



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal
Departamento de Engenharia Rural

Projecto Final

Gestão da Água de Rega e sua Implicação na Salinização de Solos no
Regadio de Chókwè

Projecto submetido à Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal como pré-requisito para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Agronómica

Autor

Tomé Lucas Wilson

Supervisor

Paiva Doge A. Munguambe

Maputo, Janeiro de 2009

DECLARAÇÃO DE AUTENTICIDADE

Declaro por minha honra, que os dados usados no presente trabalho, são reais e obtidos das análises por mim efectuadas e consultas bibliográficas devidamente referenciadas ao longo do trabalho.

Maputo, Janeiro de 2009

.....

DEDICATÓRIA

Dedico

Aos meus pais Evaristo Wilson e Maria Luisa de Jesus Pinto

Aos irmãos Graciete, Nelson, Alfredo, Hélio e Marlize

A minha namorada Constância João António Segundo

AGRADECIMENTOS

À **Deus**, pai da misericórdia, e do nosso senhor Jesus Cristo, que me consolou durante as minhas tribulações, dando-me todos os dias, um espírito de vencedor, apesar de toda espécie de tribulações, tais como doença, cansaço, desânimo, etc. Pois, os que esperam no senhor, renovarão sempre as suas forças, por isso estou eu aqui.

Ao meu supervisor Eng^o Paiva Munguambe, pela sua orientação cuidadosa ao longo dos dias de trabalho e pelos seus valiosos ensinamentos.

Ao Eng. Emílio Magaia pela sua amizade, carinho e também por me ter incorporado no grupo de estudantes de AJU's (Actividades de Julho), facilitando me a colecta de dados.

Ao Eng. Chilundo, pelo apoio exercido na coordenação das actividades e recolha de informação referente a gestão da água de rega.

Aos Técnicos Betuel, Romano e Quito, pela sua amizade e ajuda durante a colecta de dados no campo.

Ao grupo de AJU's Chókwè 2007, em particular aos estudantes Ribeiro, Mugabe e Walter, pela ajuda imprescindível durante a colecta de dados no campo.

À todos os colegas e amigos do curso, em particular os estudantes: Domingos Feniase, Raitone Armando, Karson Opincal, Rúben Zunguze, Pedro Francisco, Sacir Viagem, Leopoldina Mataruca, Edy Cussara e Evaristo Laiton, pela amizade, seus ensinamentos e companheirismo durante a minha formação.

À todos outros que directa ou indirectamente contribuíram para a realização deste trabalho, vai o meu muito obrigado.

RESUMO

Em zonas irrigadas o processo de salinização dos solos tem sido bastante frequente. Dos diferentes factores que podem estar por detrás desta situação, a gestão da água de rega é indicada como sendo a principal causa de salinização dos solos em regiões semi-áridas como é o caso do regadio do Chókwè. O presente estudo foi conduzido no regadio de Chókwè com o objectivo de avaliar a tendência de salinização dos solos como resultado da actual gestão da água de rega. Para responder a este objectivo, foram conduzidas entrevistas semi-estruturadas, determinações de campo (condutividade eléctrica da água de rega e subterrânea, e monitoramento da profundidade do lençol freático), e laboratoriais (pH, $CE_{1:2.5}$ e textura do solo), tendo parte dos dados sido usados no modelo de balanço de sais. Com este modelo, determinou-se o efeito de algumas práticas de rega na salinização dos solos, considerando dois (2) cenários: (i) cultivo de tomate ao longo do ano, regando a cultura com uma dotação de 24 mm/semana na época fresca e 24 mm/4 dias na época quente), e (ii) cultivo de tomate seguido de pousio nos Sectores Sul e Montante. Os resultados indicam que a salinidade dos solos nos Sectores Sul e Montante, é sensível à gestão da água de rega. Em caso de pousio ou intervalo de rega longo (7dias), os níveis de salinidade ao longo do ano tendem a aumentar ate 3.4 dS/m no SS e 2.3 dS/m no SM. Enquanto que, quando se reduz o intervalo de rega e não se pratica o pousio, os níveis de salinidade tendem a decrescer. Entretanto, os níveis de salinidades alcançados não são alarmantes visto que não causam perdas significativas no rendimento da cultura de tomate (menos de 10% do rendimento potencial)

TABELAS

| | |
|--|-----------|
| Tabela 1: Padrão de ocupação agrícola no Regadio do Chókwè..... | 6 |
| Tabela 2: Redução relativa do rendimento de algumas culturas..... | 10 |
| Tabela 3: Valores teóricos de θ_{cc} , θ_s , PPP, e W_c | 24 |
| Tabela 4: Resumo de alguns dados do modelo de balanço de sais para cada cenário e sector..... | 27 |
| Tabela 5: Valores médios e desvio padrão do pH do solo no SM e SS..... | 36 |

FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| Figura 1: Mapa de localização da área de estudo (Regadio do Chókwè)..... | 4 |
| Figura 2: Observações de campo no sector Sul)..... | 20 |
| Figura 3: Entrevista ao agricultor no sector Sul)..... | 21 |
| Figura 4: Representa a contribuição do lençol freático em função do nível freático e o tipo de solo..... | 25 |
| Figura 5: Organograma da HICE..... | 29 |
| Figura 6: Captação da água numa vala de drenagem (distribuidor D9)..... | 33 |
| Figura 7: Perfil do solo com a textura e profundidade do lençol freático..... | 37 |
| Figura 8: Salinidade ao longo do perfil do solo no SM e SS..... | 38 |
| Figura 9: Variação da salinidade da água subterrânea ao longo do tempo no Sector Montante..... | 39 |
| Figura 10: Variação da salinidade da água subterrânea ao longo do tempo no Sector Sul..... | 40 |
| Figura 11: Flutuação dos sais no solo quando se fixa um intervalo de rega de 7 dias na época fresca 4 dias na época quente, sub cultivo de tomate..... | 42 |
| Figura 12: Variação do teor de sais durante o cultivo de tomate, considerando um período de pousio de 60 dias..... | 44 |
| Figura 13: Variação do teor de sais durante o cultivo de tomate com e sem pousio..... | 45 |
| Figura 14: Perdas de rendimento da cultura de tomate devido variação do teor de sais ao longo do ano, considerando uma dotação de (24 mm/semana na época fresca, e 24 mm/4dias na época quente)..... | 46 |

ANEXOS

| | |
|---|-----------|
| Anexo 1: Mapa de salinidade usado para a amostragem..... | 1 |
| Anexo 2: Questionário..... | 2 |
| Anexo 3: Pontos de amostragem na área de estudo..... | 3 |
| Anexo 4: Salinidade da água da água subterrânea e de rega..... | 4 |
| Anexo 5: Dados da textura do solo..... | 5 |
| Anexo 6: Resultados da textura do solo..... | 7 |
| Anexo 7: Dados do pH e salinidade do solo..... | 9 |
| Anexo 8: Balanço de sais na zona radicular..... | 10 |
| Anexo 9: Dados mensais de precipitação (1969 – 1999) Regadio do Chókwè..... | 20 |
| Anexo 10: Dados de evapotranspiração de referencia (ET _o) extraídos da base de dados do programa Cropwat 4 - Regiao do Chókwè..... | 21 |

LISTA DE ABREVEATURAS E SIMBLOS

| Simblos | | Unidades |
|---------------|---|--------------------|
| D | Distribuidores (canais secundários) | - |
| P | Pontos de amostragem | - |
| Pr | Precipitação | mm |
| Ir | Quantidade da água de rega | mm |
| G | Contribuição do lençol freático por ascensão capilar | mm |
| ETC | Evapotranspiração da cultura | mm |
| Dr | Quantidade de água drenada | mm |
| ΔR | Escoamento superficial | mm |
| ΔW | Variação da humidade no solo | mm |
| Cpr | Concentração de sais na água da chuva | meq/l |
| Cir | Concentração de sais na água de rega | meq/l |
| Cg | Concentração de sais na água freática | meq/l |
| Cetc | Concentração de sais na água evaporada | meq/l |
| Cdr | Concentração de sais na água de drenagem | meq/l |
| ΔZ | Expressa a mudança na quantidade de sais na zona radicular | meq/m ² |
| F | Fracção de lavagem de sais | mm/mm |
| Ccc | Concentração de sais na solução do solo à capacidade de campo | meq/l |
| θ_{cc} | Teor de humidade à capacidade de campo | (%) |
| <i>Draiz</i> | Profundidade radicular | mm |
| <i>Wcc</i> | Humidade da zona radicular à capacidade de campo | mm |
| Z | Quantidade de sais armazenados na zona radicular | meq/m ² |
| Z1 | Quantidade de sais armazenados no solo no estágio inicial | meq/m ² |
| Z2 | Quantidade de sais armazenados no solo no estágio final | meq/m ² |
| CE | Condutividade eléctrica a 25c° | meq/l |
| C | Concentração da solução respectiva | meq/l |
| θ_{cc} | Teor de humidade a capacidade de campo | (%) |
| θ_s | Teor de humidade a saturação | (%) |
| <i>CEe</i> | Condutividade eléctrica do solo no extracto da pasta de saturação | dS/m |

| | | |
|-----------------------------|--|-----------|
| CEcc | Condutividade eléctrica do solo a capacidade de campo | dS/m |
| ΔS | Varição da quantidade de sais armazenados no solo | (dS/m)*mm |
| S | Certa quantidade de sais armazenados no solo | (dS/m)*mm |
| S1 | Quantidade de sais armazenados no solo no estagio inicial | (dS/m)*mm |
| CEir | Condutividade eléctrica da água de rega | dS/m |
| CEg | Condutividade eléctrica da água freática | dS/m |
| Y | Rendimento potencial esperado | (%) |
| CEe | Condutividade eléctrica do extracto saturado | dS/m |
| Sm | Salinidade máxima tolerável pela cultura | dS/m |
| b | Redução relativa do rendimento | - |
| CEe* | Condutividade eléctrica no ponto Y=100% | dS/m |
| $\frac{\Delta h}{\Delta t}$ | Taxa de subida de água no buraco | m/dia |
| K | Condutividade hidráulica do solo | m/dia |
| r | Raio do buraco | cm |
| tg α | Geometria do buraco | - |
| ei | Profundidade em que se encontra a camada do solo | M |
| ki | Coeficiente de permeabilidade em cada camada de solo | m/dia |
| Kh | Coeficiente de permeabilidade total na direcção horizontal | m/dia |
| HICEP | Hidráulica do Chókwè Empresa Pública | - |
| SM | Sector Montante | - |
| SS | Sector Sul | - |
| UHP | Unidade Hidráulica Principal | - |
| UHS | Unidade Hidráulica Secundária | - |
| UHT | Unidade Hidráulica Terciária | - |
| CPG | Conselho paritário de Gestão | - |
| ARA-SUL | Administração Regional de Águas do Sul | - |

1. INTRODUÇÃO

1.1 Generalidades

A introdução de regadios em zonas de clima semi-árido pode conduzir a salinização e sodificação dos solos como resultado da aplicação da água de rega de má qualidade, aliado a um deficiente sistema de drenagem (Bernardo, 1995).

A salinização torna-se mais agravante em regiões áridas e semi-áridas aquando do transporte de sais por capilaridade devido a elevação do nível freático, permitindo deste modo, a acumulação de sais nas camadas sub e superficiais do solo (Ayers e Westcot, 1991).

A salinização dos solos no Regadio de Chókwè segundo Brito, Tomo, Munguambe, Magaia, Sithoe e Machele (2002), agravou-se em cerca de 50% entre os anos de 1981 a 2002. Esta situação, por um lado, pode estar relacionada à origem marinha dos solos e por outro lado aos aspectos ligados a gestão da água de rega e drenagem.

No presente estudo importa destacar a gestão da água de rega que é de crucial importância para o bom funcionamento dos regadios, assim como, as consequências relacionadas com uma má gestão. Todavia, uma má gestão da água de rega aliada a um clima semi-árido como é o caso do Chókwè, pode levar à uma crescente salinização dos solos resultante da ascensão capilar da água subterrânea e sua posterior evaporação para a atmosfera. Conhecendo a actual gestão da água e suas implicações, pode-se de certa maneira minimizar o efeito da salinização dos solos, e propor medidas ou estratégias que proporcionem uma gestão sustentável do regadio, o que resultaria no aumento da produção e produtividade agrícola.

1.2 Problema e justificação

No regadio de Chókwè, o processo de salinização dos solos têm vindo a agravar de ano para ano, afectando em grande medida as camadas superficiais, e como consequência os solos tornam-se improdutivo. O processo de salinização dos solos do regadio de Chókwè cria de certa forma condições de incertezas na gestão da produção agrícola por parte dos agricultores, o que leva ao abandono de extensas áreas, elevando-se assim o risco de salinização das mesmas. Por outro lado, o risco de insegurança alimentar das famílias rurais aumenta associando-se ao efeito cíclico e devastador das cheias e secas que se fazem sentir na região. Segundo um estudo realizado pela FAEF (2001) no regadio do Chókwè, constatou-se que mais de 1000 ha de terra tornaram-se improdutivo devido a salinidade.

Este problema tem despertado interesse aos órgãos governamentais e privados dada a sua relevância no contexto de produção agrícola, havendo no entanto, a necessidade urgente de se conduzirem estudos no sentido de avaliar a tendência de salinização dos solos como resultado da gestão da água de rega.

A gestão da água de rega é uma das prováveis causas da salinização dos solos, daí que o seu conhecimento, facilitará a delineação de estratégias ou medidas que visem minimizar a salinização dos solos e o seu impacto na produção das culturas.

1.3 Objectivos

1.3.1 Objectivo geral

Avaliar a tendência de salinização dos solos do regadio do Chókwè como resultado da actual gestão da água de rega.

1.3.2 Objectivos específicos

- Descrever a actual gestão de água de rega ao nível do regadio e das parcelas dos agricultores;
- Diagnosticar a salinidade no perfil do solo; e
- Avaliar as implicações de diferentes práticas de rega na salinização dos solos.

1.4 Descrição da área de estudo

1.4.1 Localização geográfica do Regadio do Chókwè

O Regadio do Chókwè também outrora designado Sistema de Regadio Eduardo Mondlane (SIREMO) localiza-se no distrito de Chókwè, província de Gaza à 200 km, a norte de Maputo, na margem direita do rio Limpopo, entre 40 e 100 km em linha recta a noroeste da cidade de Xai-Xai (Figura 1) (Konstapel,1981).

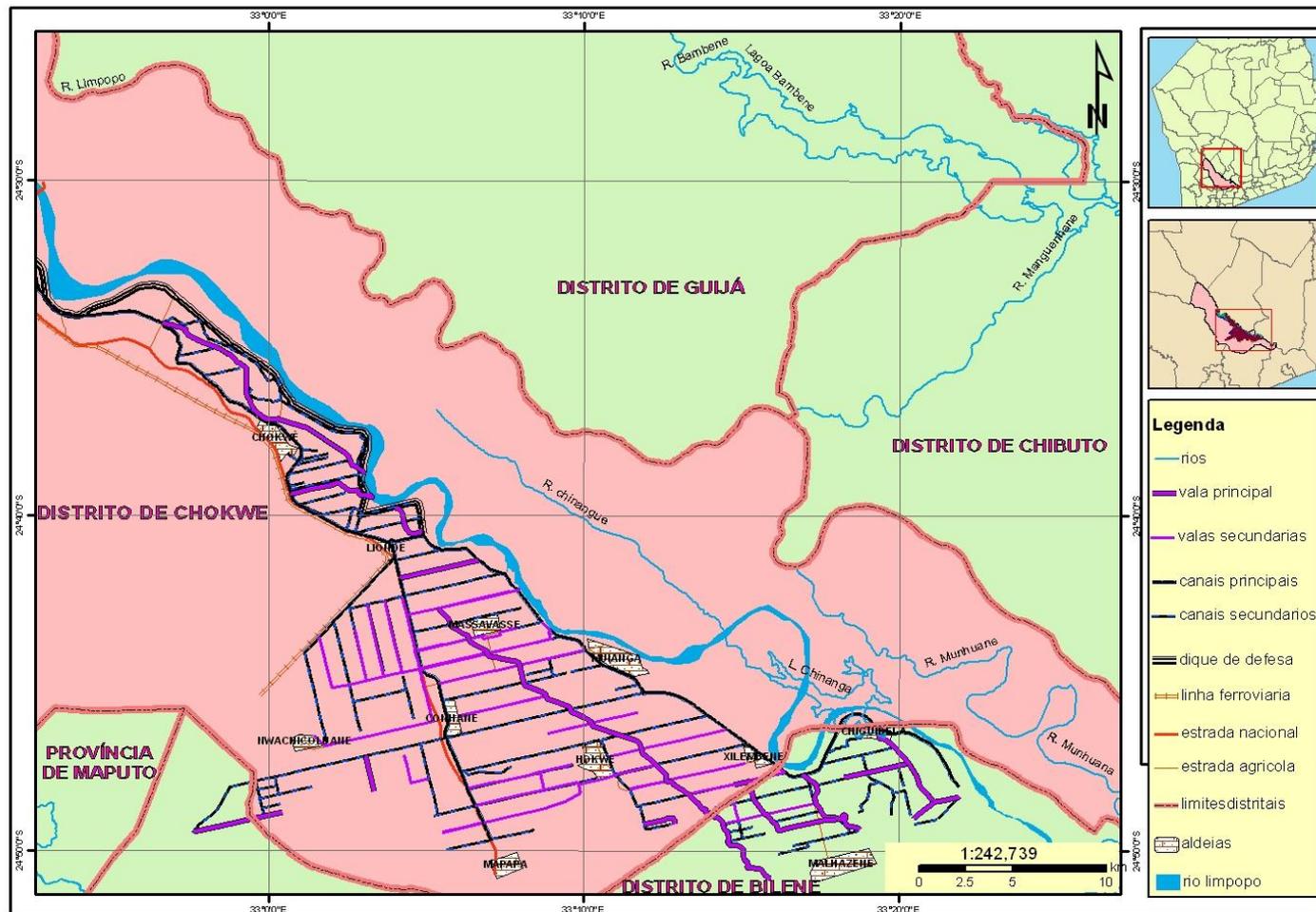


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo (Regadio do Chókwe)

1.4.2 Clima

O clima da área de estudo segundo a classificação de Köppen é do tipo semi-árido, mega térmico (BSw), isto é, um clima de estepe com um período seco durante o inverno. Na região, a precipitação média anual é de 623 mm, atingindo o valor máximo de 140 mm em Fevereiro e um mínimo de 10 mm em Junho. A evapotranspiração média anual é de 1400 mm, sendo o seu valor mensal sempre superior ao da precipitação. A temperatura média anual é de 23.6 °C, e a velocidade do vento é de 153 km por dia e a insolação média é de 7.9 horas/ dia (Touber, 1985).

1.4.3 Solos

Consoante as características hidráulicas dos solos do Regadio do Chókwè, distinguem 5 grupos: (i) solos muito pesados de textura argilosa a muito argilosa, caracterizados por baixas taxas de infiltração e permeabilidade; (ii) solos de textura argilosa também com baixas taxas de infiltração e permeabilidade; (iii) solos de textura franco argiloso a argilo arenoso; (iv) solos de textura franco arenosa a franco argilosa; e (v) solos de textura franca arenosa a argilo arenosa com permeabilidade alta a moderada.

1.4.4 Uso de terra e sistemas de produção

A área de estudo é basicamente agrária com excelentes condições para produção agrícola. A agricultura na zona é praticada em condições de regadio, na sua grande maioria em regime de rega por gravidade, através da derivação de água do rio Limpopo. A área de estudo é ocupada por pequenos, médio e grandes agricultores. Os pequenos agricultores, que se caracterizam por possuírem áreas que variam de 1 a 4 ha, os médios agricultores que trabalham áreas de 4 a 20 ha, e os grandes agricultores, cuja as áreas são superiores a 20 ha, e possuem alguma experiência de rega e um relativo poder de compra. Os agricultores em geral estão organizados em associações de regentes que fazem a gestão do regadio, assistidos pelo gabinete técnico da HICEP (FAEF, 2001).

O padrão de cultivo para a região inclui o arroz na estação quente, tomate, cebola, repolho, couve e outras hortícolas na estação fresca, e o milho em toda estação do ano, sendo o arroz e tomate as culturas predominantes. A Tabela 1 indica o padrão de ocupação agrícola no Regadio do Chókwè. Segundo a tabela, a cultura de arroz é essencialmente praticada em locais onde existem solos de textura pesada (grupos: i, ii

e iii), enquanto que as hortícolas e o milho são praticadas principalmente em locais onde os solos são ligeiramente pesados (grupos : iv e v).

Tabela 1: Padrão de ocupação agrícola no Regadio do Chókwe

| Grupo de Solos | Meses | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------------|----------|-------------------|-----|---------------------|-----|--------------------|----------------------|-----|-----|--------------------|-------|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | |
| i, ii e iii | | | | | | | | Preparação dos solos | | | | | |
| | Arroz | | Colheita do arroz | | | | | | | | Sementeira directa | Arroz | |
| | | | | | Período sem cultura | | | | | | | | |
| iv e v | Hortícolas | | | | | | | | | | | | |
| | Milho | Colheita | | | | | Preparação do Solo | | | | Milho | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: (FAEF, 2001)

1.3.5 Sistema de rega e drenagem

O sistema de rega é constituído por um canal geral de terra não revestido a partir da barragem de Macarretane, com um comprimento de 14 km e uma capacidade actual de 45 m³/s. O canal geral subdivide-se em dois canais principais, o canal esquerdo de terra, parcialmente revestido e com um comprimento de 13.2 km e um caudal nominal de 0.8 m³/s e, o canal direito de terra com um comprimento de 37 km e um caudal nominal de 29 m³/s. Este último subdivide-se em dois canais principais de terra, o canal do rio com um comprimento de 41 km e um caudal nominal de 10 m³/s e o canal de Nwachicoluane com um comprimento total de 9.8 km e um caudal nominal de 4.5 m³/s. Dos canais principais, derivam-se os canais secundários ou distribuidores com um comprimento total de 332 km que, na sua maioria, são canais de terra não revestidos. A água é desviada dos canais secundário ou distribuidores para os campos pelos canais terciários ou caleiras de betão assentando em pés elevados ao longo dos terrenos e totalizando um comprimento de 1 045 km. Cada canal terciário ou caleira abrange uma área de 16 ha, estando distanciados 360 m entre si com uma capacidade de 32 l/s (FAEF, 2001).

O sistema de drenagem é constituído por drenos terciários, secundário e principais, estes por sua vez localizam-se paralelamente aos canais de rega. Os drenos terciários apresentam uma profundidade que varia de 0.7 a 1 m e recolhem água para os drenos secundários, por sua vez estes se ligam aos drenos principais (FAEF, 2001).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Definições e conceitos

2.1.1 Gestão da água de rega

A gestão de água de rega refere-se a um conjunto de processos multidisciplinares que visam integrar a utilização de água de uma forma sustentável, ou seja, é a melhor maneira possível de usar a água de rega (Bastiaansen, 1993).

2.1.2 Tipos de gestão de sistemas de irrigação

Segundo Horst (1983), na gestão de sistemas de irrigação distinguem-se os seguintes tipos:

- i) Gestão burocrática: é aquela em que o Estado ou instituição respondem pela gestão do regadio;
- ii) Gestão individual: é aquela em que um privado ou empresa privada responde pela gestão do regadio;
- iii) Gestão pelos camponeses: é aquela em que os camponeses ou associação de camponeses responde pela gestão do regadio;
- iv) Gestão mista: é a combinação de dois ou mais tipos de gestão acima mencionados.

2.1.3 Aspectos a ter em conta na boa gestão de água

Segundo Horst (1983), uma boa gestão de água passa necessariamente pelos seguintes aspectos: (i) volume de água e intervalos de rega adequados, garantindo uma óptima produção; (ii) caudal que pode ser facilmente manuseado pelo regante; (iii) justa distribuição da água entre os regantes da unidade terciária; (iv) sistema principal de irrigação adequado, levando a uma (possível) distribuição de água eficiente, compreendida pelos gestores e pelos regantes. O mesmo autor sustenta ainda que uma boa gestão de água no sistema principal só é possível se o sistema for adaptado aos agricultores locais. Para este propósito o programa operacional deve ser o mais simples possível.

Para Salassier (1989), a gestão sustentável da água de rega necessita de um conjunto mínimo de instrumentos principais: uma base de dados e informações acessíveis aos regantes; a definição clara dos direitos de uso de água por todos os regantes e para os diversos segmentos económicos; o controle dos impactos sobre os sistemas hídricos e o processo de tomada de decisões. Para a viabilização deste conjunto de aspectos

acima referidos, é necessário a capacitação a todos os níveis de gestão dos participantes envolvidos.

2.1.4 Princípios de fornecimento de água e taxa de pagamento

Na gestão da água de rega, há que se ter em conta a maneira como a água deve ser abastecida, e a taxa de uso da água. Com isso, distinguem-se vários princípios de fornecimento (Paul, 1994): (i) abastecimento em função da área atribuída por utente; (ii) abastecimento em função das áreas cultivadas; e (iii) abastecimento em função da procura dos utentes.

2.1.4.1 Abastecimento em função do tamanho da área atribuída a cada utente

O preço da água é fixado segundo o tamanho da área atribuída com uma modulação por zona. Este modo de distribuição é extremamente simples, porque envolve apenas a área atribuída a cada utente, mas não permite modular a taxa em função do consumo de água utilizado por utente o que pode conduzir a uma baixa eficiência no uso do recurso.

2.1.4.2 Abastecimento em função das áreas cultivadas

O preço da água é cobrado em função das áreas cultivadas. Este modo de distribuição tem em conta as diferenças entre os utentes, referentes a intensificação e exploração agrícola. Trata-se de uma gestão extremamente difícil porque requer uma informação prévia das áreas individuais utilizadas para a produção. Além disso, a gestão não incita os utentes a otimizar a utilização da água que lhes é atribuída.

2.1.4.3 Abastecimento em função da procura pelos utentes

O preço da água é cobrado em função dos volumes realmente consumidos. Este modo de facturação incita aos utentes a optimizarem a utilização da água. Em contrapartida, ele necessita de um dispositivo de controlo dos caudais ou dos volumes individuais o que poderá envolver custos iniciais elevados.

2.1.5 Salinização dos solos

Salinização é o processo que leva a acumulação de sais solúveis nas camadas superficiais. Este processo pode apresentar várias origens: (i) a salinização primária que ocorre durante a formação do solo devido ao material de origem do próprio solo; e (ii) a salinização secundária que resulta de factores inerentes à gestão da água de rega e drenagem (Van den Berg, 1995).

2.1.5.1 Efeitos da salinidade no crescimento das plantas

Um solo salino contém uma grande concentração de sais livres, que afectam o crescimento, o desenvolvimento e rendimento da maioria das culturas. A salinidade tem três efeitos principais sobre o crescimento das plantas que ocorrem separadamente ou de forma integrada, dependendo da cultura ou espécie de planta, nomeadamente: efeitos osmótico, tóxico e de competição (Van den Berg, 1995).

i) Efeito osmótico

A salinidade afecta directamente a planta induzindo a seca fisiológica caracterizada pela redução na absorção de água e nutrientes o que resulta no aumento da pressão osmótica. A pressão osmótica relaciona-se de forma positiva com a condutividade eléctrica do solo no extracto saturado, isto é, quanto maior for o valor da condutividade eléctrica do solo no extracto saturado, maior será a pressão osmótica e vice-versa. Valores de pressão osmótica no intervalo de 5.8 a 14.4 atmosferas, reduzem o rendimento de muitas culturas na ordem de 50-100%. Sob estas condições, apenas culturas muito tolerantes à salinidade podem sobreviver e produzir, por exemplo: o algodão e a beterraba de açúcar (Van den Berg, 1995).

ii) Efeito tóxico

A salinidade dos solos também afecta através da toxicidade de certos iões específicos (exemplo: Na^+ , Cl^- , B^- , etc.) as membranas das raízes ou tecidos das plantas, o que contribui na redução da capacidade de absorção de substâncias e/ou metabolismo de certos elementos essenciais (Van den Berg, 1995).

iii) Efeitos na competição

Estes efeitos são notados quando existem elevados teores de um ião na solução do solo, que interfere na absorção de outros nutrientes contribuindo assim negativamente no crescimento da planta. Exemplo, o ião Na^+ em excesso interfere na absorção dos iões Mg^{2+} e Ca^{2+} pelas plantas, e ainda pode levar a formação de camadas densas (Na-

argila), que impedem a drenagem interna do solo, causando deste modo uma deficiência de oxigénio a humidades elevadas e dificultando o desenvolvimento do sistema radicular da planta (Van den Berg, 1995).

2.1.5.2 Efeito da salinidade no rendimento das culturas

O grau de tolerância à salinidade varia consoante o tipo de culturas, havendo algumas mais sensíveis e outras tolerantes. A Tabela 2, mostra a redução relativa dos rendimentos de algumas culturas seleccionadas, atendendo o grau de tolerância e sua relevância no plano de produção da região do Chókwè. Desta tabela nota-se claramente que o algodão e o trigo não sofrem perdas de rendimentos para níveis de salinidade abaixo de 8 dS/m, e são consideradas culturas tolerantes à salinidade. O mesmo não acontece com as outras culturas como, o arroz, milho, tomate e feijão, que para níveis de salinidade inferior ou igual a 8 dS/m, sofrem perdas de rendimento até os 50%; no entanto a cultura arroz sendo praticada na região sub alagamento, o factor salinidade não é considerado limitante.

Tabela 2: Redução relativa do rendimento de algumas culturas

| Culturas | Redução relativa do rendimento | | | |
|----------|--------------------------------|------|------|------|
| | 0% | 10% | 25% | 50% |
| Algodão | < 8.0 | 12.0 | 13.0 | 18.0 |
| Trigo | < 6.0 | 7.5 | 9.5 | 13.0 |
| Arroz | < 3.0 | 4.0 | 5.0 | 7.0 |
| Milho | < 1.5 | 2.2 | 4.0 | 7.0 |
| Feijão | < 1.0 | 1.5 | 2.5 | 3.5 |
| Tomate | < 1.5 | 2.5 | 4.5 | 7.0 |

Fonte: (Smedema e Rycrof, 1983; FAO, 1985)

2.1.6 Gestão de água e salinização dos solos

A salinização dos solos resultante da má gestão da água ou seja por um regadio tecnicamente mal gerido ou com água de qualidade inadequada é uma realidade já muito antiga. Segundo a FAO (1985) e Roads (1990), as principais fontes de sais em solos irrigados são a água de rega e freática, quando esta última estiver a baixa profundidade. O nível do lençol freático pode-se apresentar elevado, devido às condições hidrológicas naturais ou ainda como resultado das excessivas perdas de água de rega combinadas com uma drenagem deficiente. A água do lençol freático pode alcançar a superfície do solo ou a zona radicular onde posteriormente se evapora

ficando os sais aí depositados. Este fenómeno acontece quando existe um défice água em algum período do ano. A outra fonte de sais por sinal de maior relevância, é a própria água de rega (Roads, 1990).

Segundo Serralheiro (1985), normalmente a salinidade em áreas irrigadas, é consequência directa do uso de água de qualidade inadequada, associado ao manuseio do sistema solo-água-planta. Qualquer que seja sua fonte, a água utilizada na irrigação sempre contém sais, embora a quantidade e a qualidade de sais presentes nela possam variar consideravelmente.

2.1.7 Balanço de água e de sais na zona radicular

Mesmo a água de boa qualidade é fonte de sais, dado que cada irrigação traz consigo uma certa quantidade de sais para o solo, em particular na zona radicular, onde estes se depositam após a evaporação, há no entanto a necessidade de se quantificar estes sais. A outra fonte de adição de sais no solo, é através da água que sobe por ascensão capilar até a zona radicular. Este, fluxo capilar depende da profundidade do lençol freático, tipo de solo e o teor de humidade na zona radicular.

A equação que traduz o balanço da água na zona radicular é:

$$Pr + Ir + Ge = ETC + Dr + \Delta R + \Delta W \quad (1)$$

Onde:

Pr- precipitação (mm)

Ir- quantidade da água de rega (mm)

Ge- contribuição do lençol freático por ascensão capilar (mm)

ETC- evapotranspiração da cultura (mm)

Dr- quantidade da água drenada (mm)

ΔR - variação do escoamento superficial (mm)

ΔW - variação da humidade no solo (mm)

Nota: No presente estudo foi considerado um balanço de água por semana na época fresca e por um período de 4 dias na época quente.

Assumindo que o escoamento superficial que entra é igual ao que sai, portanto anulam-se, a expressão (1) transforma-se em:

$$Pr + Ir + Ge = ETC + Dr + \Delta W \quad (2)$$

Nota: O Ge é considerado no balanço de água quando $Dr \leq 0$,

isto é, $ETC + \Delta W \geq Pr + Ir$.

A partir da expressão (2) pode se expressar o balanço de sais, pela multiplicação dos termos do balanço de água pelas respectivas concentrações de sais.

$$Pr * C_{pr} + Ir * C_{ir} + Ge * C_g = ETC * C_{etc} + Dr * C_{dr} + \Delta Z \quad (3)$$

Onde:

Pr- precipitação (mm)

Ir- quantidade de água de rega (mm)

Ge- contribuição do lençol freático por ascensão capilar (mm)

ETC.- evapotranspiração da cultura (mm)

Dr- quantidade de água drenada (mm)

C_{pr}- concentração de sais na água da chuva (meq/l)

C_{ir}- concentração de sais na água de rega (meq/l)

C_g- concentração de sais na água freática (meq/l)

C_{etc}- concentração de sais na água evaporada (meq/l)

C_{dr}- concentração de sais na água de drenagem (meq/l)

ΔZ - expressa a mudança na quantidade de sais na zona radicular (meq/m²).

A unidade meq/m² obteve - se a partir da seguinte transformação:

$$\text{mm} * \text{meq/l} = \text{mm} * \text{meq} / \text{dm}^3 = \text{mm} * \text{meq} / 10^{-3} \text{ m}^3 = 10^{-3} \text{ m} * \text{meq} / 10^{-3} \text{ m}^3 = (\text{meq/m}^2)$$

Se assumir que: 1 l = 1 dm³.

O teor de sais na água da chuva, é considerado nulo (C_{pr}=0) e a concentração de sais na água evaporada também é igual a zero (C_{etc}=0). A expressão (3) simplifica – se para:

$$I_r * C_{ir} + G_e * C_g = D_r * C_{dr} + \Delta Z \quad (4)$$

O teor de sais na água de drenagem que percola no solo é dada pela seguinte relação:

$$C_{dr} = f * C_{cc} + (1 - f) * C_{ir} \quad (5)$$

Onde:

f - fracção de lavagem de sais (mm/mm)

C_{cc} - concentração de sais na solução do solo à capacidade de campo (meq/l).

C_{dr} - concentração de sais na água de drenagem (meq/l)

C_{ir} - concentração de sais na água de rega (meq/l)

Combinando as equações (4) e (5) teremos:

$$I_r * C_{ir} + G_e * C_g = D_r * f * C_{cc} + D_r * (1 - f) * C_{ir} + \Delta Z \quad (6)$$

Expressando a equação (6) em função de ΔZ , teremos:

$$\Delta Z = I_r * C_{ir} + G_e * C_g - D_r * f * C_{cc} - D_r * (1 - f) * C_{ir} \quad (7)$$

Assumindo que a quantidade de sais (Z) varia de Z_1 para Z_2 , a mudança na quantidade de sais na zona radicular será dada pela seguinte expressão:

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1 \quad (8)$$

Onde:

Z_1 - quantidade de sais armazenados no solo no início do balanço (meq/m²)

Z_2 - quantidade de sais armazenados no solo no final do balanço (meq/m²)

ΔZ - expressa a mudança na quantidade de sais na zona radicular (meq/m²)

Considerando que o movimento de sais na zona radicular ocorre à capacidade de campo (CC), a humidade na zona radicular será dada pela seguinte equação:

$$W_{cc} = \frac{\theta_{cc}}{100} * D_{raiz} \quad (9)$$

Onde:

θ_{cc} - teor de humidade à capacidade de campo (%)

D_{raiz} - profundidade radicular (mm)

W_{cc} - humidade da zona radicular à capacidade de campo (mm)

Com isso, a concentração de sais na zona radicular à capacidade de campo será dada pela seguinte equação:

$$C_{cc} = \frac{Z}{W_{cc}} \quad (1)$$

Onde:

C_{cc} - concentração de sais na zona radicular à capacidade de campo (meq/l)

Z - quantidade de sais armazenados na zona radicular (meq/m²)

W_{cc} - humidade da zona radicular à capacidade de campo (mm)

Uma vez que (Z) muda, de Z_1 para Z_2 , a concentração média de sais na zona radicular a capacidade de campo será dada pela seguinte expressão:

$$C_{cc} = \frac{Z_1 + Z_2}{2 * W_{cc}} \quad (11)$$

Combinado as equações (8) e (11), teremos:

$$C_{cc} = \frac{Z_1}{W_{cc}} + \frac{\Delta Z}{2 * W_{cc}} \quad (12)$$

O teor de sais no solo varia em função da quantidade e qualidade da água de rega e clima. Esta variação pode ser obtida pela combinação das equações (7) e (12).

$$\Delta Z = \frac{I_r * C_{ir} - D_r * (1 - f) * C_{ir} - (D_r * f * \frac{Z_1}{W_{cc}} - G * C_g)}{1 + \frac{D_r * f}{2W_{cc}}} \quad (13)$$

Segundo Van der Mollen (1983), existe uma relação entre a condutividade eléctrica expressa em dS/m e a concentração de sais em meq/l à capacidade de campo, que pode ser expressa por:

$$CE = \frac{C}{12} \quad (14)$$

Onde:

CE- condutividade eléctrica a 25°C (dS/m)

12 - factor de conversão (meq/l para dS/m)

C- concentração da solução respectiva (meq/l)

A condutividade eléctrica do solo é determinada no extracto da pasta de saturação, então:

$$CEe = \frac{\theta_{cc}}{\theta_s} * CE_{cc} \quad (15)$$

Onde:

θ_{cc} - teor de humidade à capacidade de campo (%)

θ_s - teor de humidade à saturação (%)

CEe - condutividade eléctrica do solo no extracto da pasta de saturação (dS/m)

CE_{cc}- condutividade eléctrica do solo à capacidade de campo (dS/m)

Combinando as equações (14) e (15) teremos:

$$CEe = \frac{\theta_{cc}}{\theta_s} * \frac{C_{cc}}{12} \quad (16)$$

Uma vez que a condutividade eléctrica é expressa por uma unidade comum e de fácil medição, os valores da concentração de sais (C) serão substituídos pelos valores da condutividade eléctrica (CE), tendo em conta a relação linear existente entre as duas componentes acima referidas, definindo que:

$$S = \frac{Z}{12} \quad (17)$$

Onde:

Z- quantidade de sais armazenados na zona radicular (meq/m²)

12 - factor de conversão (meq/l para dS/m)

S- quantidade de sais armazenados no solo((dS/m)*mm)

Por conseguinte:

$$\Delta S = \frac{\Delta Z}{12} \quad (18)$$

Onde:

12 - factor de conversão (meq/l para dS/m)

ΔZ - expressa a mudança na quantidade de sais na zona radicular (meq/m²)

ΔS - variação da quantidade de sais armazenados no solo ((dS/m)*mm)

Assim a equação (13) do modelo de balanço de sais será dada por:

$$\Delta S = \frac{I_r * CE_{ir} - D_r * (1 - f) * CE_{ir} - (D_r * f * \frac{S_1}{W_{cc}} - G_e * CE_g)}{1 + \frac{D_r * f}{2W_{cc}}} \quad (19)$$

Onde:

ΔS - variação da quantidade de sais armazenados no solo ((dS/m)*m)

S_1 - quantidade de sais armazenados no solo no estágio inicial ((dS/m)*mm)

W_{cc} - humidade na zona radicular à capacidade de campo (mm)

f - fracção de lavagem de sais (mm/mm)

G_e - contribuição do lençol freático por ascensão capilar (mm)

I_r - quantidade da água de rega (mm)

D_r - quantidade de água drenada (mm)

CE_{ir} - condutividade eléctrica da água de rega (dS/m)

CE_g - condutividade eléctrica da água freática (dS/m)

A condutividade eléctrica do solo à capacidade de campo será dada pela seguinte expressão:

$$CE_e = \frac{S}{W_{cc}} \quad (20)$$

Onde:

S - quantidade de sais armazenados no solo ((dS/m)*mm)

W_{cc} - humidade na zona radicular à capacidade de campo (mm)

Combinando as equações (15) e (20), a condutividade eléctrica do solo será dada pela seguinte expressão:

$$CEe = \frac{\theta_{cc}}{\theta_s} * \frac{S}{W_{cc}} \quad (21)$$

Onde:

CEe - condutividade eléctrica do solo no extracto da pasta saturada (dS/m)

θ_{cc} - teor de humidade a capacidade de campo (%)

θ_s - teor de humidade a saturação (%)

W_{cc} - humidade do solo na zona radicular a capacidade de campo (mm)

2.1.8 Estimativas de rendimento

Segundo Maas (1984), citado pela FAO (1954), o aumento do teor de sais no solo afecta o crescimento da maior parte das culturas, esta relação é descrita pela seguinte equação:

$$Y = 100 - b * (CEe - S_m) \quad (22)$$

Onde:

Y - rendimento potencial esperado (%), e varia de 0 a 100%

CEe - condutividade eléctrica do extracto saturado (dS/m)

S_m - salinidade máxima tolerada pela cultura em (dS/m)

b - redução relativa do rendimento esperado (-)

Onde:

$$b = \frac{100}{(CEe^* - S_m)} \quad (23)$$

CEe^* - condutividade eléctrica no ponto $Y=100\%$

Os valores de S_m e CEe^* foram estimados por Maas (1984). E para o caso da cultura de tomate usada no modelo de balanço de sais, os valores de S_m e CEe^* são 13 e 2.5 dS/m respectivamente

2.1.9 Necessidade de lavagem de sais

A necessidade da água para a lavagem de sais é definida como sendo a quantidade da água de rega que deve percolar o perfil do solo para as camadas mais profundas, com vista a manter um determinado teor de sais no solo, que não afecta o rendimento das culturas. Contudo, a quantidade de água para a lavagem de sais não deve exceder os 15% da água aplicada para irrigação, para evitar perdas grandes de água, o que tornaria a irrigação cara e inviável (FAO, 1985). O valor 15% de LR também foi recomendado pela FAEF (2001), um estudo realizado sobre a gestão da água de rega no Regadio de Chókwè.

A fracção de lavagem de sais (LR) em áreas irrigadas por gravidade é dada por:

$$LR = \frac{CE_{ir}}{5.CE_e - CE_{ir}} \quad (24)$$

Onde:

CE_{ir} - condutividade eléctrica da água de rega (dS/m)

CE_e - condutividade eléctrica do extracto saturado do solo (dS/m)

3. METODOLOGIA

3.1 Gestão de água de rega no regadio do Chókwè ao nível do sistema e das parcelas dos agricultores

Para descrever a gestão da água no regadio de Chókwè e prováveis implicações na salinização dos solos, fez se a recolha de dados com base em entrevistas semi-estruturadas (anexo 2) aos agricultores e a HICEP, observações de campo e consulta a outros documentos secundários relevantes, produzidos pela HICEP e outros estudos relacionados.

O número de pessoas entrevistadas variou em função do número de agricultores disponíveis no local e o grau de divergência das informações prestadas. Para tal, nos Sectores Montante e Sul, foram entrevistados alguns agricultores obedecendo a localização dos agricultores ao longo dos distribuidores. As Figuras 2 e 3 ilustram imagens referentes a observações de campo e entrevista ao agricultor respectivamente.



Figura 2: Observações de campo no Sector Sul



Figura 3: Entrevista ao agricultor no Sector Sul

3.2 Diagnóstico da salinidade no perfil do solo

3.2.1 Recolha de amostras de solos

Para avaliar a distribuição da salinidade numa área predefinida, deve se estabelecer um critério de selecção e recolha de amostras no campo.

Konstapel (1981), quando avaliava o problema da salinidade e drenagem, fez uma amostragem de uma sondagem em cada 150 ha. Este estudo forneceu informações sobre a salinidade e sodicidade dos solos de forma generalizada. Todavia, a densidade de amostragem levada a cabo, não permitiu dar detalhes a nível dos módulos ou parcelas.

O INIA (1989), na tentativa de saber em detalhes os motivos da baixa produção do arroz, fez a avaliação da salinidade dos solos no novo regadio (Lionde-Nwachicoluane), no qual as amostras foram colhidas por parcelas de 200*500 m (cinco amostras por parcela). O estudo realizado pelo INIA foi selectivo, uma vez que a amostragem foi apenas feita nas parcelas onde as culturas apresentavam sintomas de mau crescimento associados à salinidade.

Brito *et al* (2002), num levantamento de campo na área coberta pelo regadio do Chókwè, avaliou a salinidade dos solos após as cheias do ano 2000. A densidade de

amostragem foi de uma amostra em cada 25 ha, feita numa rede de sondagem de 500 × 500 m ao longo de toda área de estudo. A amostragem usada resultou em 8 amostras por transectos de 2000 m. Este estudo à semelhança do realizado por Konstapel (1983), forneceu uma informação generalizada a cerca da distribuição espacial da salinidade nos solos, embora neste último a densidade de amostragem tenha sido relativamente maior.

Para um estudo mais detalhado, recomenda-se que a amostragem seja mais densa e que as amostras sejam recolhidas ou colectadas com base no método de malha sistemática definida por transectos de modo a garantir uma maior aproximação da situação real no terreno. Todavia, a densidade de amostragem é muitas vezes determinada em função, dos objectivos do estudo, da disponibilidade dos recursos financeiros entre outros.

Entretanto, atendendo a disponibilidade limitada de recursos financeiros e o tempo para a realização do estudo, optou-se por uma amostragem selectiva, na qual a selecção dos pontos foi baseada no mapa de salinidade para a profundidade de 50–80 cm, apresentado no estudo feito pela FAEF (2003) (Anexo 1). Seleccionou-se no mapa, locais onde existiam manchas escuras que representam regiões seriamente afectadas pela salinidade, partindo do Município de Chókwè (Sector Montante), em direcção ao regadio novo (Conhane-Lionde-Nwachicoluane).

A selecção dos pontos foi feita de modo a permitir um levantamento sistemático dos dados, tendo também em conta as vias de acesso. Em seguida, fez-se a instalação de 17 tubos piezométricos, em particular nos locais onde o lençol freático encontrava-se presente a uma profundidade inferior ou igual a dois metros. Os referidos pontos amostrados são apresentados no Anexo 3. As sondagens foram feitas até a uma profundidade de 2 metros.

3.3 Determinações de campo

Em cada ponto de sondagem, extraiu-se amostras de solo a 10 profundidades fixas até aos 200 cm (extracção de amostras em cada 20 cm de solo perfurado), com ajuda de uma sonda ou trado manual. As amostras de solo foram devidamente identificadas e conservadas para posterior análise no Laboratório. Além disso, determinou-se a textura do solo em campo, a condutividade eléctrica em suspensão de solo e água na proporção (1:2.5) e da água freática, bem como a medição da profundidade do lençol freático.

3.4 Determinações laboratoriais

Nas amostras de solo, determinou-se a condutividade eléctrica em suspensão ($CE_{1:2.5}$), pH e textura. Todas determinações laboratoriais foram feitas segundo a metodologia da FAO (1985), descrita no Manual de Laboratório em uso na Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal.

3.5 Balanço de sais na zona radicular

Para estudar o efeito das diferentes práticas de rega na salinização da zona radicular, assim como estimar as perdas de rendimento como consequência da salinidade dos solos, foram feitos dois balanços de sais, um semanal para a época fresca e outro para um período de 4 dias durante a época quente. Os balanços são expressos pela equação (19), e com ajuda de uma folha de cálculo desenvolvida no Microsoft Office Excel foram feitas as devidas simulações

O modelo de balanço de sais em causa considera-se em equilíbrio quando os valores médios da salinidade mantêm-se constantes para o mesmo balanço de água. Para a utilização deste modelo, é necessário obedecer os seguintes pressupostos:

- Todos os sais na solução do solo são solúveis e não precipitam;
- A concentração de sais na zona radicular à capacidade de campo é homogénea;
- O movimento de sais na zona radicular ocorre apenas quando a humidade no solo está à capacidade de campo;
- A quantidade de sais da água de chuva é negligível;
- A quantidade de sais fornecida pela aplicação de fertilizantes é também negligível, porque os nutrientes são todos absorvidos pelas plantas.

O modelo de balanço de sais expresso opera tendo em conta os seguintes parâmetros:

- Climáticos (precipitação e evapotranspiração de referência)
- Edáficos (capacidade de retenção da água no solo; teor de sais no solo)
- Agronómicos (cultura e suas necessidades hídricas)

3.5.1 Dados do clima

Os parâmetros climáticos usados directamente no modelo de balanço de sais são a precipitação e evapotranspiração de referência (Pr e ETo).

Os dados de precipitação utilizados no modelo de balanço de sais são referentes a um período de 30 anos (1969 - 1999), registados na estação Agrária do Chókwè (Anexo 9). Os valores da precipitação utilizados dizem respeito a uma probabilidade de excedência de 80%.

A precipitação efectiva foi fixada em 75% da precipitação registada ou seja considera-se que 25% da precipitação registada perde-se por escoamento superficial.

A evapotranspiração de referência foi calculada com base no método de Penman-Montheit, que requer para o cálculo, dados referentes a temperatura, humidade relativa, velocidade do vento, e o número de horas de luz. A determinação da evapotranspiração foi realizada no programa Cropwat com base nos dados existentes no programa referentes a região do Chókwè (Anexo 10).

3.5.2 Dados do solo

A condutividade eléctrica do extracto do solo (CEe), usada para estimar a quantidade de sais armazenados no solo no estágio inicial (S), foi obtida através da multiplicação do valor médio de CE (1:2.5) para a profundidade de 0-100 cm, pela razão entre o teor de humidade do solo no extracto (1:2.5) e o teor de humidade à saturação (θ_s). Os valores teóricos de θ_{cc} e θ_s foram estimados em função da textura do solo predominante no SM e SS (franco arenoso e franco argiloso respectivamente). A partir dos valores de θ_{cc} , determinou-se a humidade na zona radicular a capacidade de campo (Wcc), assumindo a profundidade da zona radicular como sendo de um metro. A Tabela 3 apresenta os valores teóricos de θ_{cc} , θ_s , PPP, e Wcc de acordo com a textura do solo.

Tabela 3: Valores teóricos de θ_{cc} , θ_s , PPP, e Wcc

| Sector | Textura do solo | θ_{cc} (%) | θ_s (%) | %PPP | Wcc (mm) |
|----------|-----------------|----------------------|-------------------|------|-------------|
| Montante | Franco arenoso | 21 | 32 | 9 | 210 |
| Sul | Franco argiloso | 36 | 52 | 18 | 360 |

Fonte : (Apontamentos de Rega e Drenagem , 2006)

A contribuição do lençol freático por ascensão capilar (G_{emax}), só acontece quando não há drenagem, neste estudo assume-se que a contribuição do lençol freático por ascensão capilar ocorre depois de 50 dias após a sementeira, porque acredita-se que antes dos 50 dias, o sistema radicular ainda não está completamente desenvolvido para extrair água das camadas mais profundas.

O valor de G_{emax} foi estimado em função do nível freático, usando as curvas teóricas 5 e 7 (para solos argilosos e franco arenosos respectivamente), que relaciona o nível freático com o tipo de solo (Figura 3). Sendo G_{emax} (LF = 1.9 m) \approx 0.3 mm/dia no SM e G_{emax} (LF = 1.1 m) \approx 0.5 mm/dia no SS.

Os valores de G_e assumidos foram diferentes para cada época:

- época quente 75% de G_{emax}
- época fresca 50% de G_{emax}

Nota: Como na Figura 4 não existe uma curva correspondente ao solo franco argiloso, usou-se a curva 5 que indica um solo argiloso.

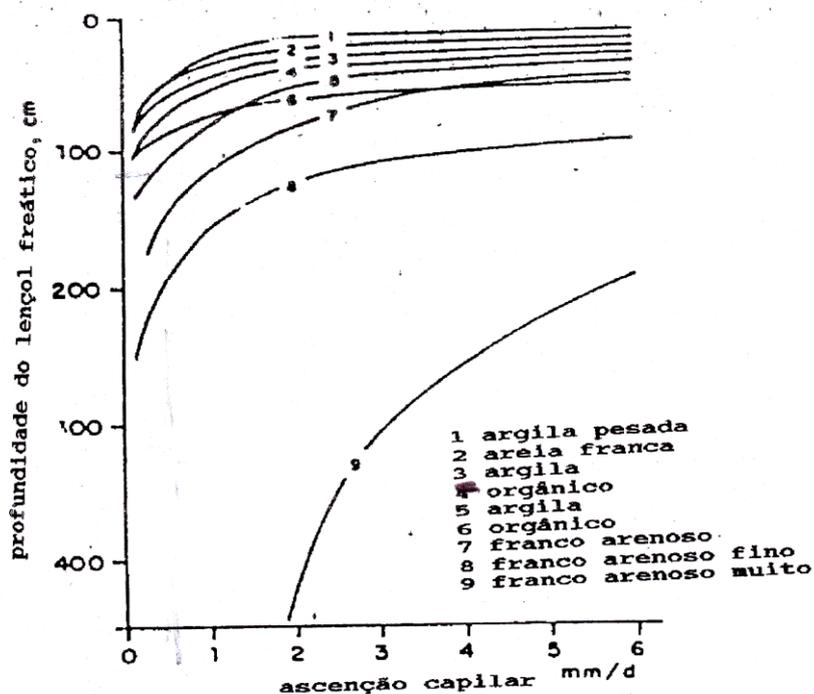


Figura 4: Representa a contribuição do lençol freático em função do nível freático e o tipo de solo

Fonte: (Apontamentos de Rega e Drenagem , 2006)

A fracção de lavagem de sais (f) foi assumida tendo em conta as características físicas do solo (textura e permeabilidade). Para tal usou-se o valor 0.5 para ambos sectores (SM e SS).

3.5.3 Dados da rega

As dotações de rega consideradas, correspondem aos diferentes esquemas de distribuição de água que são aplicados à situação do Chókwè durante o período de produção da cultura do tomate.

As dotações 22 e 25 mm foram estimadas em função das necessidades hídricas da cultura de tomate na época fresca e dizem respeito as quantidades praticadas pelos camponeses. Estas dotações foram extraídas dos estudos realizados por Serra (2004) e Massolonga (2006) no Regadio de Chókwè, referentes a eficiência de rega por sulcos para a cultura de tomate nos sectores Montante e Sul respectivamente. A dotação de rega usada no balanço de sais foi de 24 mm que corresponde ao valor médio das dotações acima descritas.

Os intervalos de rega usados de (4 e 7 dias) são praticados pelos agricultores entrevistados, durante as épocas quente e fresca respectivamente.

O valor de 0.5 dS/m, corresponde a salinidade média da água de rega determinada no campo para ambos os sectores Sul e Montante. Os dados da salinidade da água de rega encontram-se no Anexo 4.

3.5.4 Dados sobre a cultura

Para estudar algumas práticas de rega, foi seleccionada a cultura de tomate variedade HTX-14 por apresentar maiores rendimentos (40-60 t/ha). Esta cultura faz parte do plano de produção do regadio do Chókwè, e foi escolhida por um lado porque é frequentemente praticada pelo sector familiar, e contribui em grande medida na renda e subsistência de muitas famílias e por outro, porque vários estudos realizados relacionados com a rega (i.e, FAEF, 2001) fazem referência a viabilidade económica de produção desta cultura.

Os valores dos coeficientes das culturas (K_c) empregues no modelo foram obtidos do estudo feito por Allen *et al.* (1998).

A estimação do rendimento potencial actual (Y), foi efectuada tendo em conta a tolerância da cultura à salinidade. Os dados relativos à tolerância da cultura à

salinidade foram obtidos do estudo feito por Ayers e Wastcot (1991). Para o cálculo de (Y) foi utilizada a expressão 22.

Na realização do balanço de sais foram considerados 2 cenários, para a produção da cultura de tomate, tendo em contas suas necessidades hídricas e o calendário agrícola, para ambos sectores (SM e SS):

Cenário 1

Produção de tomate ao longo do ano, regando a cultura com uma dotação fixa de:

- 24 mm/semana na época fresca e
- 24 mm/4dias na época quente

E considerando dois intervalos de rega 4 e 7 dias, para as épocas quente e fresca respectivamente e uma fracção de lavagem de 0.5.

Cenário 2

Produção de tomate seguido por um período de pousio (60 dias), regando a cultura com uma dotação fixa de 24 mm/semana na época fresca e 24 mm/4 dias na época quente. A fracção de lavagem foi de 0.5, e considerando dois intervalos de rega 4 e 7 dias, para as épocas quente e fresca respectivamente.

O período de pousio, foi definido em função do calendário agrícola da região, isto é, para o caso de tomate cultura utilizada no modelo de balanço de sais é colhida três vezes ao longo do ano, foi fixado um período de pousio de 60 dias. Neste caso, assumisse que durante este período o campo está ocupado por vegetação natural. Para facilitar a estimação das demandas atmosféricas (evapotranspiração), assumiu-se a cultura de alfafa.

Com base na folha de cálculo desenvolvida no Microsoft Office Excel, determinou -se a tendência de salinização do solo para cada um dos cenários acima descritos.

Tabela 4: Resumo de alguns dados do modelo de balanço de sais para cada cenário e sector

| Cenários | Tom/Tom | | Tom/Pou/Tom | |
|----------------------------|--------------------------|------|-------------|-----|
| | SM | SS | SM | SS |
| Parâmetros | Valores numéricos | | | |
| Dotação (+) | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Intervalo de rega (dias) * | 7/ 4 | 7/ 4 | 7 | 7 |
| Gemax (+) | 3 | 5 | 3 | 5 |
| Wcc (+) | 210 | 360 | 210 | 360 |
| f (mm/mm) | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |

* Época fresca/quente

(+) mm/semana época fresca e mm/4 dias época quente

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A gestão da água de rega no regadio do Chókwè envolve vários intervenientes e cada um deles desempenha uma função específica no que concerne a distribuição da água, manutenção das infra-estruturas hidráulicas e a administração financeira do regadio. Nos capítulos a seguir, são descritos de forma detalhada os intervenientes da gestão da água de rega e as respectivas funções ou posições.

4.1 Estruturas de gestão da água no regadio do Chókwè

No regadio do Chókwè distinguem-se as seguintes estruturas de gestão: HICEP e a Associação de Regantes.

4.1.1 HICEP

A HICEP é a actual gestora do perímetro irrigado do Chókwè, responsável pela gestão da água, em particular as relações contratuais com a ARA-Sul, fornecedor de água bruta à cabeça do perímetro. É também responsável pela operação e a manutenção das infra-estruturas hidráulicas bem como a organização dos utentes. A empresa gestora do regadio é composta por um conselho de administração constituído por 7 membros (Figura 4), sendo composta por dois departamentos nomeadamente, o administrativo e o técnico, ambos baseados em Chókwè. O Departamento Técnico está dividido em três sectores hidráulicos (Montante, Sul e do Rio).

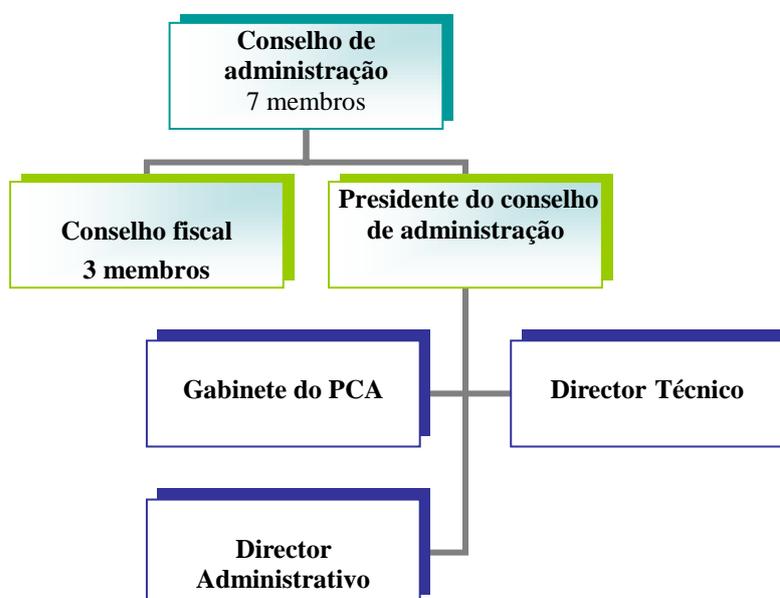


Figura 5: Organigrama da HICEP

Fonte : HICEP (2003)

4.1.2 Associação de regantes

São ao todo 27 associações de regantes distribuídas ao longo dos sectores hidráulicos, cujo papel é gerir as infra-estruturas secundárias e terciárias do regadio no que diz respeito a distribuição da água e manutenção das mesmas. Em geral, cada sector hidráulico é composto por vários canais secundários que por sua vez, se subdividem em canais terciários, geridos por uma associação de regantes ou de camponeses. As associações em geral são compostas pelas seguintes estruturas:

- Presidente
- Vice presidente
- Secretário administrativo
- Chefe cantoneiro, e
- Regantes

4.2 Gestão da rede de irrigação no regadio do Chókwè

Em função do volume disponível em Massingir, no início da campanha, reportam-se as áreas por irrigar, assim como, o calendário das necessidades em água. A gestão da rede é operada por um organismo descentralizado, em três níveis hierárquicos: canais primários, secundários e terciários.

- Ao nível dos canais primários, administra-se o conjunto das obras situadas nos canais às tomadas dos distribuidores.
- Ao nível dos distribuidores, cada cantoneiro ou equipa de cantoneiros administram um determinado distribuidor, inclusive as tomadas das caleiras com a exclusão da tomada dos distribuidores no canal principal.
- Ao nível da caleira ou canal terciário, um cantoneiro administra as tomadas de alimentação das parcelas do ramal (área de 16 ha).

Para melhor gestão da rede de irrigação, criou-se um Conselho Paritário de Gestão (CPG) por sector hidráulico, composto por representantes dos regantes e da HICEP. O CPG tem como finalidade, definir e executar programas de manutenção das redes secundárias e terciárias de distribuição, drenos e redes viárias. Todavia, a maior intervenção da HICEP é restringida às estruturas hidráulicas principais, deixando uma

maior responsabilidade para a associação de regantes na gestão das infra-estruturas secundárias e terciárias.

4.2.1 Fornecimento de água pela HICEP

No início de cada campanha os agricultores reportam as áreas que pretendem cultivar e a cultura a praticar. Feita a inscrição das áreas, a HICEP faz a planificação do uso de água em função das áreas inscritas e da disponibilidade da água. Todavia, nem todas as áreas inscritas pelos agricultores são posteriormente cultivadas, isto é, em muitos casos as áreas reportadas pelos agricultores são maiores relativamente aquelas que são na verdade exploradas. Isto deve-se ao facto de por vezes a água disponível não ser suficiente ou ainda os agricultores por falta de meios financeiros para o cultivo, acabam não explorando toda área previamente reportada no início da campanha.

4.2.2 Cobrança da taxa de consumo de água pela HICEP

O preço da água é cobrado em função da área colhida e da época de cultivo, isto é, os agricultores pagam a taxa de água no fim de cada campanha agrícola obedecendo as seguintes taxas: época fresca – 250 MT/ha, e época quente – 550 MT/ha.

A taxa de água cobrada pela HICEP, não considera o tipo de agricultor ou a sua capacidade em aproveitar a água. Este facto incita aos agricultores à não optimização do uso da água, ou seja há menos cuidado no uso e aproveitamento da água por parte dos agricultores, resultando em muitos casos no desperdícios de água.

4.2.3 Principais constrangimentos por parte da HICEP

Há falta de recursos materiais e financeiros para cobrir todos os custos envolvidos na manutenção e gestão das infra-estruturas, o que de certo modo influencia negativamente no funcionamento do regadio como por exemplo (irregularidades na distribuição da água, perdas de água durante a distribuição ao nível dos canais, causando deste modo alagamento de algumas áreas de cultivo).

4.3 Gestão de água ao nível dos agricultores

A gestão da água pelos agricultores no perímetro irrigado do Chókwè, começa quando a água entra nos canais secundários e terciários. Os agricultores em geral encontram-se afiliados à associações de regantes, responsáveis pela gestão de água e manutenção das infra-estruturas secundárias e terciárias, assistidos pelo Gabinete Técnico da HICEP. Dentro das associações os agricultores encontram-se organizados e planificam as suas actividades relacionadas com a rega, manutenção e limpeza dos

canais de rega e valas de drenagem secundárias e terciárias. Nos sub-capítulos a seguir é descrita de forma detalhada a gestão da água nos dois sectores (SM e SS).

4.3.1 Sector Montante (SM)

No SM os agricultores encontram-se organizados em associações, e participam de forma activa na manutenção, limpeza das valas e canais secundários e terciários.

Este sector é maioritariamente constituído por pequenos agricultores. Usam rega por gravidade, e ela é feita baseando-se em observações visuais do solo e das plantas, obedecendo um intervalo de rega de sete dias na época fresca e de quatro dias na época quente. Apresentam uma constância na produção de milho e feijão em todas épocas do ano, cujo o rendimento médio é de 4 ton/ha para o milho e 3.1 ton/ha para o feijão, pelo facto de não possuírem insumos agrícolas e disponibilidade de água suficiente para a rega.

Constrangimentos

- Caleiras degradadas, e subsequente perdas de água, que em muitos casos causam alagamento das áreas agrícolas.
- Irregularidade na distribuição da água durante a rega.
- Falta de coordenação entre os regantes durante a rega.

4.3.2 Sector Sul (SS)

No SS os agricultores encontram-se também agrupados em associações, onde participam na gestão da água ao nível dos canais secundários e terciários, manutenção e limpeza das infra-estruturas.

A diferença do SM, o SS é composto na sua integra por médios e grandes agricultores. A semelhança do SM, o intervalo de rega varia em função da época, sendo na fresca de sete dias e na época quente quatro dias, baseando-se em observações visuais do solo e das plantas. A obtenção de água para rega em muitos casos é feita com motobombas, em valas de drenagem (Figura 6), apesar de existir alguns canais de rega. Isto não só deve-se à degradação das caleiras, como também pelo facto de a HICEP aproveitar algumas valas de drenagem para distribuir a água de rega aos agricultores.



Figura 6: Captação da água numa vala de drenagem (distribuidor D9)

Constrangimentos

- Perdas de água devido a degradação das caleiras, e o nivelamento do solo, por exemplo, há casos em que, quando um agricultor está a regar, inunda o campo dos vizinhos.
- Irregularidade no fornecimento da água ao nível do regantes, devido a falta de coordenação entre os regantes durante a rega.
- Valas de drenagem em mau estado (invadidas pela vegetação) no regadio novo, devido a falta de manutenção.

4.4 Constatações gerais da gestão da água no regadio de Chókwè

A gestão da água no regadio do Chókwè tem como intervenientes: a HICEP em coordenação com a ARA-Sul e os agricultores. A HICEP é responsável pela distribuição da água, manutenção, reparação das infra-estruturas e administração financeira. No entanto, a gestão pela HICEP é restringida principalmente ao nível das unidades hidráulicas principais, deixando a gestão da água e das infra-estruturas secundárias e terciárias sob a responsabilidade das associações dos agricultores.

A gestão da água de rega no regadio do Chókwè é mista dado que envolve a combinação de dois tipos de gestão, nomeadamente gestão burocrática e gestão pelos agricultores. A combinação destas duas componentes na gestão da água vem para proporcionar uma melhor utilização da água de rega ao nível do sistema.

Entretanto, a gestão da água no regadio do Chókwè pode ser considerada deficitária, uma vez que a HICEP e as associações dos regantes não conseguem cobrir todas as suas obrigações relacionadas com a gestão e manutenção das infra-estruturas. Isto contribui para a degradação contínua das infra-estruturas hidráulicas do sistema do regadio resultando em perdas de água por fugas ao longo dos canais de irrigação. Este facto é notável em muitos campos agrícolas nos sectores (SM e SS), o que resulta em alagamentos frequentes, tornando assim a agricultura impraticável com uma consequente ocorrência da salinização dos solos.

A não manutenção das infra-estruturas hidráulicas ao nível do sistema de rega, pode estar relacionado com a estrutura organizacional ao nível das associações dos agricultores, isto é, a falta de coordenação entre os agricultores dentro das associações durante a rega bem como a fragilidade financeira destes e das respectivas associações. O outro aspecto que merece realce está relacionado com o princípio usado pela HICEP na cobrança da taxa da água, pois esta é feita em função da área colhida e da época de cultivo, e não em função da água utilizada pelos agricultores. Na verdade, este critério de pagamento de água segundo a HICEP não é rentável, atendendo que a renda paga pelos agricultores não satisfaz as despesas envolvidas na operação e manutenção das infra-estruturas do regadio, mesmo com algum apoio financeiro disponibilizado pelo estado para o efeito.

Todavia a injeção de fundos parece sempre necessária para fazer face aos custos reais envolvidos na operação e manutenção das infra-estruturas hidráulicas (canais de rega e valas de drenagem).

Segundo Salassier (1989), a taxa de água deve ser cobrada mensalmente em função do volume gasto, pois, além de permitir uma maior responsabilidade no uso da água por parte dos agricultores, a renda obtida pode minimizar as despesas de operação. Em contrapartida, este sistema de cobrança de água necessita de um dispositivo de controlo dos caudais e/ou dos volumes individuais o que envolve custos acrescidos. Nas condições actuais de funcionamento do Regadio do Chókwè esta opção de cobrança parece não ser uma alternativa imediata devido aos custos associados a instalação de dispositivos que possam ajudar na quantificação da água utilizada ao nível das parcelas.

Os Sectores SM e SS, são susceptíveis aos problemas de distribuição da água e alagamento das áreas de produção e consequente salinização dos solos. Este problema, torna-se ainda mais grave quando os agricultores realizam algumas práticas inadequadas como é o caso do uso da água das valas de drenagem e pousio. Segundo Konstapel (1981), a ocorrência da água salina a pouca profundidade, aliada a períodos longos de pousio, têm sido apontadas como sendo uma das principais causas da salinização dos solos em alguns locais do regadio em particular no SS.

4.5 Análises do solo

4.5.1 pH

Os resultados do pH do solo dos pontos amostrados na área de estudo (SM e SS) são apresentados nas Tabelas 5.

Tabela 5: Valores médios e desvio padrão do pH do solo no SM e SS

| Prof. (cm) | SM | SS |
|---------------|-----------------------|-----------------------|
| | pH (H ₂ O) | pH (H ₂ O) |
| | Médio & STD | Médio & STD |
| 0-20 | 7.9 ± 0.3 | 7.9 ± 0.7 |
| 20-40 | 8.2 ± 0.4 | 7.9 ± 0.6 |
| 40-60 | 8.5 ± 0.8 | 8.0 ± 0.6 |
| 60-80 | 8.4 ± 0.6 | 8.2 ± 0.5 |
| 80-100 | 8.5 ± 0.7 | 8.3 ± 0.5 |
| 100-120 | 8.7 ± 0.7 | 8.3 ± 0.5 |
| 120-140 | 8.7 ± 0.7 | 8.2 ± 0.6 |
| 140-160 | 8.6 ± 0.4 | 8.3 ± 0.7 |
| 160-180 | 8.6 ± 0.4 | 8.3 ± 0.7 |
| 180-200 | 8.9 ± 0.8 | 8.4 ± 0.7 |

O pH do solo é potencial logaritmo da concentração de iões de hidrogénio numa solução do solo. Os valores médios do pH das amostras estudadas varam de 7.9 à 8.9. Valores que se encontram neste intervalo, não constituem perigo para o desenvolvimento das plantas, mas sim favoráveis a ocorrência de nutrientes como o N, P e K, na forma disponível para as plantas. Porém, na área de estudo os valor do pH nos perfis do solo tendem a ser básico o que poderá indicar a ocorrência de sodicidade do solo nas camadas mais profundas.

4.5.2 Salinidade

A salinidade do solo é um factor importante na agricultura irrigada, considerando a sua interferência no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Para melhor compressão do processo de salinização dos solos nos sectores (SM e SS), fez-se o esboço do perfil do solo como mostra a Figura 7.

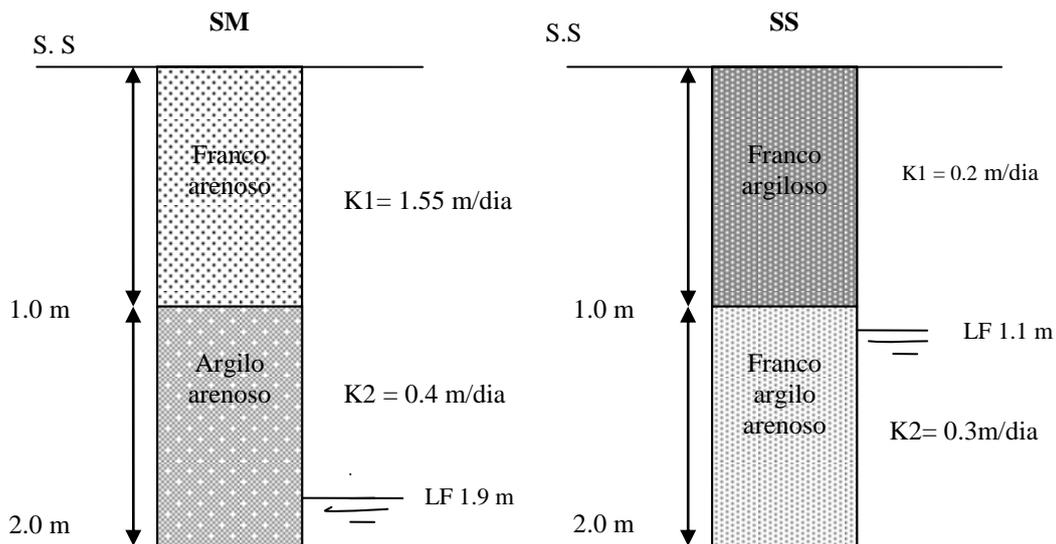


Figura 7: Perfil do solo com a textura e profundidade do lençol freático

Nota: Os valores de K1 e K2 foram extraídas do estudo realizado pela FAEF (2001), no Regadio de Chókwè (Programa Compitir) para as respectivas texturas.

Pela ilustração do perfil (Figura 7), nota-se que a textura do solo no SM é relativamente leve quando comparada ao SS onde os solos são franco argiloso a franco argilo arenoso. Pela profundidade do lençol freático nos dois sectores, constata-se que os solos do SS são mais propensos a salinização por ascensão capilar comparativamente ao SM.

Na avaliação da salinidade dos solos foi usada a condutividade eléctrica em suspensão de solo e água na proporção (1:2.5) (Figura 8). Os resultados da salinidade são apresentados na forma gráfica, relacionando a condutividade eléctrica média com a profundidade do solo ao longo perfil.

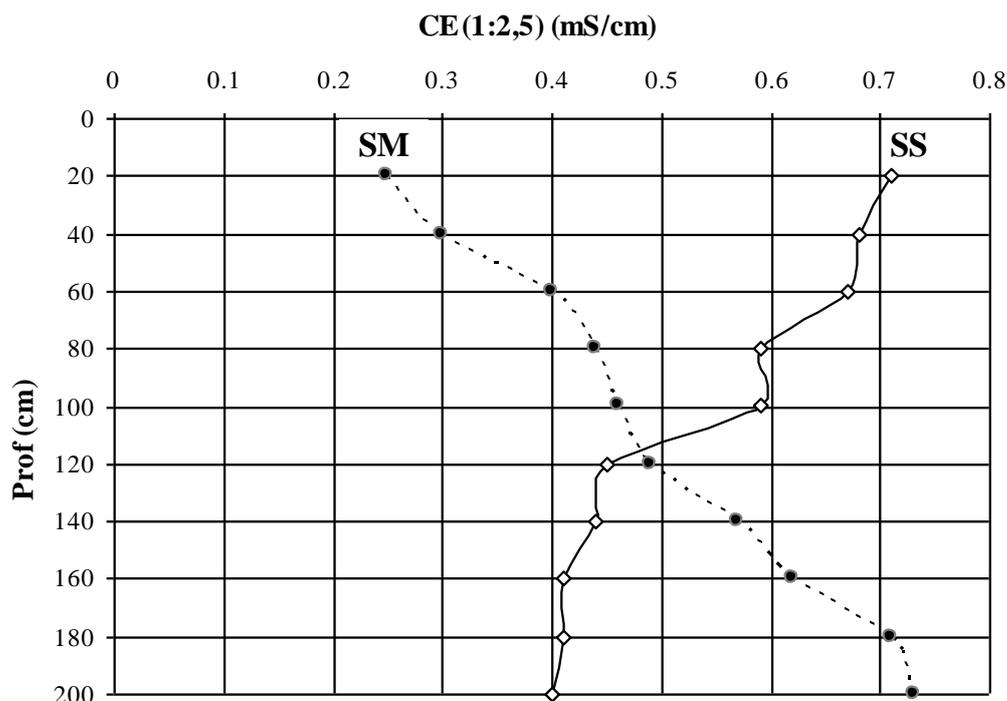


Figura 8: Salinidade ao longo do perfil do solo no SM e SS

No SM, o nível de salinidade tende a aumentar com o aumento da profundidade no perfil do solo (lavagem de sais no perfil do solo). Segundo Cruciani (1997), este facto pode ocorrer devido a aplicação duma quantidade de água extra às necessidades das culturas, destinada à remoção de sais à baixo da zona radicular durante a irrigação aliada a solos de alta permeabilidade e um sistema drenagem operacional.

Entretanto, no SS nota-se o inverso daquilo que se verifica no SM, isto é a salinidade do solo tende a diminuir com o aumento da profundidade, o que pressupõem acumulação de sais no perfil do solo. Este fenómeno em zonas irrigadas como é o caso do Regadio do Chókwè é indesejável, dado que a médio e longo prazo pode levar a degradação de solos por salinidade e consequente perda de rendimento das culturas.

Segundo Primavisi (1997), a acumulação de sais em zonas irrigadas pode estar relacionado por um lado com uma rega deficiente, que humedece apenas uma pequena camada de solo que por sua vez não contribui no processo de lavagem de sais no perfil do solo, e por outro lado o lençol freático pode estar presente a pouca profundidade da superfície do solo (aproximadamente 1 m da superfície do solo), o que pode dificultar a drenagem, contribuindo de forma considerável na acumulação de sais no perfil do solo.

Para Konstapel (1981), a salinização dos solos do regadio do Chókwè tem sido causado fundamentalmente devido a presença do lençol freático salino a pouca profundidade, isto é, à menos de um metro da zona radicular. Para o caso do SS, o lençol freático é salino e encontra-se pouco profundo, isto é entre 0.7 a 1.9 metros de profundidade com uma textura de solo relativamente pesada (franco argiloso a franco argilo arenoso). Aliado a estas condições, o clima da região (semi-árido) acaba condicionando a acumulação de sais por capilaridade nas camadas superficiais do solo.

4.6 Salinidade da água freática

Em zonas irrigadas de clima semi-árido, o elevado teor sais na água freática, a pouca profundidade, pode representar um grande risco na salinização dos solos, caso não sejam tomadas medidas de controlo do nível freático. Dai que seja relevante tomar em consideração este aspecto aquando da irrigação.

As Figuras 9 e 10 ilustram a variação da salinidade da água freática ao longo do tempo nos sectores Montante e Sul.

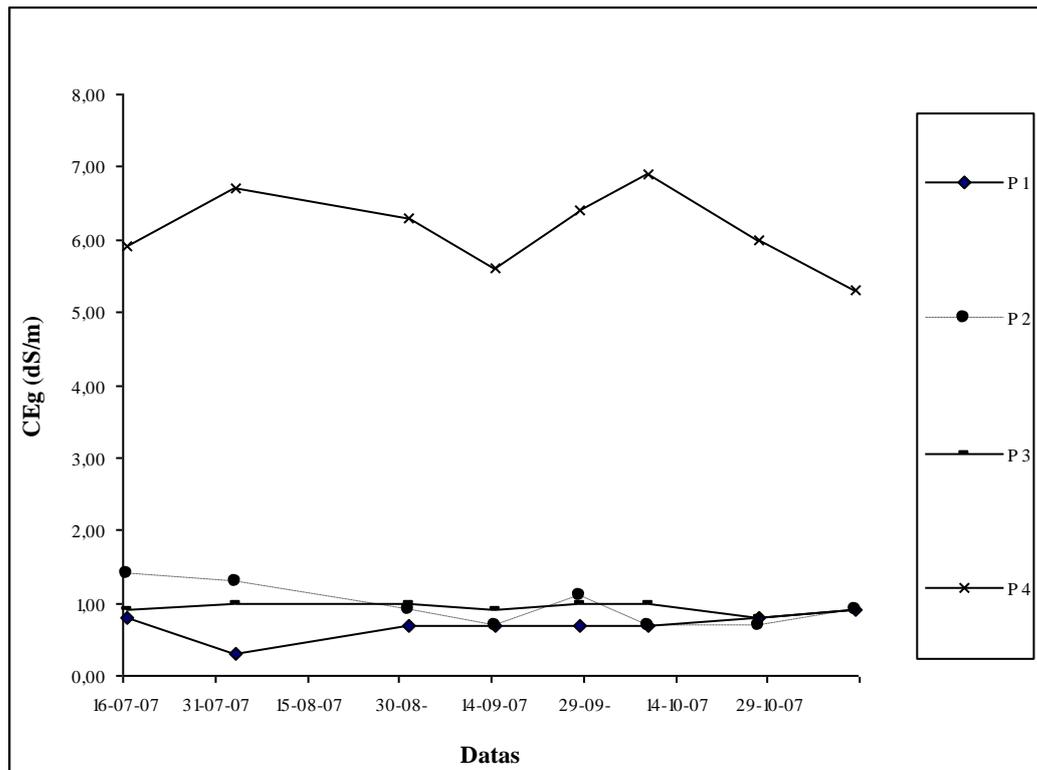


Figura 9: Variação da salinidade da água subterrânea ao longo do tempo no sector Montante

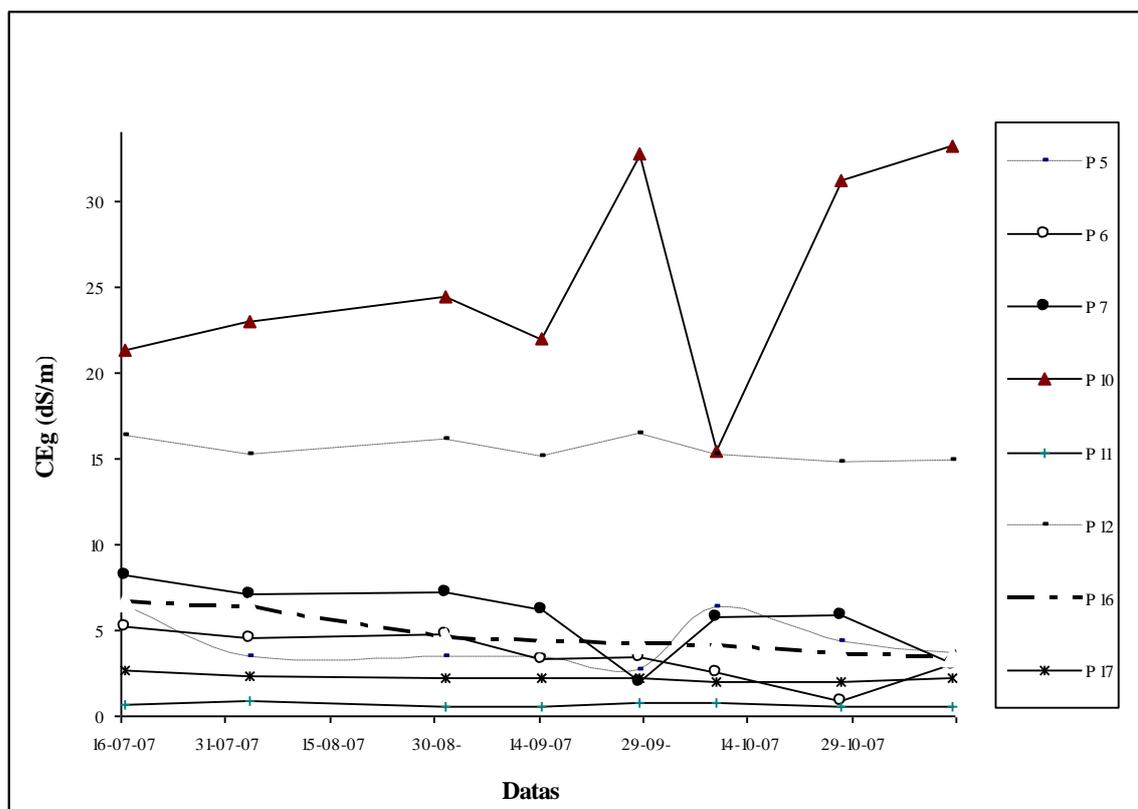


Figura 10: Variação da salinidade da água subterrânea ao longo do tempo no sector Sul

Nas Figuras 9 e 10, observa-se que a condutividade eléctrica da água freática na maior parte dos pontos ao longo do tempo apresenta uma ligeira variação ou seja quase não varia com o tempo. No entanto em alguns pontos (P4, P7 e P10) os níveis de salinidade mostram uma variação considerável ao longo do tempo.

A condutividade eléctrica da água freática nos pontos amostrados variou de 0.8 a 26.5 dS/m. Segundo os critérios usados para avaliação dos riscos de salinidade da água de rega estabelecidos por Smedema e Rycroft (1983), a água freática apresenta salinidade moderada a salina. Entretanto, maiores níveis de salinidade da água freática encontram-se no SS (P7, P10 e P12).

Segundo Konstapel (1981), a presença da água freática salina nestas regiões deve-se a ocorrência de sedimentos marinhos, que contêm teores elevados de sais solúveis. O mesmo autor sustenta ainda que, nas áreas de recarga das águas subterrâneas, encontram-se água salina a muito salina.

Nestas regiões, a presença do lençol freático pouco profundo (0.6 a 1.6 metros), pode estar associado à presença de solos de baixa permeabilidade (franco argilosos a franco argilo arenosos), e um sistema de drenagem deficiente.

Segundo (FAEF, 2001), o elevado teor salino da água freática associado a um clima semi-árido, torna a questão de sais e de salinização um aspecto de extrema importância na irrigação. Nestas condições, se a rega for deficiente ou mal executada, corre-se o risco de salinização das camadas superficiais de solo, tornando deste modo improdutivos para a actividade agrícola.

Como forma de minimizar o risco de salinização dos solos resultante do lençol freático salino pouco profundo será necessário melhorar o sistema de drenagem, de modo a remover o excesso de água e consequente controlo do lençol freático.

4.7 Balanço de sais na zona radicular

Parta estudar o efeito de algumas práticas de rega na salinização da zona radicular, fez-se um balanço de sais por semana na época fresca e por um período de 4 dias na época quente, expresso pela equação (19). De acordo com a cultura praticada, suas necessidades hídricas e o calendário agrícola, foram considerados 2 cenários, obedecendo a seguinte ocupação cultural ao longo do ano: tomate/tomate e tomate/pousio/ tomate. No anexo 8 estão apresentados os resultados da simulação do balanço de sais de forma detalhada.

4.7.1 Variação da salinidade em função do intervalo de rega

A Figura 11 mostra a variação dos sais no solo quando se fixa um intervalo de rega de 7 dias na época fresca e 4 dias na época quente, considerando a seguinte ocupação cultural: cultivo de tomate durante o ano regando a cultura com dotação fixa de 24 mm/semana na época fresca e 24 mm/4dias na época quente.

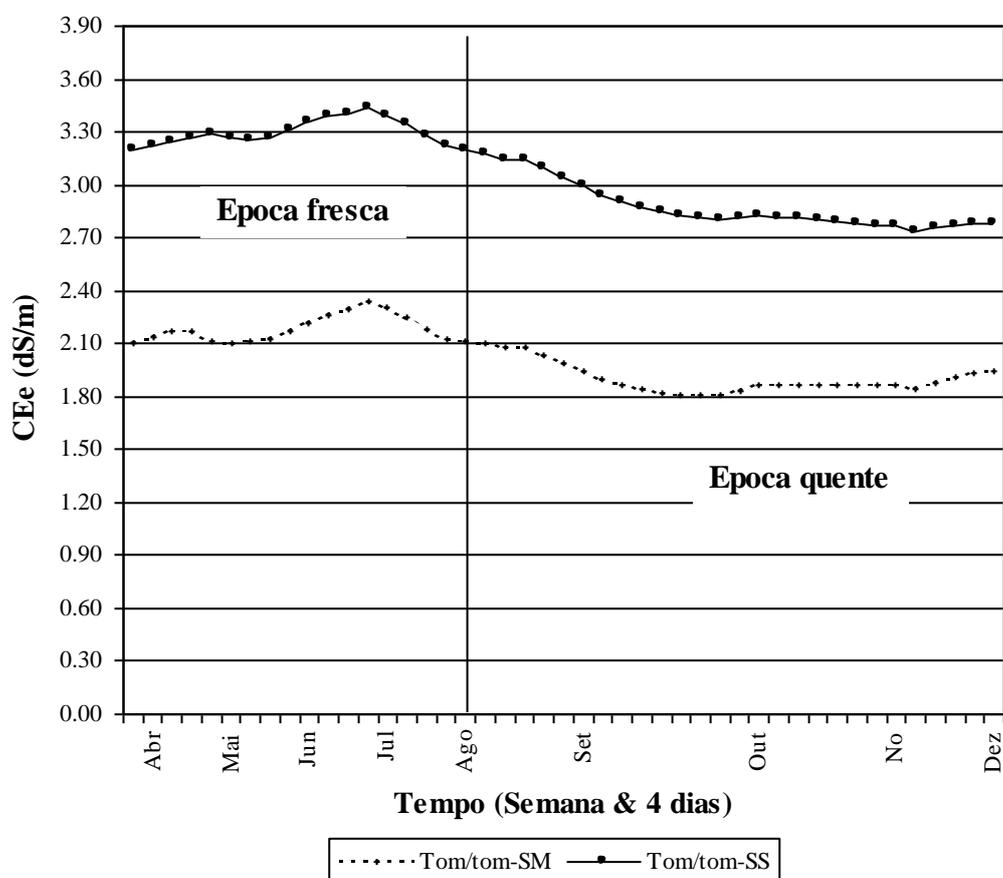


Figura 11: Flutuação dos sais no solo quando se fixa um intervalo de rega de 7 dias na época fresca e 4 dias na época quente sub cultivo de tomate.

Na Figura 11, as curvas correspondentes aos sectores Montante e Sul, indicam um aumento do nível de salinidade ao longo da época fresca sub cultivo de tomate, quando o intervalo de rega é fixo em 7 dias. Contrariamente a este cenário, as curvas de salinidade na época quente mostram um decrescimento acentuado quando se encurta o intervalo de rega de 7 para 4 dias.

O comportamento das curvas de salinidade na época fresca pressupõem que a dotação de rega aplicada (24 mm/semana) para o intervalo de rega de 7 dias, além de satisfazer as necessidades hídricas da cultura de tomate permite controlar o nível de salinidade do solo, sem grandes desperdícios de água por drenagem. Comparativamente ao caso anterior, as curvas de salinidade na época quente para a dotação de 24 mm/4dias tendem a decrescer ao longo da época de cultivo (lavagem de sais), contudo, os desperdícios de água por drenagem são maiores.

Segundo Rhoades (1990), a dotação e o intervalo de rega representam factores críticos no controlo da salinidade, dado que um manejo inadequado destes factores pode contribuir de forma considerável na salinização dos solos.

E para o caso do Regadio do Chókwè onde as condições climáticas favorecem a acumulação de sais nas camadas superfícies do solo, um manejo adequado destes factores é imprescindível para minimização do problema de salinidade.

4.7.3 Variação da salinidade do solo sub efeito do pousio

O pousio é o período de tempo em que o campo está sem cultura. Na avaliação do pousio, considerou-se, cultivo de tomate ao longo do ano com pousio, regando a cultura com uma dotação fixa de 24 mm/semana na época fresca e 24 mm/4dias na época quente. O período de pousio, foi definido em função do calendário agrícola da região, isto é, para o caso de tomate cultura utilizada no modelo de balanço de sais e praticada três vezes ao longo do ano, fixou-se um período de pousio de 60 dias.

Na Figura 12, é mostrada a flutuação dos sais, considerando cultivo de tomate ao longo do ano com e sem pousio.

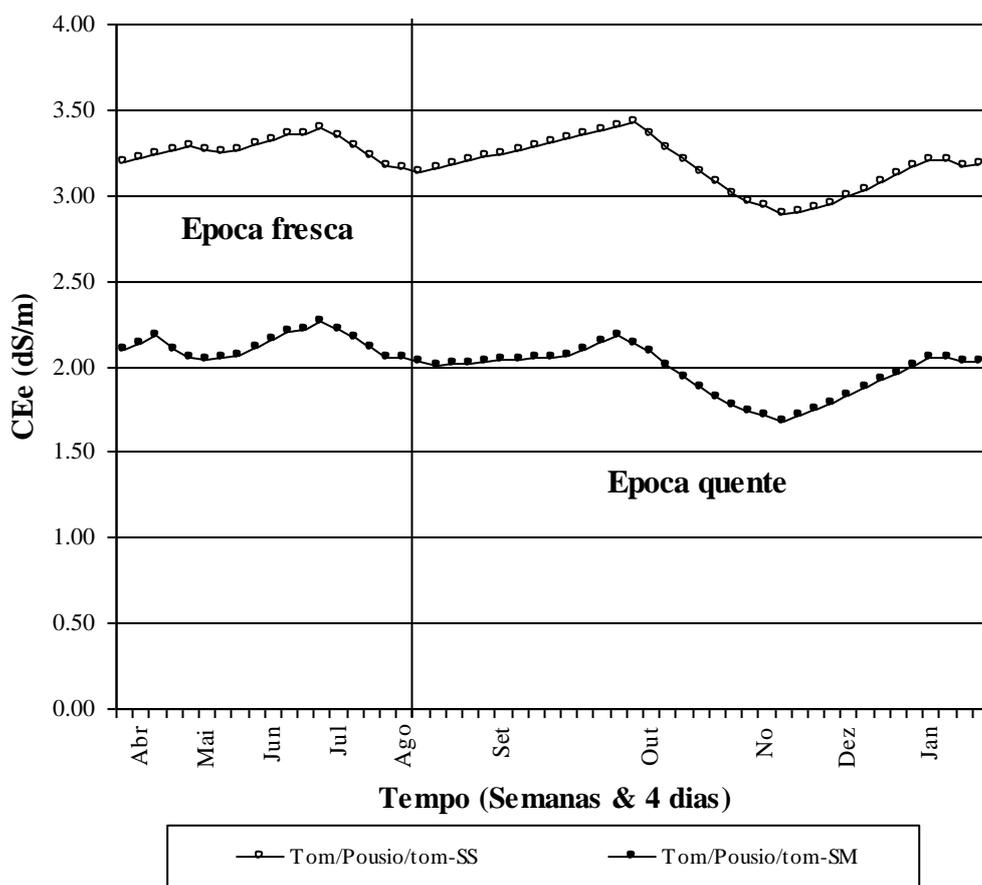


Figura 12: Variação do teor de sais durante o cultivo de tomate, considerando um período de pousio de 60 dias

Na figura 12 nota-se que os níveis de salinidade no início da época quente quando se pratica pousio nos Sectores Montante e Sul, tendem a crescer até um máximo de 3.4 dS/m, e decrescem consideravelmente com produção de tomate. Para melhor ilustrar o efeito do pousio, esboçou-se a Figura 13 que mostra os níveis de salinidade sub cultivo de tomate com e sem pousio.

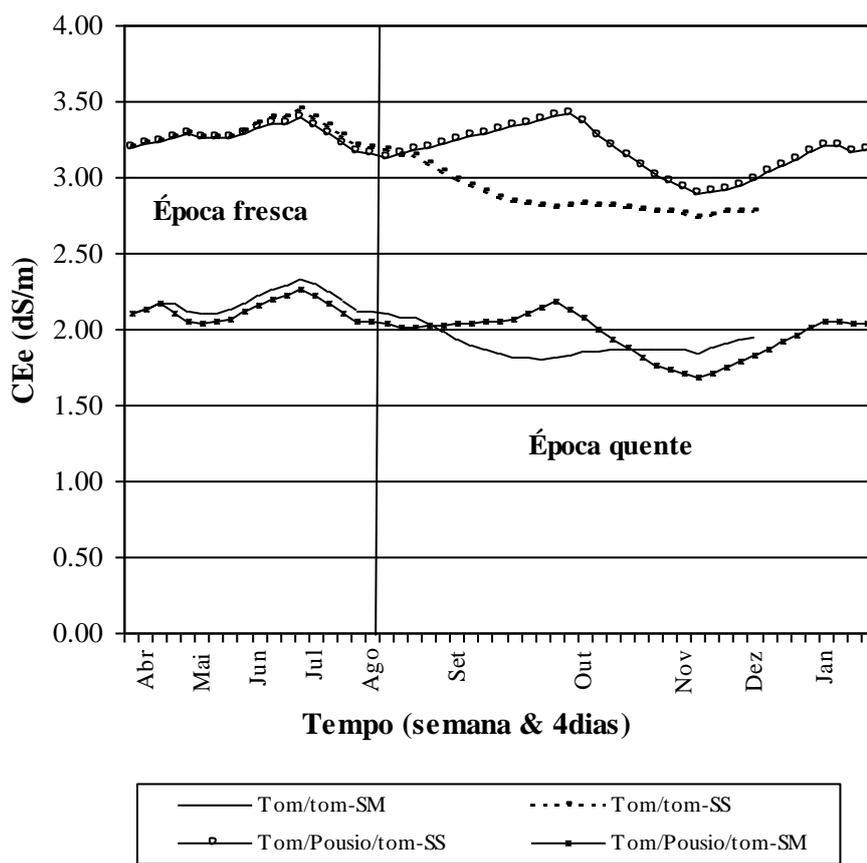


Figura 13: Variação do teor de sais durante o cultivo de tomate com e sem pousio

Durante o cultivo de tomate ao longo do ano (épocas fresca e quente) sem pousio, nota-se que o teor de sais tende a decrescer tanto no SS assim como no SM, mas quando se pratica o pousio o teor de sais tende a crescer até ao princípio da segunda época de produção do tomate e depois vai decrescendo com o tempo.

FAEF (2001), refere que em caso de pousio a salinidade dos solos atinge valores muito elevados, dado o elevado teor de sais da água subterrânea a pouca profundidade e dos solos existentes na região, com isso recomendam uma ocupação agrícola máxima, contínua, e intensiva dos terrenos ao longo do ano.

Brito *et al.* (2002), referencia que a prática do pousio após o cultivo do arroz, permite o aumento do nível de salinidade no solo ao longo do tempo devido a capilaridade como resultado das condições climáticas.

Entretanto, o pousio pode ser considerado uma prática indesejável, uma vez que permite a acumulação de sais nas camadas superficiais do solo, através da contribuição do lençol freático por ascensão capilar. No presente trabalho, embora haja acumulação de sais (aumento dos níveis de salinidade) quando se pratica o pousio, os níveis de salinidades alcançados ainda não são alarmantes para a cultura de tomate.

4.7.4 Perda de rendimento do tomate devido a salinidade solo

A perda de rendimento da cultura de tomate devido a variação da salinidade do solo, como consequência da rega, foi determinado tendo em conta o seguinte cenário: cultivo de tomate ao longo do ano, regando a cultura com uma dotação fixa de 24 mm/década e considerado o intervalo de rega de 7 dias na época fresca 4 dias na época quente. A Figura 14, ilustra a perda de rendimento do tomate devido a variação da salinidade do solo.

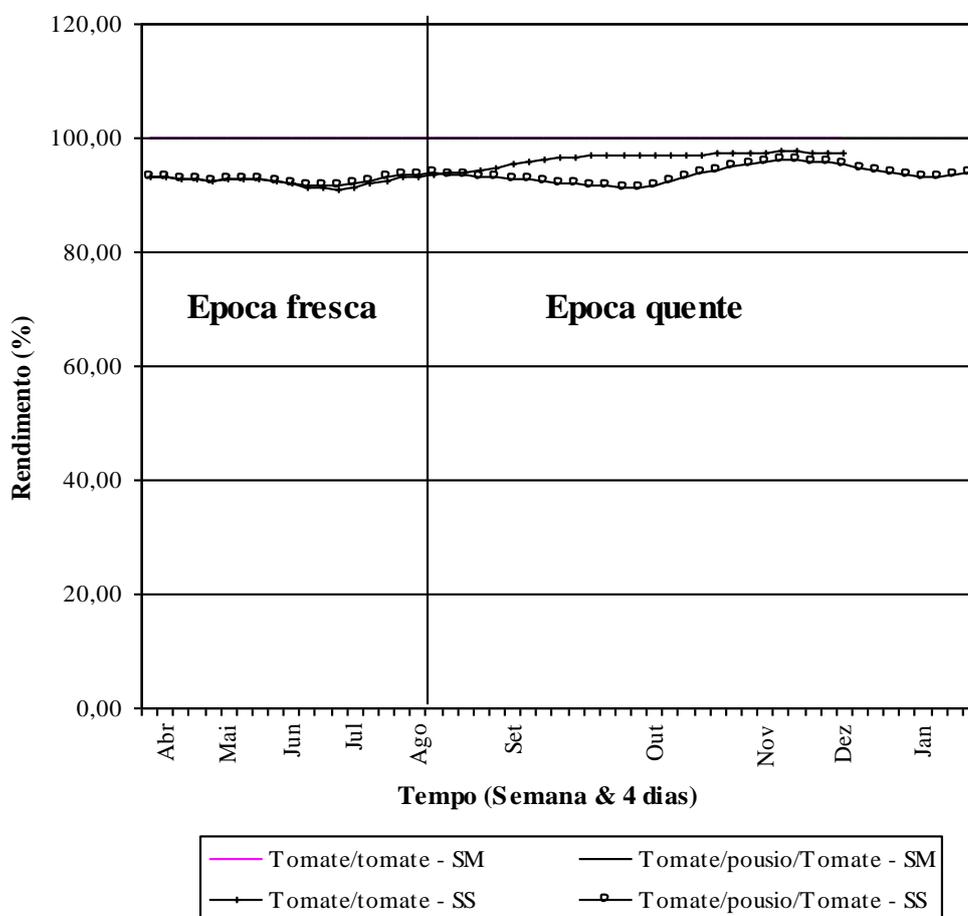


Figura 14: Perdas de rendimento da cultura de tomate devido variação do teor de sais ao longo do ano, considerando uma dotação de (24 mm/semana na época fresca, e 24 mm/4dias na época quente).

Na Figura 14, nota-se que, o rendimento potencial do tomate no SM (épocas fresca e quente) não sofreu redução, devido o baixo teor de sais alcançados.

Entretanto, no SS (época fresca e quente), o rendimento potencial do tomate reduziu apenas numa pequena proporção (menos de 10%), porque os níveis de salinidade obtidos neste período foram relativamente maiores e já reduzem o rendimento da cultura de tomate.

A cultura de tomate segundo a FAO (1985), é considerada moderadamente sensível a salinidade, isto é o rendimento da cultura só é afectado a partir de valores de salinidade do solo acima de 2.5 dS/m. É por essa razão que o rendimento do tomate no SM não reduziu (os valores de salinidade são inferiores ou iguais a 2.5 dS/m), quando comparado ao SS, onde o rendimento do tomate baixou em menos 10% da produção, porque os valores de salinidade são ligeiramente superiores a 2.5 dS/m.

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

Após a colheita de dados, informações e análises feitas referentes ao estudo pode-se concluir que:

- O actual sistema de gestão pode ser considerado deficitário por duas razões, sendo a primeira que a maior parte dos locais dos sectores SM e SS as infra-estruturas do regadio encontram-se degradadas ou invadidas pela vegetação. Isto não apenas cria perdas/ineficiência de água ao nível do sistema, como também, dificulta o domínio na distribuição da água no sistema. A segunda razão que por sinal merece um grande realce é o critério de cobrança da taxa de água, que é feita em função da área colhida por época de crescimento, o que incita os agricultores a não optimização do uso da água que lhes é atribuída.
- Os serviços de operação e manutenção das infra-estruturas do regadio do Chókwè apresentam dificuldades no seu exercício, dada a insuficiência de recursos financeiros por parte da HICEP aliada a fraca participação e fragilidade financeira dos agricultores e suas respectivas associações.
- A salinidade dos solos ao longo do perfil no SM tende a aumentar com a profundidade o que pressupõem lavagem de sais, contrariamente ao SS, onde o nível de salinidade tende a decrescer com a profundidade o que indica acumulação de sais no solo. Este cenário pode estar relacionado com o frequente problema de drenagem e consequente presença do lençol freático salino pouco profundo (0.6 a 1.6 metros) e a pratica do pousio.
- A salinidade dos solos no SM assim como no SS é sensível a gestão da água de rega, dado que em caso pousio ou intervalo de rega longo (7dias), os níveis de salinidade ao longo do ano tendem a aumentar até 3.4 dS/m no SS e 2.3 dS/m no SM. Enquanto que quando se reduz o intervalo de rega e não se pratica o pousio, os níveis de salinidade tendem a decrescer. Entretanto os níveis de salinidades alcançados não são alarmantes visto que não causam perdas significativas no rendimento da cultura de tomate (menos de 10%).

- A ocorrência da água freática muito salina a pouca profundidade, aliada as condições climáticas da região (clima semi-árido), constitui um grande risco a salinização dos solos por ascensão capilar.

5.2 Recomendações

A HICEP e aos agricultores

- Recomenda-se a HICEP a promover palestras de sensibilização aos agricultores em relação ao uso e aproveitamento de água de rega, de modo a minimizar perdas de água durante a rega ou seja incitar os agricultores a otimizar o uso da água que lhes é atribuída.
- Recomenda-se aos agricultores a trabalharem em equipe e de forma organizada durante as actividades de rega e manutenção das infra-estruturas.
- Recomenda-se a HICEP a participar mais nas actividades exercidas pelas associações dos agricultores relacionadas com a distribuição da água, manutenção e reparação das infra-estruturas do regadio (canais de rega e valas de drenagem) de forma a encorajar a participação activa dos agricultores.
- Sendo água subterrânea salina presente a pouca profundidade, uma das principais causas da salinização dos solos no regadio em particular no SS (regadio novo), recomenda-se a HICEP e a associação dos agricultores a fazerem regularmente a manutenção e reabilitação dos sistemas de drenagem. Evitar a prática de pousio fazendo um uso intensivo dos solos.

Aos investigadores

- Recomenda-se a repetir o estudo em épocas diferentes, abrangendo todo regadio do Chókwè, de modo a verificar a consistência dos resultados obtidos no presente estudo.
- Recomenda também, fazer uma análise quantitativa da gestão da água de rega, aspecto que não foi analisado neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D. & SMITH, M. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO, Irrigation and Drainage Paper 56. Rome.
- AYERS, R. S. & Westcot, D. W. 1991. A qualidade da água na agricultura. Tradução.
- BASTIAANSEN, A. P. M. 1993. Local Organizations Models for Water Management. The use of Model as Analical Tool; WAU; Wageningen, p8.
- BERNARDO, S. 1995. Manual de Irrigação. 6 ed. Viçosa: UFV, Imp Universidade.
- BRITO, R., TOMO, A., MUMGUAMBE, P., MAGAIA, E., SITHOE, P.J. & MACHEL, P. 2002. Salinização dos solos do Regadio do Chókwè. Resultados Preliminares do Levantamento do Campo pós 2000. Projecto Limpopo. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (FAEF). Universidade Eduardo Mondlane.
- CRUCIANI, D. E. 1987. A drenagem agrícola, 4a edição. São Paulo – Nobel
- FAEF. 2001. Diagnóstico da Fileira Agrícola, Programa Competir, Região Agrícola do Chókwè.
- FAEF, 2006. Apontamentos de Rega e Drenagem. . UEM - Maputo.
- FAO. 1985. Water quality for agriculture. FAO irrigation paper, n°29,Rome, 234pp.
- GENET, W. 1983. Apontamentos de Agrohidrologia, Rega e Drenagem. UEM-Maputo.
- HICEP. 2003. Manual de Operação e Manutenção do regadio do Chókwè – Descrição técnica do regadio. Chókwè.
- HORST, L. 1983. Irrigation Systems. 1a ed Semester M31. Preliminary edition, WAU; Wageningeu, p52.
- INIA. 1989. Avaliação da Salinidade dos Solos no Novo Regadio – Lionde e Nwachicoluane.

- JURRIEUS, R. & K. DE JONG. 1989. Irrigation Water Management. Literature Survey. ILRI e DISWC, P185.
- KONSTAPEL, C. D. 1981 Avaliação Preliminar dos Problemas de Salinidade e Drenagem do Sistema de Regadio Eduardo Mondlane – Vale do Limpopo. INIA, Comunicação Série Pedológica, Comunicação no 10.
- MASSOLONGA, A R .2006. Avaliação da Eficiência de Rega por Sulcos Numa Área de 16 ha para a Cultura de Tomate no Distribuidor-9 (Regadio de Chókwè). FAEF, UEM, Maputo Tese de Licenciatura.
- PAUL, U. 1994. Os Pequenos Camponeses e a Gestão da Água no Regadio Eduardo Mondlane. Moçambique.
- PRIMAVESI, A. 1997. Maneio ecológico do solo: A Agricultura em regiões tropicais. 9ª ed, São Paulo, Livraria Nobel.
- ROADES, J. D E J. LEVEDAY. 1990. Salinity in irrigation agriculture.
- SALASSIER, B .1989. Manual de Irrigação. Universidade federal de Viçosa, Brasil.
- SERRA, R. A. S. 2004. Avaliação da Eficiência de Irrigação em 7 ha no Regadio de Chókwè. FAEF, UEM, Maputo. Tese de Licenciatura
- SERRALHEIRO, R. 1985. Hidráulica Agrícola. 2ª ed, editora com a colaboração da universidade de Évora.
- SMEDEMA, L. K. & RYCROFT, D. W. 1996. Land Drainage, Baltsford Ltd, 376pp.
- VAN DEN BERG, M. 1995. Apontamentos de Ciência do Solo. FAEF

ÍNDICE

| | |
|--|-----------------|
| DECLARAÇÃO DE AUTENTICIDADE..... | i |
| DEDICATÓRIA..... | ii |
| AGRADECIMENTOS..... | iii |
| RESUMO..... | iv |
| TABELAS..... | v |
| FIGURAS..... | v |
| LISTA DE ANEXOS..... | vi |
| LISTA DE ABREVEATURAS..... | vii |
| | |
| <u>I. INTRODUÇÃO</u> | <u>1</u> |
| 1.2 Problema e justificação | 2 |
| 1.3 Objectivos | 2 |
| 1.3.1 Objectivo geral..... | 2 |
| 1.3.2 Objectivos específicos | 2 |
| 1.4 Descrição da área de estudo..... | 3 |
| 1.4.1 Localização geográfica do Regadio do Chókwè..... | 3 |
| 1.4.2 Clima..... | 5 |
| 1.4.3 Solos..... | 5 |
| 1.4.4 Uso de terra e sistemas de produção | 5 |
| 1.3.5 Sistema de rega e drenagem..... | 6 |
| | |
| <u>II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u> | <u>7</u> |
| 2. Definições e conceitos | 7 |
| 2.1 Gestão da água de rega | 7 |
| 2.2 Tipos de gestão de sistemas de irrigação | 7 |
| 2.3 Aspectos a ter em conta na boa gestão de água | 7 |
| 2.4 Princípios de fornecimento de água e taxa de pagamento | 8 |
| 2.4.1 Abastecimento em função do tamanho da área atribuída a cada utente | 8 |
| 2.4.2 Abastecimento em função das áreas cultivadas | 8 |

| | |
|--|----|
| 2.4.3 Abastecimento em função da procura pelos utentes | 8 |
| 2.5 Salinização dos solos..... | 9 |
| 2.5.1 Efeitos da salinidade no crescimento das plantas | 9 |
| 2.5.2 Efeito da salinidade no rendimento das culturas..... | 10 |
| 2.6 Gestão de água e salinização dos solos..... | 10 |
| 2.7 Balanço de água e de sais na zona radicular | 11 |
| 2.8 Estimativas de rendimento..... | 17 |
| 2.9 Necessidade de lavagem de sais | 18 |

III. METODOLOGIA

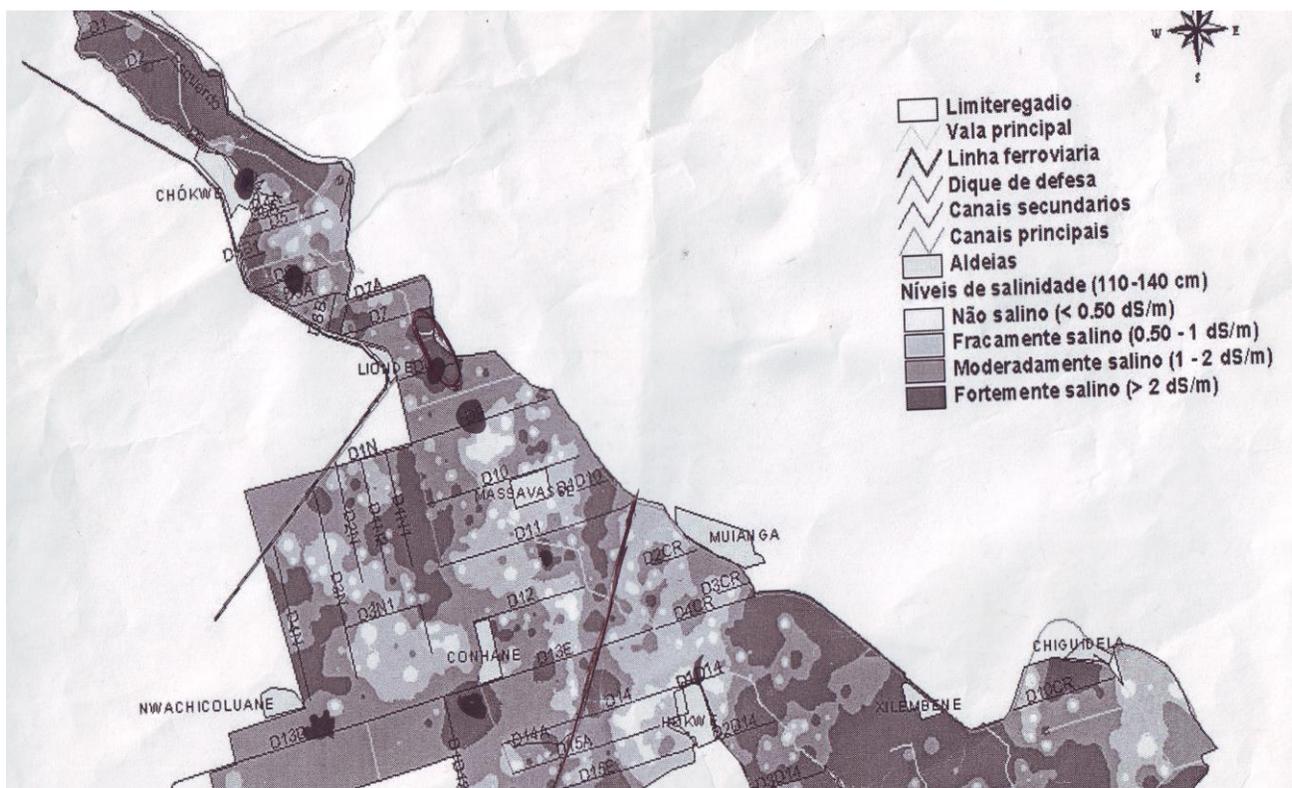
| | |
|--|----|
| 3.1 Gestão de água de rega no regadio do Chókwè ao nível do sistema e das parcelas dos agricultores..... | 19 |
| 3.2 Diagnóstico da salinidade no perfil do solo..... | 20 |
| 3.2.1 Recolha de amostras de solos | 20 |
| 3.3 Determinações de campo | 21 |
| 3.4 Determinações laboratoriais..... | 22 |
| 3.5 Balanço de sais na zona radicular | 22 |
| 3.5.1 Dados do clima | 23 |
| 3.5.2 Dados do solo..... | 23 |
| 3.5.4 Dados sobre a cultura..... | 25 |

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

| | |
|--|----|
| 4.1 Estruturas de gestão da água no regadio do Chókwè..... | 28 |
| 4.2 Gestão da rede de irrigação no regadio do Chókwè | 29 |
| 4.2.1 Fornecimento de água pela HICEP | 30 |
| 4.2.2 Cobrança da taxa de consumo de água pela HICEP | 30 |
| 4.2.3 Principais constrangimentos por parte da HICEP..... | 30 |
| 4.3 Gestão de água ao nível dos agricultores | 30 |
| 4.3.1 Sector Montante (SM)..... | 31 |
| 4.3.2 Sector Sul (SS)..... | 31 |
| 4.4 Constatações gerais da gestão da água no regadio de Chókwè | 33 |
| 4.5 Análises do solo | 35 |

| | |
|--|-----------|
| 4.5.1 pH..... | 35 |
| 4.5.2 Salinidade..... | 35 |
| 4.6 Salinidade da água freática | 38 |
| 4.7 Balanço de sais na zona radicular | 41 |
| 4.7.1 Variação da salinidade em função do intervalo de rega | 41 |
| 4.7.3 Variação da salinidade do solo sub efeito do pousio | 42 |
| 4.7.4 Perda de rendimento do tomate devido a salinidade solo | 44 |
| <u>5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....</u> | 47 |
| 5.1 Conclusões | 47 |
| 5.2 Recomendações..... | 48 |
| <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u> | 49 |

Anexo 1: Mapa de salinidade usado para a amostragem

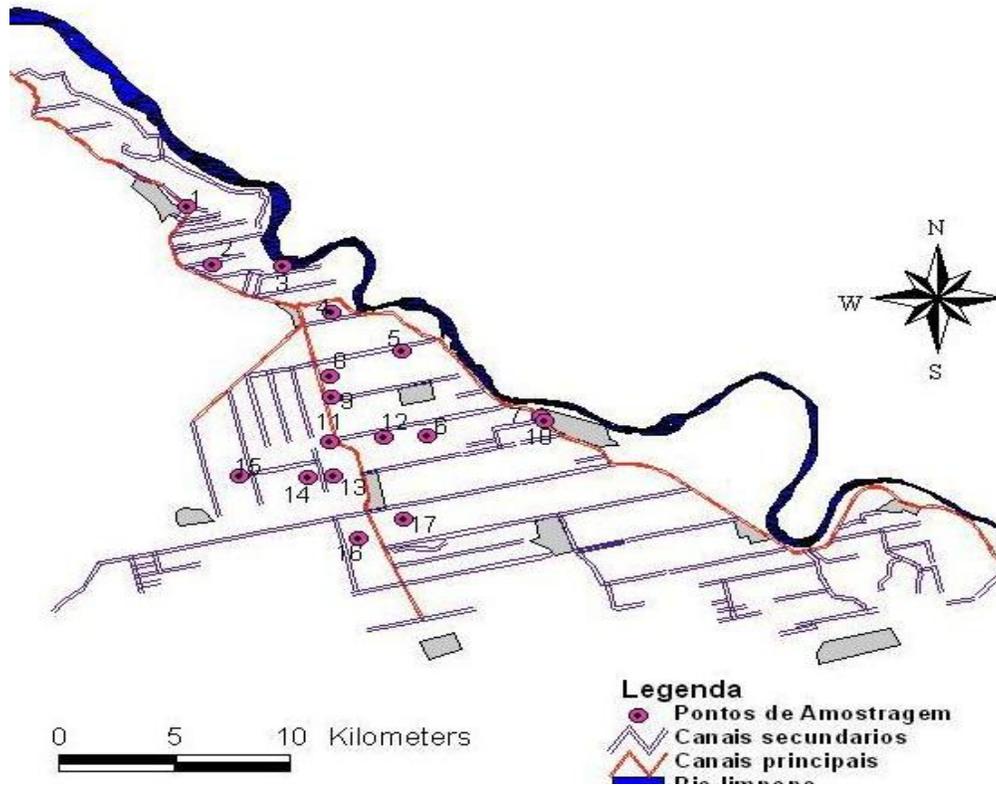


Fonte: (FAEF, 2003)

Anexo 2: Questionário

1. Nome;
2. Em que área do ramal (canal) esta localizada o agricultor;
3. Com quantas pessoas trabalha na área;
4. Qual é a área total que explora nas diferentes épocas (quente/fresca);
5. considera-se pequeno, médio ou grande agricultor;
6. Tipo de cultura que produz;
7. Média de rendimento (Kg, caixa, saco, carroça, lata, etc). Como se tem comportado o rendimento das diferentes culturas nos últimos anos (aumentou?, diminuiu? ou manteve-se? e qual poderá ser a possível causa);
8. Tipo de rega que faz na sua área;
9. Tem motobomba ou rega por gravidade;
10. Tempo de rega por hectare;
11. Intervalo de rega;
12. Quando decide regar? (Rega em função da necessidade da cultura ou da disponibilidade da água no canal);
13. Como faz a gestão de água na sua parcela; Como conduz a água; Como orienta a água nos sulcos; tem tido muitas perdas
14. Qual é a sua fonte de água? (directamente do canal principal, vala de drenagem ou outros);
15. A água é comprada. Em todas as épocas. Quanto paga por hectare regado ou por m³;
16. Pede a mesma quantidade de água para as diferentes culturas;
17. Pede a água de rega ou ela é fornecida em função da vontade da HICEP;
18. Tem tido conflitos de água. De que tipo? Como resolve?
19. existem momentos em que pede água e não é fornecido mesmo tendo água disponível;
20. Quais são os problemas encontrados relacionados com a água para rega;
21. Tem zonas de alagamento dentro da sua área;
22. Como tem resolvido o excesso de água na sua parcela;
23. O campo tem problemas de salinidade;
24. Quais as estratégias adoptadas para minimizar a salinidade;
25. Produz culturas tolerantes a sais;
26. Identificar pontos de inundação (observar);
27. Tentar fazer estimativa da área (observar);

Anexo 3: Pontos de amostragem na área de estudo



Anexo 4: Salinidade da água da água subterrânea e de rega

Salinidade da água da água subterrânea

| Pontos | Leituras (mS/cm) | | | | | | | | V. médio |
|--------|------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| | 16/07/07 | 03/08/07 | 31/08/07 | 14/09/07 | 28/09/07 | 12/9/2007 | 27/10/07 | 9/11/2007 | |
| 1 | 0.8 | 0.3 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | | 0.67 |
| 2 | 1.4 | 1.3 | 0.9 | 0.7 | 1.1 | 0.7 | 0.7 | 0.9 | 0.96 |
| 3 | 0.9 | 1 | 1 | 0.9 | 1 | 1 | * | * | 0.97 |
| 4 | 5.9 | 6.7 | 6.3 | 5.6 | 6.4 | 6.9 | 6 | 5.3 | 6.1 |
| 5 | 6.5 | 3.5 | 3.4 | 3.4 | 2.7 | * | 4.3 | 3.7 | 3.9 |
| 6 | 5.2 | 4.6 | * | 3.3 | 3.4 | 2.6 | 0.9 | 3 | 3.3 |
| 7 | 8.2 | 7.1 | 7.2 | 6.2 | 2 | 5.8 | 5.9 | 3.1 | 5.7 |
| 8 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | | 1.4 | 1.6 | 1.3 |
| 9 | 3.1 | 1.4 | 0.8 | 1.8 | 2.4 | 2.9 | 2.9 | 2.6 | 2.2 |
| 10 | * | * | 24.4 | 22 | 32.8 | 15.45 | 31.2 | 33.2 | 26.5 |
| 11 | 0.7 | 0.9 | 0.6 | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| 12 | 16.3 | 15.2 | 16.1 | 15.1 | 16.5 | 15.2 | 14.8 | 14.9 | 15.5 |
| 13 | 0.7 | 0.6 | 1 | 0.7 | 3.9 | * | * | 0.8 | 1.3 |
| 14 | 1 | 1 | 0.9 | 1 | 1.1 | 1.1 | 1.3 | 0.9 | 1.1 |
| 15 | 0.9 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 0.8 |
| 16 | 6.7 | 6.3 | 4.6 | 4.3 | 4.2 | 4.1 | 3.6 | 3.5 | 4.7 |
| 17 | 2.7 | 2.3 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2 | 2 | 2.2 | 2.2 |

Salinidade da água de rega

| Sector | Montante | | | | Sul | | | | |
|------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Pontos | 1 | 2 | 3 | 4 | 10 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| CEi (dS/m) | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.6 |

Profundidade média do lençol freático

| Pontos | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|----------|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|
| Prof (m) | 1.9 | 2 | 2.6 | 1.2 | 2.8 | 1.2 | 1.4 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.8 | 1.6 | 1.2 | 1 | 0.8 | 1 |

Anexo 5: Dados da textura do solo

| Profundidades (cm) | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|----------|--------|---------|----------|--------|---------|----------|--------|---------|----------|--------|---------|----------|--------|---------|
| Pontos | 0-20 | | | 20-40 | | | 40-60 | | | 60-80 | | | 80-100 | | |
| | % Argila | % Limo | % Areia | % Argila | % Limo | % Areia | % Argila | % Limo | % Areia | % Argila | % Limo | % Areia | % Argila | % Limo | % Areia |
| 1 | 30.20 | 7.34 | 63.43 | 30.23 | 7.37 | 63.40 | 30.33 | 7.42 | 62.43 | 30.25 | 7.82 | 63.93 | 30.29 | 7.38 | 63.42 |
| 2 | 30.20 | 7.37 | 63.45 | 30.25 | 7.32 | 63.45 | 30.17 | 7.40 | 63.45 | 31.23 | 6.30 | 63.42 | 30.27 | 7.30 | 63.45 |
| 3 | 28.69 | 19.13 | 52.17 | 28.64 | 19.33 | 52.13 | 25.96 | 8.66 | 65.38 | 25.41 | 8.47 | 66.11 | 28.60 | 18.11 | 52.16 |
| 4 | 30.20 | 7.34 | 63.43 | 30.23 | 7.37 | 63.40 | 30.33 | 7.42 | 62.43 | 30.25 | 7.83 | 63.93 | 30.29 | 7.37 | 63.43 |
| 5 | 36.56 | 9.14 | 54.30 | 38.21 | 9.56 | 52.23 | 37.24 | 9.31 | 53.45 | 35.72 | 8.94 | 55.34 | 35.66 | 8.92 | 55.42 |
| 6 | 30.27 | 7.30 | 63.45 | 29.27 | 7.32 | 63.41 | 34.40 | 8.60 | 56.99 | 34.53 | 8.64 | 56.83 | 34.22 | 8.56 | 57.22 |
| 7 | 24.67 | 32.89 | 42.44 | 38.95 | 9.74 | 51.30 | 31.62 | 9.66 | 56.72 | 34.79 | 8.70 | 56.50 | 36.31 | 9.08 | 54.61 |
| 8 | 25.29 | 8.53 | 65.90 | 25.50 | 8.52 | 65.90 | 25.01 | 8.42 | 64.98 | 35.71 | 8.96 | 55.32 | 38.85 | 9.64 | 51.30 |
| 9 | 1 | 25.3 | 8.52 | 65.91 | 25.5 | 8.51 | 65.99 | 25.1 | 8.41 | 64.99 | 35.74 | 8.94 | 55.32 | 38.95 | 9.74 |
| 10 | 25.46 | 8.49 | 66.04 | 58.08 | 8.3 | 33.62 | 39.13 | 47.83 | 13.04 | 69.5 | 7.73 | 22.77 | 71.25 | 7.92 | 20.83 |
| 11 | 35.45 | 8.87 | 55.69 | 35.41 | 8.86 | 55.74 | 35.37 | 8.85 | 55.79 | 34.74 | 8.69 | 56.58 | 33.76 | 16.88 | 49.36 |
| 12 | 33.9 | 16.96 | 49.14 | 36.49 | 18.25 | 45.27 | 26.25 | 17.51 | 56.24 | 31.82 | 15.91 | 52.27 | 26.44 | 17.63 | 55.93 |
| 13 | 0 | 9.3 | 90.7 | 0 | 11.07 | 88.93 | 10.82 | 21.63 | 89.18 | 9.82 | 9.83 | 80.35 | 7.65 | 7.66 | 84.69 |
| 14 | 0.00 | 9.19 | 90.81 | 22.07 | 11.04 | 66.88 | 35.90 | 8.98 | 55.12 | 29.36 | 9.79 | 60.84 | 28.53 | 9.51 | 61.96 |
| 15 | 8.48 | 8.49 | 83.03 | 24.09 | 8.03 | 67.88 | 25.04 | 8.35 | 66.61 | 25.11 | 8.37 | 66.52 | 26.07 | 8.70 | 65.23 |
| 17 | 0.00 | 9.43 | 90.57 | 9.06 | 9.06 | 81.88 | 17.96 | 8.98 | 73.06 | 24.82 | 8.28 | 66.90 | 25.83 | 8.62 | 65.55 |

Anexo 5 (cont)

| Profundidades (cm) | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------|--------|---------|----------------|--------|---------|----------------|--------|---------|----------------|--------|---------|----------------|--------|---------|
| | 100-120 | | | 120-140 | | | 140-160 | | | 160-180 | | | 180-200 | | |
| Pontos | % Argila | % Limo | % Areia | % Argila | % Limo | % Areia | % Argila | % Limo | % Areia | % Argila | % Limo | % Areia | % Argila | % Limo | % Areia |
| 1 | 17.76 | 16.77 | 66.38 | 17.73 | 16.75 | 66.29 | 38.95 | 9.74 | 51.30 | 38.90 | 9.79 | 51.30 | 38.95 | 9.94 | 52.35 |
| 2 | 30.27 | 7.30 | 63.45 | 32.27 | 7.30 | 61.45 | 32.27 | 7.32 | 61.43 | 34.50 | 8.70 | 56.99 | 34.40 | 8.60 | 56.99 |
| 3 | 16.78 | 16.79 | 66.43 | 17.79 | 16.70 | 66.33 | 18.33 | 16.44 | 65.13 | 17.88 | 18.99 | 65.47 | 16.71 | 16.74 | 66.42 |
| 4 | 17.74 | 16.79 | 66.38 | 17.76 | 15.77 | 67.38 | 17.76 | 16.77 | 66.38 | 17.76 | 16.78 | 66.37 | 38.95 | 9.94 | 52.35 |
| 5 | 39.36 | 9.84 | 50.79 | 40.20 | 10.05 | 49.75 | 39.07 | 9.77 | 51.15 | 39.26 | 9.82 | 50.92 | * | * | * |
| 6 | 16.77 | 16.78 | 66.40 | 17.73 | 16.75 | 66.32 | 18.35 | 16.46 | 65.53 | 17.87 | 18.90 | 65.47 | 15.71 | 16.74 | 66.41 |
| 7 | 35.90 | 8.98 | 55.12 | 35.60 | 8.91 | 55.49 | 26.72 | 17.82 | 55.47 | 36.33 | 9.09 | 54.58 | 36.43 | 9.11 | 54.45 |
| 8 | 35.53 | 8.68 | 55.02 | 35.78 | 8.67 | 54.12 | 34.32 | 8.89 | 54.26 | 34.08 | 8.19 | 54.03 | 35.58 | 8.93 | 55.09 |
| 9 | 35.52 | 8.69 | 55.02 | 35.78 | 8.69 | 54.09 | 34.32 | 8.89 | 54.22 | 34.12 | 8.19 | 54.03 | 35.55 | 8.99 | 55.09 |
| 10 | 74.62 | 7.47 | 17.91 | 72.91 | 8.1 | 18.99 | 75.97 | 7.6 | 16.43 | 80.5 | 8.05 | 11.44 | 79.31 | 7.93 | 12.76 |
| 11 | 33.72 | 16.87 | 49.41 | 33.76 | 16.88 | 49.36 | 34.62 | 17.31 | 48.07 | 34.56 | 17.28 | 48.16 | 43.35 | 17.35 | 39.30 |
| 12 | 32.78 | 16.39 | 50.83 | 27.22 | 18.15 | 54.64 | 27.14 | 18.1 | 54.76 | 35.92 | 8.99 | 55.09 | 36.89 | 9.23 | 53.88 |
| 13 | 7.63 | 7.64 | 84.73 | 7.93 | 7.94 | 84.13 | 7.98 | 7.98 | 84.04 | 8.24 | 16.49 | 75.27 | 0 | 26.91 | 73.09 |
| 14 | 29.51 | 9.84 | 60.65 | 37.09 | 9.28 | 53.64 | 37.37 | 9.35 | 53.29 | 23.21 | 11.61 | 65.18 | 23.29 | 11.65 | 65.06 |
| 15 | 15.41 | 23.12 | 61.48 | 17.36 | 17.37 | 65.27 | 17.11 | 17.12 | 65.77 | 17.17 | 17.17 | 65.66 | 16.81 | 25.22 | 57.96 |
| 17 | 25.12 | 8.38 | 66.50 | 28.06 | 9.36 | 62.58 | 28.26 | 9.43 | 62.31 | 29.44 | 9.82 | 60.75 | 30.21 | 10.08 | 59.71 |

Anexo 6: Resultados da textura do solo

| Sector Montante | | | | |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Prof.(cm) | p1 | p2 | p3 | p4 |
| 0-20 | franco arenoso | franco arenoso | franco argilo arenoso | franco arenoso |
| 20-40 | franco arenoso | franco arenoso | franco argilo arenoso | franco arenoso |
| 40-60 | franco arenoso | franco arenoso | franco argilo arenoso | franco arenoso |
| 60-80 | franco arenoso | franco arenoso | franco argilo arenoso | franco arenoso |
| 80-100 | franco arenoso | franco arenoso | franco arenoso | franco arenoso |
| 100-120 | franco argilo arenoso | franco arenoso | franco arenoso | franco argilo arenoso |
| 120-140 | franco argilo arenoso | franco arenoso | franco arenoso | franco argilo arenoso |
| 140-160 | argilo arenoso | franco arenoso | franco arenoso | franco argilo arenoso |
| 160-180 | argilo arenoso | franco argilo arenoso | franco arenoso | franco argilo arenoso |
| 180-200 | argilo arenoso | franco argilo arenoso | argilo arenoso | argilo arenoso |
| Sector Sul | | | | |
| Prof.(cm) | p5 | p6 | p7 | p8 |
| 0-20 | argilo arenoso | franco arenoso | Fanco | franco argilo arenoso |
| 20-40 | argilo arenoso | franco argilo arenoso | argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 40-60 | argilo arenoso | franco argilo arenoso | argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 60-80 | argilo arenoso | franco argilo arenoso | argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 80-100 | argilo arenoso | franco argilo arenoso | argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 100-120 | argilo arenoso | franco argilo arenoso | argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 120-140 | argilo arenoso | franco argilo arenoso | argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 140-160 | argilo arenoso | franco argilo arenoso | argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 160-180 | argilo arenoso | franco argilo arenoso | argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 180-200 | argilo arenoso | franco argilo arenoso | argilo arenoso | franco argilo arenoso |

Anexo 6 (cont)

| Sector Sul | | | | |
|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Prof.(cm) | p9 | p10 | p11 | p12 |
| 0-20 | franco argilo arenoso | franco argilo arenoso | argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 20-40 | franco argilo arenoso | franco argilo arenoso | argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 40-60 | franco argilo arenoso | Argiloso | argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 60-80 | franco argilo arenoso | Argiloso | argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 80-100 | franco argilo arenoso | Argiloso | franco argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 100-120 | argilo arenoso | Argiloso | franco argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 120-140 | argilo arenoso | Argiloso | franco argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 140-160 | argilo arenoso | Argiloso | franco argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 160-180 | argilo arenoso | Argiloso | franco argilo arenoso | argilo arenoso |
| 180-200 | argilo arenoso | Argiloso | Argiloso | argilo arenoso |
| Sector Sul | | | | |
| Prof.(cm) | p13 | p14 | p15 | p17 |
| 0-20 | areia | Areia | areia franca | areia |
| 20-40 | areia | franco argilo arenoso | franco argilo arenoso | areia franca |
| 40-60 | areia franca | argilo arenoso | franco argilo arenoso | franco arenoso |
| 60-80 | areia franca | franco argilo arenoso | franco argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 80-100 | areia franca | franco argilo arenoso | franco argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 100-120 | areia franca | franco argilo arenoso | argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 120-140 | areia franca | argilo arenoso | argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 140-160 | areia franca | argilo arenoso | argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 160-180 | areia franca | franco argilo arenoso | argilo arenoso | franco argilo arenoso |
| 180-200 | areia franca | franco argilo arenoso | argilo arenoso | franco argilo arenoso |

Anexo 7: Dados do pH e salinidade do solo

Dados do pH

| prof | p1 | p2 | p3 | p4 | P5 | p6 | p7 | p8 | p9 | p10 | p11 | p12 | p13 | p14 | p15 | p17 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 20 | 7.6 | 7.34 | 7.31 | 7.77 | 7.39 | 7.94 | 7.8 | 9.3 | 7.88 | 7.76 | 8.25 | 6.53 | 7.48 | 6.62 | 7.7 | 7.07 |
| 40 | 8.1 | 7.90 | 7.5 | 7.88 | 8.91 | 8.4 | 7.62 | 9.3 | 8.52 | 7.8 | 7.35 | 7.3 | 7.56 | 7.77 | 7.4 | 7.35 |
| 60 | 8.6 | 8.37 | 7.6 | 8.22 | 8.3 | 8.76 | 7.79 | 9.3 | 8.42 | 8.18 | 7.23 | 7.62 | 7.6 | 7.2 | 7.84 | 7.55 |
| 80 | 9.15 | 8.3 | 7.66 | 8.47 | 8.7 | 8.47 | 8.05 | 9.2 | 8.38 | 8.1 | 7.41 | 7.4 | 7.59 | 7.3 | 7.87 | 8.01 |
| 100 | 9.42 | 8.39 | 7.55 | 8.51 | 8.87 | 8.39 | 7.85 | 9.05 | 8.4 | 8.06 | 7.27 | 7.61 | 7.8 | 8.08 | 8 | 8.45 |
| 120 | 9.43 | 8.33 | 7.7 | 8.7 | 8.63 | 8.87 | 8.46 | 9.02 | 8.47 | 8.08 | 7.2 | 8.1 | 7.61 | 8.2 | 8.17 | 8.63 |
| 140 | 9.5 | 8.5 | 7.95 | 8.82 | 8.64 | 8.8 | 8.74 | 9.1 | 8.6 | 8.15 | 7.33 | 7.78 | 7.57 | 8.1 | 8.4 | 8.44 |
| 160 | 9.47 | 8.53 | 7.85 | 9.06 | 8.43 | 8.32 | 8.55 | 9.35 | 8.48 | 8.17 | 7.27 | 7.75 | 7.7 | 7.7 | 8.4 | 8.5 |
| 180 | 8.47 | 8.75 | 8.09 | 9.06 | 8.63 | 9.2 | 8.46 | 9.53 | 8.56 | 8.1 | 7.15 | 7.6 | 7.77 | 8 | 8.25 | 8.6 |
| 200 | 9.55 | 8.91 | 7.8 | 9.32 | | 9.06 | 8.45 | 9.55 | 9.1 | 7.84 | 7.2 | 7.64 | 7.86 | 8.52 | 8.44 | 8.5 |

Dados da condutividade eléctrica no extracto (1:2.5)

| Prof (cm) | p1 | p2 | p3 | p4 | p5 | p6 | p7 | p8 | p9 | p10 | p11 | p12 | p13 | p14 | p15 | p17 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 20 | 0.300 | 0.136 | 0.160 | 0.420 | 0.145 | 0.075 | 1.320 | 0.265 | 0.270 | 2.260 | 0.264 | 4.710 | 0.051 | 0.096 | 0.065 | 0.210 |
| 40 | 0.375 | 0.141 | 0.194 | 0.500 | 0.713 | 0.252 | 1.720 | 0.265 | 0.153 | 2.700 | 0.123 | 3.420 | 0.034 | 0.148 | 0.074 | 0.140 |
| 60 | 0.352 | 0.174 | 0.192 | 0.898 | 0.155 | 0.428 | 1.580 | 0.265 | 0.156 | 1.270 | 0.056 | 3.370 | 0.034 | 0.113 | 0.036 | 0.114 |
| 80 | 0.336 | 0.199 | 0.276 | 0.938 | 0.160 | 0.615 | 1.660 | 0.190 | 0.125 | 1.630 | 0.054 | 2.080 | 0.045 | 0.097 | 0.035 | 0.154 |
| 100 | 0.360 | 0.264 | 0.290 | 0.913 | 0.113 | 0.876 | 1.550 | 0.193 | 0.170 | 1.450 | 0.050 | 1.910 | 0.052 | 0.077 | 0.044 | 0.194 |
| 120 | 0.398 | 0.274 | 0.320 | 0.955 | 0.208 | 0.308 | 0.990 | 0.188 | 0.215 | 1.200 | 0.046 | 1.200 | 0.062 | 0.065 | 0.058 | 0.255 |
| 140 | 0.546 | 0.266 | 0.435 | 1.037 | 0.316 | 0.562 | 0.623 | 0.212 | 0.250 | 1.500 | 0.047 | 1.320 | 0.064 | 0.087 | 0.060 | 0.256 |
| 160 | 0.588 | 0.302 | 0.478 | 1.095 | 0.420 | 0.635 | 0.737 | 0.267 | 0.195 | 1.220 | 0.054 | 1.350 | 0.059 | 0.093 | 0.042 | 0.27 |
| 180 | 0.760 | 0.322 | 0.560 | 1.198 | 0.537 | 0.445 | 0.828 | 0.349 | 0.150 | 1.900 | 0.051 | 1.700 | 0.059 | 0.105 | 0.043 | 0.198 |
| 200 | 0.836 | 0.382 | 0.546 | 1.160 | | 0.357 | 1.030 | 0.371 | 0.144 | 1.870 | 0.075 | 1.400 | 0.053 | 0.201 | 0.070 | 0.134 |

Anexo 8: Balanço de sais na zona radícula

Anexo 9: Dados mensais de precipitação (1969 – 1999)
Regadio do Chókwè

| Ano | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Agos | Set | Out | Nov | Dez | Annual |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|---------------|
| 1969 | 25.50 | 106.50 | 30.10 | 77.80 | 22.40 | 7.20 | 14.20 | 2.00 | 9.80 | 219.90 | 53.90 | 95.40 | 664.70 |
| 1970 | 41.60 | 11.20 | 41.10 | 7.20 | 11.80 | 14.70 | 3.60 | 0.00 | 4.60 | 20.10 | 20.20 | 423.70 | 599.80 |
| 1971 | 270.40 | 37.90 | 55.00 | 37.90 | 15.30 | 25.40 | 17.40 | 0.20 | 13.80 | 62.40 | 23.50 | 103.90 | 663.10 |
| 1972 | 111.70 | 260.60 | 122.20 | 17.80 | 123.10 | 9.20 | 13.90 | 1.20 | 1.60 | 3.30 | 20.40 | 67.60 | 752.60 |
| 1973 | 52.30 | 181.90 | 18.50 | 53.80 | 4.90 | 11.00 | 19.70 | 1.00 | 60.80 | 21.10 | 58.10 | 186.20 | 669.30 |
| 1974 | 63.80 | 117.80 | 39.20 | 52.80 | 18.70 | 0.90 | 4.80 | 1.90 | 35.90 | 9.50 | 73.20 | 94.10 | 512.60 |
| 1975 | 56.60 | 203.20 | 97.30 | 27.70 | 21.10 | 38.90 | 1.10 | 9.40 | 1.40 | 9.00 | 103.30 | 106.30 | 675.30 |
| 1976 | 294.20 | 130.50 | 49.80 | 20.90 | 100.40 | 18.40 | 5.00 | 0.90 | 0.40 | 18.60 | 30.40 | 35.90 | 705.40 |
| 1977 | 166.50 | 117.48 | 118.80 | 14.30 | 0.60 | 13.10 | 0.60 | 54.60 | 22.00 | 2.90 | 16.60 | 115.90 | 525.90 |
| 1978 | 220.80 | 199.70 | 33.10 | 65.70 | 6.00 | 18.90 | 16.80 | 3.30 | 27.20 | 27.30 | 82.50 | 68.30 | 769.60 |
| 1979 | 107.17 | 16.90 | 37.10 | 48.50 | 20.30 | 13.10 | 12.50 | 45.50 | 5.60 | 18.80 | 62.90 | 124.70 | 405.90 |
| 1980 | 21.90 | 72.80 | 61.00 | 27.60 | 2.80 | 12.10 | 18.50 | 6.90 | 120.80 | 33.80 | 41.60 | 100.80 | 520.60 |
| 1981 | 112.70 | 167.10 | 82.40 | 26.80 | 93.70 | 3.40 | 0.00 | 39.80 | 71.90 | 126.30 | 164.70 | 97.70 | 986.50 |
| 1982 | 47.50 | 47.60 | 11.00 | 101.50 | 26.30 | 5.70 | 35.20 | 0.00 | 23.00 | 70.00 | 8.10 | 33.90 | 409.80 |
| 1983 | 117.50 | 42.60 | 30.80 | 12.00 | 60.00 | 25.30 | 13.00 | 37.70 | 0.40 | 43.70 | 73.60 | 54.30 | 510.90 |
| 1984 | 188.10 | 25.90 | 67.40 | 50.60 | 5.80 | 3.00 | 56.90 | 1.90 | 32.60 | 43.10 | 133.70 | 68.30 | 677.30 |
| 1985 | 168.00 | 200.80 | 112.60 | 18.40 | 52.00 | 15.20 | 8.90 | 0.40 | 17.30 | 30.50 | 127.70 | 29.10 | 780.90 |
| 1986 | 80.40 | 25.80 | 24.10 | 101.10 | 2.40 | 14.60 | 0.40 | 0.40 | 12.40 | 27.90 | 37.40 | 74.70 | 401.60 |
| 1987 | 55.10 | 20.00 | 57.10 | 17.70 | 2.80 | 10.30 | 0.20 | 74.70 | 52.20 | 35.50 | 44.70 | 70.60 | 440.90 |
| 1988 | 7.80 | 24.60 | 53.10 | 25.30 | 38.60 | 1.90 | 9.30 | 8.20 | 10.30 | 28.40 | 8.90 | 30.10 | 246.50 |
| 1989 | 5.30 | 131.90 | 48.10 | 2.80 | 7.20 | 17.90 | 12.40 | 27.20 | 2.10 | 48.00 | 64.90 | 199.20 | 567.00 |
| 1990 | 121.10 | 57.00 | 66.40 | 22.70 | 2.50 | 2.20 | 0.00 | 34.00 | 4.20 | 16.10 | 2.50 | 205.50 | 534.20 |
| 1991 | 47.40 | 68.40 | 120.40 | 13.50 | 4.70 | 24.90 | 1.10 | 0.90 | 18.10 | 3.80 | 22.10 | 43.90 | 369.20 |
| 1992 | 49.20 | 6.30 | 23.80 | 1.90 | 8.40 | 22.70 | 11.80 | 0.20 | 1.60 | 7.80 | 85.80 | 179.10 | 386.80 |
| 1993 | 13.60 | 138.40 | 90.70 | 80.70 | 1.70 | 0.00 | 16.80 | 4.60 | 2.00 | 22.80 | 75.80 | 58.40 | 505.50 |
| 1994 | 86.80 | 10.30 | 30.00 | 7.80 | 12.40 | 4.60 | 20.00 | 17.10 | 9.60 | 31.80 | 27.20 | 60.80 | 318.40 |
| 1995 | 1.40 | 48.40 | 14.60 | 45.30 | 32.90 | 0.80 | 1.20 | 52.10 | 0.00 | 42.00 | 22.20 | 109.90 | 370.80 |
| 1996 | 237.80 | 78.60 | 33.10 | 58.40 | 83.90 | 13.70 | 18.70 | 29.60 | 0.70 | 0.40 | 49.60 | 78.40 | 682.90 |
| 1997 | 141.80 | 118.60 | 57.60 | 11.10 | 21.10 | 2.30 | 18.53 | 4.75 | 28.55 | 41.20 | 73.25 | 96.35 | 393.70 |
| 1998 | 275.59 | 109.12 | 1.00 | 3.00 | 9.70 | 0.00 | 31.30 | 42.50 | 25.60 | 44.40 | 83.20 | 305.70 | 546.40 |
| 1999 | 113.40 | 201.60 | 32.70 | 36.10 | 21.80 | 6.10 | 14.03 | 5.10 | 5.00 | 26.50 | 152.50 | 9.10 | 609.90 |

Anexo 10: Dados de evapotranspiração de referencia (ET_o) extraídos da base de dados do programa Cropwat 4 - Regiao do Chókwè

| Mês | ET_o(mm/dia) |
|------------|-------------------------------|
| Janeiro | 5.60 |
| Fevereiro | 5.20 |
| Março | 4.60 |
| Abril | 3.70 |
| Mai | 3.10 |
| Junho | 2.40 |
| Julho | 2.40 |
| Agosto | 3.20 |
| Setembro | 4.40 |
| Outubro | 5.20 |
| Novembro | 5.30 |
| Dezembro | 5.70 |
| | |

