS representa o balanço de sais na zona radicular, Wcc a humidade do solo à capacidade de campo, $S1$ a situação inicial dos sais no solo e f o factor que representa a fracção de água que é efectiva na lavagem de sais.

Embora a equação 4 tome em consideração o factor f para o cálculos do balanço de sais no solo, não considera um factor importante para a recuperação de solos salinos, que é a profundidade afectada, parâmetro em diagnosticado no presente estudo. Para a estimativa do factor f , envolve estudos de permeabilidade e taxa de infiltração do solo, parâmetros que não foram considerados para o presente estudo.

Por outro lado, os parâmetros que compõem a equação 3, foram de fácil obtenção, por isso para responder este objectivo foi usada esta equação, que foi desenhada numa folha de cálculo. Numa

base de simulações determinou-se a variação a salinidade no solo quando aplicado diferentes práticas de rega, durante a fase de produção das culturas.

As culturas seleccionadas fazem parte dos planos de produção para a região do regadio do Chókwè, com a excepção do trigo e algodão, que foram seleccionadas para fazer face aos elevados níveis de salinidade, por apresentarem uma tolerância relativamente elevada. Segundo MADER (2003) os planos de produção da zona, incluem o arroz ou milho na época quente e as hortícolas assumem maior importância na época fresca.

O grau de tolerância a salinidade das culturas foi descrito por vários autores (FAO, 1985; Smedema & Rycroft, 1983), e está representada na tabela 3, mostrando a redução relativa dos rendimentos como resultado do acréscimo da CEE.

Tabela 3: Redução relativa dos rendimentos como resultado da variação da CEE no solo

Cultura	Redução relativa do rendimento			
	0%	10%	25%	50%
Algodão	< 8	12	13	18
Trigo	< 6	7.5	9.5	13
Arroz	< 3	4	5	7
Milho	< 1.5	2.2	4	7
Feijão	< 1	1.5	2.5	3.5
Tomate	< 2.5	3.5	5	7.5
Batata	< 1.5	2.5	4.5	7

Fonte: Smedema & Rycroft (1983)

2.4. Definições e conceitos

Solos salinos: solos que apresentam uma condutividade eléctrica do extracto saturado (CEE) acima de 4 dS/m, criando uma certa limitação a produção agrícola, devido aos efeitos de toxicidade, osmótico e de competição para a planta (Wit, 1993).

Salinização: processo no solo que leva a acumulação de sais solúveis nas camadas superficiais. Pode apresentar várias origens: salinização primárias quando ocorre durante a formação do solo devido ao material de origem do próprio solo e salinização secundária quando ocorre devido a factores inerente à rocha mãe como a irrigação (Smedema & Rycroft, 1988).

Solos sódicos: solos que apresentam uma percentagem de sódio trocável (PST) acima de 15% da capacidade de troca catiónica (CTC). A elevada PST em solos que se apresentem com argila expansível, cria condição para a expansão e contracção das mesmas, causando a dispersão do material do solo, o que condiciona a destruição da sua estrutura. Desse modo se aumenta o risco da formação de camadas impermeáveis o que acelera o risco de erosão do solo (Bolt & Bruggenwert, 1976).

Sodificação: processo no solo que leva a acumulação de sais de sódio trocáveis. O excesso de sais de sódio para além dos efeitos tóxicos na planta, acelera o risco de degradação dos solos quando se esta presente de um tipo de argila expansível (Bolt & Bruggenwert, 1976).

Lavagem de sais: processo de aplicação de quantidades adicionais de água de rega ás culturas com finalidade de remoção do excesso dos níveis de sais trocáveis na solução do solo (FAO, 1985).

3. MATERIAIS e METODOS

3.1. Materiais utilizados

- | | |
|-----------------------------------|------------------------|
| - GPS (Global Positioning System) | - Mapa do D11 (Chokwé) |
| - Sonda manual | - Sacos plásticos |
| - Etiquetas | - Marcadores |
| - Ficha de campo | - Frascos de 50ml |
| - pH-metro | - Condutivímetro |

3.2. Métodos de recolha de amostras

Os pontos de amostragem foram demarcados de modo a obter maior precisão para os níveis de salinidade no solo. Assim, estes eram equidistantes entre si, formando malhas quadrangulares de 200 x 200m.

A extracção de amostras foi feita à profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, com auxilio de uma sonda manual e eram conservadas em sacos plásticos devidamente etiquetadas com o código do ponto contendo informação sobre a profundidade e localização.

A Figura 2 mostra a localização dos pontos de amostragem no solo da região em estudo. De referir que quando se caminha da V6 para D11, as referências vaiaram 1 a 4, vice-versa e quando se caminha em direcção ao canal esquerdo as referências variaram de 1 á 30, perfazendo um total de 120 pontos amostrais e 360 amostras para o estudo.

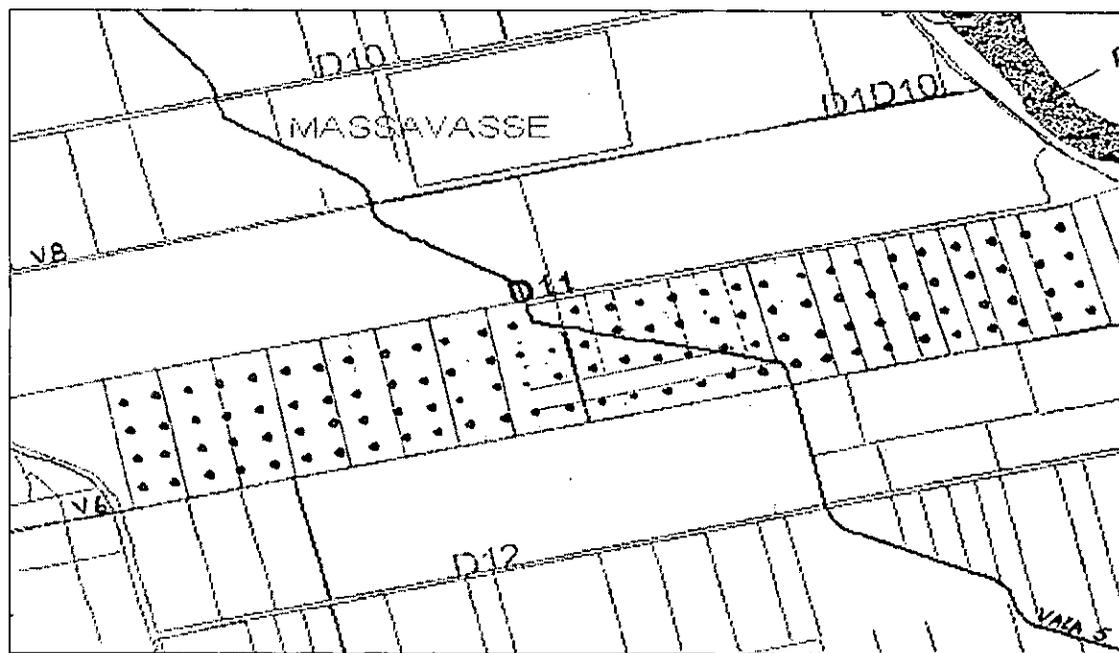


Figura 2: Localização dos pontos de amostragem para a região (lado direito) do perímetro irrigado pelo canal D11 do SIREMO

Paralelamente a isso foram colhidas amostras de água. Devido a reabilitação do sistema de rega e das condições climáticas da região, o distribuidor 11 encontrava-se seco na altura em que se efectuou as actividades de campo (Agosto de 2003), por isso as amostras de água foram colhidas em pontos mais próximos do D11 que tivesse algum excedente de água:

- Canal do rio, próximo ao canal D11
- Vala 6, por ser usada a sua água como alternativa quando o D11 se encontrava seco

3.3. Métodos de colecta de dados

Os dados de precipitação, evapotranspiração e temperaturas, considerados nas análises do presente estudo, foram obtidos de fonte secundária (INIA, 1985).

Os restantes parâmetros foram obtidos por determinações no laboratório de solos da FAEF, e cálculos, pelos métodos que a seguir se apresentam:

- ✓ A condutividade eléctrica e o pH do solo foram obtidos pela medição na solução solo-água na razão 1:2,5 (peso/volume) e pela medição directa para as amostras de água
- ✓ CTC pelo método de "Saturação por acetato de amónio",

- ✓ Cálcio + magnésio ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) de troca pelo método de “titulação com EDTA”,
- ✓ Sódio (Na^+) e potássio (K^+) de troca pelo método de “espectrofotómetro”,
- ✓ Conteúdo de matéria orgânica, segundo o método “Walkley and Black”,
- ✓ Nitrogénio total (N) pelo método de “Kjeldahl”,
- ✓ Fósforo disponível (P) pelo método de “Bray”,
- ✓ $\text{PST} = \text{Na}^+ / \text{CTC} * 100$

As determinações da CE e pH foram efectuadas para as 360 amostras colhidas no terreno. Já para os restantes parâmetros fez-se uma mistura de amostras com aproximadamente características similares (cor e textura) de modo que se obteve 12 (doze) amostras representativas que serviram de base para a análise das restantes componentes (anexo 6).

3.4. Métodos de análise de dados

3.4.1. Diagnóstico da salinidade dos solos

A CEe do solo foi determinada por correlação com a $\text{CE}_{(2,5)}$, após determinada a CEe em dez amostras de solo seleccionadas aleatoriamente. O teste de correlação entre as duas variáveis foi determinado na folha de cálculo “Excel”.

Assim, a condutividade eléctrica do extracto saturado (CEe) para as amostras de solo foi determinada com base na equação 5 e para a categorização dos solos usou-se o método de análise de frequências proposto pela FAO (1985), mostrado na Tabela 2.

$$\text{CEe} \approx 4.552 \text{CE}_{(1:2,5)} + 0.192 \quad (5)$$

Para melhor elucidar as manchas salinas no solo, foram elaborados mapas de categorizações dos solos, mostrando a distribuição espacial da salinidade para as profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Para a produção desses mapas foi usado o programa Arcview – Gis 3.2 for Windows.

3.4.2. Impacto da qualidade de água de rega nas propriedades do solo

Para responder este objectivo avaliou-se o risco de salinidade e sodicidade da água usando o método descrito por Smedema & Rycroft (1983) e FAO (1985), mostrado na tabela 1 e para a determinação da composição final da razão de troca foi usado o método de Gapon, descrito por Bolt e Bruggenwert (1976) e Van den Berg (1995) representado pela equação 2.

3.4.3. Estratégias de melhoramento das propriedades do solo

a) Definição de critérios considerados para o estudo

Foram identificadas quatro classes de salinidade do solo. Neste contexto cada uma foi tratada como um caso separado, assim foram estudadas a possibilidade de lavagem e redução dos níveis de sais durante a fase de produção de culturas, aplicando dotações de água segundo a "NAR+LR" para as culturas e 30mm/década, 50mm/década e 60mm/década para a cultura do arroz.

Para tal foram definidos planos de cultivo de acordo com os planos de produção para a região de Chókwè (com excepção de trigo e algodão, que foram seleccionadas para fazer frente aos elevados níveis de salinidade, por apresentarem uma tolerância relativamente elevada). Os cenários ora referidos estão abaixo representados.

Cenário 1: arroz/milho

Cenário 4: milho/tomate

Cenário 2: arroz/tomate

Cenário 5: milho/trigo

Cenário 3: arroz/trigo

Cenário 6: milho/milho

b) Estratégias de melhoramento das propriedades do solo

Para as parcelas incluídas na classe não salina (< 4 dS/m) torna-se necessário fazer uma gestão das mesmas de modo a evitar o alastramento das manchas de salinidade. Assim um plano de culturas normal pode ser adequado, desde que o balanço de água seja favorável (qualquer cultura acima mencionada pode produzir bons rendimentos).

Da Tabela 3 vê-se que apenas as culturas de trigo e algodão podem produzir rendimentos satisfatórios em parcelas que apresentem uma CEE acima de 8 dS/m. Torna-se necessário um plano de gestão mais específico, integrando diversas práticas que possam culminar numa mais rápida recuperação das mesmas.

As características fisiológicas da cultura de algodão não permitem que a mesma seja produzida em épocas chuvosas, isto é, na época quente e, durante esta fase o solo não deve permanecer em pousio, pois o processo de salinização pode ser acelerado.

Como a cultura do arroz responde favoravelmente em campos alagadas, pode optar-se por fazer o transplante, alagando o campo antes do plantio, e fazendo o viveiro em parcelas não afectada pela salinidade.

Entretanto, para o sucesso do processo de lavagem, outros factores devem ser tomados em consideração:

- ✓ A disponibilidade da água de rega
- ✓ A permeabilidade do solo e/ou as condições de drenagem para as quais devem-se considerar a textura e estrutura
- ✓ A natureza dos sais solúveis no solo.

Como forma de responder este objectivo usou-se a equação de balanço de sais no solo (abaixo mostrada), descrita por Bolt & Bruggenwert (1976). Esta equação foi desenhado na folha de cálculo, e numa base de simulações, variando os planos de culturas e o nível de dotação aplicada, identificaram-se melhores estratégias para o melhoramento da condição do solo.

$$\Delta CEE(mS/cm) = \frac{[(CEiw * diw) - (CEdw * ddw)]}{P * dap.(PS/100)}$$

Os parâmetros considerados para o cálculo da variação anual da salinidade no solo, são a seguir apresentados, e demonstrados como foram determinados.

Precipitação efectiva = método da FAO

$$\text{NAR} = (\text{ETc} - \text{Prec eff}) / 0.60$$

$$\text{diw} = \text{NAR} + \text{LR (dotação da água de rega)}$$

$$\text{ddw} = (\text{diw} + \text{Prec eff}) - \text{ETc (quantidade de água drenada)}$$

Dados de solo considerados para o estudo: $\text{dap} = 1,5 \text{ g/cm}^3$; $\text{P} = 60 \text{ cm}$ e $\text{PS} = 80\%$ (humidade),

4. RESULTADOS

4.1. Diagnóstico da salinidade dos solos

4.1.1. Relação entre a CEe e a CE_(2,5)

A Figura 3 mostra o relação entre a condutividade eléctrica do extracto do solo e a condutividade eléctrica na solução '1:2,5' (solo : água). O teste de correlação (r^2) mostrou uma correlação fortemente positiva (anexo 4).

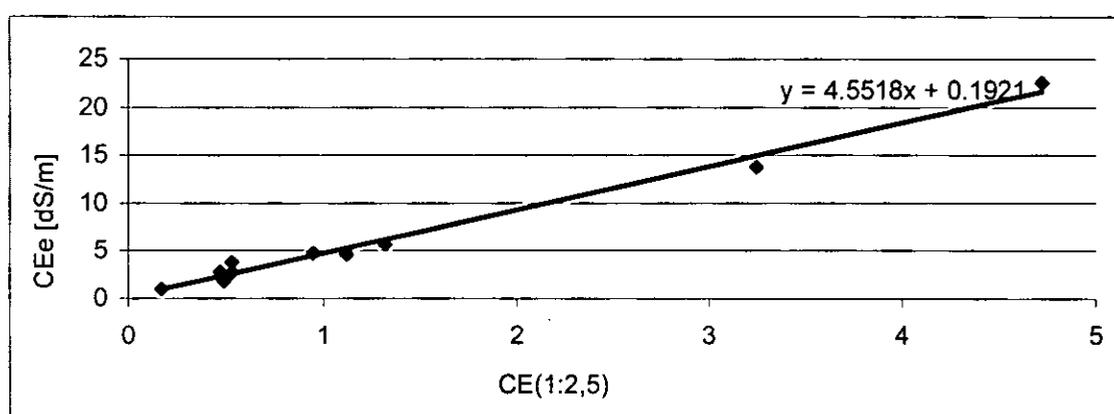


Figura 3: Relação linear entre a CEe e a CE_(2,5) das amostras dos solos para o perímetro irrigado pelo D11 do SIREMO

4.1.2. Situação de salinidade e sodicidade dos solos

As Figuras 4 e 5 mostram os níveis de salinidade e sodicidade, respectivamente para o bloco irrigado pelo D11, mostrados para ambos os casos a percentagem de área afectada por excesso de sais solúveis para as profundidades consideradas no estudo.

Os mapas que ilustram a distribuição da salinidade nos solos para as profundidades consideradas neste estudo podem ser vistos em anexos 1, 2 e 3.

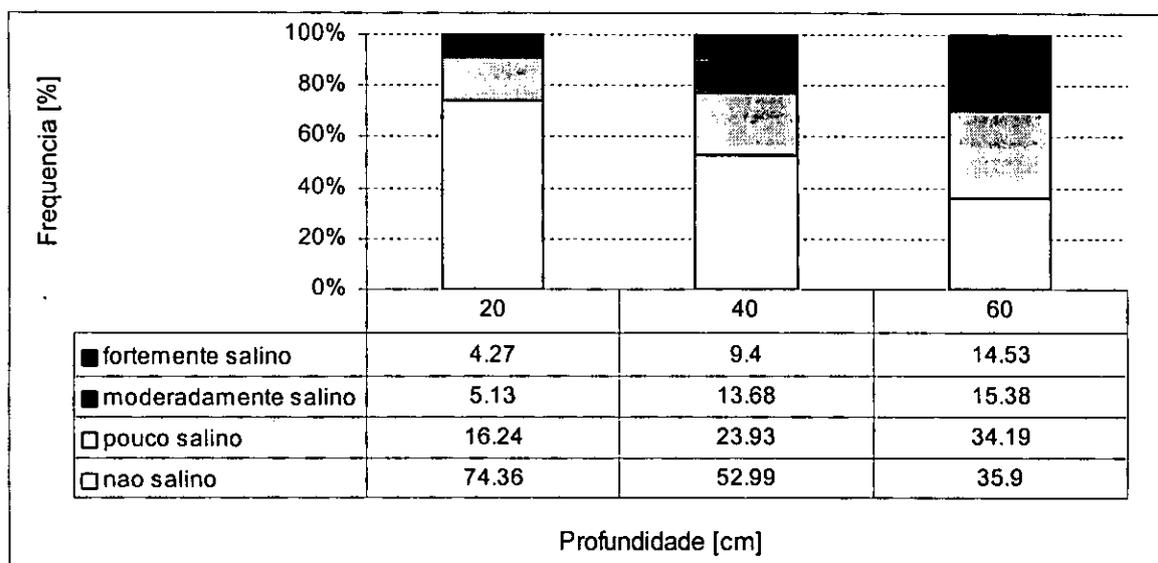


Figura 4: Representação gráfica das áreas salinas nas profundidades de 20, 40 e 60 cm, para o bloco irrigado pelo D11 do sistema de regadio de Chókwè

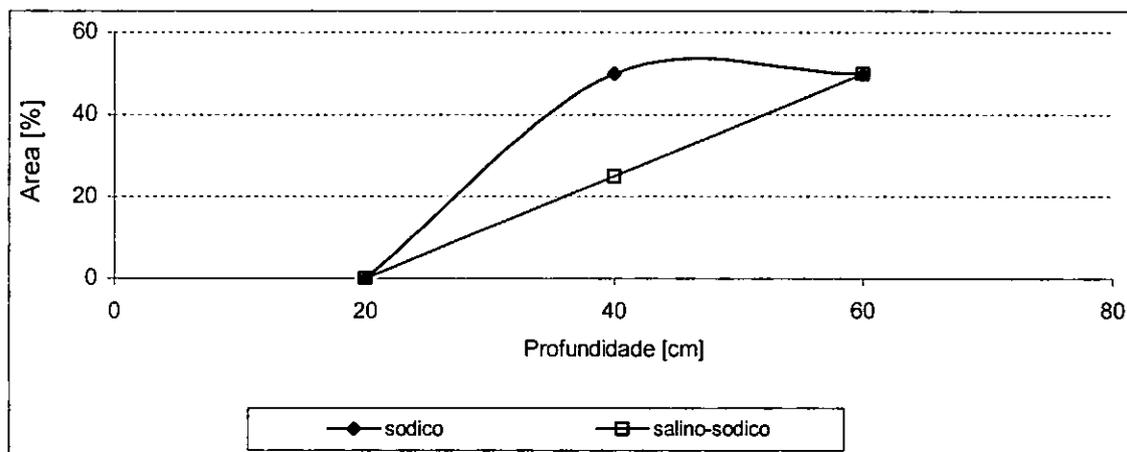


Figura 5: Representação gráfica das áreas caracterizadas com excesso de sais de sódio trocável para as profundidades de 20, 40 e 60 cm

4.1.3. Propriedades químicas e a fertilidade dos solos

Foram determinados alguns parâmetros químicos e de fertilidade em doze amostras de solo seleccionadas intencionalmente e igualmente distribuídas em cada profundidade estudada, isto é, 20; 40 e 60 cm, e os valores médios de cada componente estão representados nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4: Parâmetros químicos do solo, nas profundidades de 20, 40 e 60 cm, para o perímetro irrigado pelo distribuidor 11 no regadio de Chókwè

Profundidade [cm]	Ca	Mg	Na	K	CTC	SBT	PST	CEe	pH
	[meq/100g de solo]						[%]	[dS/m]	
20	11.10	8.10	1.715	1.08	26.80	22.00	6.40	2.14	7.05
40	10.60	9.30	4.79	0.85	32.10	25.54	14.93	2.94	7.59
60	11.90	9.40	6.23	0.83	36.10	28.35	17.25	4.06	7.81
Média	11.20	8.93	4.25	0.92	31.67	25.3	12.86	3.05	7.49
CV	5.86	0.01	54.25	15.52	14.73	12.59	44.43	31.62	5.21

Tabela 5: Valores médios dos principais indicadores de fertilidade nas profundidades de 20, 40, e 60 cm no solo para o bloco irrigado pelo D11

Profundidade [cm]	MO	N	P	C/N
	[%]		[meq/100g]	
20	1.595	0.085	2.205	10.863
40	1.510	0.048	0.883	21.153
60	1.080	0.043	0.580	16.521
Media	1.395	0.058	1.223	16.179
CV	19.791	39.821	70.692	31.854

4.2. Impacto da qualidade de água de irrigação nas propriedades do solo

4.2.1. Características da água usada para a irrigação

A Tabela 6 sumariza os dados dos constituintes (pH e CE) das amostras de água colhidas e analisadas em Setembro de 2003, onde a CE está expressa em dS/m

Tabela 6: Dados de condutividade eléctrica e pH de água de rega (D11) e de drenagem (V5) para o bloco irrigado pelo distribuidor 11 no regadio de Chókwè

Local	PH	CE [dS/m]
Distribuidor 11	8.45*	0.709*
Vala 6	7.875	2.05

*Amostra colhida no canal do rio, porque o D11 se apresentava seco

A concentração total de sais, expresso pela condutividade eléctrica, dá uma indicação da qualidade de água em relação à salinidade.

António (2000), no seu estudo realizado na bacia do Limpopo, revelou que a água que percorre o D11 e a Vala 6 apresentavam as seguintes características:

Tabela 7: Parâmetros químicos da água do distribuidor 11 e da vala 6 para a região do regadio de Chókwè

Local	[meq/l]							[dS/m]	pH
	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	CO ³⁻	RAS	CE	
Distribuidor 11	1.6	2.53	6.96	3.3	2.11	2.32	0.7	0.54	7.91
Vala 6	2.2	3.71	8.3	8.2	1.23	3.5	1.37	1.06	6.95

Fonte: António (2000)

4.2.2 – Impacto da qualidade de água de rega nas propriedades do solo

4.2.2.1 – Efeito da sodicidade e infiltração no solo

A argila ilite se expande com a adição de água com baixas percentagens de sais livres. Não é conhecido o tipo de argila predominante mas, com os valores médios da CTC entre 26.80 à 36.10 meq/100 g de solo, nas profundidades estudadas pode ser indicativo da presença de ilite (van den Berg, 1995). Em contrapartida, os elevados níveis da PST encontrados em alguns pontos, vêm a confirmar a expansão e contracção da argila tendo sua origem na dispersão das partículas causada não só pela natureza da argila mas também pela presença de sódio no complexo de troca. Este fenómeno (expansão e contracção) tem efeito negativo na permeabilidade do solo.

A RAS na água de rega é um factor determinante para a infiltração no solo, que dependente do nível de salinidade do mesmo. Para o caso presente, a água usada para a rega não apresenta nenhum grau de restrição no uso sob ponto de vista de infiltração.

4.2.2.2 – Efeito no conteúdo de cátions trocáveis na solução do solo

Em relação aos cátions trocáveis no solo, a troca é feita geralmente entre os cátions de Na^+ pelo Ca^{2+} pela maior afinidade do complexo de troca por estes. A Figura 2 mostra a tendência destes cátions no complexo de troca, como resultado da utilização da água de rega de características mostradas na tabela 3

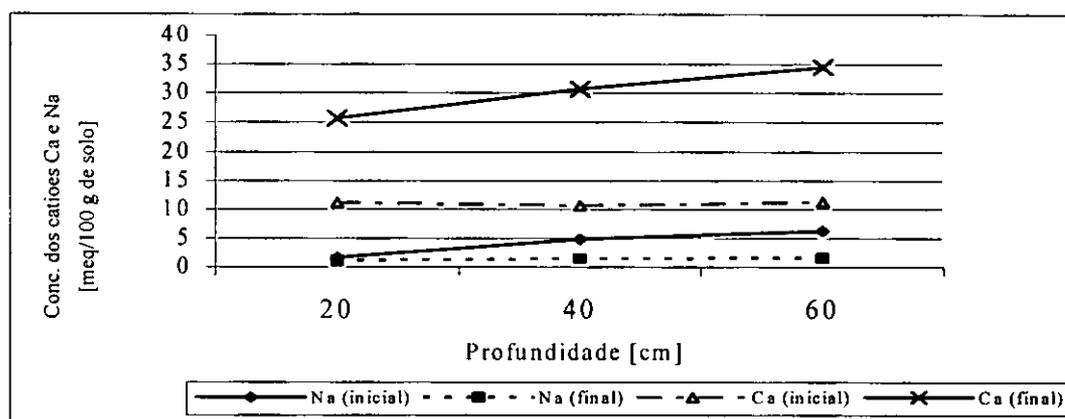


Figura 6: Valores iniciais e finais dos cátions sódio e cálcio na razão de troca, condicionada pela água de rega do D11, para as profundidades de 20, 40 e 60 cm.

4.3. Estratégias de melhoramento das propriedades do solo

As Figuras 7 e 8 mostram a variação do nível de salinidade no solo, sob produção de arroz/algodão e arroz/trigo durante o anos, aplicando diferentes dotações de água de rega durante a fase de produção do arroz e um LR de 0.15 durante a fase de produção de algodão ou trigo.

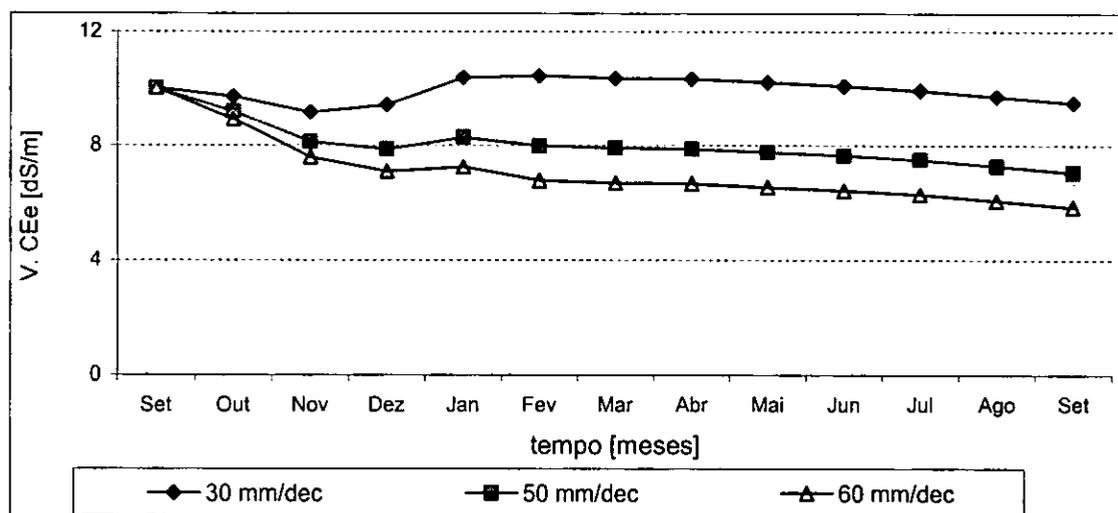


Figura 7: Variação da CEe no solo sob produção de arroz e algodão, alagando o campo entre os meses de outubro a fevereiro durante a fase de produção do arroz e um LR de 0.15 durante a produção de algodão, para o 1º ano de produção

A cultura do trigo, também mostra resultados satisfatórios, e pode ser usada em substituição do algodão para o processo de recuperação (vide figura 7)

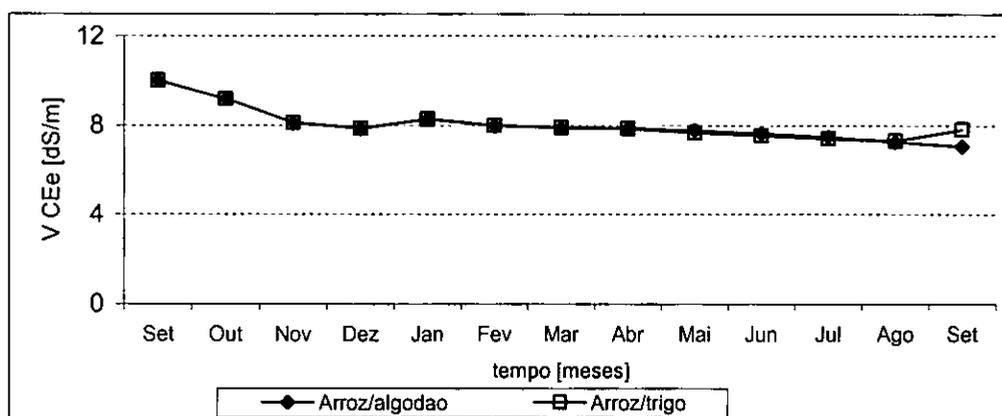


Figura 8: Variação da CEe no solo sob produção de arroz/algodão e arroz/trigo, aplicando uma quantidade de 50 mm/década durante a fase de produção de arroz e um LR de 0.15 na fase de produção de algodão e trigo

Assim uma vez reduzida a salinidade à níveis toleráveis pelas culturas propostas nos cenários anteriormente citados, para o ano seguinte as mesmas podem responder satisfatoriamente, produzindo rendimentos satisfatórios. Assim o plano de recuperação pode prosseguir usando estes cenários.

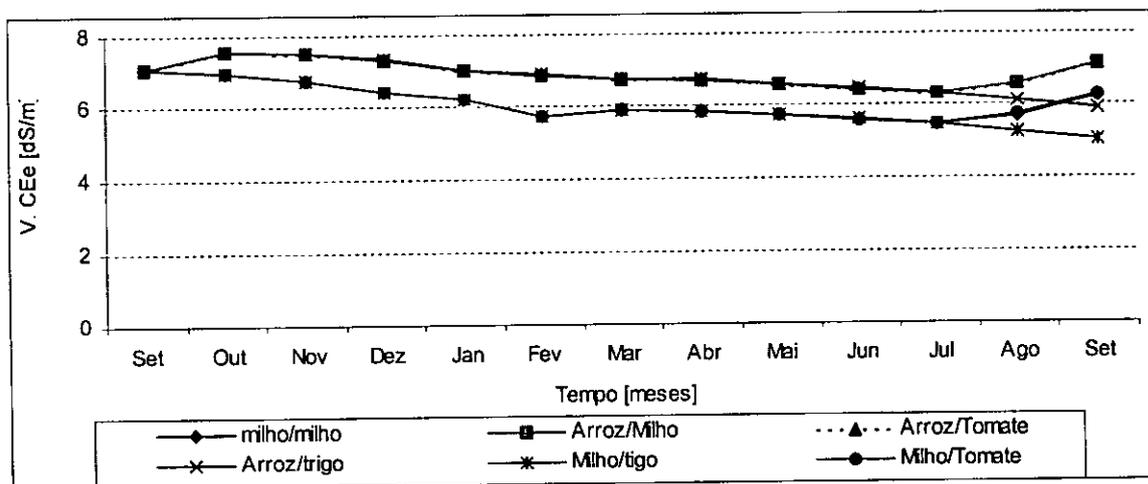


Figura 9: Variação da salinidade no solo sob diferentes práticas de culturas aplicando um LR de 0.15, no segundo ano de produção, em parcelas sob aplicação de 50 mm/década durante a fase de produção de arroz no ano anterior

Se os cenários aqui considerados forem usados para os próximos anos nas mesmas parcelas espera-se que a recuperação dos solos ocorra mais rapidamente em parcelas sob produção de milho/trigo e arroz/trigo como mostra a tabela 8.

Tabela 8 – Tempo necessário para reduzir a CEE do solo até níveis toleráveis pelas culturas, sob cultivo de arroz alagado e algodão/trigo nos primeiros anos e diferentes práticas nos anos seguintes aplicando um LR de 0.15 de NAR

Primeiros anos				Anos seguinte			
CEei	CEef	arroz alagado 50 mm/dec		CEei	CEef	tempo	
[dS/m]		Trigo	Algodão	[dS/m]		arroz/trigo	milho/trigo
22	10	5.5	4.1	10	4	5.2	2.9
	8	6.5	4.7		2	6.9	3.9
16	10	2.8	2.0	8	4	3.5	2.0
	8	3.7	2.7		2	5.2	2.9
12	10	0.9	0.7	----	----	----	----
	8	1.8	1.4	----	----	----	----

Sabe-se que o solo em questão apresenta uma textura fina, com uma baixa permeabilidade, o que dificulta o processo de lavagem. Para os cálculos feitos no presente estudo considerou-se que apenas 50% da água drenada é efectiva na remoção de sais.

5. DISCUSSÃO

5.1. Diagnóstico da salinidade dos solos

Pode-se ver na Figura 4, que a porção da área caracterizados como moderada a fortemente salinos, na região estudada constituem cerca de 10% até 30%, geralmente aumentando com a profundidade.

Konstapel (1981), no estudo realizado pelo INIA na região do sistema de regadio do Chókwè, diz que cerca de 80% da área irrigada fazia parte da classe não salina e os restantes 20% a classe salina, isto para a situação dos 30 cm superficiais.

Brito, *et al.* (2002) num levantamento de campo realizado na mesma região, diz que a porção de área caracterizada como moderada a fortemente salinas, chegam a atingir cerca de 42% até 70%, nas profundidade de 0-30 cm e 50-80 cm, respectivamente.

No levantamento de campo realizado por Brito *et al.* (2002), no perímetro irrigado pelo D11, mostra que cerca de 16% a 40% da área abrangida apresentava-se como moderada a fortemente salinas, para as profundidades de 0-30 e 50-80, respectivamente.

Estas divergências que se verificam nos estudos supracitados, pode ter com causa o nível de amostragem considerado em cada um deles. Konstapel (1981) com uma amostragem de 1 sondagem/150 ha e Brito *et al.* (2002) com 1 sondagem/25 ha houve uma maior generalização dos dados em relação ao presente estudo.

Estes níveis de salinidade do solo se verifica também nos estudo feito por Touber & Noort (1985), pois, uma parte dor perfis descritos apresentam uma CEe acima de 4 dS/m. Porém neste estudo não se fez uma avaliação espacial da salinidade.

Apesar das divergências na distribuição espacial da salinidade nos solos do SIREMO, entre os estudos de Konstapel (1981), Brito, *et al.* (2002) e FAEF (2002), que provavelmente esteja relacionado com padrão de amostragem utilizado, os resultados do presente estudo mostram uma convergências aos de Brito *et al.* (2002). De referir que a amostragem deste último estudo foi

idêntica ao do presente, e as diferenças na salinidade são de 6% a 10% nas profundidades de 0-20 e 40-60 cm, respectivamente. Desse modo pode afirmar-se que cerca de 10% a 30% da área encontra-se salinizada e o nível de salinidade aumenta com a profundidade.

Na Figura 5 é mostrada a porção das áreas afectadas por excesso de sais de sódio trocável. De notar que estes sais chegam a estar extremamente elevados principalmente nas profundidades de 40-60 cm, a manterem-se estes níveis de sodicidade, pode afectar na taxa de infiltração no solo.

Entretanto na camada superficial (0 - 20 cm) onde se situa a maior parte dos sistemas radiculares (principalmente na fase de germinação) das culturas, os valores da PST oscilam de 2,45 a 9,36%. Deste modo, segundo FAO (1985) o sódio presente nesta camada, não é suficiente para causar efeitos tóxicos às culturas.

Na Tabela 4, são mostradas algumas características químicas do solo. De notar que o mesmo apresenta uma CTC que varia de 26,80 à 36,10 meq/100 g (valores médios), geralmente aumentando com a profundidade. Segundo Coelho & Verlengia (1976) uma CTC a este nível é considerada elevada e é um factor favorável para a prática da agricultura, pois é indicativo de que o solo é capaz de reter grandes quantidades de nutrientes na forma assimilável para a cultura.

Comparando os valores da CTC e a SBT, nota-se que a última é sempre inferior que a CTC, isto pode acontecer se esta for constituída de alguma acidez trocável (H^+ e Al^{3+}) ou pela presença de outras bases não consideradas neste estudo.

Contudo, Bolt & Bruggenwert (1976) dizem que a presença de iões de hidrogénio no complexo de troca cria um abaixamento do pH no solo e, para o presente caso nota-se que o mesmo apresenta valores entre 5,71 e 8,9, podendo ser indicativo da presença dos iões H^+ em alguns pontos da área estudada.

Touber & Noort (1985), fizeram a descrição de vários perfis do solo para a região do sistemas de regadio de Chókwè. O comportamento da CTC varia muito podendo se identificar alguns de elevada e outros de baixa CTC. Do mesmo estudo vê-se que a acidez trocável no solo (Al^{3+} e H^+) manifesta-se em quase todos os perfis chegando em alguns pontos aos 4 meq/100g do solo. Contudo, não se manifesta uma clara correlação entre a acidez trocável e o pH no solo.

Na Tabela 5 estão apresentados alguns indicadores de fertilidade dos solos estudados. Os níveis de MO variam entre 0,43% a 2,67% (anexo 6), geralmente decrescendo com a profundidade.

Segundo Coelho & Verlengia (1976) estes níveis de MO são baixos relativamente ao conteúdo normal aceitável em campos sob produção agrícola, pois segundo o mesmo, o conteúdo ideal encontra-se entre 2 – 6% dependendo do tipo de solo (textura, topografia, clima e uso do solo).

Dijkshoorn & Mafalacusser (1991), no estudo realizado pelo INIA, no regadio de Sombo, caracterizam os solos daquela região como de elevado teor de MO, apresentando o mesmo um conteúdo entre 1,2% a 6,6%.

Touber & Noort (1985) num estudo realizado pelo INIA, no regadio de Chókwè, descrevendo e caracterizando os perfis de solo, mostram algumas divergências em termos do nível de MO no solo, alguns apresentando-se como de elevado e outros de baixos conteúdos de MO. Contudo em perfis que apresentaram um nível de MO acima de 1,5% estes classificaram como bom.

Contudo, não havendo estudos recentes e específicos para a região do bloco irrigado pelo D11, fica difícil avaliar o nível de fertilidade dos solos. Assim, torna-se necessário a realização de um estudo comparativo para avaliar o nível real de fertilidade dos solos para a região em questão.

Os teores de Nitrogénio total são considerados normais e os da razão C/N médio a elevados para o teor de MO. Já para o conteúdo de fósforo assimilável, mostra valores baixos variando de 0,11 à 5,21 meq/100g de solo decrescendo com a profundidade. (Coelho e Verlengia, 1976)

Neste contexto é importante o melhoramento dos níveis de MO, para se garantir o melhoramento da estrutura do solo, que terá como consequência o melhoramento da infiltração e porosidade drenável.

O pH do solo é um factor determinante para a ocorrência dos nutrientes no solo. O comportamento dos nutrientes e a actividade de alguns microorganismos que intervêm no processo de decomposição e ou mineralização de substâncias depende deste. O pH das amostras estudadas tem

uma tendência a neutro, variando de 5,71 a 8,9, e é um intervalo favorável a ocorrência de nutrientes como N, P, K na forma disponível para a planta (Wit, 1993).

5.2. Impacto da qualidade de água de rega nas propriedades do solo

Na Tabela 6 são mostrados os resultados de CE e pH das amostras de água de rega do D11 e da V6, esta última por ter sido usada com alguma frequência para a rega de culturas quando o distribuidor se apresentou seco.

Segundo António (2000), no ano de 1980 a água do Limpopo tinha uma condutividade eléctrica que variava de 0,172 – 0,4 dS/m, tendo a mesma passado para 0,5 – 0,6 dS/m em 1998, e agora para 0,797 dS/m.

Esta subida pode estar relacionada com as descargas feitas no rio Limpopo, pois segundo Konstapel (1981), algumas valas de drenagem do sistema de regadio de Chókwè desembocam directamente no rio Limpopo e, segundo António (2000) do lado sul africano encontra-se uma indústria mineira que drena a água sem antes ter sido tratada, o que causa esta elevação dos sais na água de rega.

Segundo Smedema & Rycroft (1983) o perigo de salinidade no solo esta intrinsecamente ligado à CE da água usada para a irrigação. Esta relação depende de um factor “ β ” que representa a fracção de água aplicada para a lavagem de sais.

Laake *et al.* (1999), no estudo realizado na zona sul de Moçambique, para uma melhor gestão da água pelos agricultores, classificou a água de CE entre 0,75 e 2,25 dS/m como sendo de elevado risco de salinização.

FAO (1985), descreve critérios de classificação da qualidade de água para fins de irrigação, de realçar que a água de CE entre 0.7-3.0 dS/m, apresenta um risco ligeiro a moderado de salinidade no solo.

Deste modo, os resultados mostrados na tabela 4 concordam com a FAO (1985), Laake *et al.* (1999) e Smedema & Rycroft (1983) de que a água que percorre o D11 apresenta baixo risco de

salinidade em detrimento à da V6 que segundo Konstapel (1981) e António (2000) foi muito usada para a irrigação de culturas quando o D11 se apresentava seco.

António (2000), no seu estudo realizado na mesma região, também constatou que a água que percorre a V6 apresenta elevado risco de salinidade no solo, dizendo mesmo que não era de boa qualidade para fins de irrigação. Segundo Konstapel (1981) no bloco irrigado pelo D11, a situação da salinidade ficou agravada durante o período em que no canal não chegava água, tendo a maioria dos agricultores usado a água de drenagem para irrigar as culturas.

Entretanto, em concordância com a FAO (1985), Smedema & Rycroft (1983) Laake *et al.* (1999) há fortes indícios da qualidade de água da V6 não ser de boa qualidade pelo facto de lavar os sais das camadas de solo, que segundo Konstapel (1981) apresenta material é de origem marinha.

No entanto, a ser usada esta água, deve-se efectuar a lavagem logo que o D11 possua algum excedente de água, assegurando-se assim uma melhor condição do solo para a campanha seguinte.

FAO (1985) refere que o risco de sodificação do solo é baseado na RAS, que é o conteúdo de Na^+ relativo a outros catiões trocáveis no solo. Dijkshoorn & Mafalacusser (1991), no estudo realizado pelo INIA, no sistema de regadio de Sombo, classificaram a água de rega com uma RAS de 1 meq/l como sendo de baixo risco de sodicidade dado os elevados níveis de salinidade do solo.

Smedema & Rycroft (1983), mostram que os níveis de PST no solo está intrinsecamente ligado com a RAS e da CE da água de rega, e este risco de sodicidade apresenta uma directa correlação como tipo de argila presente no perfil do solo.

Assim, com os valores da RAS mostrado na Tabela 7 do presente estudo, pode dizer-se que a água de rega apresenta baixo risco de sodicidade, pois, concordam com a FAO (1985), Smedema & Rycroft (1983), Dijkshoorn & Mafalacusser (1991) em que a este nível de RAS para as condições que o solo apresenta o perigo de sodicidade será reduzido.

Esta constatação também tirada por António (2000), onde ele caracteriza a água do D11 como sendo de baixo risco de sodicidade no solo.

Em relação à composição final dos catiões no complexo de troca, mostrado na figura 6, pode-se ver que é muito influenciada pela composição dos catiões na água de rega verificando-se uma tendência de elevar o nível dos iões de cálcio em detrimento do sódio. Esta alteração na composição dos iões pode levar muito tempo, dependendo das condições da área.

5.3. Estratégia de melhoramento das propriedades do solo

Vários autores (Konstapel, 1981; Dijkshoorn & Mafalacusser, 1991, Brito *et al.*, 2002;) recomendam o cultivo de arroz para a recuperação de solos salinos por responder favoravelmente em campos alagados. Brito *et al.* (2002) diz que os actuais níveis de salinidade no sistema de regadio do Chókwè permitem o cultivo do arroz sem grandes investimentos e hortícolas, uma vez que até à profundidade de 50 cm o teor de sais no perfil do solo é relativamente baixo.

Embora a cultura do arroz seja a mais indicada para a recuperação das parcelas salinas, Dijkshoorn & Mafalacusser (1991) dizem que os solos de CEe acima de 8 dS/m não são considerados aptos para o mesmo pois os rendimentos esperados são muito baixos (com variedades de resistência vulgar à salinidade)

FAO (1971) e Brito *et al.* (2002), dizem que para se observar uma recuperação mais eficiente deve se evitar períodos de pousio, fazendo portanto um uso intensivo dos solos. Contudo, é importante uma boa selecção de culturas que respondam favoravelmente às condições do solo.

Assim sendo, das culturas seleccionadas para o presente estudo, apenas o algodão e o trigo seriam capazes de produzir rendimentos satisfatórios em parcelas de CEe acima de 8 dS/m.

Portanto, deve se fazer um estudo para a possibilidade de implementação de culturas como o algodão e trigo ou outras que apresentem maior tolerância a salinidade para que as parcelas não fiquem em pousio após a colheita do arroz.

Nas Figuras 7 e 8 são mostradas as variações da salinidade no solo quando produzido arroz e algodão ou trigo, alagando o campo durante a fase de produção de arroz. Verifica-se que quando se aplica uma dotação de 30 mm/década durante a fase de produção de arroz, a concentração de sais é maior atingindo um pico de cerca de 10,4 dS/m no mês de Janeiro.

Quando aumentadas as dotações para 50 e 60 mm/década, o decréscimo no nível de salinidade é cada vez maior, variando de 10 dS/m para 7,05 e 5,84 dS/m, respectivamente.

António (2000), no seu estudo, verificou que quanto maior fosse a dotação de água aplicada, causava mais redução na salinidade do solo. Contudo dotações acima de 50 mm/década criavam problemas de perdas de água de rega, o que podia trazer implicações na drenagem destas águas na lagoa Chinanga.

Ainadine (1994), no estudo realizado no sistema de regadio de Sombo, constatou que era possível efectuar a redução dos níveis de sais através da lavagem, com o cultivo de arroz inundado, apesar da baixa permeabilidade nos solos.

Contudo, muitos autores (FAO, 1985; Ainadine, 1994; Smedema & Rycroft, 1983; Brito *et al.* 2002) são unânimes em afirmar que se deve manter uma lâmina constante de água no campo, garantindo-se assim um fluxo contínuo de água para baixo da zona radicular. Portanto, esta água é aplicada durante os períodos de produção do arroz e quanto maior for a lâmina de água, causa mais redução da salinidade no solo no final da estação de crescimento da cultura. Estas análises convergem com os resultados apresentados na figura 5 do presente estudo, mostrando que o nível de dotação aplicado influencia em grande medida no nível de salinidade no solo.

António (2000), no seu estudo onde usou o modelo de balanço de sais para avaliar o efeito de diferentes práticas na salinidade do solo, também constatou que quanto maior fosse a dotação de água aplicada maior seria o nível de redução da salinidade no solo.

No tocante ao plano de culturas praticado, mostrado na figura 9, constata-se que não afecta em grande medida a concentração final de sais no solo, contudo os planos milho/trigo e arroz/trigo mostram reduções da salinidade mais acentuadas variando de 7,06 dS/m para 5,03 e 5,91 dS/m, respectivamente. Uma redução do mesmo nível se verificaria quando produzido milho/algodão e arroz/algodão.

António (2000), no seu estudo, constatou que o efeito da cultura não influencia em grande medida na concentração de sais nas camadas do solo.

Entretanto, Brito *et al.* (2002), diz que a mudança do cenário da salinidade dos solos entre os períodos de 1981 e 2002, pode estar relacionado de entre outros factores com o plano de culturas praticado. Os planos aqui referenciados podem estar relacionados com a pratica de pousio, pois estes autores também defendem um uso intensivo dos solos.

Staples & Toenniessen (1984) e FAO (1985) por sua vez, dizem que o plano de culturas seleccionados para as parcela afectadas pela salinidade tem como finalidade a garantia de rendimentos aceitáveis, e não afecta de forma significativa no nível de salinidade final do solo.

Assim os resultados da figura 8, concordam nas afirmações de Staples & Toenniessen (1984), FAO (1985) e António (2000), mostrando que a selecção de culturas praticadas não afecta em grande medida no nível de salinidade no solo, apesar do Brito *et al.* (2002) ter tomado como uma das causas para a mudança no cenário da salinidade no solo.

De notar que as ligeiras diferenças que se verificam na variação da salinidade na figura 8, normalmente ocorrem a partir do mês de Agosto após o final do ciclo da cultura. Findo este período considerou-se que o solo fica em pousio até ao início da campanha seguinte (no mês de Setembro). Portanto, as parcelas utilizadas por culturas de ciclo relativamente curto (como o milho e tomate) são as mais prejudicadas após a colheita das mesmas.

Na Tabela 8 é mostrado o tempo que seria necessário para que a lavagem fosse concluída. Embora no caso mais grave o tempo requerido seja relativamente longo (11 anos) a profundidade de 60 cm, uma vez contando com um maneiio adequado, a recuperação dos solos dentro do bloco irrigado pelo D11 é possível através da lavagem.

Os parâmetros estudados no presente estudo, por si só não seriam capazes de produzir efeitos desejáveis. Konstapel (1981), diz que um abaixamento do nível da lagoa Chinanga e o melhoramento da vala 5, são essenciais para a recuperação dos solos salinos.

Sharma & Manchanda (1996) e Ainadine (1994), referem nos seu estudos que a eficiência na lavagem também depende do tipo de sal em questão. Os primeiros, demonstraram que os solos

salinos dominados por sais de sulfatos apresentam uma maior eficiência em detrimento dos dominados por cloretos, e o inverso acontece na dessodificação.

Konstapel (1981) e Touber & Noort (1985), referem nos seus estudos que as camadas de solo um pouco abaixo dos 20 cm, ou no subsolo, apresentavam-se com excessos de sais de sódio trocável o que dificultava a infiltração da água nas camadas do solo.

Assim, em conformidade de Sharma & Manchanda (1996), Ainadine (1994) Konstapel (1981) e Touber & Noort (1985), torna-se necessário considerar nos próximos estudos, parâmetros que afectam a eficiência de lavagem de sais nas camadas do solo, como a permeabilidade das camadas superficiais, que não foi considerados no presente estudo, por envolver alguns custos acrescidos em termos monetários e de tempo, parâmetros estes que, por inconveniência dificulta na tomada de decisão sobre como efectuar a lavagem.

6. CONSTATAÇÕES

1. Os solos da área são moderada a fortemente salino em alguns pontos, constituído cerca de 10% a 30% nas profundidades de 0-20 e 40-60 cm, e o nível de salinidade aumenta com a profundidade.
2. A água que percorre o canal D11, no tocante ao conteúdo total de sais dissolvidos, apresenta baixo risco de salinidade e pode ser usada para fins de irrigação de culturas.
3. A água da vala 6, que muitas vezes tem sido usada para fins de irrigação, nos períodos em que o D11 se encontra seco, com a condutividade de 2,05 dS/m, apresenta elevado risco de risco de salinidade.
4. A água que percorre o canal distribuidor 11 com uma RAS de 0,7 apresenta baixo perigo de sodicidade
5. As dotações de água de 50 mm/década e 60 mm/década, influenciam em grande medida na redução do nível de salinidade no solo e as opções de culturas praticadas anualmente não mostra muitas diferenças.

7 – RECOMENDAÇÕES

1. Recomenda-se que se repita o estudo para avaliar o nível real de fertilidade dos solos, pois, assim se pode estabelecer uma comparação com os resultados do presente estudo e tecer-se conclusões firmes para a fertilidade.
2. Os resultados do presente estudo não incluem a permeabilidade das camadas superficiais do solo. Uma vez que a possibilidade de lavagem esta intrinsecamente ligado a este factor, recomenda-se a sua determinação nos próximos estudos.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

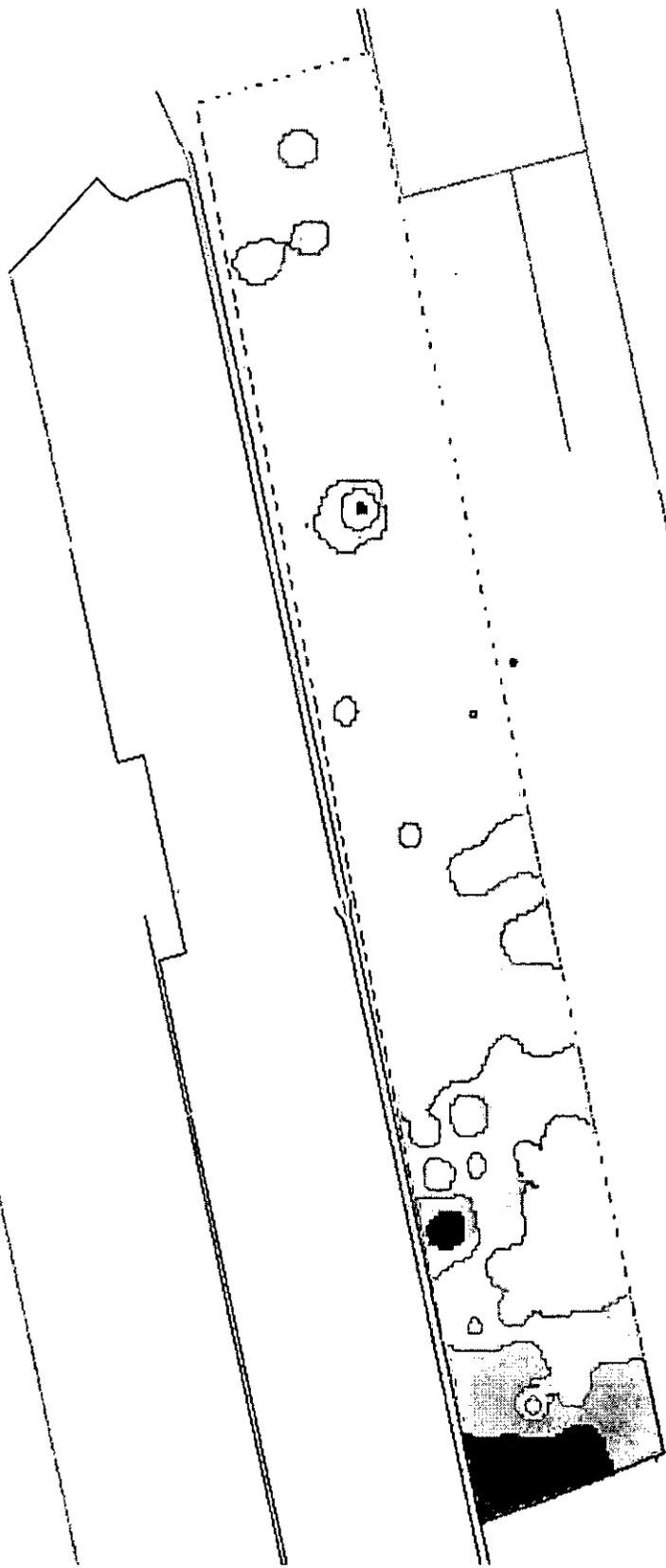
- ❖ Ainadine, E. S. (1984), Descrição da actividade agrícola e do funcionamento do esquema de regadio de Sombo em relação ao cultivo de arroz, Trabalho de Licenciatura, UEM-FAEF, Maputo, 90pp.
- ❖ Alphen, J. G. & Romero, F. (1971), GYPHSIFEROUS SOIL , International Instituto for Land and Improvment , New York, 44 pp.
- ❖ António, F. (2000), Caracterização da Água de Irrigação no Regadio de Chókwè. Trabalho de Licenciatura, UEM-FAEF, Secção de uso da terra e água, Maputo, 58 pp.
- ❖ Bolt, G. H. e Bruggenwert, M. G. M. (1978), Soil Chemistry A Basic Elements. Second revised edition, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York, 281 pp.
- ❖ Brito, Munguambe, Magaia, Sithoe, Tomo e Machele (2002), Salinidade dos solos no regadio de Chókwè, Resultados preliminares do levantamento de campo pós cheias 2000, UEM, FAEF, Maputo, 14 pp.
- ❖ Coelho, F.S e Verlengia, F. (1976),Fertilidade do Solo, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, São Paulo, 384 pp.
- ❖ Cordeiro, G. (2001), Salinidade em áreas irrigadas, pesquisador da Embrapa Semi-árido, (www.cpatsa.embrapa.br/artigos/index.html).
- ❖ Dijkshoorn, J & Mafalacusser, J (1991), Investigação de solos do regadio de Sombo, Chinde, INIA série terra e água, comunicado n. 67, Maputo, 25pp.
- ❖ Eloubaidy, S.; Hussain, S & Al-Taie, M. (1993), Field evaluatinon of desalination models, serie Agricultural water management 24, Departmente of irrigation and drenage Engineering, Baghdad, 13pp.

- ❖ Fanning, D & Fanning M. (1989). Soil Morphology, Genesis and classificaton, John Wiley & Sons, New York, 395 pp.
- ❖ FAO (1971), Salinity Seminar Baghdad, FAO Irrigation and Drainage paper n° 7, Rome, 254 pp.
- ❖ FAO (1985), Water quality for agriculture. FAO irrigation paper, n° 29, Rome, 234 pp.
- ❖ Foth, H.D. (1978). Fundamentals of soil science, John Wiley & Sons, New York, 6th Edition, 436 pp.
- ❖ Goedert, W. J. (1987), Solos dos Cerrados, Tecnologias e estratégias de manejo, Centro de Pesquisa agro-pecuário dos cerrados, São Paulo, 422pp.
- ❖ Isralsen, O. & Hansen, V (1962), Irrigation principles and practices, Utah State University, third edition, New York, 376 pp.
- ❖ Kachoui, G *et al.*, (1996), Sodium-Calcium exchange equilibria in relation to electrolyte concentration and Calcium carbonate in soils, Department of soil science, CCS Haryana Agricultural University, Haryana, 5 pp.
- ❖ Konstapel, C. D. (1981), Avaliação preliminar dos problemas de Salinidade e de Drenagem no SIREMO, "Vale do Limpopo, INIA, Maputo, 21 pp.
- ❖ Laake, P. & Straaten, B. (1991), Farmer organization in water management, A study after possibilities of participation of farmer organization in management of drainage systems in South Mozambique, UEM, FAEF, Maputo, 94 pp.
- ❖ Leskys *et al.*, Irrigation, Response of tall fescue to saline water as influenced by leaching fractions and irrigation uniformity distributions, Department of environmental and Resource Science, University of Nevada-Reno, Las Vegas, 8 pp.

- ❖ Levy, R. (1984), Chemistry of Irrigated Soils, Agricultural Research Organization, Bet-Dagan, 418 pp.
- ❖ MADER (2003), Síntese do Levantamento dos Regadios 2001 e 2003, Realizado com o apoio da cooperação italiana, Maputo, 33 pp.
- ❖ Menete, M.Z.L. (1996). Manual das aulas práticas de fertilidade do solo, FAEF, Maputo, 55 pp.
- ❖ Montez (1976), Rega do Vale do Limpopo, Apontamentos sobre ideias, estudos e obras e sua história, Instituto Regional de Águas, Lorenço Marques, Cópia B 69 pp.
- ❖ Mosca, J (1998), Contribuição para o Estado do Sector Agrário no Chókwè, MADER, Maputo, 62 pp.
- ❖ Pabbruwe, H. J. (1986), investigação da Salinidade dos solos irrigados por Aerobombas na Várzea do Baixo Limpopo, INIA, Serie terra e água, Maputo, comunicado n. 51. 40 pp.
- ❖ Ritzema, H. (1994), Drainage principle and application, International Institute for Land and Improvement, ILRI publication 16, second edition, Wageningen, 635 pp
- ❖ Savenije, H. (1980), Problemas de água salgada no baixo Limpopo, DNA, Maputo, 45 pp.
- ❖ Sharma, S. H. & Manchanda, H. R. (1996), Influence of Leaching With Different Amounts of Water on desalinization and permeability behaviour of chloride and Sulphate-dominated Saline Soils, Department of Soil Science, India, 11pp.
- ❖ Smedema, L. K. & Rycroft, D. W. (1983) Land Drainage, Baltsford Ltd, London, 376 pp.
- ❖ Staples, R. & Toenniessen, G. (1984), Salinity tolerance in plants, Environmental Science and technology, New York, 443 pp.

- ❖ Taylor *et al.*, (1988), Limitations to efficient water use in crop production, American Society Agronomy, New York, 538 pp.
- ❖ Tostão, E. (1997), Balanço de Sais no Regadio de Mafuiane, Trabalho de Licenciatura, UEM-FAEF, Maputo, 59 pp.
- ❖ Toubert, L. e Noort, L. F. (1985), Avaliação de terra para agricultura regada na área do "SIREMO", Vale do Limpopo, INIA – Série terra e água, comunicação n.º 26, Maputo, 21 pp.
- ❖ Van den Berg, M. (1995). Apontamentos de Ciência do Solo, FAEF, Maputo, 67 pp.
- ❖ Van Der Molem, W. H. (1983), Salt balance and Leaching Requirement. ILRI, Publication 16. Wageningen, 321 pp.
- ❖ Webster R & Oliver M. A. (1990), Statistical Methods In Soil And Resource Survey, Oxford University press, New York, 316 pp.
- ❖ Wit, H.A. (1993). Apontamentos da disciplina de Fertilidade de Solo, FAEF, Maputo, 116 pp.

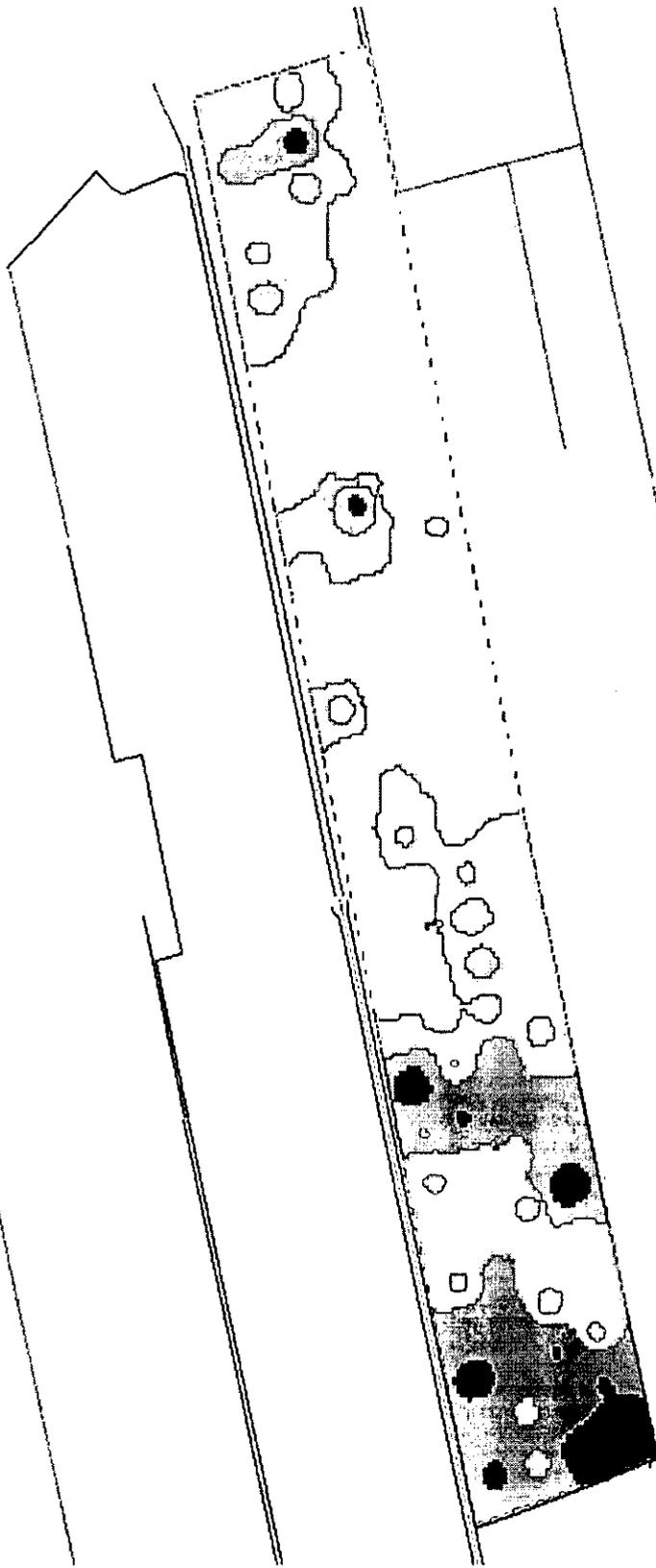
ANEXO 1: Salinidade do solo à 20 cm de profundidade



- Salinidade à 20 cm de profundidade
- (< 2.0 dS/m) Não Salino
 - (2-4 dS/m) Pouco Salino
 - (4-8 dS/m) Moderadamente Salino
 - (> 8.0 dS/m) Fortemente Salino
- Subarea dl1
- Vales secundários
- Canais secundários

0 1 2 Kilometers

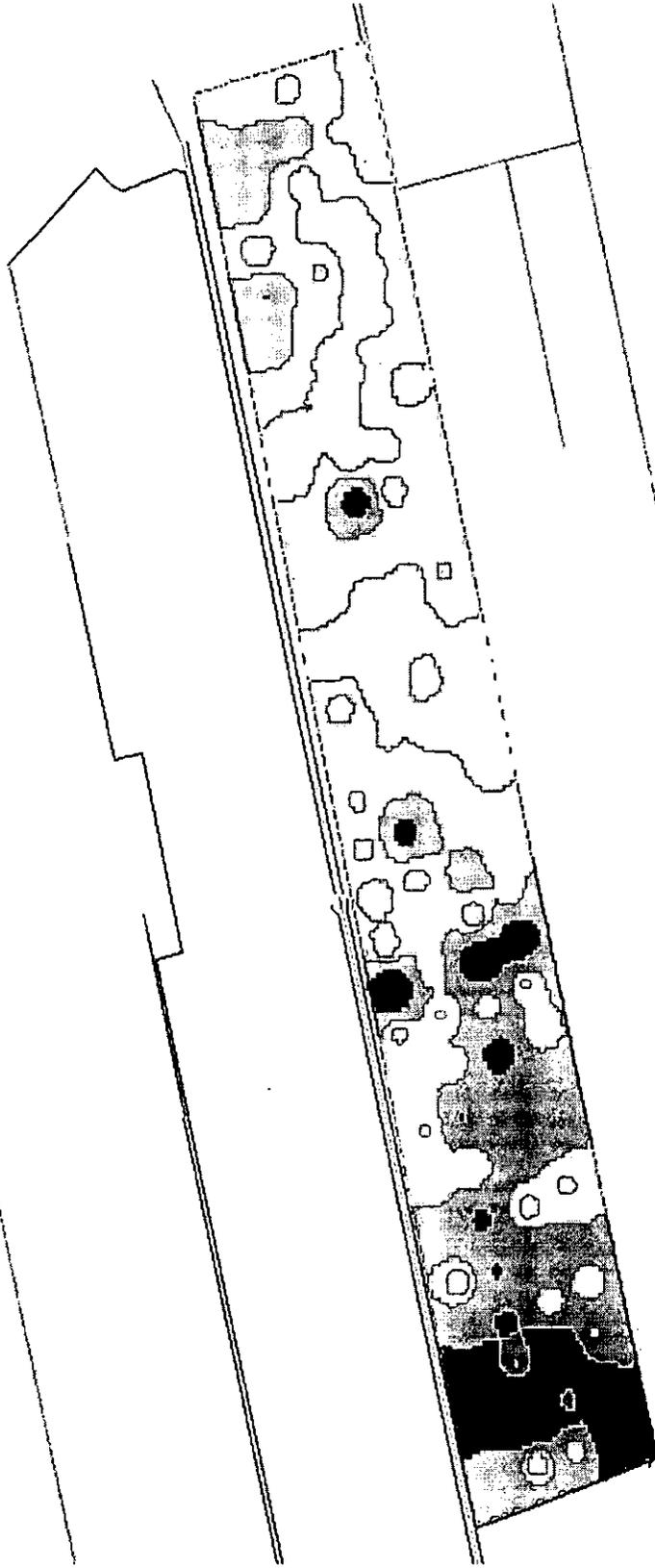
ANEXO 2: Salinidade do solo à 40 cm de profundidade



- Salinidade à 40 cm de profundidade
- (<2.0 dS/m) Não Salino
- (2 - 4 dS/m) Pouco Salino
- (4 - 8 dS/m) Moderadamente Salino
- (>8 dS/m) Fortemente Salino
- Subárea d11
- Valas secundárias
- Canais secundários

1 0 1 2 Kilometers

ANEXO 3: Salinidade do solo à 60 cm de profundidade



- Salinidade à 60 cm de profundidade
- (0 - 2 dS/m) Não Salino
 - (2 - 4 dS/m) Pouco Salino
 - (4 - 8 dS/m) Moderadamente Salino
 - (>8 dS/m) Fortemente Salino
 - Subárea d11
 - Valas secundarias
 - Canais secundarios

1 0 1 2 Kilometers

ANEXO 4

Teste de Correlação entre a $CE_{(1:2,5)}$ e a CEE

Seja: X_1 – a condutividade eléctrica do estrato (1:2,5)

X_2 – a condutividade eléctrica do estrato saturado (CEE)

Tabela 9: – CEE de dez amostras de solo determinadas para o bloco irrigado pelo D11

Código	$CE_{(1:2,5)}$ (mS/cm)	CEE (mS/cm)
D11N1	4.72	22.6
D11N2	0.47	2.8
D11N3	0.532	3.795
D11N4	0.171	0.99
D11N5	0.49	1.855
D11N6	0.53	2.715
D11N7	1.12	4.625
D11N8	1.32	5.65
D11N9	3.243	13.8
D11N10	0.95	4.75

As variâncias de cada uma das variáveis será:

$$S_1^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{i1} - \bar{x}_1)^2$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{i2} - \bar{x}_2)^2$$

Onde \bar{x}_1 e \bar{x}_2 são as médias de X_1 e X_2 .

A covariância (C) e a correlação (r) entre as variáveis será determinada pelas expressões a seguir indicadas:

$$C = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n (x_{i1} - \bar{x}_1) - (x_{i2} - \bar{x}_2) \right]$$

$$r = \frac{C}{\sqrt{(S_1^2 \cdot S_2^2)}}$$

Note que a correlação deve estar compreendido entre -1 e $+1$, isto é $(-1 \leq r \leq +1)$

Tabela 10 – Teste de correlação entre a CEE e $CE_{(1:2,5)}$

Código	$CE_{(1:2,5)}$	CEe	$(X_{i1}-X_1)$	$(X_{i2}-X_2)$	$(X_{i1}-X_1) * (X_{i2}-X_2)$
DI1N1	4,720	22,600	3,365	16,242	54,661
DI1N2	0,470	2,800	-0,885	-3,558	3,147
DI1N3	0,532	3,795	-0,823	-2,563	2,108
DI1N4	0,171	0,990	-1,184	-5,368	6,354
DI1N5	0,490	1,855	-0,865	-4,503	3,893
DI1N6	0,530	2,715	-0,825	-3,643	3,004
DI1N7	1,120	4,625	-0,235	-1,733	0,407
DI1N8	1,320	5,650	-0,035	-0,708	0,024
DI1N9	3,243	13,800	1,888	7,442	14,053
DI1N10	0,950	4,750	-0,405	-1,608	0,651
Variância	2,156	45,208			
Média	1,355	6,358	Soma		88,303
Covariância					9,811
Correlação					0,994

ANEXO 5

Resultados das Análises químicas das amostras de solo

Tabela 11: Resultados das análises químicas das amostras do solo do perímetro irrigado pelo D11

Profund. [cm]	C	MO	N	Ca	Mg	Na	K	CTC	P	PST [%]	C/N
	[%]			meq/100g de solo							
20	0,53	0,92	0,08	10,8	9,6	3,07	1,39	32,8	1,06	9,36	6.625
40	0,47	0,82	0,02	10,8	11,2	6,50	1,31	26	0,16	25,00	23.500
60	0,24	0,43	0,02	7,6	9,2	6,64	0,90	33,6	0,11	19,76	12.000
20	0,50	0,87	0,08	11,6	5,2	0,46	1,27	18,8	5,21	2,45	6.250
40	1,12	1,92	0,09	6,8	3,6	0,38	0,45	32	2,55	1,19	12.444
60	0,44	0,77	0,07	7,2	1,6	0,42	0,33	18,4	1,93	2,28	6.286
20	1,12	1,92	0,10	9,6	7,6	1,40	0,53	27,2	0,56	5,15	11.200
40	0,77	1,32	0,03	11,2	8,8	3,79	0,49	26	0,16	14,58	25.667
60	0,87	1,50	0,03	20	11,6	4,21	0,86	39,6	0,14	10,63	29.000
20	1,55	2,67	0,08	12,4	10	1,93	1,14	28,4	1,99	6,80	19.375
40	1,15	1,98	0,05	13,6	13,6	8,50	1,14	44,4	0,66	19,14	23.000
60	0,94	1,62	0,05	12,8	15,2	13,64	1,21	52,8	0,14	25,83	18.800

ANEXO 6

Rendimentos Potenciais das Esperados, Como Resultado do Acréscimo do Nível de Salinidade no Solo

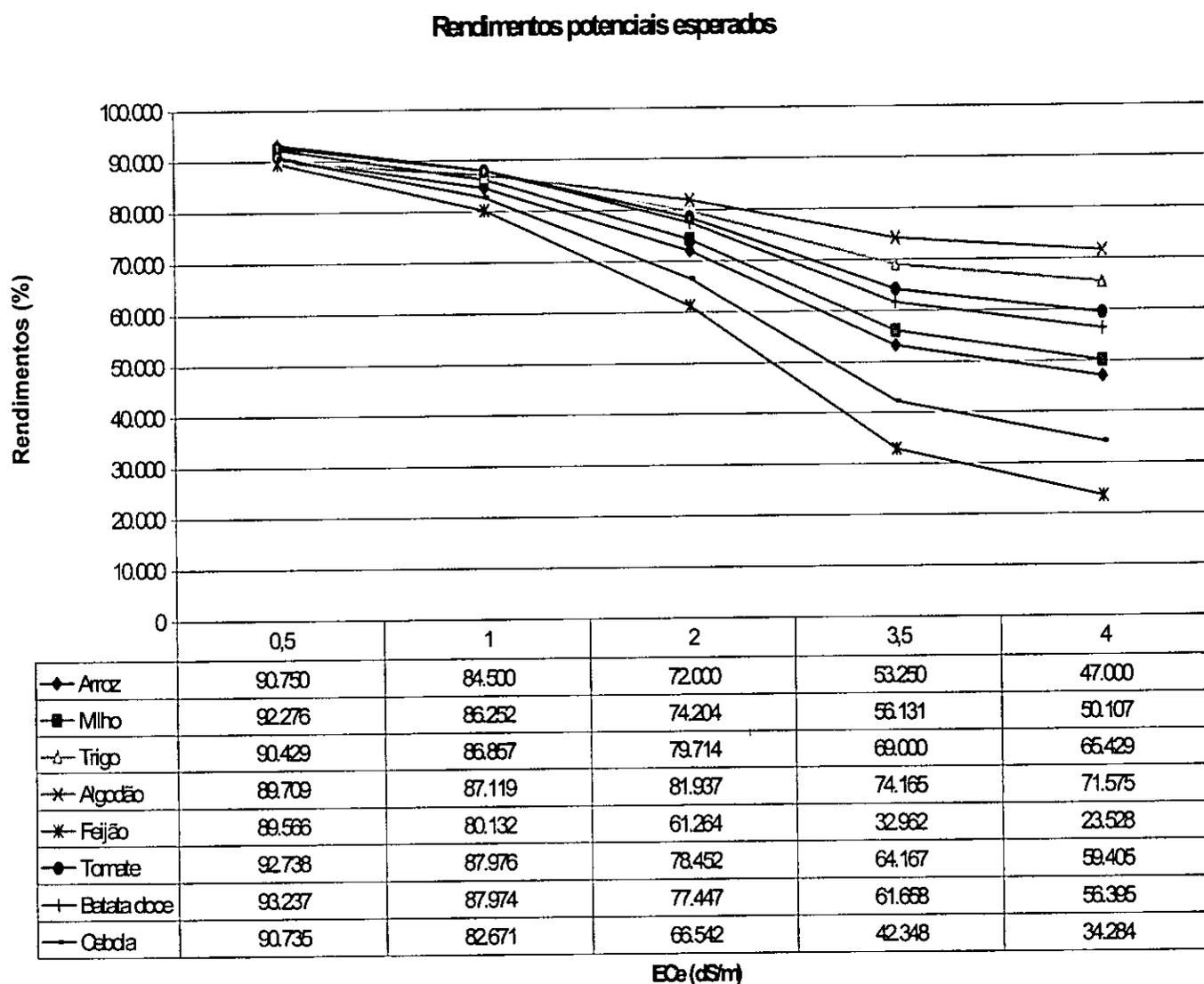


Figura 11: – Rendimentos potenciais esperados para as principais culturas praticadas na área, perante o acréscimo da condutividade eléctrica do extracto

ANEXO 7

**Condutividade Eléctrica Do Estrato (CEe) e pH do Solo,
das Amostras Estudadas**

Tabela 12: Condutividade eléctrica do extracto e pH do solo, das amostras estudadas

X coord.	Y coord	Código	Prof. 0-20 cm		Prof. 20-40 cm		Prof. 40-60 cm		Observação
			pH	ECe	pH	ECe	pH	ECe	
509035	7274667	D11N11	6.22	22.6	7.21	8.75	7.97	4.74	Pousio
509078	7274457	D11N12	7.24	9.5	8.41	2.72	7.53	0.62	Pousio
509140	7274257	D11N13	6.42	13.2	7.32	10.2	6.47	2.68	Alagado
509200	7274058	D11N14	6.23	6	7.24	14.45	7.68	14.05	Alagado
509420	7274102	D11N24	6.85	4.48	7.17	8.3	7.47	8.65	Pousio
509359	7274295	D11N23	6.26	2.8	5.71	5.1	6.61	7.15	Alagado
509305	7274500	D11N22	6.53	1.38	6.5	2.72	6.78	30.75	Alagado
509247	7274712	D11N21	6.97	5.5	6.84	6.65	7.02	8.1	Pousio
509442	7274756	D11N31	6.65	6.6	6.91	11.4	7.11	12.5	Pousio
509511	7274541	D11N32	6.1	6.15	6.47	4.63	7.17	3.77	Pousio
509560	7274335	D11N33	7.14	3.8	6.97	8.45	7.27	15.55	Pousio
509646	7274123	D11N34	7.29	2.26	7.64	1.58	7.72	3.88	Pousio
509844	7274162	D11N44	6.88	1.04	7.54	2.16	8.35	3.24	Pousio
509766	7274376	D11N43	7.47	1.29	7.58	1.19	7.56	2.61	Pousio
509706	7274581	D11N42	7.26	1.29	7.85	5.1	7.58	8.45	Arroz colhido
509637	7274798	D11N41	6.77	1.89	6.83	5.65	6.94	6.65	Arroz colhido
509845	7274833	D11N51	6.14	2.76	6.6	1.7	7.23	0.43	Arroz colhido
509891	7274607	D11N52	6.48	0.99	7.19	4.92	7.45	8.45	Arroz colhido
509964	7274413	D11N53	7.03	1.71	7.92	3.86	7.93	6.65	Arroz colhido
510024	7274193	D11N54	7.49	0.9	8.13	2.14	8.18	4.2	Arroz colhido
510239	7274233	D11N64	6.45	1.58	7.46	13.8	7.7	1.71	Arroz colhido
510174	7274453	D11N63	6.84	1.86	8.51	1.1	8.69	1.25	Arroz colhido
510101	7274647	D11N62	7.23	2.69	8.42	3.27	7.45	9.3	Arroz colhido
510045	7274873	D11N61	6.81	14.5	7.61	2.74	7.74	5.25	Arroz colhido
510243	7274916	D11N71	6.99	0.86	7.65	1.68	7.55	2.76	Arroz colhido
510296	7274702	D11N72	6.92	1.68	7.6	2.46	7.87	2.21	Pousio
510384	7274496	D11N73	6.94	1.86	7.83	3.21	8.21	6.65	Pousio
510439	7274273	D11N74	6.95	1.6	7.54	4.75	7.87	4.41	Pousio
510649	7274316	D11N84	5.99	3.72	8.37	4.08	8.16	4.75	Pousio
510584	7274546	D11N83	7.25	3.35	8.1	4.13	8.19	4.75	Pousio
510506	7274751	D11N82	7.05	7.75	7.26	8.9	7.37	8.2	Pousio
510448	7274966	D11N81	7.52	1.4	8.41	3.94	8.12	1.93	Arroz colhido
510647	7275028	D11N91	7.11	1.26	8.01	13	8.23	2.81	Arroz colhido
510726	7274796	D11N92	6.61	0.57	7.39	2	8.38	2.99	Arroz colhido
510804	7274594	D11N93	7.64	2.33	7.94	5.9	7.86	12.05	Arroz colhido
510859	7274366	D11N94	6.61	0.77	7.96	1.44	8.32	2.2	Arroz colhido
510847	7275064	D11N101	6.97	1.68	8.24	2.25	8.35	1.65	Arroz colhido
510901	7274839	D11N102	7.43	0.4	7.67	0.77	6.95	1.86	Arroz colhido
510974	7274637	D11N103	6.54	1.79	7.78	1.36	7.54	2.94	Arroz colhido
511027	7274406	D11N104	6.67	1.65	7.82	2.17	8.12	1.91	Arroz colhido
511185	7274441	D11N114	7.04	3.79	7.6	3.28	7.42	12.7	Arroz colhido
511144	7274672	D11N113	7.51	1.5	8.15	6.3	8.08	15.9	Arroz colhido
511086	7274873	D11N112	6.96	0.38	8.18	1.62	8.52	2.23	Pousio
511032	7275103	D11N111	7.5	0.35	7.84	0.65	7.67	17.45	Pousio
511233	7275125	D11N121	7.68	0.39	6.9	0.63	7.48	0.8	Pousio
511287	7274892	D11N122	7.82	0.7	6.99	2.03	7.29	2.15	Pousio

continua

continuação

X coord.	Y coord	Código	Prof. 0-20 cm		Prof. 20-40 cm		Prof. 40-60 cm		Observação
			pH	ECe	pH	ECe	pH	ECe	
511341	7274696	D11N123	6.98	0.74	6.68	0.69	7.81	0.61	Pousio
511382	7274481	D11N124	7.58	1.5	8.13	2.62	8.29	3.43	Pousio
511550	7274509	D11N134	7.08	3.09	8.02	2.48	7.76	2.26	Cultura de tomate
511530	7274739	D11N133	7.22	3.84	7.27	4.85	7.15	5.6	Cultura de tomate
511446	7274935	D11N132	6.73	1.1	7.65	1.1	8.22	1.39	Arroz colhido
511392	7275161	D11N131	6.58	1.82	7.12	1.35	7.75	1.14	Arroz colhido
511598	7275186	D11N141	7.31	1.09	7.66	1.5	7.77	1.65	Arroz colhido
511641	7274961	D11N142	7.94	2.48	7.2	4.85	7.14	11.35	Cultura de tomate
511735	7274763	D11N143	7.27	1.02	7.79	1.14	8.24	3.4	Cultura de tomate
511910	7274808	D11N153	7.58	1.57	7.04	1.99	7.66	3.15	Pousio
511811	7275006	D11N152	7.11	1.56	7.99	2.59	8.14	3.83	Pousio
511773	7275216	D11N151	6.47	1.14	8.08	1.15	8.1	1.81	Pousio
511979	7275255	D11N161	6.98	1.31	7.4	1.14	8.19	3.32	Pousio
512009	7275040	D11N162	6.82	1.27	7.63	1.29	7.94	1.69	Pousio
512189	7275075	D11N172	7.55	0.24	7.24	0.24	6.77	0.38	Pousio
512139	7275290	D11N171	7.34	2.59	7.45	5.75	7.9	5.5	Pousio
512340	7275326	D11N181	6.38	1.19	7.97	0.77	7.45	0.78	Pousio
512532	7275352	D11N191	7.68	0.83	7.73	1.87	7.34	2.36	Pousio
511981	7274564	D11N154	7.04	0.55	6.84	0.43	7.5	0.37	tomate/Abóbora
511925	7274786	D11N153	7.56	2.24	7.25	1.59	7.15	2.04	tomate/Abóbora
512125	7274822	D11N163	7.61	1.36	8.05	0.57	7.14	1.05	tomate/Abóbora
512193	7274598	D11N164	7.27	2.14	7.17	0.74	7.43	0.78	Pousio
512391	7274624	D11N174	7.17	0.74	7.43	0.78	7.79	0.75	tomate/Abóbora
512314	7274847	D11N173	7.01	1.06	7.7	1.1	7.87	3.21	tomate/Abóbora
512471	7274860	D11N183	7.42	1.22	8.14	1.14	8.34	1.56	cultura de milho
512576	7274645	D11N184	7.24	0.96	8.01	1.24	8.04	2.17	cultura de milho
512741	7274685	D11N194	7.34	0.79	8.47	1.45	7.32	4.61	Arroz colhido
512669	7274886	D11N193	6.48	0.39	7.64	0.53	8.17	0.99	Arroz colhido
512559	7275066	D11N192	7.12	0.49	7.5	0.69	7.77	0.94	Arroz colhido
512689	7275390	D11N201	7.18	1.5	7.92	1.61	8.04	2.85	Arroz colhido
512754	7275108	D11N202	7.08	1.78	7.23	3.89	7.91	3.58	Arroz colhido
512824	7274912	D11N203	6.86	0.74	7.49	1.4	8.37	2.11	Arroz colhido
512901	7274708	D11N204	6.74	1.54	7.73	2.17	8.72	3.54	Arroz colhido
513071	7274748	D11N214	6.86	0.63	7.54	1.49	7.38	2.7	Arroz colhido
512984	7274938	D11N213	6.79	0.64	7.03	0.5	7.3	0.99	Arroz colhido
512904	7275133	D11N212	6.97	9.1	7.22	10.35	7.08	13.2	Pousio
512839	7275413	D11N211	7.13	2.07	6.89	2.87	7.4	3.19	Pousio
513014	7275445	D11N221	6.97	0.51	7.25	0.35	7.62	0.36	Pousio
513064	7275168	D11N222	6.97	0.34	7.29	0.38	7.7	0.78	Pousio
513160	7274966	D11N223	6.99	0.98	7.1	1.08	7.28	1.21	Pousio
513239	7274788	D11N224	7.32	1.06	8.17	1.58	8.63	3.5	Pousio
513408	7274824	D11N234	7.76	1.5	8.07	1.27	8.9	1.61	Pousio
513340	7275001	D11N233	6.99	0.86	7.84	1.55	8.68	3.14	Pousio
513231	7275203	D11N232	6.92	0.47	7.83	0.78	8.34	1.08	Pousio
513184	7275484	D11N231	6.33	0.27	6.8	0.57	7.4	1.24	Pousio

continua

continuação

X coord.	Y coord	Código	Prof. 0-20 cm		Prof. 20-40 cm		Prof. 40-60 cm		Observação
			pH	ECe	pH	ECe	pH	ECe	
513374	7275520	D11N241	7.5	0.94	7.37	2.02	8.44	3.97	Pousio
513429	7275223	D11N242	7.3	0.52	7.8	0.73	8.27	0.87	Pousio
513515	7275030	D11N243	7.44	0.74	7.97	0.9	8.71	2.36	Pousio
513588	7274864	D11N244	7.71	1.67	7.84	1.62	8.42	2.39	Pousio
513768	7274904	D11N254	7.04	1.99	7.64	1.87	8.07	2.39	Pousio
513690	7275066	D11N253	6.99	0.45	7.45	0.55	8.02	0.87	Pousio
513603	7275259	D11N252	7.7	0.83	8.13	0.94	8.46	2.13	cultura de milho
513543	7275542	D11N251	6.86	1.31	8.22	2.14	8.04	6.4	cultura de milho
513739	7275578	D11N261	7.29	1.86	7.75	5.65	7.79	8.25	cultura de milho
513769	7275279	D11N262	6.6	1.24	7.45	3.03	7.72	4.53	cultura de milho
513859	7275086	D11N263	7.39	0.89	7.44	0.61	8.05	0.86	cultura de milho
513920	7274971	D11N264	7.49	0.82	8.36	1.42	8.74	2.37	cultura de milho
514076	7275007	D11N274	7.05	0.5	7.89	1.23	7.84	2.76	cultura de milho
514014	7275122	D11N273	6.92	0.4	7.23	0.4	6.65	0.74	cultura de milho
513923	7275319	D11N272	6.77	3.26	7.4	3.44	7.3	1.35	cultura de milho
513887	7275599	D11N271	7.04	3	7.38	1.66	7.22	0.66	cultura de milho
514027	7275624	D11N281	7.74	0.81	7.72	3.53	7.64	5.55	cultura de milho
514073	7275344	D11N282	7.04	0.59	7.66	0.8	7.95	0.88	cultura de milho
514148	7275158	D11N283	7.54	1.08	8.18	2.58	8.22	3.59	cultura de milho
514222	7275036	D11N284	7.2	0.55	7.59	0.6	7.78	0.82	Pousio
514378	7275065	D11N294	7.36	0.51	7.7	0.92	7.83	1.69	Pousio
514303	7275178	D11N293	6.93	1.47	8.14	1.43	7.98	1.83	Pousio
514223	7275360	D11N292	7.28	3.65	7.6	11.85	7.99	7.75	Pousio
514166	7275649	D11N291	7.46	1.38	7.99	4.85	8.36	6.8	Pousio
514322	7275674	D11N301	7.09	0.4	8.07	2.21	8.51	3.76	Pousio
514381	7275386	D11N302	6.78	1.01	7.22	0.96	7.78	1.45	Pousio
514443	7275203	D11N303	7.51	1.35	7.98	2.28	8.44	2.32	Pousio
514518	7275094	D11N304	7.4	0.62	7.73	0.78	8.13	1.23	Pousio

ANEXO 8

**Varição da Salinidade no Solo Aplicando
Diferentes Práticas de Rega e de Culturas**

Cultura de Milho da época quente

Década	Outubro			Novembro			Dezembro			Janeiro			Fevereiro			Março		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Prec. Eff.	4.1	4.1	4.1	9.9	10.0	10.0	15.2	15.2	15.2	21.1	21.1	21.1	29.3	29.3	29.3	29.3	9.8	9.8
Eto	51.6	51.6	51.6	51.9	51.9	51.9	56.9	56.9	56.9	55.8	55.8	55.8	45.8	45.8	45.8	43.5	43.5	43.5
Kc	0.3	0.3	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.1	1.1	1.1	0.9	0.7	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Etc	15.5	15.5	15.5	26.0	36.4	46.7	62.6	62.6	62.6	61.4	50.2	39.1	22.9	14.3	14.3	13.9	13.9	13.9
NAR	19.0	19.0	19.0	26.7	44.0	61.3	78.9	78.9	78.9	67.2	48.5	29.9	0.0	0.0	0.0	6.8	6.8	6.8
Lr	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Diw	21.9	21.9	21.9	30.7	50.6	70.5	90.8	90.8	90.8	77.2	55.8	34.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ddw	10.5	10.5	10.5	14.7	24.2	33.7	43.4	43.4	43.4	36.9	26.7	16.5	6.3	14.9	14.9	-4.1	-4.1	-4.1
CEiw	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
CEdw	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
P*dap*PS/100	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
ΔCEe	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.3	-0.6	-0.6	0.2	0.2	0.2

Cultura de milho da época fria

Década	Abril			Maio			Junho			Julho			Agosto			Setembro		
	19	20	21	22	23	24	19	20	21	22	23	24	19	20	21	22	23	24
Prec. Eff.	5.1	5.1	5.1	0.7	0.7	0.7	5.1	5.1	5.1	0.7	0.7	0.7	5.1	5.1	5.1	0.7	0.7	0.7
Eto	19.6	19.6	19.6	26.1	26.1	26.1	19.6	19.6	19.6	26.1	26.1	26.1	19.6	19.6	19.6	26.1	26.1	26.1
Kc	0.4	0.4	0.4	0.6	0.8	0.9	0.4	0.4	0.4	0.6	0.8	0.9	0.4	0.4	0.4	0.6	0.8	0.9
Etc	8.6	8.6	8.6	15.8	20.1	24.4	8.6	8.6	8.6	15.8	20.1	24.4	8.6	8.6	8.6	15.8	20.1	24.4
NAR	5.9	5.9	5.9	25.1	32.3	39.4	5.9	5.9	5.9	25.1	32.3	39.4	5.9	5.9	5.9	25.1	32.3	39.4
Lr	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Diw	6.8	6.8	6.8	28.9	37.1	45.4	6.8	6.8	6.8	28.9	37.1	45.4	6.8	6.8	6.8	28.9	37.1	45.4
Ddw	3.3	3.3	3.3	13.8	17.8	21.7	3.3	3.3	3.3	13.8	17.8	21.7	3.3	3.3	3.3	13.8	17.8	21.7
CEiw	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
CEdw	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
P*dap*PS/100	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0
ΔCEe	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1

Cultura de Arroz

década	Outubro			Novembro			Dezembro			Janeiro			Fevereiro			Marco		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Prec. Eff.	4.09	4.09	4.09	9.95	9.95	9.95	15.20	15.20	15.20	21.12	21.12	21.12	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25
Eto	51.63	51.63	51.63	51.93	51.93	51.93	56.87	56.87	56.87	55.83	55.83	55.83	45.83	45.83	45.83	43.47	43.47	43.47
Kc	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.50	0.70	0.90	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	0.95	0.80	0.65	0.50
Etc	15.38	15.38	15.38	15.43	15.43	15.43	28.43	39.81	51.18	61.42	61.41	61.41	50.42	50.41	43.54	34.77	28.26	21.74
NAR	18.82	18.82	18.82	9.14	9.14	9.14	22.06	41.02	59.97	67.16	67.16	67.16	35.27	35.27	23.81	41.58	30.71	19.84
Lr	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Diw	0.00	0.00	0.00	10.52	10.51	10.51	25.36	47.17	68.97	77.24	77.23	77.23	40.56	40.56	27.39	47.81	35.32	22.82
Ddw	-11.29	-11.29	-11.29	5.03	5.03	5.03	12.13	22.56	32.98	36.94	36.94	36.94	19.40	19.40	13.10	22.87	16.89	10.91
CEiw	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Cedw	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05
P*dap*PS/100	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00
ΔCEe	0.161	0.161	0.161	-0.013	-0.013	-0.013	-0.032	-0.06	-0.088	-0.098	-0.098	-0.098	-0.052	-0.052	-0.035	-0.061	-0.045	-0.029

Cultura de tomate

década	Abril			Maio			Junho			Julho			Agosto			Setembro		
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Prec. Eff.	5.09	5.09	5.09	0.71	0.71	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.145	0.15	0.15
Eto	19.63	19.63	19.63	26.07	26.07	26.07	17.50	17.50	17.50	19.80	19.80	19.80	28.77	28.77	28.77	40.27	40.27	40.27
Kc	0.44	0.44	0.44	0.61	0.77	0.94	1.10	1.10	1.10	1.10	0.93	0.77	0.60	0.38	0.38	0.33	0.33	0.33
Etc	8.64	8.64	8.64	15.77	20.07	24.37	19.25	19.25	19.25	21.78	18.41	15.25	17.26	10.93	10.93	13.29	13.29	13.29
NAR	5.92	5.92	5.92	25.11	32.27	39.44	32.08	32.08	32.08	36.30	30.69	25.41	28.77	18.22	18.22	21.90	21.90	21.90
Lr	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Diw	6.81	6.81	6.81	28.87	37.12	45.36	36.90	36.90	36.90	41.75	35.29	29.22	33.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ddw	3.26	3.26	3.26	13.81	17.75	21.69	17.65	17.65	17.65	19.97	16.88	13.98	15.82	-10.93	-10.93	-13.14	-13.14	-13.14
CEiw	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
CEdw	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05
P*dap*PS/100	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00
ΔCEe	-0.01	-0.01	-0.01	-0.04	-0.05	-0.06	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.04	-0.04	0.16	0.16	0.19	0.19	0.19

Cultura de Algodão

década	Abril				Maio				Junho				Julho				Agosto				Setembro			
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36						
Prec. Eff.	5.09	5.09	5.09	0.71	0.71	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.15	0.15					
Eto	19.63	19.63	19.63	26.07	26.07	26.07	17.50	17.50	17.50	19.80	19.80	19.80	28.77	28.77	28.77	40.267	40.27	40.27	40.27					
Kc	0.44	0.44	0.44	0.54	0.64	0.75	0.85	0.95	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	0.95	0.85	0.75	0.65	0.65					
Etc	8.64	8.64	8.64	14.08	16.68	19.55	14.88	16.63	18.38	20.79	20.79	20.79	30.21	30.21	27.33	34.23	30.20	26.17	26.17					
NAR	5.92	5.92	5.92	22.28	26.63	31.41	24.79	27.71	30.63	34.65	34.65	34.65	50.34	50.34	45.55	56.80	50.09	43.38	43.38					
Lr	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15					
Diw	6.81	6.81	6.81	25.62	30.62	36.12	28.51	31.86	35.22	39.85	39.85	39.85	57.89	57.89	52.38	65.32	57.60	49.88	49.88					
Ddw	3.26	3.26	3.26	12.26	14.64	17.27	13.64	15.24	16.84	19.06	19.06	19.06	27.69	27.69	25.05	31.24	27.55	23.86	23.86					
CEiw	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80					
CEdw	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05					
P*dap*PS/100	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00					
ΔCEe	-0.01	-0.01	-0.01	-0.03	-0.04	-0.05	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05	-0.07	-0.07	-0.07	-0.08	-0.07	-0.07	-0.06					

Cultura de Trigo

década	Abril				Maio				Junho				Julho				Agosto				Setembro			
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36						
Prec. Eff.	5.09	5.09	5.09	0.71	0.71	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.15	0.15					
Eto	19.63	19.63	19.63	26.07	26.07	26.07	17.50	17.50	17.50	19.80	19.80	19.80	28.77	28.77	28.77	40.27	40.27	40.27	40.27					
Kc	0.44	0.44	0.64	0.84	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	0.85	0.65	0.45	0.25	0.30	0.30	0.30	0.30					
Etc	8.64	8.64	12.57	21.90	27.37	27.37	18.38	18.38	20.79	20.79	20.79	16.83	18.70	12.95	7.19	12.08	12.08	12.08	12.08					
NAR	5.92	5.92	12.46	35.32	44.44	44.44	30.63	30.63	34.65	34.65	34.65	28.05	31.16	21.58	11.99	19.89	19.89	19.89	19.89					
Lr	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15					
Diw	6.81	6.81	14.33	40.61	51.10	51.10	35.22	35.22	39.85	39.85	39.85	32.26	35.84	24.81	13.78	0.00	0.00	0.00	0.00					
Ddw	3.26	3.26	6.86	19.42	24.44	24.44	16.84	16.84	19.06	19.06	19.06	15.43	17.14	11.87	6.59	-11.93	-11.93	-11.93	-11.93					
CEiw	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80					
CEdw	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05					
P*dap*PS/100	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00					
ΔCEe	-0.01	-0.01	-0.02	-0.05	-0.07	-0.07	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.04	-0.05	-0.05	-0.03	-0.02	0.17	0.17	0.17					

Cultura de Arroz sob dotação de 30 mm de água por década

década	Outubro			Novembro			Dezembro			Janeiro			Fevereiro			Marco		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Prec. Eff.	4.087	4.087	4.087	9.95	9.95	9.95	15.20	15.20	15.20	21.12	21.12	21.12	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25
Eto	51.63	51.63	51.63	51.93	51.93	51.93	56.87	56.87	56.87	55.83	55.83	55.83	45.83	45.83	45.83	43.47	43.47	43.47
Kc	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.50	0.70	0.90	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	0.95	0.80	0.65	0.50
Etc	15.49	15.49	15.49	15.58	15.58	15.58	28.43	39.81	51.18	61.42	61.41	61.41	50.42	50.41	43.54	34.77	28.26	21.74
NAR	19.01	19.01	19.01	9.39	9.38	9.38	22.06	41.02	59.97	67.16	67.16	67.16	35.27	35.27	23.81	41.58	30.71	19.84
Diw	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	25.84	45.11	33.32	21.53
Ddw	18.60	18.60	18.60	24.37	24.37	24.37	16.77	5.39	-5.98	-10.30	-10.29	-10.29	8.84	8.84	11.55	20.17	14.89	9.62
CEiw	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
CEdw	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05
P*dap*PS/100	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00
ACEe	-0.099	-0.099	-0.099	-0.181	-0.181	-0.181	-0.073	0.089	0.2512	0.313	0.313	0.313	0.04	0.0402	-0.021	-0.037	-0.028	-0.018

Cultura de Arroz sob dotação de 50 mm de água por década

década	Outubro			Novembro			Dezembro			Janeiro			Fevereiro			Marco		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Prec. Eff.	4.087	4.087	4.087	9.95	9.95	9.95	15.20	15.20	15.20	21.12	21.12	21.12	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25
Eto	51.63	51.63	51.63	51.93	51.93	51.93	56.87	56.87	56.87	55.83	55.83	55.83	45.83	45.83	45.83	43.47	43.47	43.47
Kc	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.50	0.70	0.90	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	0.95	0.80	0.65	0.50
Etc	15.49	15.49	15.49	15.58	15.58	15.58	28.43	39.81	51.18	61.42	61.41	61.41	50.42	50.41	43.54	34.77	28.26	21.74
NAR	19.01	19.01	19.01	9.39	9.38	9.38	22.06	41.02	59.97	67.16	67.16	67.16	35.27	35.27	23.81	41.58	30.71	19.84
Diw	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	25.84	45.11	33.32	21.53
Ddw	38.60	38.60	38.60	44.37	44.37	44.37	36.77	25.39	14.02	9.70	9.71	9.71	28.84	28.84	11.55	20.17	14.89	9.62
CEiw	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
CEdw	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05
P*dap*PS/100	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00
ACEe	-0.273	-0.273	-0.273	-0.355	-0.355	-0.355	-0.247	-0.08	0.0772	0.139	0.139	0.139	-0.134	-0.134	-0.021	-0.037	-0.028	-0.018

Cultura de Arroz sob dotação de 60 mm de água por década

década	Outubro			Novembro			Dezembro			Janeiro			Fevereiro			Março		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Prec. Eff.	4.087	4.087	4.087	9.95	9.95	9.95	15.20	15.20	15.20	21.12	21.12	21.12	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25	29.25
Eto	51.63	51.63	51.63	51.93	51.93	51.93	56.87	56.87	56.87	55.83	55.83	55.83	45.83	45.83	45.83	43.47	43.47	43.47
Kc	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.50	0.70	0.90	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	0.95	0.80	0.65	0.50
Etc	15.49	15.49	15.49	15.58	15.58	15.58	28.43	39.81	51.18	61.42	61.41	61.41	50.42	50.41	43.54	34.77	28.26	21.74
NAR	19.01	19.01	19.01	9.39	9.38	9.38	22.06	41.02	59.97	67.16	67.16	67.16	35.27	35.27	23.81	41.58	30.71	19.84
Diw	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	25.84	45.11	33.32	21.53
Ddw	48.60	48.60	48.60	54.37	54.37	54.37	46.77	35.39	24.02	19.70	19.71	19.71	38.84	38.84	11.55	20.17	14.89	9.62
CEiw	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
CEdw	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05
P*dap*PS/100	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00
ΔCEe	-0.36	-0.36	-0.36	-0.442	-0.442	-0.442	-0.334	-0.17	-0.01	0.052	0.052	0.052	-0.221	-0.221	-0.021	-0.037	-0.028	-0.018