



Eng. T-57

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA

FLORESTAL

EM F 57

Departamento de Engenharia Rural  
Secção de Terra e Água

23751

Quantificação do rendimento do amendoim no cultivo  
em sequeiro em Chókwè (Gaza)



**Autore:**

Jamine, Elias Henrique

**Supervisor :**

Prof. Dr. Rui Miguel Brito

Maputo, Junho de 2007



### Dedicatória

De todo o coração em harmonia com os meus pensamentos dedico este trabalho as minhas pequena Irmãs ; Stella Henrique Jamine e Vabila Lázaro Tete.

Aos meus pais Henrique Jamine, Raquel Alberto Manusse e Isabel Alexandre Cumbane.

Ao Felix Jamine; Crimildo Jamine; Júnior Jamine; Cláudio Jamine , Flávio Jamine e Gabriel Lázaro Tete fim de que possam ter orgulho do irmão e que ambição neles possa nascer servido-se deste exemplo como fonte de inspiração.

## Agradecimentos

Sempre será desgostosa a tarefa de expressar os nossos agradecimentos pelo elevado risco de deixar de fora realmente os que o merecem, daí que é com orgulho e maior apressado que deixo o meu maior Kanimambo a todos que participaram directamente e indirectamente na materialização deste trabalho, porém o meu maior obrigado é direccionado ao Prof. Dr. Rui Miguel Brito, supervisor, orientador, amigo no decurso desta tese; docente nas cadeiras de Hidrologia, Hidráulica e Projectos de Irrigação pela mestria, paciência e nível de conhecimento demonstrado no decorrer do processo da materialização da tese .

Aos meus colegas de carteira Adérito Esdras, Arsénio Ndeve, Daniel Alberto, David Mboane, Egas Nhamucho e Halahala Abaduramene pelas críticas feitas para que o trabalho apresenta-se a qualidade que têm.

Aos meus amigos Angela Nhassengo, Arménio Simão, Edmundo Tete, Horário Sumbane, Moisés Cumbane, Salomão Chivite, Simião Nsave e Vasco Chilaule na contribuição moral e material que prestaram afim de que todo o esforço fosse uma realidade.

## Resumo

A tese é fruto de uma pesquisa concebida na esperança de responder dois objectivos fulcrais: Um que consistia em realizar previsões de rendimento da cultura do amendoim (*Arachis hypogara*) no distrito de Chókwè em sequeiro através da relação entre a evapotranspiração ajustada e evapotranspiração da cultura ( $ET_{caj}/ET_c$ ) e o factor de sensibilidade ou stress hídrico ( $K_y$ ). O outro objectivo consistiu em relacionar os rendimentos relativos ( $Y_a/Y_p$ ) do modelo e os rendimentos reais em sequeiro ( $Y_r$ ).

Do estudo o  $ET_c$  máximo foi de 886 e mínimo de 343mm e a  $ET_{caj}$  máxima foi de 568 e uma mínima de 161mm e cerca de 72% das campanhas em estudo tiveram uma  $ET_{caj}$  entre os 50 e 90% da  $ET_c$ .

O intervalo de confiança do rendimento relativo esperado em sequeiro (Chókwè) da cultura do amendoim esta entre 44 a 62% (nível de significância 95%). O rendimento relativo médio foi de 52.9% (modelo), foi constatado ainda que a 1ª e 2ª fases do ciclo de vida da cultura em sequeiro não apresentam perdas significativas de rendimento sendo o rendimento médio de 98% e 95% respectivamente. A 3ª e 4ª fases da cultura apresentam perdas de rendimento significativo em médio 30%. Estas duas fases são muito sensíveis (críticas) ao stress hídrico carecendo de maiores necessidades de água de rega afim de se evitar que planta tenha stress acentuados (perdas significativas do rendimento).

O déficit da evapotranspiração da cultura é cerca de 320mm que corresponde a um reservatório mínimo com um volume de  $\geq 3200\text{m}^3/\text{ha}$  para satisfazer a 3ª e 4ª fases.

A tese recomenda o uso do modelo de balaço hídrico na zona radicular para realização de previsões, dado que o trabalho confirmou a existência de uma relação entre os rendimentos relativos do modelo e os rendimentos registados em sequeiro.

## Índice Geral

Dedicatória.....	I
Agradecimentos.....	II
Resumo.....	III
Lista de abreviaturas e símbolos.....	V
Lista de tabelas.....	VII
Lista de figuras.....	VIII

Índice

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1	Generalidades	1
1.2	Justificação do estudo	2
1.3	Objectivos	4
1.3.1	Geral	4
1.3.2	Específicos	4
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>5</b>
2.1	Descrição da zona de estudo	5
2.2	As relações solo-planta-água-atmosfera	7
2.2.1	Água no solo	7
2.2.2	Evapotranspiração	11
2.2.3	Evapotranspiração de Referência (ET <sub>o</sub> )	11
2.2.4	Evapotranspiração da cultura (ET <sub>c</sub> ) e o coeficiente da cultura (K <sub>c</sub> )	13
2.2.5	Evapotranspiração real (ajustada) da cultura (ET <sub>c<sub>aj</sub></sub> )	16
2.2.6	Balço da água no solo (zona radicular)	20
2.2.7	Necessidades hídricas da cultura	23
2.3	Modelos de quantificação de rendimento/água	24
2.4	Resposta das culturas ao déficite hídrico	26
2.5	Modelos de simulação de déficite hídrico (Cropwat)	27
2.6	Requisitos eco fisiológicos da cultura	27
2.6.1	O Amendoim	27
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>31</b>
3.1	O modelo do balanço hídrico da água na zona radicular	31
3.1.1	Estrutura do modelo de balanceamento da humidade ao longo da zona radicular	32
3.1.1.1	Procedimento de cálculo dos inputs e dos output do modelo	33
3.1.1.2	Descrição do balanço hídrico na zona radicular do amendoim (Chókwe) tomando-se como exemplo o ano de 1993/94	40
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>43</b>
4.1	A cultura	43
4.1.1	Data de sementeira	43
4.1.2	Coeficiente da cultura do Amendoim nos diferentes anos	44
4.2	Clima	47
4.2.1	Evapotranspiração da cultura	47
4.2.2	Precipitação do ciclo	51

4.3	<b>Rendimento</b>	52
4.3.1	Rendimento relativos do modelo e reais (registados)	52
4.3.2	Relação entre os rendimentos relativos ( $Y_a / Y_p$ ), reais ( $Y_r$ ) contra a taxa da evapotranspiração ( $ET_{caj} / ET_c$ ) e a Precipitação ( $Pr / ET_c$ )	55
4.4	Água complementar (irrigação) para o cultivo em sequeiro a fim de elevar os rendimentos á 100%	57
5	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	60
5.1	<b>Conclusões do Estudo</b>	60
5.1.1	Modelo do balanço hídrico	60
5.2	<b>Recomendações</b>	61
6	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	63

### Lista das abreviaturas e Símbolos

- Ac* — Ascensão capilar (mm);
- Ac<sub>j</sub>* — Ascensão capilar do dia (j) em mm;
- AD* — Água Disponível (mm);
- AD<sub>j</sub>* — Água Disponível do dia (j) em mm;
- AFD* — Água Facilmente utilizável (mm);
- AFD<sub>j</sub>* — Água Facilmente utilizável do dia (j) em mm;
- CC* — Capacidade da campo ( $m^3/m^3$ );
- Dp* — Percolação profunda ou drenagem profunda (mm);
- Dp<sub>j</sub>* — Percolação profunda ou drenagem profunda dia (j) em mm;
- Dr<sub>f</sub>* — Depleção final do dia antes da sementeira (mm);
- Dr<sub>i</sub>* — Depleção inicial (mm);
- Dr<sub>ij</sub>* — Depleção inicial do dia j (mm);
- Dr<sub>f</sub>* — Depleção final (mm);
- Dr<sub>fi</sub>* — Depleção final do dia (j) em mm;
- Dr<sub>f, (j-1)</sub>* — Depleção final do dia anterior ao dia (j) em mm;
- ETc* — Evapotranspiração máxima da cultura (mm/dia),
- ETc<sub>j</sub>* — Evapotranspiração máxima da cultura do dia (j) em mm/dia;
- ETc<sub>aj</sub>* — Evapotranspiração ajustada em (mm);
- ETc<sub>ajj</sub>* — Evapotranspiração ajustada para dia (j) em mm;
- $(ETc_{aj} / ETc)$  — evapotranspiração relativa
- ETo* — Evapotranspiração de Referencia (mm);
- FAEF—Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal;
- FAO—Food Agriculture Organization;
- h* — Altura média da planta para estágio de crescimento médio ou final (m).
- INIA—Instituto Nacional de Investigação Agronómica;
- I* — Irrigação (mm);
- I<sub>j</sub>* — Irrigação do dia (j) em mm;
- Kc* — Coeficiente da cultura (factor);



- $K_{cb}$  — Coeficiente basal da cultura (factor) ;
- $K_e$  — Coeficiente da evaporação do solo (factor);
- $K_{cf}$  — Coeficiente final (IV fase) da cultura (factor) ;
- $K_{cini}$  — Coeficiente inicial (I fase ) da cultura (factor);
- $K_{cf,aj}$  — Valor de  $K_{cf}$  ajustado (factor);
- $K_{cm}$  — Coeficiente médio (III fase) da cultura (factor);
- $K_{cm,aj}$  — Valor de  $K_{cm}$  ajustado (factor);
- $K_s$  - Coeficiente para a redução da transpiração que depende da água disponível no solo (factor);
- $K_y$  - coeficiente de sensibilidade hídrica da produção (factor);
- $L_{inic}$  - Comprimento da fase inicial (dias);
- MS- Massa seca (Kg);
- $NAR$  — Necessidades de água de rega (mm/fase)
- Nw- Número de eventos de humedecimento ( I fase);
- p- Factor da água disponível que é extraída do solo sem perdas significativas de energia e sem stress hídrico;
- Pr - Precipitação (mm);
- $Pr_j$  - Precipitação do dia (j) em mm;
- $PM$  - Ponto de Murcha Permanente ( $m^3/m^3$ ) ;
- $P_n$  — Profundidade da precipitação infiltrada que ocorre durante o período inicial (mm)
- $\bar{p}_x$  - Profundidade média da lâmina infiltrada por evento de humedecimento (mm);
- R - Escoamento superficial (mm);
- $RH$  — Valor de humidade relativa em (%)
- $R_j$  - Escoamento superficial do dia (j) em mm;
- Tw- Tempo médio entre os intervalos de humedecimento ( 1ª fase) em dias;
- $u_2$  - Velocidade média do vento à 2 m de altura para o estágio médio ou final (m/s)
- $(Y_a / Y_p)$  - rendimento relativo do modelo;
- $Z_r$  — Profundidade radicular (m);
- $Z_{rj}$  — Profundidade radicular do dia (j) em m;

**Lista de Tabelas**

1. Profundidade máxima da raiz ( $Z_r$ ) e factor de depleção ( $p$ ) da água do solo para algumas Leguminosas.....	10
2. Decréscimo do rendimento do amendoim em função da salinidade do solo da cultura do amendoim.....	29
3. Valores de $K_c$ e $K_y$ para cultura do amendoim.....	29
4. Datas de sementeira propostas para os anos em estudo (seleccionados).....	43
5. Valor de $K_{c_{ini}}$ estimada para cada campanha.....	44
6. Velocidade média do vento a dois metros de altura ( $\bar{u}$ ) para a 3 <sup>a</sup> e 4 <sup>a</sup> fases do amendoim nas diferentes campanhas.....	45
7. Valores de $K_m$ e $K_{cf}$ para a cultura do amendoim (Chókwè).....	46
8. Rendimentos relativos por fase e por campanha do modelo para os anos em comparação com os rendimentos registados do amendoim em Chókwè em cultivo em sequeiro.....	53
9. Factores de regressão linear para a interacção dos rendimentos relativos do modelo $(Y_a/Y_p)_c$ registados $(Y_r)$ do amendoim no distrito do Chókwè com a evapotranspiração relativa das fases $(ET_{c_{aj}}/ET_c)_f$ , relativa do ciclo $(ET_{c_{aj}}/ET_c)_c$ e com a precipitação.....	56
10. Rendimentos relativos esperados por cada campanha e as necessidades de água de rega ( $NAR$ ) para rendimentos de 90,85,80 e 75%.....	58

**Lista das figuras**

1. Factor da depleção para diferentes taxas de evapotranspiração da cultura.....	10
2. Curva característica do $K_c$ (adaptado pela FAO).....	14
3. Decréscimo da $ET_c$ em função do stress hídrico ( $K_s$ ).....	18
4. Factor de stress hídrico ( $K_s$ ) sob a evapotranspiração da cultura.....	19
5. Frequência absoluta por década das datas de sementeira.....	44
6. Curva de $K_c$ para a cultura do amendoim em Chókwè para a campanha de 93/94 (Chókwè).....	46
7. Relação entre a $ET_{caj}$ e a $ET_c$ da cultura do amendoim em cultivo em sequeiro no distrito de Chókwè em 32 campanhas .....	48
8. Relação percentual entres ( $ET_{caj} / ET_c$ ) da cultura do amendoim em sequeiro no distrito de Chókwè em 32 campanhas .....	48
9. Relação percentual ( $ET_{caj} / ET_c$ ) <sub>i</sub> da 1ª fase do amendoim em sequeiro no distrito de Chókwè em 32 campanhas.....	49
10. Relação percentual ( $ET_{caj} / ET_c$ ) <sub>ii</sub> da 2ª fase do amendoim em sequeiro no distrito de Chókwè em 32 campanhas.....	50
11. Relação percentual ( $ET_{caj} / ET_c$ ) <sub>iii</sub> da 3ª fase do amendoim em sequeiro no distrito de Chókwè em 32 campanhas.....	50
12. Relação percentual ( $ET_{caj} / ET_c$ ) <sub>iv</sub> da 4ª fase do amendoim em sequeiro no distrito de Chókwè em 32 campanhas.....	51
13. Relação percentual entre ( $P_r / ET_c$ ) <sub>c</sub> de cada ciclo de vida do amendoim em cultivo de sequeiro no distrito de Chókwè em 32 campanhas.....	52
14. Rendimento relativo da cultura do amendoim em sequeiro no distrito do Chókwè para 5 campanhas do modelo (Previsão) e registados.....	54
15. Correlação linear entre os rendimentos relativos do modelo e os registados da cultura do amendoim no distrito de Chókwè para as campanhas em comparação .....	55

## CAPÍTULO I

### 1 INTRODUÇÃO

#### 1.1 Generalidades

As plantas sofrem deficiência hídrica quando a água disponível para satisfazer as suas actividades e necessidades não é suficiente, sendo assim, é imperioso fazer um uso racional da água disponível para conseguir maximizar os rendimentos das culturas. A rega é um instrumento que têm como objectivo compensar as deficiências hídricas resultantes de baixa precipitação ou da má distribuição da mesma. O manejo da irrigação segundo a Embrapa consiste em irrigar uma planta, na quantidade de água que ela precisa e na hora que ela demanda (saber quando irrigar e quanto aplicar).

A deficiência hídrica na planta provoca uma serie de transformações no funcionamento normal das células, que culmina com o abaixamento do rendimento potencial da planta. O declínio do rendimento por cada planta é em função de vários factores a destacar: o genótipo, a duração, a severidade e o estágio de desenvolvimento da planta envolvida no stress. Segundo Levitt (1972), a resposta da planta ao stress hídrico disponibiliza uma ferramenta na quantificação da capacidade de armazenamento da água no solo e na análise da influência dos mecanismos de adaptação das plantas ao stress devido à redução da disponibilidade de água no solo.

Actualmente realiza-se estudos sobre os aspectos relacionados com a água, isso é, a evapotranspiração e o desenvolvimento das culturas, tendo-se obtido êxitos nas tentativas realizadas de conhecer a resposta das culturas à aplicação de água, utilizando modelos de crescimento de culturas. Existem vários modelos desenvolvidos sendo o mais divulgado universalmente o de Doorenbos e Kassam (1979), que ajuda a programar a rega com uma estimativa previa do rendimento esperado ( se mantemos os outros factores constantes) na base de um coeficiente ( $K_y$ ) que indica o nível de sensibilidade da cultura para um determinado genótipo (espécie) e estágio de desenvolvimento da planta. O modelo fornece auxílio na planificação da lâmina de rega para maximizar os rendimentos sobre condições de níveis diferentes de stress hídrico.

## 1.2 *Justificação do estudo*

Para que a planta produza no seu potencial genético, é imprescindível que os factores responsáveis pelo crescimento estejam disponíveis em quantidades óptimas, isto é, os factores não devem estar presentes em quantidades limitadas ou excessivas a cultura em causa.

Dentre os factores (recursos) responsáveis pelo desenvolvimento, crescimento e reprodução das culturas temos os factores climáticos. Nos factores climáticos a precipitação têm sido um recurso que mais condiciona o sucesso ou o insucesso da exploração agrícola (sector familiar), por aumentar ou reduzir significativamente o rendimento das culturas em função da disponibilidade e quantidade.

A região Sul de Moçambique é caracterizada por um clima árido à semi-árido, com precipitações irregulares e escassas que provocam má distribuição das chuvas ao longo do ano daí que esta não consegue suprir as necessidades hídricas da cultura do *Amendoim* que joga um papel importante na dieta dos Moçambicanos, pelas proteínas (22 a 30%), vitaminas, lipídios (aproximadamente 50%), carboidratos e sais minerais que tornam o alimento altamente energético (585 calorias/100 g/sementes). A Semente têm valor económico muito elevado (lipídios) e constitui uma cultura que garante a subsistência e a segurança alimentar do sector familiar em Moçambique. A população da região Sul de Moçambique explora a cultura.

Doorenbos e Kassam (1979) nas zonas tropicais prevêm um rendimento que oscila dos 3 à 4t/ha. Do estudo feito por Ragú (2004, Maputo) o rendimento médio obtido da cultura foi de 0.91t/ha, e no Chókwè temos 0.49t/ha como máximo no cultivo em sequeiro (Anexo2).

Os dados mostram que o rendimento que temos obtido é ainda muito baixo em comparação com o mundo fora. A situação apresentada deixa visível a necessidade de procurar estratégias de gestão (a locação), do uso da água para melhorar os níveis actuais de produção da cultura visto que a água têm sido um dos maiores

constrangimentos na produtividade da mesma. No intuito fulcral (objectivo) de mitigar os problemas que advém do constrangimento em causa, vários estudos têm sido realizados na visão de quantificar e/ou estimar os rendimentos em função da deficiência hídrica afim de promover recomendações de suplementação hídrica, datas de sementeira e selecção de modelos de exploração das culturas. Por esta razão realiza-se o presente trabalho para tentar verificar a veracidade deste modelo nas condições de sequeiro na região sul de Moçambique para a cultura do amendoim.

### 1.3 Objectivos

#### 1.3.1 Geral

O objectivo geral do trabalho é:

- Melhorar os níveis de rendimento da cultura do amendoim (*Arachis hypogara*) no distrito de Chókwè com a exploração dos recursos hídricos.

#### 1.3.2 Específicos

- Quantificar para a cultura do amendoim as necessidades de água de rega ( $NAR$ ) para rendimentos relativos de 100, 90, 85, 80 e 75%;
- Modelar os rendimentos relativos ( $Y_a/Y_p$ ) da cultura do amendoim em função da evapotranspiração relativa ( $ET_{c_{aj}}/ET_c$ ) em sequeiro e
- Comparar os rendimentos relativos do modelo ( $Y_a/Y_p$ ) e os rendimentos reais ( $Y_r$ ) da cultura do amendoim em sequeiro (Chókwè).



## CAPÍTULO II

### 2 . REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 *Descrição da zona de estudo*

##### i) *Localização da zona de Estudo*

O distrito de Chókwè localiza-se na província de Gaza, a sudoeste da margem direita do rio Limpopo e dista 100Km da sua foz, com uma extensão de 1595 Km<sup>2</sup> de superfície . É limitado pelo rio Limpopo, pelos distritos de Bilene, Chibuto, Guijá, Mabalane e Massingir na província de Gaza e pelo distrito de Magude, na província de Maputo.

##### ii) *Clima*

Na região predomina o clima semi-árido seco, caracterizado por grandes variações pluviométricas ao longo do ano e entre anos. Este clima faz com que a agricultura de sequeiro tenha altos índices de risco no rendimento das culturas (FAEF-Competir,2001). A precipitação média anual é de **620mm** confinada essencialmente nos meses de Novembro a Março e a evapotranspiração média é de **1500mm**. O déficit da precipitação é de **880mm** que corresponde **59%** da evapotranspiração média. As sementeiras devem ser bem localizadas ( durante do ano) afim de maximizar o aproveitamento das chuvas. Novembro a Março corresponde o período do ano onde espera-se obter sucessos no cultivo em sequeiro com um período de crescimento estimado de **90 dias**.

Este ponto (Chókwè) apresenta elevado risco na agricultura de sequeiro (FAEF-Competir,2001), sendo assim, carece de fontes alternativas de água para satisfazer as necessidades hídricas de culturas como o amendoim fixadas entre **450 à 700mm** (<http://santosvb.vilabol.uol.com.br/Amendoim.htm>).

A temperatura média anual é de 23,6<sup>o</sup>c, o risco de ocorrência de geadas é nula mesmo durante a época fria. Existem dois períodos marcantes: O Quente com queda pluviométrica, conhecido também por estação chuvosa ou húmida, de Outubro a Abril com **88%** do total da chuva e a estação Seca de Maio a Setembro com **12%** da chuva anual.



iii) *Solos*

Os solos do distrito segundo INIA (1995), são agrupados da seguinte forma:

***Solos das dunas interiores;*** que são profundos, arenosos com excessiva capacidade de drenagem (fraca capacidade de armazenamento da água) e um lençol freático a profundidade superior a 10m. ***Os dos sedimentos marinhos;*** com camada superior de areia a areia-franca, sem calcário, de uma espessura variável (20-80cm), sobrepõem-se a um subsolo de textura franca –arenosa a franca –argilosa –arenosa. Este subsolo é geralmente muito duro compacto até a profundidade de 60-80cm.

***Os solos de sedimentos marinhos nas depressões ou planícies;*** são solos das baixas planas, com declives geralmente inferiores a 0.5%. Em relação ao nível do mar estão abaixo 1-2m e as depressões no geral são mal drenadas( problema de inundação).

***Os solos dos sedimentos Fluviais*** são recentes, desenvolvem-se sobre os sedimentos recentes do rio Limpopo ocupando zonas dos meandros do rio, os solos são profundos, estratificados e apresentam uma grande variabilidade quanto a sua textura tendo uma elevada fertilidade natural, como os solos aluvionares turfosos.

No geral, a textura predominantemente é argiloso (**Vertisolos**) a franco argiloso, pesados, compactos, impenetráveis e bastante abrasivos, tendendo a alcalinidade. Os solos são profundos (com uma espessura efectiva superior a 1 m) e o conteúdo de argila ronda aos 35 %. A permeabilidade interna é moderada a rápida (7-10 mm/h), tendo uma fracção de água utilizável que varia entre os 10 a 13%, variando com o teor de matéria orgânica e argila e o pH varia de 7,0-7,3. São solos que permitem alcançar elevadas produtividades mas requerem uma cuidada monitorização (FAEF-Competir,2001).

É de extrema importância sublinhar que uma associação complexa destes solos pode ser observada no local.

raiz (disponível), isto é, não é toda a fracção de água disponível na zona radicular no solo é óptima para proporcionar um crescimento sem stress hídrico mais somente uma fracção denominada Água Facilmente Disponível (AFD).

Água Facilmente Disponível é uma fracção da água disponível, onde a planta faz a sucção sem se verificar perdas de rendimento relativo dado que não existe stress hídrico se mantermos os outros factores de crescimento disponíveis em quantidades óptimas à cultura. Nesta fracção o nível de humidade no solo permite que a planta conserve energia para outras actividades.

A fracção de água abaixo da AFD provoca um abaixamento da evapotranspiração máxima da cultura ( $ET_c$ ) e este é o momento crítico para realizar-se uma rega que segundo Engelen e Brito (1982), para que a irrigação seja eficiente, é necessário que a quantidade de água a fornecer não ultrapasse a capacidade de campo afim de se evitar perdas por percolação, a não ser que esta parte (a mais) seja necessária para evitar a salinização do solo em causa.

A relação entre AFD e AD na zona da raiz é efectuada por intermédio do factor  $p$  (factor da água disponível que é extraída do solo sem perdas excessivas de energia e stress hídrico).

$$AFD = p * AD \quad \text{ou} \quad (2a)$$

$$AFD = p * 1000 * (\Theta_{CC} - \Theta_{pm}) * Z_r \quad (2b)$$

Onde:

AFD – Água facilmente disponível (mm)

$p$  – Factor da água disponível que é extraída do solo sem perdas significativas de energia e sem stress hídrico.

O factor de água disponível ( $p$ ) de acordo com Allen et al (1998); é um factor que depende da cultura e difere de cultura para cultura bem como do poder de evaporação para a atmosfera. Para plantas com raízes enraizadas e uma taxa de  $ET_c > 8\text{mm/dia}$  é

A quantidade de água que um perfil de terreno sem vegetação e evaporação retém contra a acção da gravidade, após plenamente inundado e deixada drenar livremente por uns dias (um a quatro dias), em condições de campo, determina o volume máximo aproximado de água que um solo bem drenado pode armazenar por longos períodos sem evapotranspiração. Esta unidade é chamada capacidade de campo do solo, segundo definição dada por Veihmeyer & Hendrickson (1931), isto é, após o precipitação ou irrigação pesada o solo drenara até que a capacidade de campo seja alcançada. A capacidade de campo fisicamente é quando a sucção exercida pela planta esta na ordem dos 10KPa.

A medida que a água à capacidade de campo é removida do solo pelo escoamento subterrâneo e pela evapotranspiração da planta verifica-se um decréscimo da água que vai intensificando até um ponto em que a planta já não possui capacidades para poder extrair esta do solo; este ponto denomina-se ponto de murcha permanente.

O ponto de murcha permanente corresponde a humidade retida no solo a uma tensão de 1.57MPa, (Yague, 1996).

A quantidade de água disponível no solo (zona radicular para a cultura do amendoim) é estimada pela expressão matemática abaixo:

$$AD = 1000 * (\Theta_{CC} - \Theta_{PM}) * Z_r \quad (1)$$

Onde:

$AD$  – Água disponível na zona da raiz (mm)

$\Theta_{CC}$  – Humidade do solo à capacidade de campo ( $m^3/m^3$ ),

$\Theta_{PM}$  – Humidade do solo no ponto de murcha permanente ( $m^3/m^3$ ),

$Z_r$  – Profundidade radicular da planta (m),

Fez-se alusão atrás que a água no solo para a planta está entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PM), porém esse pensamento é apenas teórico dado que se verifica stress hídrico na cultura muito antes de se esgotar a água na zona da

raiz (disponível), isto é, não é toda a fracção de água disponível na zona radicular no solo é óptima para proporcionar um crescimento sem stress hídrico mais somente uma fracção denominada Água Facilmente Disponível (AFD).

Água Facilmente Disponível é uma fracção da água disponível, onde a planta faz a sucção sem se verificar perdas de rendimento relativo dado que não existe stress hídrico se mantermos os outros factores de crescimento disponíveis em quantidades óptimas à cultura. Nesta fracção o nível de humidade no solo permite que a planta conserve energia para outras actividades.

A fracção de água abaixo da AFD provoca um abaixamento da evapotranspiração máxima da cultura ( $ET_c$ ) e este é o momento crítico para realizar-se uma rega que segundo Engelen e Brito (1982), para que a irrigação seja eficiente, é necessário que a quantidade de água a fornecer não ultrapasse a capacidade de campo afim de se evitar perdas por percolação, a não ser que esta parte (a mais) seja necessária para evitar a salinização do solo em causa.

A relação entre AFD e AD na zona da raiz é efectuada por intermédio do factor  $p$  (factor da água disponível que é extraída do solo sem perdas excessivas de energia e stress hídrico).

$$AFD = p * AD \text{ ou} \quad (2a)$$

$$AFD = p * 1000 * (\Theta_{CC} - \Theta_{pm}) * Z_r \quad (2b)$$

Onde:

AFD – Água facilmente disponível (mm)

$p$  – Factor da água disponível que é extraída do solo sem perdas significativas de energia e sem stress hídrico.

O factor de água disponível ( $p$ ) de acordo com Allen et al (1998); é um factor que depende da cultura e difere de cultura para cultura bem como do poder de evaporação para a atmosfera. Para plantas com raízes enraizadas e uma taxa de  $ET_c > 8\text{mm/dia}$  é

geralmente de 0.3, para plantas de raízes profundas e  $ET_c < 3\text{mm/dia}$  é geralmente de 0.7 porém, para a maioria das plantas tem se fixado o valor de 0.5.

A expressão matemática para estimar o factor p em função da  $ET_c$ .

$$p = p(tab) + 0.04 * (5 - ET_c) \quad (3)$$

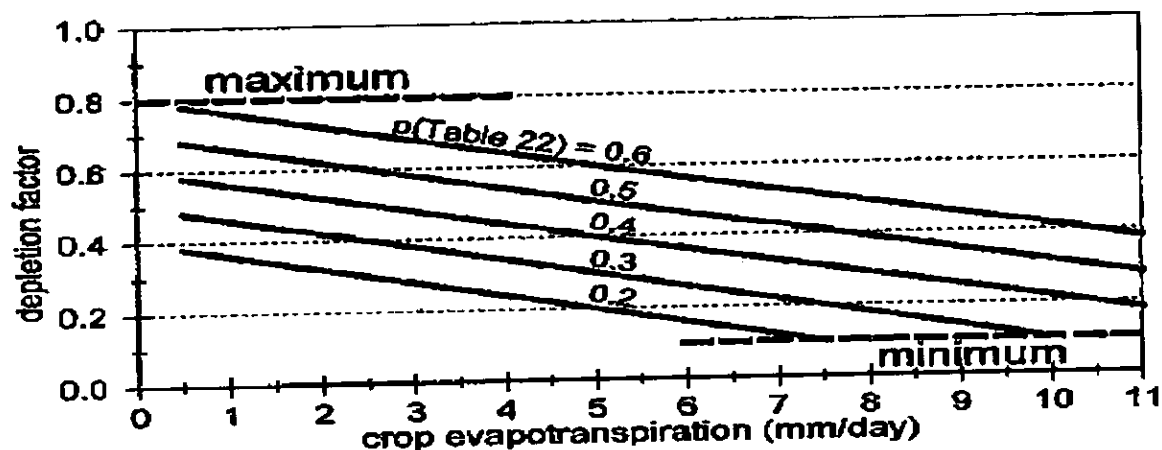
Onde :

P é limitada  $0.1 < p < 0.8$

$P(tab)$  — Factor p tabelado para a cultura (amendoim)

$ET_c$  — Evapotranspiração da cultura em mm/dia

A influência deste ajuste na estimação do factor p e visualizado na figura 1 a baixo:



Figural. Factor da depleção para diferentes taxas de evapotranspiração da cultura, (Adaptado, FAO 56)

Como já foi referido por Allen et al (1998) o factor p difere de cultura para cultura facto visível na tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Profundidade máxima da raiz ( $Z_r$ ) e o factor de depleção ( $P$ ) da água do solo para algumas leguminosas

Culturas	Profundidade máxima da Raiz (m)	Fracção da água disponível para 5mm/dia de $ET_c$ (p)
Leguminosas		

Feijões verdes	0.5-0.7	0.45
Videiras	0.8-1.2	0.45
Ervilha	0.6-1.0	0.50
Feijão nhemba	0.6-1.0	0.45
Amendoim	0.5-1.0	0.50

Fonte : Allen et al.(1998), adaptado do FAO 56

### 2.2.2 Evapotranspiração

Existe dois processos que são diferentes entre si nomeadamente: a **evaporação** e a **transpiração** sendo muitas vezes difícil de separá-los por ocorrerem simultaneamente. A **evaporação** é um processo físico no qual as partículas da água no estado líquido ganham uma maior energia cinética devido ao aquecimento e isso provoca um enfraquecimento das forças de atracção entre elas permitindo que a água seja convertida para o estado gasoso e removida da superfície de evaporação (rios, lagos, riachos, ribeiros, mar etc.), para a atmosfera enquanto que a **Transpiração** é um processo biológico que consiste na evaporação da água no estado líquido contida nos tecidos das plantas para a atmosfera. A transpiração (troca gasosa das plantas) é realizada através de pequenos orifícios que se encontram localizados nas folhas das plantas chamados estomas. Ambos os processos libertam água no estado de vapor para a atmosfera e dependem muito dos parâmetros atmosféricos nomeadamente: a radiação solar, temperatura do ar, humidade atmosférica e a velocidade do vento.

A fusão destes dois processos num único fenómeno foi realizado por Thornthwaite e Wilm com o termo **evapotranspiração** em 1944, que representa a perda natural de água do solo vegetado para a atmosfera através da acção conjunta da **evaporação** e da **transpiração**.

### 2.2.3 Evapotranspiração de Referencia (ET<sub>o</sub>)

O termo evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi definido por Doorenbos & Pruitt (1977) como aquela que ocorre numa extensa superfície coberta com relva de 0,08 grama a 0,15m de altura, em crescimento activo, cobrindo totalmente o solo e sem

deficiência de água; sendo mais tarde conceituada como aquela que ocorre numa superfície hipotética, caracterizada por vegetação verde uniforme de 0.12m de altura, albedo de 0.23, com boa disponibilidade de água. Segundo Thornthwaite e Wilm (1994) consideraram a evapotranspiração de referencia como um elemento meteorológico normal, padrão, que representa a quantidade de água necessária a planta com a finalidade de responder a demanda do poder evaporativo do meio ambiente .

Somente os factores climáticos podem influenciarem a *ET<sub>o</sub>* daí que, este parâmetro é meramente climático, assim, torna-se possível determina-lo com dados dos parâmetros climáticos, porém existe uma advertência Doorenbos & Pruitt (1977) que afirma ser necessário que haja prudência no manuseio dos dados climáticos médios pois se não forem bem avaliados o grau de variabilidade de cada um dos parâmetros podem obter erros significativos e assim teremos uma análise errada dos resultados observados.

A evapotranspiração de referencia foi concebida para realizar estudos na demanda evaporativa da atmosfera independentemente do tipo de cultura em causa, do estágio de desenvolvimento fenológico e das práticas culturais de manejo. Ela fornece-nos um padrão que nos faculta estabelecer comparações de evapotranspiração em locais diferentes bem como em períodos (estações de ano) diferentes, assim como o relacionamento entre culturas.

A estimacão da evapotranspiração não é fácil , numerosos métodos têm sido desenhados com o intuito de alcançar este objectivo por vários pesquisadores e cientistas. Gondim et al. (2000) afirma que o método mais indicado para estimacão de *ET<sub>o</sub>* é o de Penman modificado com o erro de mais ou menos 10% no Verão e até mais ou menos 20% sob condições de baixa demanda evaporativa, facto confirmado por Allen et al (1998).

O método de **Penman-Monteith** consiste na fusão de dois métodos que é o de balanço de energia e da transferencia de massas, requerendo os seguintes parâmetros : Insolação, Temperatura, Humidade, a Velocidade do vento, Latitude, Longitude, Altitude e o Dia do ano.

#### 2.2.4 Evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) e o coeficiente da cultura ( $K_c$ )

A evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) neste trabalho refere a evapotranspiração máxima. A *evapotranspiração da cultura* é aquela que ocorre sob condições ótimas e ideais a planta, isto é, verifica-se quando existe excelentes condições agronómicas e água em quantidades não limitadas para a planta.

A evapotranspiração máxima da cultura ( $ET_c$ ) difere da evapotranspiração de referencia ( $ET_o$ ) pela cobertura do solo, propriedades da canopia das plantas e da resistência aerodinâmica entre as plantas cultivadas e as plantas utilizadas como referencia (relva).

A evapotranspiração de referencia ( $ET_o$ ) é superior que a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) do amendoim na 1ª fase do ciclo de vida da cultura dado que a canopia da planta nesta fase ainda não se encontra completamente formada. Nesta fase a evaporação da água no solo corresponde a maior fracção da evapotranspiração da cultura do que a transpiração da planta.

O desenvolvimento da canopia da planta provoca uma cobertura maior do solo (3ª fase máxima cobertura) ficando o solo protegido dos raios solares devido a intercepção dos mesmo pela canopia. Nesta fase a evapotranspiração da cultura pode superar a evapotranspiração de referencia e geralmente a contribuição da transpiração da planta é maior que da evaporação do solo no processo da evapotranspiração da cultura.

Na 4ª fase do ciclo da cultura as folhas entram em **sinescência** e a taxa de evapotranspiração baixa.

As plantas cultivadas e as de referencia possuem diferenças na taxa de evapotranspiração, fisicamente o efeito das características que diferenciam as plantas cultivadas e as plantas de referencia são integradas numa grandeza denominada coeficiente da cultura ( $K_c$ ).

O **coeficiente da cultura** ( $K_c$ ) é o resultado da soma de dois coeficientes, o coeficiente basal ( $K_{cb}$ ) que reflecte a transpiração da planta e o coeficiente da evaporação do solo ( $K_e$ ) que reflecte a perda de água no solo pela evaporação.



É na diferença entre os  $K_{cb}$  e  $K_e$  que reside as diferenças entre a evaporação do solo e a transpiração da planta. A relação entre a evapotranspiração de referencia e a evapotranspiração da cultura em função do  $K_c$  é a seguinte:

$$ET_c = (K_{bc} + K_e) * ET_o \quad (4a)$$

$$ET_c = K_c * ET_o \quad (4b)$$

Onde:

$ET_c$  — Evapotranspiração máxima da cultura (mm/dia),

$K_c$  — Coeficiente da cultura, fusão do coeficiente basal da cultura ( $K_{cb}$ ) e do coeficiente da evaporação do solo ( $K_e$ ).

Dado que o  $K_c$  varia ao longo do ciclo da cultura, recorre-se a uma curva derivada de um modelo linear para quantificar o  $ET_c$ , isto é, construi-se uma curva de  $K_c$  segundo um modelo linear em função dos dias da cultura em campo, com esta curva extrapola-se o  $K_c$  e estima-se o  $ET_c$  do dia referente.

Para obter a curva do modelo linear são três  $K_c$  necessários: O da primeira fase ( $K_{cini}$  - inicial), terceira ( $K_{cm}$  - médio) e o da ultima fase ( $K_{cend}$  - final). Na base destes dados chega-se a uma curva semelhante a figura 2 abaixo.

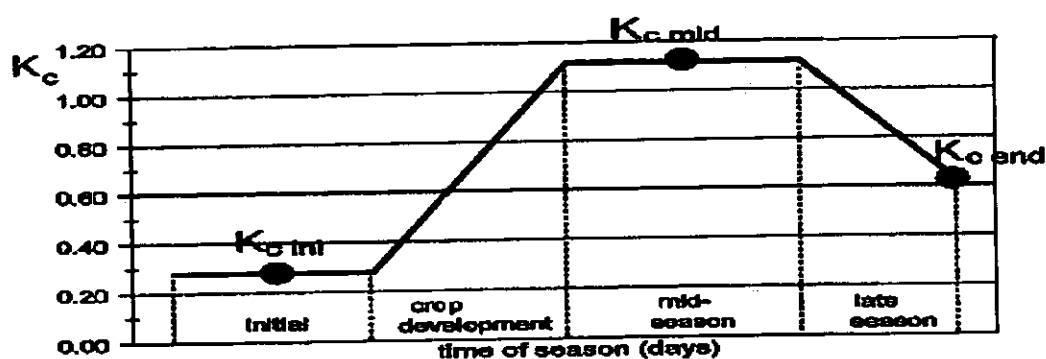


Figura 2: Curva característica do  $K_c$  (Adaptado de FAO 56)

O  $K_{cini}$  da I fase do ciclo de vida da cultura expressa quase na sua totalidade a evaporação do solo ( $K_e \gg K_{cb}$ ), para a sua estimacão Allen et al (1998) considera, a frequência da precipitação ( $N_w$ ) durante esta fase, o poder evaporativo da atmosfera ( $E_{To}$ ), o intervalo de tempo médio ( $T_w$ ) entre os eventos da precipitação, as características inerentes ao solo ( estrutura, textura, matéria orgânica etc.) seleccionadas para a realização da sementeira e a profundidade da lamina infiltrada média ( $P\bar{x}$ ) na 1ª fase.

A determinacão da frequência da precipitação ( $N_w$ ) é feita contabilizando para a fase o número de vezes (dias dentro da fase) que o evento se observa ,isto é, contam-se os eventos onde a precipitação verificou-se.

O intervalo de tempo médio ( $T_w$ ) entre os eventos (precipitação) é determinado dividindo o comprimento da fase ( $L_{inic}$ ) pela frequência dos eventos ( $N_w$ ) adicionado a um factor de correcção (0.5) na seguinte relacão matemática.

$$T_w = \frac{L_{ini}}{N_w + 0.5} \quad (5)$$



Onde:

$T_w$  — Tempo médio entre os intervalos de humedecimento (dias);

$L_{inic}$  — Comprimento do período inicial (dias) e

$N_w$  — (Frequência) número de dias com precipitação superior que zero.

A lamina média infiltrada na 1ª fase ( $P\bar{x}$ ) é estimada pelo somatório das diferentes laminas infiltradas por cada evento de humedecimento ( precipitação ) dividida pela sua frequência ( $N_w$ ).

$$P\bar{x} = \frac{\sum P_n + \sum I_r}{N_w} \quad (6)$$

Onde:

$P\bar{x}$  — Profundidade média da água infiltrada por evento de humedecimento (precipitação) (mm);

$P_n$  — Profundidade da precipitação infiltrada que ocorre durante o período inicial (mm)

$I_r$  — Profundidade infiltrada da irrigação (mm).

Em sequeiro onde a rega é inexistente a componente  $I_r$  não se faz sentir ( $I_r=0,0$ ).

Não é toda a lamina que cai penetra no solo, pois este é limitado pelas características do solo e pela intensidade da chuva (h) que cai. Quando a taxa de precipitação é superior que a taxa de absorção do solo haverá muitas perdas da lamina de chuva pelo runoff (escoamento superficial), além da perda superficial teremos a perda subterrânea na zona radicular imposta pela quantidade de água disponível à planta (AD).

$$0 \leq P_n + I_r \leq AD \quad (7)$$

A relação acima condiciona a dimensão máxima da lamina que pode infiltrar na zona radicular, isto é, a lamina média ( $P\bar{x}$ ) não deve exceder a água disponível na zona da raiz da cultura pois o excedente constitui escoamento subterrâneo.

Tida a informação ( $N_w$ ,  $T_w$ ,  $ET_o$ ,  $P\bar{x}$  e as características do solo) extrapola-se o valor de  $K_{cini}$  na base das curvas em Anexo 1.

### 2.2.5 Evapotranspiração real (ajustada) da cultura ( $ET_{Caj}$ )

A evapotranspiração real será neste trabalho denominada evapotranspiração ajustada ( $ET_{Caj}$ ). Condições totalmente óptimas e ideais a planta em campo de modo a cobrir todas as necessidades dela e conseguir assim garantir a produção genética máxima é na pratica impossível.

Já se fez referencia que o rendimento esta em função de uma multiplicação de factores, sendo um deles a evapotranspiração, porém a evapotranspiração é também combinação

de factores (climáticos, solo e inerentes a cultura). Da interacção desses factores tem-se como consequência o rendimento relativo observado.

Quando as necessidades hídricas não são satisfeitas a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) é afectada negativamente e um decréscimo do rendimento é esperado (devido ao abaixamento da evapotranspiração). A evapotranspiração que ocorre nestas condições Allen et al (1998) chama de evapotranspiração da cultura ajustada, que se verifica quando a cultura está em condições de deficiência de água, nutrientes, presença de pragas, doenças ou representa soma total da transferência de vapor para a atmosfera que é evapotranspirada nas condições actuais de parâmetros atmosféricos, humidade do solo e condições da cultura.

No ponto de vista de Reichardt (1990) é aquela que realmente ocorre.

Perante esta situação dois cenários são possíveis entre a evapotranspiração da cultura (máxima,  $ET_c$ ) e evapotranspiração da cultura ajustada (real,  $ET_{c_{aj}}$ ):

- $ET_{c_{aj}} = ET_c \Rightarrow$  Quando as condições de campo para a cultura são óptimas (ideais), isto é, a humidade no solo não é limitada a planta (a fracção da AFD do solo não está esgotada) mantendo os outros factores constantes e
- $ET_{c_{aj}} < ET_c \Rightarrow$  Quando existe déficit de humidade na zona da raiz capaz de causar stress hídrico, isso acontece quando a fracção AFD do solo está esgotada (a planta exerce grandes tensões na absorção da água).

Numa perspectiva física um ajuste deve ser estabelecido para relacionar a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) e a evapotranspiração da cultura ajustada ( $ET_{c_{aj}}$ ). A relação é estabelecida por um factor denominado, factor de "stress hídrico" ( $K_s$ ) que será descrito nas alíneas abaixo.

$$ET_{c_{aj}} = (K_{cb} * K_s + K_e) * E_{To} \quad (8a)$$

$$ET_{c_{aj}} = K_s * K_c * E_{To} \quad (8b)$$

Onde:

$ET_{c_{aj}}$  — Evapotranspiração ajustada em (mm),

- $K_s$  — Coeficiente de stress hídrico,
- $K_{cb}$  — Coeficiente basal da cultura,
- $K_e$  — Coeficiente da evaporação do solo e
- $K_c$  — Coeficiente da cultura (amendoim)

A formula 8a é mais realista do que a 8b dado que o coeficiente da transpiração ( $K_{cb}$ ) é o afectado pelo stress hídrico ( $K_s$ ), e não o coeficiente da evaporação do solo porém, a formula 8b pode dar bons resultados se a evaporação do solo não é significativa no valor absoluto da  $ET_c$ .

A figura 3 mostra o decréscimo da  $ET_c$  em função do stress hídrico no decorrer dos dias da cultura em campo.

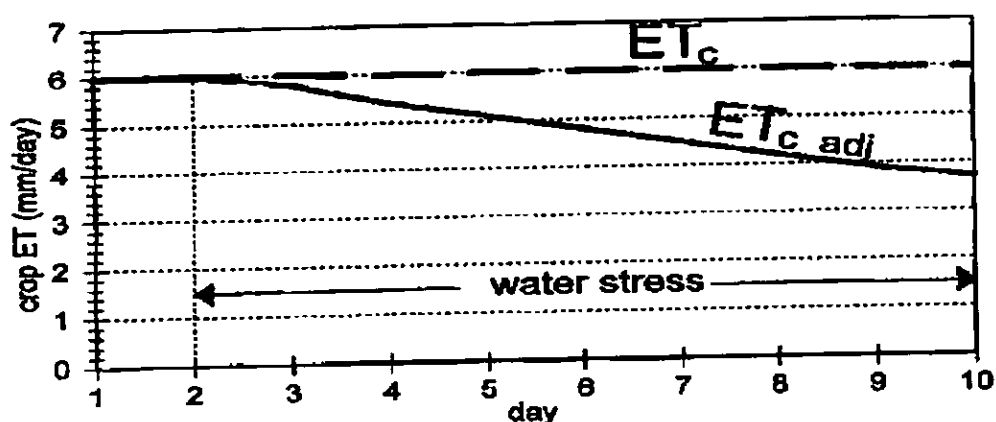


Figura 3. Decréscimo da  $ET_c$  em função do stress hídrico ( $K_s$ ), (Adaptado de FAO 56).

Nas expressões acima (8a) e (8b) consta o factor ( $K_s$ ) que é um factor físico que ajusta a  $ET_c$  a  $ET_{c\ aj}$  as situações reais do campo no que diz respeito a humidade do solo.

O factor  $K_s$  está relacionado com uma grandeza de humidade do solo que expressa está (humidade) em termos de déficit hídrico para se alcançar a capacidade de campo (CC) na zona da raiz denominada depleção ( $D_r$ ). A respeito Allen et al (1998) diz que a depleção reflecte a quantidade de água necessária para atingir a capacidade de campo.

Dado que a depleção expressa o déficit da humidade (lamina) para se alcançar a capacidade de campo, quando o solo está a capacidade de campo a depleção é nula ( $Dr=0$ ). A remoção da humidade na zona radicular estimula a aparição da depleção que vai crescendo até consumir a fracção **AFD** a planta (momento crítico a rega), e nesta fase a planta começa a entrar em stress hídrico, a conclusão que se chega é:

- Quando a depleção é inferior que a fracção da Água Facilmente Disponível à planta ( $Dr < AFD$ ) teremos a evapotranspiração da cultura igual a evapotranspiração ajustada ( $ET_c = ET_{c_{aj}}$ ) e
- Quando a depleção é superior que a fracção da Água Facilmente Disponível à planta ( $Dr > AFD$ ), a evapotranspiração ajustada será inferior que a evapotranspiração da cultura ( $ET_{c_{aj}} < ET_c$ ).

A evapotranspiração das culturas diminui em proporções e quantidades da água restante na zona da raiz (figura 4).

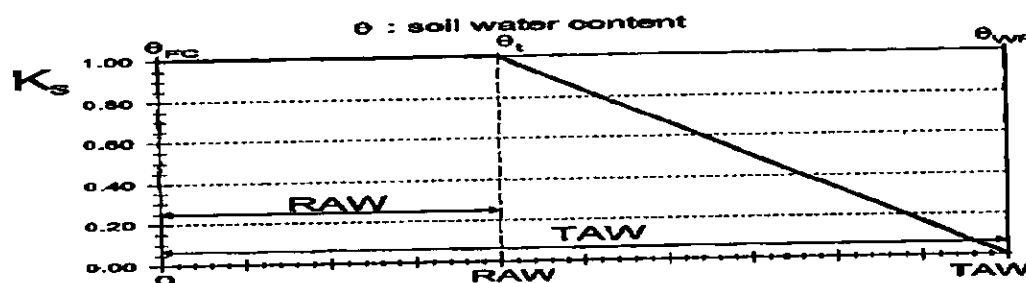


Figura4: Factor de stress hídrico ( $K_s$ ) sob a evapotranspiração da cultura, (FAO,56)

Segundo Allen et al (1998) o factor  $K_s$  é de uma unidade ( $K_s=1$ ) quando  $Dr$  for menor que  $AFD$ , porém se esse for maior estima-se  $K_s$  pela seguinte expressão:

$$K_s = \frac{AD - Dr_{(t-v)}}{AD - AFD} = \frac{AD - Dr_{(t-v)}}{(1-p)AD} \quad \text{Para } Dr_{(t-v)} > AFD \quad (9)$$

Onde:

$K_s$  - Coeficiente para a redução da transpiração que depende da água disponível no solo [0;1],

$AD$  — Água disponível na zona da raiz (mm),

*AFD*— Água facilmente disponível na zona da raiz (mm),

$Dr_{t-1}$ — Depleção na zona da raiz no dia anterior (mm) e

*p*— Factor da água disponível que é extraída do solo sem perdas significativas de energia e sem stress hídrico.

Segundo Allen et al (1998), após a determinação do *K<sub>s</sub>* realiza-se um ajuste na evapotranspiração das culturas pelas equações (8a) ou (8b) consoante a consideração para transformar o *ET<sub>c</sub>* em *ET<sub>c<sub>aj</sub></sub>*.

### 2.2.6 Balanço da água no solo (zona radicular)

Na estimação do factor do stress hídrico (*K<sub>s</sub>*), é imprescindível a realização de uma computação diária do balanço da água na zona radicular. Segundo Allen et al (1998), se imaginarmos a zona radicular como um reservatório de água (recipiente) podemos verificar fluxos de entrada e de saída que devem ser estimados para realizar o balanço diário da humidade na zona radicular.

O conjunto composto pela precipitação (*Pr*), irrigação (*I*), ascensão capilar da água proveniente do lençol freático (*Ac*) constituem fontes alternativas que humedecem a zona radicular, diminuindo assim a depleção enquanto que, a percolação (*D<sub>p</sub>*) da água em excesso da zona radicular, a remoção da água pela evaporação do solo e a transpiração das plantas (evapotranspiração; *ET<sub>c<sub>aj</sub></sub>*) constituem fluxos que secam o solo aumentando assim, a depleção.

Para realizar o balanço da humidade na zona radicular é necessário e primeiro estimar cada um dos parâmetros envolvidos e depois realizar a interacção matemática entre estes. A frente temos a descrição da maneira de estimar cada um dos parâmetros para expressar o balanço em função da depleção (*Dr*).

#### *Depleção no dia zero (D<sub>ro</sub>)*

Para efectuar o balanço diário da humidade na raiz deve-se estimar primeiro o déficit de humidade para a capacidade de campo (CC), isto é; a depleção do dia zero (*j=0*).

A depleção do dia zero (*j=0*) é estimado na segundo a expressão :

$$D_{r_0} = 1000 * (\Theta_{cc} - \Theta_0) * Z_{r_0} \quad (10)$$

Onde:

$D_{r_0}$  — Depleção na zona da raiz no dia zero (mm);

$\Theta_{cc}$  — Humidade a capacidade do campo na zona da raiz ( $m^3/m^3$ );

$\Theta_0$  — Humidade do solo no dia zero ( dia da sementeira ) em ( $m^3/m^3$ ) e

$Z_{r_0}$  — Profundidade da raiz assumida para a sementeira (m)

Quando a humidade na zona radicular no dia zero está no nível da capacidade do campo (CC) a depleção do dia zero será nula ( $D_{r_0}=0$ ), isto é; no momento da sementeira.

É de ressaltar que o valor máximo da depleção é a Água disponível para a raiz ( $AD$ ).

#### *Precipitação (P) , Irrigação (I) e Escoamento superficial (R)*

A precipitação que cai num ponto é recolhida e medida por udómetros e udógrafos. Segundo Allen et al (1998) quando a precipitação observada num determinado dia ( $Pr_j$ ) é inferior a  $0.2 ETo$  desse dia não se considera o valor da precipitação no balanço da água na zona da raiz. Na irrigação ( $I_j$ ) considera-se a lâmina média da rega que infiltra no solo sendo representativa do campo em estudo.

O escoamento superficial ( $R_j$ ) não é de determinação fácil, porém, existe procedimentos de hidrologia que podem ser seguidos afim de se alcançar um resultado ( neste trabalho assumi-se que o ( $R$ ) é zero).

#### *Ascensão capilar*

É um fluxo vertical da água orientado de baixo para cima que humedece a zona radicular. Este fluxo é dependente do tipo de solo, da profundidade do lençol freático bem como da humidade na vizinhança da raiz.

Allen et al (1998) considera desprezível a contribuição do lençol freático quando este está numa profundidade superior que 1m da raiz.



*Evapotranspiração da cultura (ETc)*

No modelo do balanço da humidade à evapotranspiração remove a humidade na zona da raiz. Durante o balanço utiliza-se a evapotranspiração ajustada ( $ET_{caj}$ ) e não a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), dado que a  $ET_{caj}$  é realmente aquela que ocorre (remove) e não a  $ET_c$  que é apenas hipotética dado que é muito difícil alcançá-la. Expressões 8a e 8b (sub capítulo 2.2.5).

*Drenagem ou percolação profunda (Dp)*

A percolação profunda (drenagem) da água na zona da raiz num dia ( $Dp_j$ ) verifica-se quando existe um excesso de humidade na zona radicular, isto é; depois de uma precipitação ou rega pesada que consiga restabelecer a capacidade de campo na zona em causa, o excesso de humidade será eliminado. A este fenómeno Allen et al (1998) denomina **percolação profunda** ( $Dp$ ).

Na sua estimação podemos seguir a expressão matemática a baixo visualizada:

$$Dp_j = (P_j - R_j) + I_j + Ac_j - Dr_{f,(j-1)} \geq 0 \quad (11)$$

Onde:

$Dp_j$  — Drenagem do dia j (mm);

$P_r_j$  — Precipitação no dia j (mm);

$R_j$  — Escoamento superficial do dia j (mm);

$I_j$  — Rega ocorrida no dia j (mm);

$Ac_j$  — Ascensão capilar ocorrida no dia j (mm) e

$Dr_{f,(j-1)}$  — Depleção final do dia anterior ao dia j (j-1) em (mm)

*Depleção inicial (Dri) e depleção final (Drf)*

Quando se realiza o balanço da humidade na zona da raiz em função da depleção temos que analisar dois períodos do dia. No início do dia (depleção inicial;  $Dr_i$ ) e no fim do dia (depleção final;  $Dr_f$ ).

A depleção inicial determina-se pela mesma forma da drenagem porém, com uma restrição diferente.

$$Dr_{ij} = (P_j - R_j) + I_j + Ac_j - Dr_{j,(j-1)} \leq 0 \quad (12)$$

A interpretação física do sinal negativo é de déficit de humidade para a capacidade de campo na zona da raiz e o valor absoluto indica a dimensão da depleção início do dia (j). De dia o único fenómeno em acção é a evapotranspiração da cultura dado que se pressupõem que os outros factores ocorrem de noite, para além daqueles que são excluídos da equação, sendo assim, a depleção no final do dia (j) será:

$$Dr_{jj} = Dr_{ij} + ET_{caij} \quad (13)$$

O valor da depleção início ( $Dr_i$ ) nesta formula é com sinal positivo.

### 2.2.7 Necessidades hídricas da cultura

Na projecção de um campo de rega e previsão dos rendimentos, é importante conhecer as necessidades hídricas da cultura. Não é suficiente ter a ideia de quanta água temos que dar a cultura porém é de extrema importância ter o conhecimento de quando devemos realizar essa dotação (frequência da rega) e quanto. A este processo denomina-se maneiio da rega.

Para que a cultura responda no seu máximo potencial genético (produção) é necessário que as necessidades hídricas sejam preenchidas, além dos outros factores como a luz, temperatura, nutrientes (macro e micro).

As necessidades hídricas da cultura são expressas mediante a taxa de evapotranspiração ( $ET_c$ ), em mm/dia ou mm/período, o qual se encontra relacionada com a demanda evaporativa do ar (evapotranspiração de referencia), Allen et al. (1998) afirma ainda que, embora os valores da evapotranspiração da cultura e das necessidades hídricas da cultura sejam idênticas, a necessidade hídrica da cultura expressa à quantidade de água necessária a fornecer à cultura para realizar os seus processos metabólicos, crescer e desenvolver num determinado período de tempo, sem colocar do lado a evaporação do solo dado que são grandezas de difícil separação, ou seja lamina de água que é para poder

responder a demanda hídricas das diferentes fases fenológicas da cultura enquanto que a evapotranspiração da cultura refere-se à quantidade de água que é perdida por evapotranspiração.

### 2.3 Modelos de quantificação de rendimento/água

Tem sido matéria em estudo desenvolver modelos que relacionam o rendimento das culturas com variáveis meteorológicas na finalidade de estabelecer funções de predição do rendimento. Muitos dos modelos utilizam variáveis como transpiração, evapotranspiração actual, deficiência hídrica, relação entre a precipitação e a evapotranspiração de referência, relação entre evapotranspiração actual e a evapotranspiração máxima ou de referência (Pereira e Alves, 1991).

Segundo Pereira e Alves (1991), os primeiros estudos no sentido de esclarecer e quantificar as relações existentes entre a produção e a água utilizada pelas plantas, foram realizados no início do século XX, em laboratório (em vasos). Os resultados obtidos mostraram que:

$$Y = k T \quad (14)$$

em que:

$Y$  - Quantidade de MS produzida (em unidades de massa) e

$T$  - Água perdida por transpiração (em unidades de massa).

O factor de proporcionalidade,  $k$  (que corresponde ao conceito actual de eficiência do uso da água), mantendo-se o clima e o nível de fertilidade do solo constantes, é em função do tipo de planta.

Hanks et al. (1976), fez a primeira confirmação experimental destas experiências (relações água-rendimento) com várias culturas (fundamentalmente cereais de Inverno). Estes autores obtiveram uma relação linear entre a produção de MS e a ET (evapotranspiração) acumulada do tipo:

$$Y = a ET + b \quad (15)$$

Segundo Hanks et al. (1976), tanto a equação (14) com a equação (15) constituem modelos estatísticos, pelo que se os coeficientes da regressão, para além de dependerem da cultura, variam também de região para região e de ano para ano.

Na tentativa de normalização, Hanks (1976), propôs uma nova abordagem, partindo duma equação do tipo  $Y = k T$  e admitindo que, para um dado ano e cultura,  $k$  se mantém constante, pode-se obter para o mesmo local durante o ciclo da cultura:

$$\frac{Y}{Y_m} = \frac{T}{T_m} \quad (16)$$

sendo  $Y_m$  a produção máxima atingível pela cultura quando a sua transpiração é igual à potencial ( $T_m$ ) e  $Y$  a produção correspondente a uma transpiração  $T$ , inferior a  $T_m$ . A razão  $T/T_m$  é denominada transpiração relativa e  $Y/Y_m$  produção relativa (e assumem valores no intervalo (0-1)).

Usando  $ETc$  no lugar de  $T$ , as relações obtidas são do tipo:

$$\frac{Y_a}{Y_p} = a \frac{ETc_{aj}}{ETc} + b \quad (17)$$

Segundo Hanks et al. (1976), em regadio quando se deve gerir uma quantidade limitada de água, torna-se mais sugestivo relacionar o défice de  $ETc$  relativa com o défice de produção relativa, de forma a que, admitindo-se uma certa redução na  $ETc$  relativa, se possa prever a correspondente diminuição da produção relativa. Neste sentido, de acordo com vários trabalhos realizados ao longo de vários anos, surgiu o modelo de Stewart — modelo  $S_1$  (Stewart et al., 1976), que veio a ser adoptado e difundido pela FAO (Doorenbos e Kassam, 1979), tomando a forma:

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_p}\right) = Ky \left(1 - \frac{ETc_{aj}}{ETc}\right) \quad (18)$$

Onde:

$Y_a$  – Rendimento actual;

$Y_p$  – Quantidade de produto colhido de uma variedade cultural de alto rendimento, bem adaptada às condições do meio, em condições excelentes ao desenvolvimento, nomeadamente no que diz respeito à água, fertilizantes e estado sanitário (rendimento máximo);

$K_y$  – Coeficiente de sensibilidade hídrica da produção;

$ET_{caj}$  – Evapotranspiração ajustada (mm) e

$ET_c$  – Evapotranspiração da cultura (mm).

O valor de  $K_y$  segundo o resultado de diferentes ensaios é característico de uma dada variedade, das fases e da natureza do stress, sendo independente do local e dos anos.

#### **2.4 Resposta das culturas ao déficit hídrico**

As culturas possuem períodos críticos quanto a deficiência hídrica (fases de desenvolvimento), durante os quais a falta de água causa sérios decréscimos na produção, os prejuízos causados dependem também da duração e severidade (Folegatti et al; 1997).

O stress hídrico que se desenvolve em qualquer situação particular na planta é uma combinação de factores do solo, da planta e da atmosfera, os quais interagem para controlar a taxa de absorção e a perda da água (Vaadia et al, 1961)

Para se gerir a água deve-se conhecer a resposta do suprimento da água sobre o rendimento, a qual, segundo Doorenbos e Kassam (1994), é quantificado pelo factor de resposta da cultura ( $K_y$ ) que têm a função de relacionar a queda do rendimento relativo

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_p}\right) \text{ com o déficit da evapotranspiração relativa } \left(1 - \frac{ET_{caj}}{ET_c}\right)$$

O factor de resposta dá-nos a ideia da cultura ser ou não tolerante ao stress hídrico.

“O factor de resposta” ( $K\gamma$ ) é útil no planeamento e nas operações das áreas irrigadas, pois, permite quantificar a água de irrigação, sendo útil em termos de rendimento e produção total da cultura, para toda área irrigada.

A obtenção de uma alta produção requer a adopção de práticas de manejo que visam melhorar a irrigação e essa adopção só se torna uma realidade com o conhecimento das necessidades hídricas da cultura em causa.

### **2.5 Modelos de simulação de déficit hídrico (Cropwat)**

Os modelos podem jogar um papel útil em desenvolver recomendações práticas. O programa Cropwat criado pela FAO é uma alternativa que visa sanar uma parte destes problemas com as seguintes potencialidades:

Predizer os efeitos do stress hídrico as plantas ; melhorar o projecto de métodos experimentais em estudos da pesquisa; calcular a evapotranspiração da referência; calcular as necessidades de água de rega as plantas; programações da irrigação sob várias condições da gerência e a eficiência da irrigação.

### **2.6 Requisitos eco fisiológicos da cultura**

#### **2.6.1 O Amendoim**

##### **a) Origem e difusão**

O amendoim, (*Arachis hypogara*) é uma leguminosa originaria da América do Sul (Hommons, 1982).

Actualmente, o amendoim é uma cultura largamente cultivada estando a sua produção comercial confinada entre os 40° de latitude a Norte e Sul (Doorenbos e Kassam, 1979).

O amendoim foi difundido pelos indígenas, na América Latina, América Central e México (<http://santosvb.vilabol.uol.com.br/Amendoim.html>). No século XVIII foi introduzido na Europa e no século XIX difundiu-se do Brasil para a África, do Peru para as Filipinas, China, Japão e Índia.

Em Moçambique, as variedades de ciclo longo são, em geral, cultivadas no Norte devido ao período de duração das chuvas e as do ciclo curto são cultivadas no Sul do país (Vidigal, 2000).

#### **b) Temperatura**

O amendoim é uma espécie vegetal de clima quente. As temperaturas mais favoráveis para o seu desenvolvimento e produção situam-se no intervalo de 25°C e um pouco acima dos 30°C. Temperaturas de 30°C, ou ligeiramente superiores, são as mais benéficas para a germinação das sementes e desenvolvimento inicial das plantas. Temperaturas de 24°C á 29°C diurnas e 23°C nocturnas favorecem o florescimento enquanto que temperatura acima dos (35°C) provocam redução do florescimento das flores. Períodos frios atrasam o desenvolvimento das plantas e a maturação dos frutos. Temperaturas inferiores a 21°C não são adequadas para a produção de amendoim. Grandes diferenças entre as temperaturas diurnas e nocturnas são desfavoráveis para o crescimento das plantas e para a precocidade do florescimento (<http://santosvb.vilabol.uol.com.br/Amendoim.html>).

#### **c) Solos**

A cultura do amendoim desenvolve-se bem numa larga gama de solos, desde que o nível de fertilidade seja razoável (Almeida, 1969). Os solos francos (limosos) de estrutura média e profundos o amendoim adapta-se mais pois possuem uma boa drenagem, aeração e permitem o arrancamento fácil das vagens (ginóforo) na colheita, enquanto que os de estrutura argilosa causam problemas pois, não favorecem a penetração do ginóforo no solo nem a colheita (Doorenbos e Kassam, 1979). A cultura cresce a valores de  $P^H$  entre 3.8-7.5 sendo o óptimo de 6.0-6.2 (Almeida, 1969).

Esta cultura segundo Doorenbos e Kassam (1979) é moderadamente sensível a salinidade dos solos em que é cultivado e o seu rendimento decresce na seguinte proporção de salinidade (**Tabela 2**):

**Tabela 2** : Decréscimo do rendimento em função da salinidade do solo da cultura do Amendoim

Decréscimo do Rendimento	Salinidade ( Ece ) mmho/cm
0%	<3.2
10%	3.5
25%	4.1
50%	4.9
100%	>6.8

Fonte: FAO 33

### e) Necessidades Hídricas

Quanto ao déficit hídrico pode ser considerada tolerante porque estabelece rapidamente, um sistema radicular profundo e denso ( Rehn e Espig , 1991).

As necessidades de água em cada ciclo de produção variam de 450 á 700mm. Nas determinações realizadas com variedades de ciclo curto, mostraram que 490 mm no Congo e 670 mm no Senegal atenderam as necessidades totais de água da cultura (<http://santosvb.vilabol.uol.com.br/Amendoim.htm> ) . A cultura do amendoim, depende do suprimento de água em todas as fases do seu ciclo para atingir altos rendimentos, porém, nas fases de florescimento intenso e de formação de grãos requer maior suprimento de água (<http://santosvb.vilabol.uol.com.br/Amendoim.html> ).

O excesso de água na fase da colheita em solos pesados, provoca o rompimento das vagens baixando o rendimento (Doorenbos e Kassam ,1979 ).

Os valores de ( $K_c$ ) e ( $K_y$ ) onde o primeiro relaciona a  $ET_{ca}$  da  $ET_c$  e o segundo que relaciona o rendimento relativo da evapotranspiração relativa estão sumariados na **tabela 3** (abaixo).

**Tabela 3:** Valores de  $K_c$  e  $K_y$  para cultura do amendoim

	Inicial	Vegetativa	Desenvolvimento	Maturação	Total
Duração	25	35	45	25	130



(dias)					
Kc	-		1.15		0.60
Raízes (m)	-		0.5 – 1.0		
Altura (m)	-	-	0.4		0.4
P*	0.40	0.50	0.50		0.50
Ky	0.20	0.20	0.80		0.60
					0.70



O nível de depleção é baseado sobre condição de ETm é 5 – 6 mm/h (Fonte: FAO 33).

O coeficiente de rendimento ( $K_y$ ) em função da água para o período de crescimento total é 0.7. A fase da floração é a mais sensível ao stress hídrico ( $K_y=0.8$ ), seguida pela fase de formação da vagem ( $K_y=0.6$ ). No geral o stress que ocorre no período vegetativo causa, atraso nas fases de floração e colheita e redução do crescimento e do rendimento (Doorenbos e Kassam, 1979).

O intervalo de rega varia de 6 á 14 dias ou mesmo 21 dias para solos francos com intervalos mais reduzidos durante a floração (Doorenbos e Kassam, 1979).

O crescimento vegetativo e reprodutivo do amendoim é influenciado pelo fotoperíodo e essa influência varia de variedade a variedade (Doorenbos e Kassam, 1979).

CAPÍTULO III

3 . METODOLOGIA

3.1 O modelo do balanço hídrico da água na zona radicular

O modelo foi concebido na esperança de responder os objectivos específicos do trabalho que nos conduzem ao alcance do objectivo geral.

O modelo de balanço hídrico desenhado nesta pesquisa simula as flutuações da humidade na zona radicular da cultura do amendoim em alguns tipos de solos (textura média) em Chókwè em regime de sequeiro, isto é, em função da precipitação. No modelo constituem componentes de saída da água na zona radicular a percolação profunda ( $D_p$ ) e a evapotranspiração ajustada ( $ET_{c_{aj}}$ ).

Na base do modelo proposto pode-se realizar estimativas da evapotranspiração actual da cultura do amendoim ( $ET_{c_{aj}}$ ) e pode se também realizar previsão do rendimento relativo ( $Y_a/Y_p$ ) em sequeiro em função da evapotranspiração relativa ( $ET_{c_{aj}}/ET_c$ ) e do factor de sensibilidade ao stress hídrico ( $K_y$ ).

O modelo proposto apresenta o seguinte desenho de calculo e interacção entre diferentes grandezas:

Mês dia	$ET_o$ (mm/dia)	$K_c$ factor	$Z_r$ (m)	$ET_c$ (mm/dia)	$AD$ (mm)	$P$ F	$AFD$ (mm)	$Pr$ (mm)	$Dr_{nic}$ (mm)	$D_p$ (mm)	$K_s$ factor	$ET_{c_{ajust}}$ (mm/dia)	$Dr_{final}$ (mm)	$K_y$ factor	$Y_a/Y_p$ factor
1															
2															
3															
Dez 4															
5															
6															

### 3.1.1 Estrutura do modelo de balanceamento da humidade ao longo da zona radicular

O modelo foi concebido na folha do Excel onde no cabeçalho encontramos as abreviaturas das grandezas físicas necessárias para o funcionamento e funções do modelo.

Descrevendo o modelo da esquerda para direita nota-se que na primeira coluna temos o mês da sementeira e os dias da cultura no campo. Os dias são referentes a duração do ciclo de vida da cultura e não concretamente aos dias do mês. “*Exemplo o dia 1 é referente ao primeiro dia da cultura no campo e não 1 de um mês*”.

Da segunda a última coluna, temos as grandezas introduzidas e determinadas onde:

( $ET_0$ ) corresponde a evapotranspiração de referencia (mm); ( $K_c$ ) coeficiente da cultura (factor), ( $Z_r$ ) profundidade radicular da cultura do amendoim (mm); ( $ET_c$ ) evapotranspiração potencial da cultura (mm); ( $AD$ ) água disponível na zona radicular (mm), ( $p$ ) fracção da água disponível que é facilmente utilizável a planta (factor); ( $AFD$ ) água facilmente disponível (mm); ( $Pr$ ) precipitação (mm); ( $D_{ri}$ ) depleção inicial da água na zona radicular (mm); ( $D_p$ ) percolação profunda (mm); ( $K_s$ ) coeficiente de stress hídrico da água no solo (factor); ( $ET_{c_{aj}}$ ) evapotranspiração ajustada (mm); ( $D_{rf}$ ) depleção final (mm); ( $K_y$ ) coeficiente de sensibilidade hídrica da cultura (factor); ( $ET_{c_{aj}} / ET_c$ ) expressa o valor da evapotranspiração relativa por fase e ( $Y_a / Y_p$ ) que expressa o rendimento relativo por fase.

Para o funcionamento do modelo é necessário que os valores das grandezas  $ET_0$ ,  $K_c$ ,  $Z_r$ ,  $Pr$  bem como as características inerentes ao solo ( $AD$ ) definidas na base das curvas de  $P^F$  sejam introduzidas no programa desenhado para cada ano e dia ( $j$ ) correspondente. Sendo a grandeza  $K_y$  também um input do programa porém introduzida por fase, isto é, ela deve ser constante por fase. As restantes grandezas são depois calculadas por interações que serão descrita a baixo.

### 3.1.1.1 Procedimento de cálculo dos inputs e dos output do modelo

#### i) Apuramento dos anos

Primeiramente fez-se o apuramento dos anos (campanhas) que serviriam de base para o estudo de acordo com a disponibilidade da informação de natureza meteorológica e dos rendimentos disponíveis da cultura.

#### ii) Determinação das datas de sementeira

A determinação da data da sementeira foi com base na recomendação proposta por Jeevananda (1986) que segundo este após uma precipitação igual ou superior a 24mm o solo tende de atingir a capacidade de campo (CC), isto é, em outras palavras é, a depleção na zona radicular no início fica nula ( $D_r = 0$ ), contudo, esta é apenas um pressuposto que deixa um grau de incerteza dado que a capacidade de campo (CC) depende da profundidade radicular (0.15m) e das curvas de  $P^F$ .

#### iii) Determinação da Evapotranspiração de referencia ( $ET_o$ )

Os dados da  $ET_o$  foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INAM). Sendo os valores da evaporação de Piche dados por décadas para cada mês (únicos disponíveis) dos diferentes anos. É de salientar que o melhor seria, ter a informação diária dos dados, mas a variabilidade dos dados da  $ET_o$  é bastante pequena. Os dados foram convertidos em diários dividindo-se a evaporação da década (10dias) pelo número de dias, sendo que para meses com a ultima década de onze dias (11), nove (9) ou oito (8) dividiu-se pelo número correspondente nomeadamente 11, 9 ou 8. Para o ano 1999 devido a falta de informação nos meses de Janeiro e Fevereiro determinou-se a média dos outros anos nos mesmos períodos.

#### iv) Determinação dos coeficientes da cultura por ano ( $K_c$ )

A determinação do  $K_c$  foi segundo Allen et al. (1998) no qual somente três pontos de valores de  $K_c$  são requeridos para descrever e construir a curva do  $K_c$  (modelo linear) para tal colheu-se a informação sobre a cultura resumida na **tabela 3** do capítulo anterior do trabalho (**pagina 30**) porém o valor do  $K_{cini}$  não é fixo para este modelo daí que, foi determinado de acordo com o sub capítulo (2.2.4) do trabalho.

Procedimento:

- Dividiu-se o período de crescimento em quatro fases gerais que descrevem a fenologia e desenvolvimento das plantas ( fase inicial, fase do desenvolvimento vegetativo, período médio e a fase final) e achou-se os três  $Kc$  mais importantes (  $Kc_{ini}$ ,  $Kcm$  e  $Kc_f$  ) segundo o modelo linear;
- Ajustou-se os valores do médio (  $Kcm$  ) e final (  $Kc_f$  ) de acordo com as condições climáticas do local;

$$Kc_{m,aj} = Kcm(tab) + [0.04 * (u_2 - 2) - 0.0004 * (RH - 45)] * \left(\frac{h}{3}\right)^{0.3} \quad (19a)$$

$$Kc_{f,aj} = Kc_f(tab) + [0.04 * (u_2 - 2) - 0.0004 * (RH - 45)] * \left(\frac{h}{3}\right)^{0.3} \quad (19b)$$

Onde:

$Kc_{m,aj}$  – Valor de  $Kcm$  ajustado (factor);

$Kc_{f,aj}$  – Valor de  $Kc_f$  ajustado (factor);

$RH$  – Valor de humidade relativa em (%)

$u_2$  – Velocidade média do vento à 2 m de altura para o estágio médio ou final (m/s) e

$h$  – Altura média da planta para estágio de crescimento médio ou final (m).

A equação é válida nas seguintes restrições de humidade (  $RH$  ) e velocidade do vento (  $u_2$  ):

$$20\% \leq RH \leq 80\%$$

$$1 \text{ m/s} \leq u_2 \leq 6 \text{ m/s}$$

Para os valores de  $Kc$  ( médio e final ) utilizou-se a velocidade média entre os meses de Dezembro a Maio de todos os anos como representativa . Foi seleccionado este intervalo de meses dado que nestes se encontra confinada a terceira e quarta fase do ciclo de vida da cultura para as datas de sementeira propostas.

Para os anos 93/94, 94/95, 95/96, 96/97 e 98/99 a velocidade média do vento é referente a média dos dias do respectivo mês e ano para cada uma das fases.

A humidade ( $RH$ ) utilizada para os cálculos foi média entre Dezembro a Maio pelas mesmas razões.

- Fez-se a determinação do  $K_{cini}$  considerando-se o tempo médio entre os intervalos de humedecimento ( $T_w$ ); poder evaporativo ( $ETo$ ) médio da fase; características do solo e a profundidade média da água infiltrada por evento de humedecimento ( $P\bar{x}$ , mm). A determinação  $T_w$  foi com base na expressão (5) e  $P\bar{x}$  da (6). No que concerne as características do solo foi seleccionado um solo de **textura média** (limosos) porque possuem boa capacidade de drenagem, aeração, facultam o desenvolvimento do ginóforo e a colheita, contra os solos de textura arenosa e argilosa. Os solos de textura arenosa drenam excessivamente e são pobres de nutrientes (**quartzos**) os de textura argilosa possuem baixa capacidade de drenagem o que dificultam o desenvolvimento da raiz e do ginóforo. As grandezas  $T_w$ ,  $P\bar{x}$  e  $ETo$  foram discutidas no sub capitulo (2.2.4).
- Determinou-se no fim os valores de diário ( $K_{cj}$ ) na base do modelo linear que esta em função das fases e dos dias ( $j$ )

A curva encontrada é similar a **figura 2** do sub capitulo (2.2.4). Os  $K_c$  diários da II e IV fase foram determinados nas seguintes expressões e restrições :

$$K_{c(j)} = aJ + b$$

#### II Fase

Onde:

$$a = \frac{(K_{cm} - K_{cini})}{35} \quad (20a)$$

$$b = K_m - 60 * a \quad (20b)$$

#### IV fase

$$a = -\left(\frac{Km - Kc_j}{25}\right) \quad (21a)$$

$$b = Kcm + 105 * a \quad (21b)$$

Onde:

$Kc_j$  – correspondente ao dia  $j$  para a 2ª e 4ª fases

$J$  – número de dia da cultura em campo (dias);

$a, b$  – Declive e ordenada na origem da equação respectivamente,

35 – Duração da 2ª fase do ciclo da cultura do amendoim (dias),

60 – Soma da duração da 1ª e 2ª fases do ciclo da cultura do amendoim (dias),

25 – Duração da 4ª fase do ciclo da cultura do amendoim (dias),

105 – Soma da duração da 1ª, 2ª e 3ª fases do amendoim (dias),

v) *Determinação da profundidade radicular ( $Z_r$ )*

Para a interpolação dos pontos diários da profundidade radicular, Doorenbos e Kassam (1979) assumem que a raiz têm um desenvolvimento linear até a 4ª fase onde ela deixa de crescer. Para a data de sementeira seleccionada no trabalho assumiu-se uma camada humedecida de **0.15m** que será a ordenada do gráfico (b). A profundidade máxima da cultura é de **1.8** e mínima de **0.5m** (Doorenbos e Kassam; 1979) escolhendo-se o valor médio de **1.0m**.

Fez-se o gráfico da profundidade da raiz em função do tempo (ciclo,  $J$ ).

$$Z_r(j) = aJ + b \quad \text{se } 0 \leq J \leq 60$$

$$Z_r(j) = 1.0 \quad \text{se } J \geq 60$$

Onde :

$Z_r(j)$  a profundidade radicular do dia  $j$  em m,  $a$  e o declive da curva,  $b$  é a ordenada do gráfico (**0.15m**) e  $J$  corresponde o dia da cultura em campo.

vi) *Determinação diária da Evapotranspiração potencial "máxima" (ET<sub>c</sub>)*

A determinação diária da evapotranspiração da cultura (ET<sub>cj</sub>) fez-se em conformidade com a essão (4b) descrita na revisão bibliográfica que necessita da combinação dos valores diários do K<sub>c</sub> e do ETo para cada campanha (sub capítulo 2.2.4).

$$ET_{c_j} = K_{c_j} * ETo_j \quad (4b)$$

vii) *Determinação da água disponível do dia j (AD<sub>j</sub>)*

Foi estimada com base nos valores diários do crescimento da raiz e da diferença de humidade entre a capacidade do campo e o ponto de murcha permanente de acordo com a equação (1). Antes foi necessário determinar a diferença da humidade entre os dois pontos críticos que foram obtidos na revisão bibliográfica. O valor assumido para o efeito é de 0.121 dado que os solos tem em média uma humidade disponível entre os 10 a 13% ( sub capítulo 2.2.1).

$$AD_j = 1000 * (\Theta_{CC} - \Theta_{PM}) * Zr_j \quad (1)$$

viii) *Determinação da fracção de água disponível (p)*

A fracção de água disponível (diária) foi determinada de acordo com a revisão bibliográfica da equação sete (7) na qual P<sub>tab</sub> = 0.5 (Tabela 1 e sub capítulo 2.2.1)

$$p_j = p(tab) + 0.04 * (5 - ET_{c_j}) \quad (3)$$

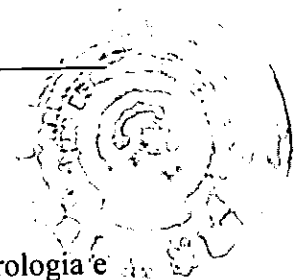
ix) *Determinação da água facilmente disponível do dia j (AFD<sub>j</sub>)*

A água facilmente disponível no solo é uma fracção da água disponível (AD) onde a planta faz a sucção sem entrar em stress hídrico. Foi determinada pelas equações abaixo (sub capítulo 2.2.1).

$$AFD_j = p_j * AD_j \quad \text{ou} \quad (2a)$$

$$AFD_j = p_j * 1000 * (\Theta_{CC} - \Theta_{PM}) * Zr_j \quad (2b)$$





x) *Determinação da Precipitação (Pr)*

A precipitação foi colectada no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia e computadorizado diariamente no modelo de balanço hídrico, porém no manuseio destes valores não se desprezou as precipitações inferiores que os 20% da ETo do dia em causa, (sub capítulo 2.2.6) dado que não vamos fugir muito da realidade do modelo.

xi) *Determinação da depleção inicial (Dr<sub>i</sub>) e inicial para dia (j)*

Conforme a recomendação de Jeevananda (1986) que após um humedecimento do solo maior ou igual a 24mm, pode se fazer a sementeira assim se fez. Perante esta recomendação assumiu-se, que o solo após esta lamina fica a capacidade do campo na zona da raiz (pressuposto).

$$Dr_{ij} = Dr_{f0} - Pr_j \quad (22)$$

Onde:

$Dr_{ij}$  — Depleção inicial do dia j neste caso dia 1 (mm);

$Dr_{f0}$  — Depleção final do dia antes da sementeira (mm);

$Pr_j$  — Precipitação do dia j (1), assumido-se que ocorre no início do dia j (mm).

$$\text{Para } Pr_j \geq Dr_{f0} \quad Dr_{ij} = 0$$

O pensamento descrito é o mesmo para a determinação da depleção inicial de qualquer dia (j); desde que se saiba a depleção final do dia anterior a (j) ( $Dr_{f,(j-1)}$ ) e a precipitação ocorrida no início do dia j ( $Pr_j$ ).

xii) *Determinação da percolação profunda do dia j (Dp<sub>i</sub>)*

Representa a remoção da água em excesso na zona radicular pelas forças gravitacionais. Foi determinada pela expressão para a determinação da depleção inicial ( $Dr_{ij}$ ), porém com a seguinte restrição :

$$Dr_{f,(j-1)} \leq Pr_j \quad Dp_j = |Dr_{f,(j-1)} - Pr_j| \quad (23)$$

$$Dr_{f,(j-1)} \geq Pr_j \quad Dp_j = 0$$

Onde:

$Dr_{f,(j-1)}$  — Depleção final do dia anterior ao dia (j) em mm;

$Pr_j$  — Precipitação no início do dia (j), em mm e

$Dp_j$  — Drenagem ocorrida no dia (j) em mm

xiii) *Determinação do coeficiente de stress hídrico do dia j ( $K_{s_j}$ )*

O coeficiente do stress hídrico foi determinado segundo Allen et al (1998) na expressão (9) na qual mostra a redução da evapotranspiração da planta em função do decréscimo da água facilmente disponível no solo. Esta grandeza flutua de zero a um (sub capítulo 2.2.5).

$K_{s_j} = 1$  para  $Dr_{ij} < AFD_j$

$$K_{s_j} = \frac{AD_j - Dri_j}{AD_{.j} - AFD_j} = \frac{AD_j - Dri_j}{(1 - p_j) * AD_j} \quad \text{para } Dr_{ij} > AFD_j \quad (9)$$

xiv) *Determinação da evapotranspiração ajustada do dia j ( $ET_{c_{aj}}$ )*

Representa a evapotranspiração da planta sob stress hídrico, determinada a pela equação abaixo (sub capítulo 2.2.5).

$$ET_{c_{aj}} = K_{s_j} * ET_{c_j} \quad (8b)$$

xv) *Determinação da depleção final do dia j ( $Dr_{fj}$ )*

A depleção final do dia é aquela que se verifica antes da ocorrência da chuva nocturna (início do dia). Assumi-se o valor de zero (mm) para o dia zero (j=0).

$$Dr_{fj} = Dr_{ij} + ET_{c_{aj}} \quad (24)$$

Onde:

$Dr_{fj}$  — Depleção final do dia (j) em mm;

$Dr_{ij}$  — Depleção inicial do dia (j) em mm e

$ET_{c_{aj}}$  — Evapotranspiração ajustada para dia (j) em mm

### 3.1.1.2 Descrição do balanço hídrico na zona radicular do amendoim (Chókwè) tomando-se como exemplo o ano de 1993/94

A depleção final do dia zero ( $Dr_{j0}$ ) será igual a lamina de chuva ocorrida no início do dia um ( $j=1$ ) afim de que na hora da sementeira (de manhã) a depleção inicial do dia um seja zero ( $Dr_{11}$ ).

No início do dia um ( $j=1$ ) a precipitação nocturna é de **25.2 mm** que está dentro das recomendações de Jeevananda (1986) faz-se a sementeira de manhã. Em harmonia com o modelo esta chuva é perdida por percolação profunda dado que não se sabe ao certo qual é a parte perdida nem retida.

No primeiro dia ( $j=1$ ) não há nenhum stress hídrico na planta, com evapotranspiração actual ( $ET_{caj}$ ) igual a máxima ( $ET_c$ ). No final do dia ( $j=1$ ) a depleção é correspondente a evapotranspiração da cultura (**2.77 mm**) dado que esta foi a única fonte de saída.

No início do dia 2 (madrugada) ocorre uma chuva de **7mm** que anula a depleção inicial e proporciona uma percolação de **4.73 mm** sendo os **2.77 mm** responsáveis por restaurar ao solo a capacidade do campo.

A filosofia do cálculo continua até ao dia 30 ( $j=30$ ), onde a depleção é superior que a água facilmente disponível, daí a planta começa a entrar em stress hídrico que é bem visível pelo valor do coeficiente do stress hídrico que reduz-se de um para **0.94**, os rendimentos vão decaindo até ao dia em que a chuva volta a registar-se (dia 37) cerca de **19.5mm**, dado que a depleção é de **60.62mm** (final do dia anterior,  $j=36$ ), ficamos com um défice hídrico de **41.12mm** (depleção inicial do dia 37). Neste dia (37) não temos perdas de rendimento a  $ET_{caj}$  verificada é de **4.78mm** que deixa na zona da raiz uma depleção (final) de **45.91mm**.

O pensamento do cálculo processa-se da mesma maneira para os outros dias em falta. As perdas da evapotranspiração ao longo do ciclo são todas visualizadas pela redução do rendimento relativo da cultura.

xvi) *Determinação dos rendimentos relativos ( $Y_a/Y_p$ )*

A determinação do rendimento relativo foi derivada da expressão de Doorenbos e Kassam (1979), onde rendimento relativo (fase) foi estimado com a evapotranspiração acumulada de cada uma das fases na seguinte expressão:

$$\left(\frac{Y_a}{Y_p}\right)_f = 1 - K_{yf} \left[1 - \frac{ET_{caj}}{ET_c}\right]_f \quad (25)$$

Onde:

$\left(\frac{Y_a}{Y_p}\right)_f$  — Rendimento relativo da fase (f);

$K_{yf}$  — Coeficiente de sensibilidade ao stress hídrico da fase (f) e

$\left(\frac{ET_{caj}}{ET_c}\right)_f$  — Evapotranspiração relativa da fase (f)

O rendimento relativo final (ano) é produto dos rendimentos relativos parciais das fase.

xvii) *Determinação das Necessidades de Água de Rega (NAR) para rendimento de 100%, 90%, 85%, 80% e 75%*

A quantidade de água complementar no distrito de Chókwè para os 100% do amendoim foi determinada pela diferença entre a  $ET_c$  e  $ET_{caj}$  de cada fase e por campanha. As necessidades totais (por campanha) constituem a soma das necessidades hídricas das fases da cultura.

Para os rendimento de 90%, 85%, 80% e 75% foi determinado o NAR apenas para a 3ª e 4ª fase assumindo que ambas apresentam mesmo rendimento relativo pela expressão que segue:

$$NAR = \left[ \left( \frac{Y_a}{Y_p} (a) + K_{yf} \right) - 1 \right] * \left( \frac{ET_c}{K_y} \right)_f - ET_{caj} \quad (26)$$

Onde:

$\frac{Y_a}{Y_p}$  ( $d$ ) — Rendimento relativo desejado na campanha (90%, 85%, 80% e 75%);

$K_{yf}$  — Coeficiente de sensibilidade ao stress hídrico da fase ( $f$ );

$\left(\frac{ET_c}{K_y}\right)_f$  — Razão entre a Evapotranspiração acumulada da fase e o  $K_y$  da fase e

$ET_{cajf}$  — Evapotranspiração ajustada acumulada da fase ( $f$ )

## CAPÍTULO IV

## 4 . RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados resultados relevantes para a concretização dos objectivos traçados. Os resultados serão discutidos e interpretados consoante os casos, na base do Modelo do balanço hídrico na zona da raiz da cultura do amendoim .

Os dados que serão apresentados e discutidos são referentes das campanhas de 61/62 a 98/99 com a excepção das seguintes : 68/69, 76/77, 77/78, 78/79, 88/89 e 97/98; devido a falta de informação completa para o funcionamento do Modelo, no total foram 32 anos (campanhas) que constituíram fontes do estudo e análise.

Das 32 campanhas apenas 5 foram apuradas na comparação dos rendimentos registados (Reais ) no cultivo em sequeiro em Chókwè com os rendimentos relativos do modelo ( $Y_a/Y_p$ ); respectivamente 93/94, 94/95, 95/96, 96/97 e 98/99.

## 4.1 A cultura

## 4.1.1 Data de sementeira

A tabela 4 (abaixo) mostra as datas de sementeira e de colheita propostas para as campanhas em estudo. A sementeira inicia na 1ª década de Outubro (69/70) e a mais tardia na 3ª década, de Janeiro (91/92) ao observamos o pressuposto de Jeevananda (1986).

O mês de Outubro têm uma frequência de 13 datas seguidas pelo Dezembro com uma frequência de 9, Novembro 8 e Janeiro de 2.

Tabela 4: Datas de sementeira propostas para os anos em estudo (seleccionados )

<b>Ano</b>	<b>61/62</b>	<b>62/93</b>	<b>63/64</b>	<b>64/65</b>	<b>65/66</b>	<b>66/67</b>	<b>67/68</b>	<b>69/70</b>	<b>70/71</b>	<b>71/72</b>
<b>Sementeira</b>	28/12	10/10	24/10	27/10	06/11	15/12	03/12	<b>01/10</b>	<b>15/01</b>	11/10
<b>Colheita</b>	04/05	16/02	01/03	05/03	15/03	23/04	10/04	07/02	24/05	17/02
<b>Ano</b>	<b>72/73</b>	<b>73/74</b>	<b>74/75</b>	<b>75/76</b>	<b>79/80</b>	<b>80/81</b>	<b>81/82</b>	<b>82/83</b>	<b>83/84</b>	<b>84/85</b>
<b>Sementeira</b>	18/12	10/12	13/12	27/11	15/12	11/10	11/10	21/10	12/11	07/10
<b>Colheita</b>	26/04	18/04	21/04	04/04	02/04	23/04	17/02	27/02	20/03	13/02

Ano	85/86	86/87	87/88	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96
Sementeira	01/11	28/11	02/10	23/10	03/12	31/01	25/11	24/11	24/11	23/10
Colheita	10/03	06/04	08/02	04/02	11/04	08/06	03/04	02/04	02/04	30/04
Ano	96/97	98/99								
Sementeira	16/12	17/10								
Colheita	24/04	23/02								

A figura 5 (abaixo) mostra a frequência absoluta por década de cada mês. Nela existe três décadas de maior frequência e igual a 5 respectivamente, a 3ª década de Outubro, 3ª de Novembro e 2ª de Dezembro.

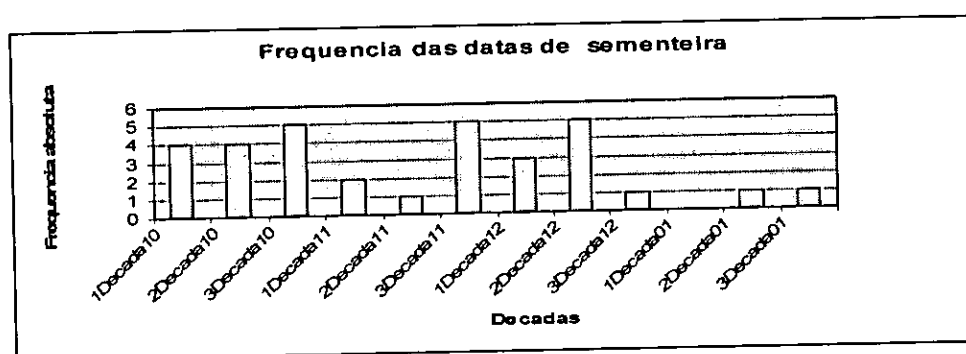


Figura (5) : Frequência absoluta por década das datas de sementeira

#### 4.1.2 Coeficiente da cultura do Amendoim nos diferentes anos

Os valores de  $K_c$  (Inicial, médio e Final) foram estimados em harmonia com a metodologia acima descrita, disso obteve-se:

##### a) $K_c$ inicial ( $K_{c_{ini}}$ )

Para os valores de  $K_{c_{ini}}$  determinou-se a frequência de humedecimento ( $N_w$ ), o intervalo de humedecimento ( $T_w$ ), a evapotranspiração média ( $ET_o$ ), a água disponível ( $AD$ ) e a profundidade média infiltrada ( $P_x$ ). Esta informação consta no Anexo 3.

Tabela 5: Valores do  $K_{c_{ini}}$  estimados para cada campanha

Ano	61/62	62/63	63/64	64/65	65/66	66/67	67/68	69/70	70/71	71/72
$K_{c_{ini}}$	0.64	0.13	0.40	0.30	0.39	0.61	0.40	0.71	0.99	0.96

<b>Ano</b>	<b>72/73</b>	<b>73/74</b>	<b>74/75</b>	<b>75/76</b>	<b>79/80</b>	<b>80/81</b>	<b>81/82</b>	<b>82/83</b>	<b>83/84</b>	<b>84/85</b>
<i>K<sub>cmi</sub></i>	0.55	0.70	0.75	0.58	0.65	<b>1.10</b>	0.91	0.70	0.80	0.55
<b>Ano</b>	<b>85/86</b>	<b>86/87</b>	<b>87/88</b>	<b>89/90</b>	<b>90/91</b>	<b>91/92</b>	<b>92/93</b>	<b>93/94</b>	<b>94/95</b>	<b>95/96</b>
<i>K<sub>cmi</sub></i>	0.71	0.73	0.85	<b>1.08</b>	0.86	0.42	0.60	0.90	0.35	0.46
<b>Ano</b>	<b>96/97</b>	<b>98/99</b>								
<i>K<sub>cmi</sub></i>	0.71	0.57								

Nota-se que o ano 80/81 e 89/90 apresentam valores de *K<sub>cmi</sub>* maiores **1.10 e 1.08** respectivamente que é grande para os valores normalmente utilizados. O menor valor de *K<sub>cmi</sub>* foi de **0.13** na campanha 62/63.

*b) Valores de K<sub>cm</sub> e K<sub>cf</sub> para os diferentes anos*

Os valores de *K<sub>cm</sub>* e *K<sub>cf</sub>* estão em função do *K<sub>c</sub>* tabelado (*K<sub>ctab</sub>*), Velocidade média do vento ( $\bar{u}$ ), Humidade do ar (*RH*) e da altura máxima alcançada pela planta (*h*).

**Tabela 6:** Velocidade média do vento a dois metros de altura ( $\bar{u}$ ) para a 3ª e 4ª Fases do amendoim nas diferentes campanhas.

<b>Campanha)</b>	<b>93/94</b>	<b>94/95</b>	<b>95/96</b>	<b>97/98</b>	<b>98/99</b>	<b>Restantes campanhas</b>
<b>III Fase</b>	4.60	4.78	<b>5.30</b>	4.65	4.52	<b>4.15</b>
<b>IV Fase</b>	<b>2.81</b>	<b>6.56</b>	4.46	3.62	4.25	4.15

A velocidade máxima é de **6.56** que ocorre na 4ª fase da cultura (94/95) e mínima também na 4ª fase de **2.81**. A máxima para a fase 3ª é de **5.3** (95/96) e mínima **4.15** (restantes campanhas). A humidade do ar dado que não se tinha informação para os anos em causa utilizou-se a humidade média para todos os meses que é de **70.3%**.

Da tabela 7 (abaixo) dos valores de *K<sub>cm</sub>* e *K<sub>cf</sub>* verifica-se que na 3ª fase (*K<sub>cm</sub>*) a cultura têm um *K<sub>c</sub>* máximo de **1.17** (95/96) e mínimo de **1.14** (restantes campanhas) que coincide com os máximos e mínimos da velocidade média para a fase 3ª dado que quanto maior for a velocidade maior será a evaporação da cultura. Um *K<sub>c</sub>* maior implica



maior percentagem da evapotranspiração da cultura na evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). Na fase 4<sup>a</sup> temos **0.64** (94/95) como maior e **0.56** (93/94) como menor. Constatase em muitos casos um valor de  $K_{c_{mi}}$  superior que o  $K_{c_f}$  o que mostra uma maior taxa de evaporação do solo do que a evapotranspiração da cultura na evapotranspiração de referencia.

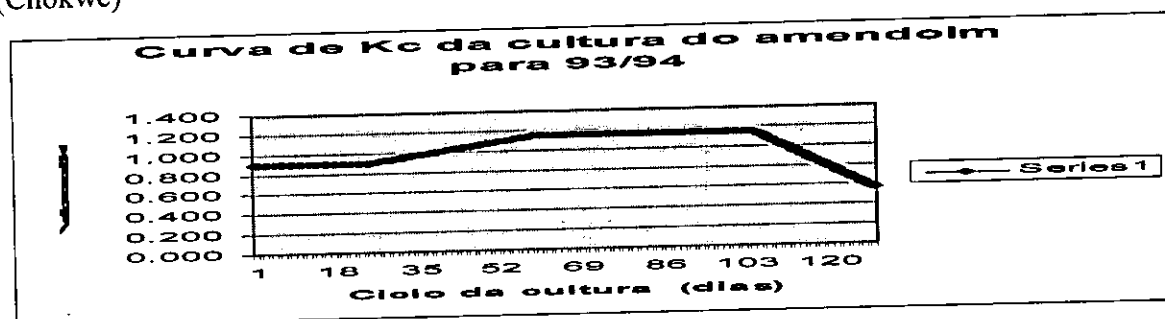
As outras campanhas tiveram mesmo ( $K_{cm}$  e  $K_{c_f}$ ).

**Tabela 7:** Valores de  $K_{cm}$  e  $K_{c_f}$  para a cultura do Amendoim (Chókwè)

Campanha)	93/94	94/95	95/96	97/98	98/99	Restantes campanhas
$K_{cm}$	1.15	1.16	<b>1.17</b>	1.15	1.15	<b>1.14</b>
$K_{c_f}$	<b>0.56</b>	<b>0.64</b>	0.60	0.58	0.59	0.59

A figura 6 (abaixo) mostra o comportamento da curva de  $K_c$  para o ano 93/94 que é o mesmo para todos consoante o Anexo 4 (campanhas do modelo em comparação) diferindo apenas nos seus valores dado que os valores de base para o gráfico foram diferentes (parâmetros climáticos). Para a figura 6 (abaixo) o  $K_{c_{mi}}$  mantêm-se constante durante a primeira fase (0.9) e no dia 26 a cultura encontra-se no inicio da fase 2<sup>a</sup> onde existe um desenvolvimento linear da  $K_c$  até ao dia 60 onde o  $K_c$  atinge o seu valor máximo (fase 3<sup>a</sup>) de 1.15 mantendo-se constante até ao dia 105 e depois no dia 106 começa a decrescer (fase 4<sup>a</sup>) até o valor de 0.56 no dia 130.

**Figura 6:** Curva de  $K_c$  para a cultura do amendoim na campanha 93/94 (Chókwè)



## 4.2 Clima

Neste sub capítulo abordar-se-á resultados da evapotranspiração máxima da cultura ( $ET_c$ ), da evapotranspiração actual designada por ajustada ( $ET_{caj}$ ), será também discutida a relação entre ( $ET_{caj} / ET_c$ ) por fase. No anexo 5 é apresentado o balanço hídrico da água na zona radicular para a cultura do amendoim para a campanha 93/94 em Chókwe e no anexo 6 esta representado por fases e por campanha a  $ET_c$ ,  $ET_{caj}$  e a relação ( $ET_{caj} / ET_c$ ). Vai-se fazer também alusões vagas acerca dos rendimentos esperados na base da relação ( $ET_{caj} / ET_c$ ) e da precipitação por cada ciclo (campanha).

### 4.2.1 Evapotranspiração da cultura

No que concerne a evapotranspiração é de sublinhar que existem dois cenários no qual a  $ET_{caj}$  é inferior que a  $ET_c$  e no qual a  $ET_{caj}$  é igual a  $ET_c$ .

Na revisão bibliográfica foi demonstrado que a  $ET_{caj} = ET_c$  se somente existir na zona da raiz água suficiente que satisfaça as necessidades hídricas da planta facto notável quando a depleção da água na zona da raiz não excede a água facilmente disponível ( $Dr \leq AFD$ ) e teremos o outro caso ( $ET_{caj} < ET_c$ ) salvo a depleção for maior ( $Dr > AFD$ ).

Dos resultados da  $ET_c$  e da  $ET_{caj}$  na figura 7 (abaixo) consta que a campanha 65/66 teve um maior  $ET_c$  (886 mm) e a menor foi na campanha 95/96 de (343 mm). A  $ET_{caj}$  máxima verificada é da campanha 66/67 (568mm) e mínima na campanha 91/92 (161mm). Dos valores chegamos a conclusão que, a  $ET_c$  da cultura do amendoim em Chókwe sob boas condições agronómicas está entre os 343 a 886mm sendo coberta cerca de 161 a 568mm pela precipitação (sequeiro). O déficit da evapotranspiração em sequeiro está na ordem dos 185 a 320mm. Esta evapotranspiração é superior a que se faz referencia na revisão bibliográfica entre os 470 a 700mm por razão de varia ordem (variedade, clima).

Assumindo que quanto maior for o grau de aproximação (%) entre a  $ET_{caj}$  e a  $ET_c$  maior será o rendimento relativo, afirmamos que a campanha 80/81 será de maior rendimento por apresentar uma  $ET_{caj}$  na ordem dos 99.9% e a menor na campanha 91/92

com uma  $ET_{c_{aj}}$  na ordem dos 33.1% da  $ET_c$  ( figura 8 abaixo). Segundo ainda a figura, para os anos em comparação com o modelo espera-se um rendimento relativo (registado) maior na campanha 98/99 com cerca de 97.9% da  $ET_c$  e menor na 94/95 com  $ET_{c_{aj}}$  de 47.1% da  $ET_c$ .

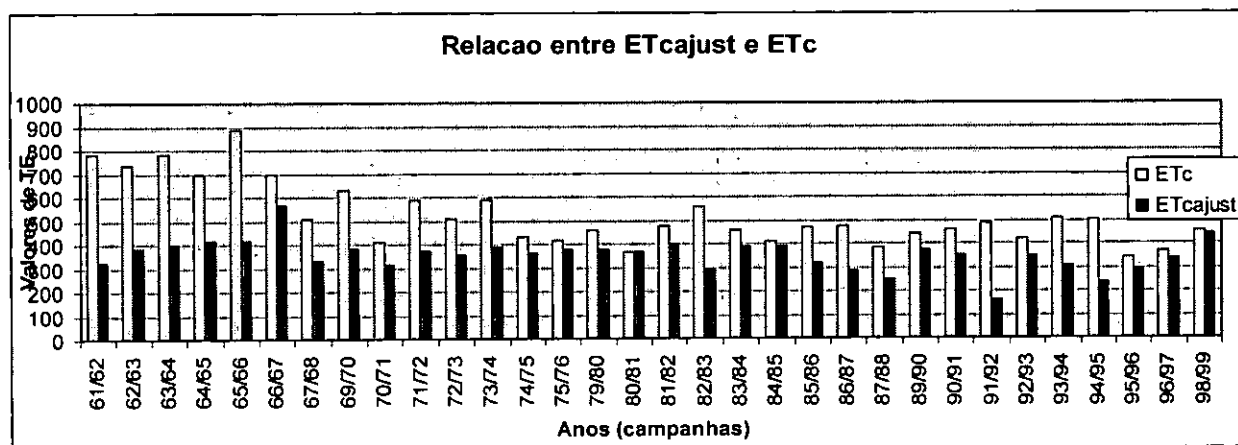


Figura 7: Relação entre  $ET_{c_{aj}}$  e  $ET_c$  da cultura do Amendoim em cultivo de sequeiro no distrito de Chókwè em 32 campanhas.

Das campanhas em análise constata-se a existência de 5 campanhas com uma  $ET_{c_{aj}}$  acima dos 90% da  $ET_c$  4 abaixo dos 50% e restante parte está entre os 50 e 90% da  $ET_c$ .

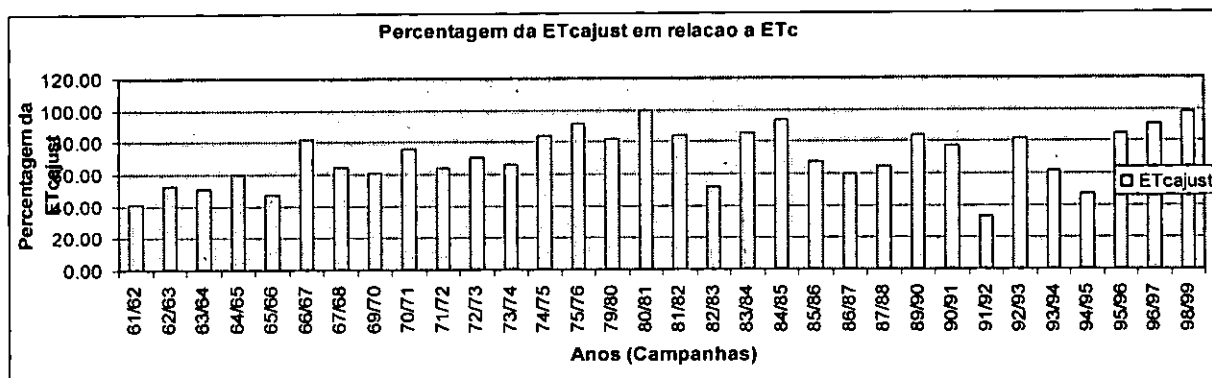
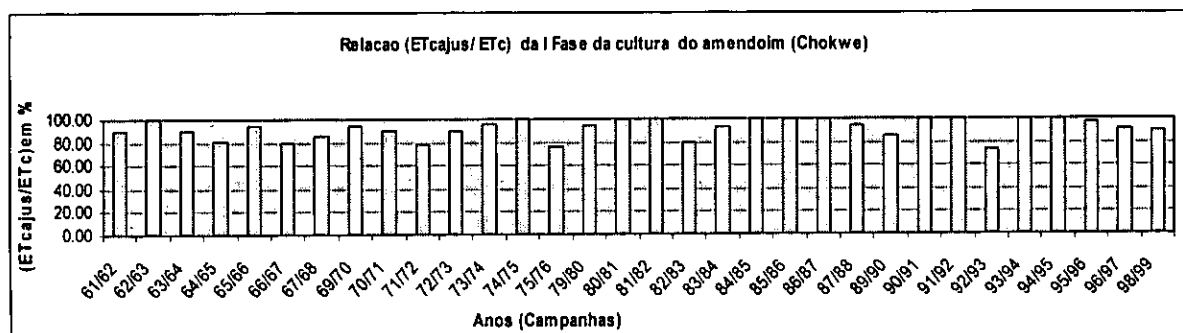


Figura 8 : Relação percentual ( $ET_{c_{aj}} / ET_c$ ) da cultura do amendoim em sequeiro no distrito de Chókwè em 32 campanhas.

Na 1ª fase do ciclo da cultura a  $ET_c$  máxima foi de **116mm** (71/72), com mínima de **39mm** (62/63) e  $ET_{c_{aj}}$  máxima de **103mm** (70/71) com mínima de **39mm** (62/63), o déficit é de **13mm**.

Da **figura 9** cerca de **65.6%** das campanhas em estudo apresentam uma  $ET_{c_{aj}}$  acima dos 90% da  $ET_c$  para esta fase e **34.4%** entre os 50% e 90%. Estes valores visualizam que a 1ª fase em média terá bons rendimentos relativos.



**Figura 9:** Relação percentual ( $ET_{c_{aj}}/ET_c$ ) da 1ª fase do amendoim em sequeiro no distrito de Chókwe em 32 campanhas

Na 2ª fase, da cultura a  $ET_c$  máxima foi de **305mm** (65/66) e mínima de **72mm** (95/96) e  $ET_{c_{aj}}$  máxima de **181mm** (66/67) com uma mínima de **64mm**(87/88).O déficit é de **8 à 124mm**.

Na **figura 10** consta que **25%** das campanhas apresentam uma  $ET_{c_{aj}}$  acima dos 90% da  $ET_c$  para esta fase, **71.9%** entre os 50% e 90% e **3.1%** abaixo dos 50%. Esta informação revela que a 2ª fase é ligeiramente problemática em relação a 1ª fase apesar de apresentarem mesmos valores de ( $K_y$ ) pois somente 25% das campanhas apresentam uma  $ET_{c_{aj}}$  acima dos 90% da  $ET_c$  contra os **65.6%** da 1ª fase.

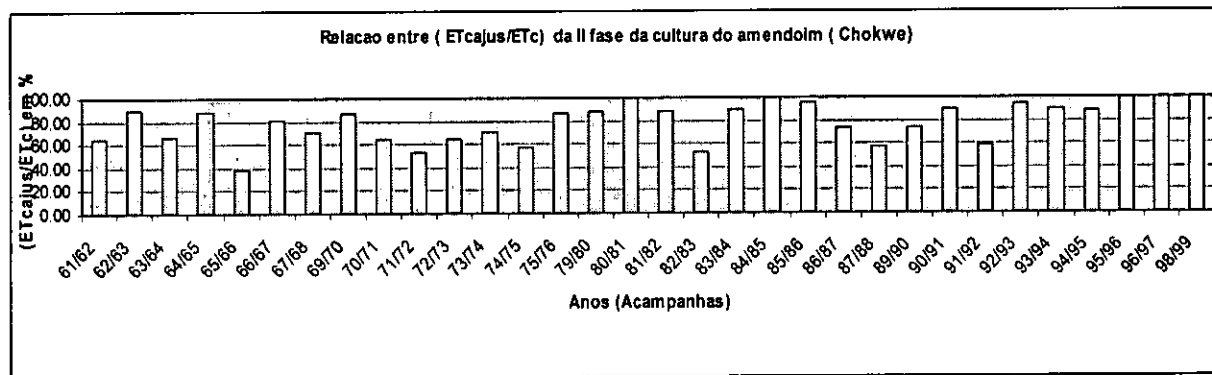


Figura 10: Relação percentual  $(ET_{caj} / ET_c)_{ii}$  da 2ª fase do amendoim em sequeiro no distrito de Chókwe em 32 campanhas

A 3ª fase da cultura a  $ET_c$  máxima é de **360mm** (63/64), à mínima de **134mm** (87/88) e  $ET_{caj}$  máxima é de **231mm** (66/67) com uma mínima de **25mm**( 91/92).O déficit é de **109 a 129mm**.

A figura 11(abaixo) consta que **15.6%** das campanhas apresentam uma  $ET_{caj}$  acima dos 90% da  $ET_c$ , **62.5%** entre os 50% e 90% e **21.9%** abaixo dos 50%. Esta informação revela que a III fase é mas problemática em relação a 1ª e a 2ª fases porque têm **21.9%** das campanhas abaixo dos 50% da  $ET_c$  contra **0** e **3.1%** respectivamente. Associado ao ( $K_y$ ) que é 0.8 maior que o 1ª e 2ª fases (0.2) esperamos maiores problemas nesta fase de stress hídrico.

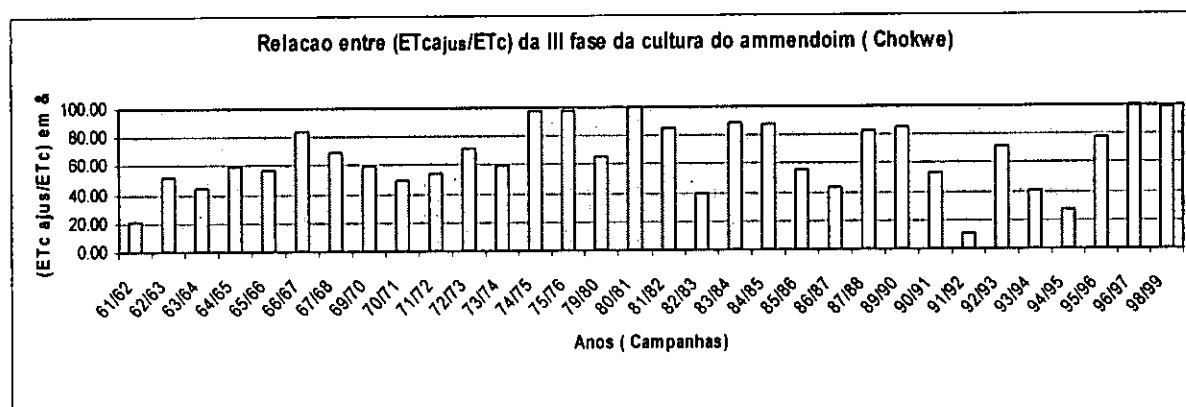
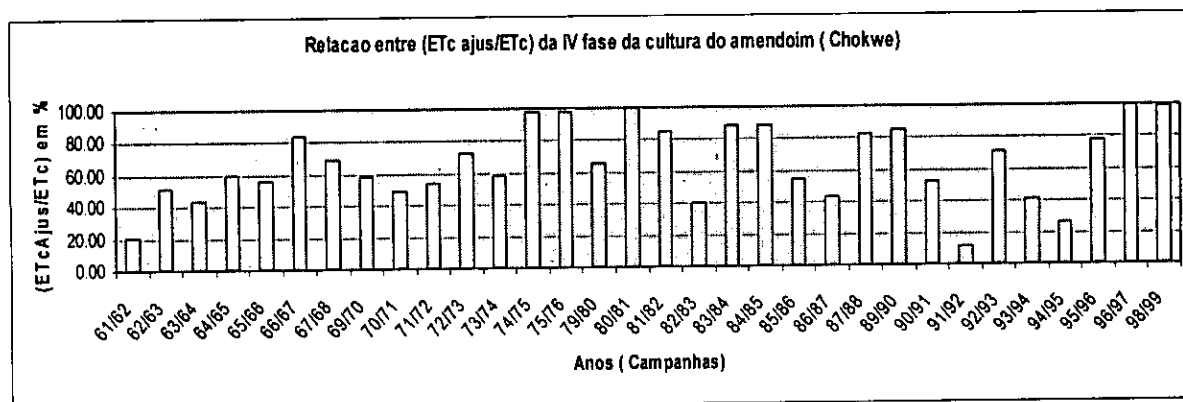


Figura 11: Relação percentual  $(ET_{caj} / ET_c)_{iii}$  da 3ª fase do amendoim em sequeiro no distrito de Chókwe em 32 campanhas

A fase 4<sup>a</sup> a cultura têm uma  $ET_c$  máxima de **191mm** (62/63), com uma mínima de **52mm** (90/91) e  $ET_{c_{aj}}$  máxima de **94mm** (98/99) com uma mínima de **3mm**( 91/92), o déficit é de **49 a 97mm** .

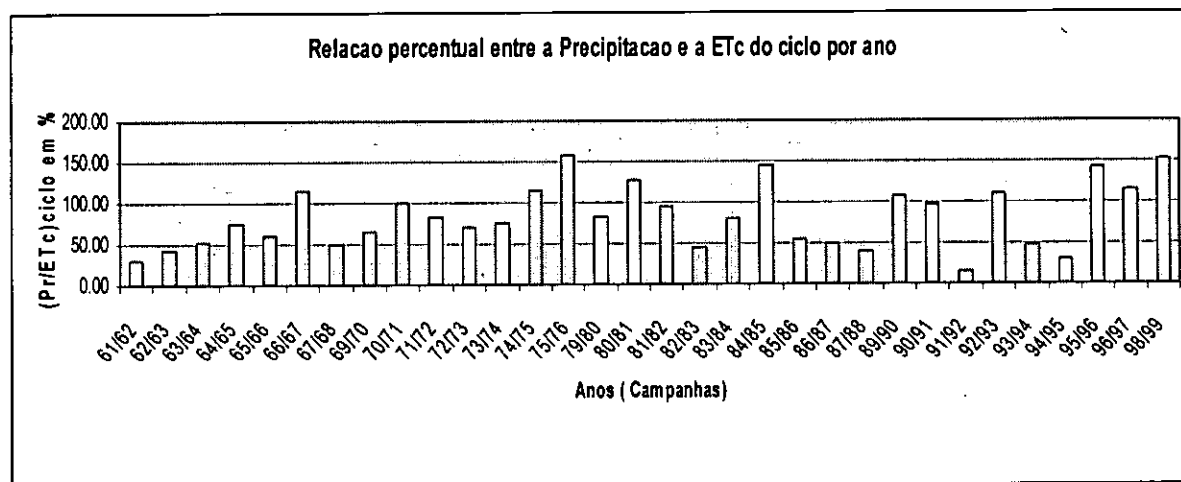
A **figura 12** (abaixo) consta que **31.3%** das campanhas em estudo apresentam uma  $ET_{c_{aj}}$  acima dos 90% da  $ET_c$  , **25.0 %** entre os 50% e 90% e **43.8%** abaixo dos 50%. A maior concentração das campanhas esta abaixo dos 50% da  $ET_c$  associado ao  $K_y$  (0.6) que é maior em relação 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> fases. Esperamos maiores problemas de stress hídrico.



**Figura 12:** Relação percentual  $(ET_{c_{aj}} / ET_c)_{iv}$  da 4<sup>a</sup> fase do amendoim em sequeiro no distrito de Chókwe em 32 campanhas

#### 4.2.2 Precipitação do ciclo

Da precipitação dos anos em estudo temos um pico de **796.5mm** (66/67) e uma mínima de **72.8mm** (91/92), temos uma amplitude muito grande entre o valor máximo e mínimo e destes valores **56.3%** das campanhas em estudo possuem uma precipitação por ciclo superior aos 50% do máximo (**398.3mm**). A relação entre a precipitação e a  $ET_c$  de cada ciclo e demonstrado abaixo (**Figura 13**) onde **31.3%** das campanhas têm uma precipitação do ciclo maior que a  $ET_c$  do ciclo, **25%** abaixo de 50% e as restantes entre 50 à 100%.



**Figura 13:** Relação percentual entre  $(Pr/ETc)_c$  de cada ciclo de vida do amendoim em cultivo de sequeiro no distrito de Chókwe em 32 campanhas

### 4.3 Rendimento

Neste sub capítulo será abordado aspectos referentes aos rendimentos relativos esperados segundo o modelo de balanço hídrico na zona da raiz do amendoim no distrito de Chókwe no cultivo em sequeiro, vamos relacionar os rendimentos esperados com a relação  $(ET_{c_{aj}}/ETc)$  por fase, por ciclo, também vai-se realizar o relacionamento com o valor  $(Pr/ETc)_c$  por ciclo e por fim um confronto (discussão) entre os rendimentos reais, isto é, observados em campo e os do modelo.

#### 4.3.1 Rendimento relativos do modelo e reais (registados)

Generalizado (do anexo 7) a 1ª e 2ª fases do ciclo da cultura não se têm reduções significativas do rendimento relativo. Em média os rendimentos da 1ª fase estão na ordem dos 98% do rendimento potencial e os da 2ª fase na ordem dos 95%. O rendimento relativo mais baixo na 1ª fase foi de 95% (75/76 e 92/93) e na segunda fase foi de 88%(65/66). Em termos de necessidade de água de rega ( $NAR$ ) implica uma menor necessidade.

A 3ª e 4ª fases do ciclo da cultura em sequeiro são críticas por apresentarem o coeficiente de sensibilidade ao stress hídrico em 0.8 e 0.6 respectivamente. O rendimento relativo

médio ( $Y_a/Y_p$ ) destas fases é de 72% e 74% respectivamente, isto é, temos uma perda média na ordem dos 30% (**significativa**) para ambas fases. Para as fases em descrição verificou-se que existiram anos com rendimento abaixo dos 50% (61/62, 62/63, 91/92 e 94/95). É visível a necessidade de fonte alternativa (*NAR*) para poder elevar o rendimento relativo próximo do potencial.

O rendimento máximo alcançado em sequeiro foi em 80/81 de 99.5%, o rendimento relativo médio de todas as campanhas é de 52.9, porém o rendimento relativo médio com a exclusão das 4 campanhas que apresentam  $ET_{caj}$  inferior que os 50% da  $ET_c$  (61/62, 62/63, 91/92 e 94/95) é de 57.6%.

O rendimento relativo médio que será representativo é de 52.9% apesar do erro que pudera advir. Este valor é mais realístico porque não se corre o risco de ignorar um fenómeno existente em 12,5 % nas campanhas do estudo, apesar da falta de um suporte matemático seguro. O rendimento esperado em sequeiro esta num intervalo de 44 a 62% com um nível de significância de 95%.

Para os anos em confronto com os rendimentos registados em sequeiro segundo a tabela (8) podemos dizer o seguinte: O rendimento relativo mais baixo é o de 21% verificado na campanha 94/95 e o maior de 96% verificado na campanha 98/99. Ainda na tabela o rendimento máximo registado é de 0.49t/ha e mínimo 0.20t/ha (Anexo2)

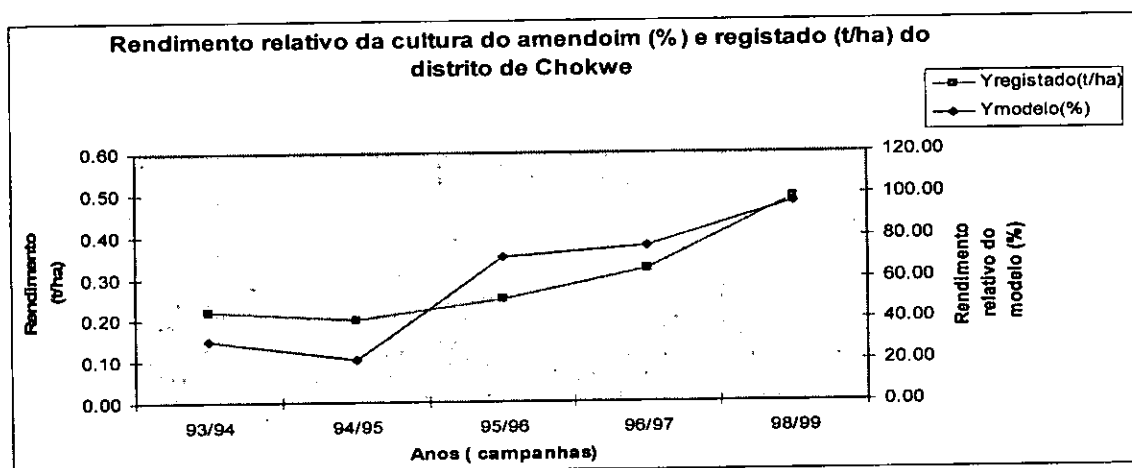
( $Y_a/Y_p$ )	I	II	III	IV	Total (%)	Reais (t/ha)
93/94	1.00	0.98	0.53	0.59	30	0.22
94/95	1.00	0.98	0.41	0.53	21	0.20
95/96	0.99	1.00	0.82	0.86	70	0.25
96/97	0.98	1.00	1.00	0.76	75	0.32
98/99	0.98	1.00	0.99	0.99	96	0.49

**Tabela 8:** Rendimentos relativos por fase e por campanha do modelo para os anos em comparação com os rendimentos registados do amendoim em Chókwè no cultivo em sequeiro

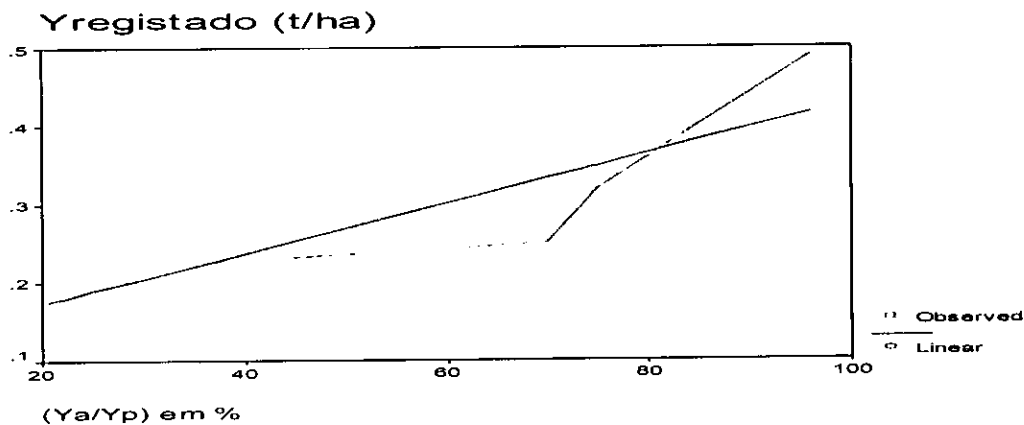


Analisando a figura 14(abaixo) nota-se que os rendimentos relativos da cultura do amendoim em sequeiro proporcionado pelo modelo e os rendimentos registados em sequeiro no distrito de Chókwe apresentam gráficos ambos de tendência crescente e um declive negativo na campanha de 93/94 à 94/95. Em termos de comportamento os gráficos deixam bem claro a existência de uma relação entre os rendimentos esperados ( do modelo) e os rendimentos registados. Os gráficos têm inclinações diferentes porém de mesmos sinais sendo atribuídos a esse facto várias razões. O modelo foi desenhado apenas para controlar a variável precipitação colocando de lado os parâmetros da própria cultura ( variedade utilizada), adubos , pragas , controle das infestastes, tipo de solo (  $P^H$ , salinização dos solos, estrutura dos solos matéria Orgânica ) etc. É de reforçar que a diferença pode também, estar inserida na folha do modelo pois este utiliza a formula (8b) na estimação do  $ET_{C_{aj}}$ .

Figura 14: Rendimento relativo da cultura do amendoim em sequeiro no distrito do Chókwe para 5 campanhas do modelo (Previsão) e registados.



A figura 15 (abaixo) deixa claro a relação que já anteriormente foi referenciada, a existência de uma relação positiva entre os rendimentos relativos derivados do modelo e os rendimentos registados em sequeiro. Na correlação linear, o factor  $R^2$  situa-se na ordem dos 0.758 que demonstra a existência de uma relação forte e positiva.



**Figura 15:** Correlação linear entre os rendimentos relativos do modelo e os registados da cultura do amendoim no distrito de Chókwe para as campanhas em comparação (Elaborado em SPSS).

Independent: VAR00011

Dependent	Mth	Rsqr	d.f.	F	Sigf	b0	b1
VAR00007	LIN	.748	3	8.88	.059	.1089	.0032

#### 4.3.2 Relação entre os rendimentos relativos ( $Y_a/Y_p$ ), reais ( $Y_r$ ) contra a taxa da evapotranspiração ( $ET_{caj}/ET_c$ ) e a Precipitação ( $Pr/ET_c$ )

A tabela 9 (mais abaixo) testifica a previsão feita em relação a 3ª e 4ª fases da cultura, que são determinantes no rendimento relativo (modelo) exibindo o factor ( $R^2$ ) de 0.74 e 0.81 nas fases em descrição e das campanhas em estudo, facto este confirmado pelo  $R^2$  dos rendimentos registados ( $Y_r$ ) com 0.61 e 0.71 para as fases.

O modelo revela que a 1ª e 2ª fases não são críticas (sem stress hídrico acentuado capaz de abaixar significativamente os rendimentos), o mesmo para os rendimentos registados ( $Y_r$ ) na 2ª fase (0.45). Em relação aos rendimentos registados da 1ª fase o factor  $R^2$  ( $R^2=0.84$ ) é maior que qualquer das fases, porém isso, não significa que a 1ª fase seja crítica em termos de necessidades de água de rega, pois foi demonstrado ao longo do trabalho que esta fase não apresenta redução significativa dos rendimentos associado ao factor ( $K_y=0.2$ ) que é menor mas deixa-se aqui um alerta a necessidade de apurar o valor de  $K_y$  da 1ª fase (ensaio) para justificar o sucedido.

Ainda da tabela os rendimentos registados estão mais relacionados com a precipitação do ciclo ( $R^2=0.78$ ) do que a relação  $(ET_{caj}/ET_c)$  do ciclo ( $R^2=0.65$ ) enquanto que os rendimentos do modelo relacionam-se com a relação  $(ET_{caj}/ET_c)$  com  $R^2$  de 0.88 em comparação com a precipitação do ciclo ( $R^2=0.48$ ). Pensa-se que a constatação advém das características do solo seleccionado para o modelo e aquele que realmente produziu os rendimentos (registados). Neste trabalho o valor assumido entre a capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PM) foi de 0.121 (pag37), se o valor estiver abaixo do representativo das culturas em campo a relação  $(ET_{caj}/ET_c)$  não será uma aproximação exacta dos rendimentos registados dado que a  $ET_{caj}$  é fortemente dependente do solo (características). Se assim o for a amplitude da água disponível (AD), facilmente disponível (AFD) seria maior e as perdas por percolação profunda seriam mínimas das registadas no modelo, daí que a relação  $(Pr/ET_c)_c$  ou da precipitação em si passa a ser a mais próxima dos rendimentos.

Associando este justificativo com variedades de sistema radicular mais profundo que provavelmente podem estar em uso no Chókwè jogando um papel importante para o resultado alcançado.

**Tabela 9:** Factores de regressão linear para a interacção dos rendimentos relativos do modelo  $(Y_a/Y_p)$  e registados  $(Y_r)$  do amendoim no distrito do Chókwè com a evapotranspiração relativa das fases  $(ET_{caj}/ET_c)_f$ , relativa do ciclo  $(ET_{caj}/ET_c)_c$  e com a precipitação.

	( $ET_{caj}/ET_c$ ) I Fase	( $ET_{caj}/ET_c$ ) II Fase	( $ET_{caj}/ET_c$ ) III Fase	( $ET_{caj}/ET_c$ ) IV fase	Precipitação Ciclo	( $ET_{caj}/ET_c$ ) Ciclo	( $Pr/ET_c$ ) Ciclo
( $Y_a/Y_p$ )	0.18	0.21	<b>0.74</b>	<b>0.81</b>	0.48	<b>0.88</b>	0.81
$Y_r$	<b>0.84</b>	0.45	0.6	0.71	0.78	0.65	0.53

#### 4.4 *Água complementar (irrigação) para o cultivo em sequeiro a fim de elevar os rendimentos á 100%*

Neste sub capítulo serão demonstradas as necessidades de água de rega a adicionar a irrigação de modo a obter um rendimento de 100, 90, 85, 80 e 75% para a cultura do amendoim nas 32 campanhas em estudo no distrito de Chókwè e discutidos .

As necessidades de água de rega a adicionar afim de elevar o rendimento da cultura num valor próximo dos 100% daquilo que é o rendimento potencial está sumariado na tabela em **Anexo 9** e para 90, 85, 80 e 75% estão no **anexo 7**

As necessidades médias do *NAR* 100% exigidas para a cultura do amendoim em sequeiro em Chókwè para cada uma das fases são **6.7, 40.13 , 84.03 e 45.76mm** para as fase I, II, III e IV, respectivamente. As necessidades médias de água a adicionar na 3ª fase são cerca de **12.5 vezes** das necessidades da 1ª fase e o **dobro** da 2ª e 4ª fases da cultura. .

As necessidades médias da 2ª e 4ª fases da cultura são quase iguais porém, devido ao coeficiente de sensibilidade ao stress hídrico (*Ky*) que não é igual sendo 0.2 e 0.6 respectivamente, notifica-se que a 4ª fase é mais crucial do que a 2ª fase.

As necessidades máximas verificadas para cada uma das fases I, II III e IV foram respectivamente **25.9 (71/72); 189.2 (65/66); 263.7 (61.62) e 166.31 (62/63)**.

A soma das necessidades máximas de cada fase de água é cerca de **645mm** por ciclo, porém a necessidade de água de rega liquido verificada máxima dentre as campanhas foi de **469mm** na campanha 65/66 (soma das necessidades liquidas das 4 fases das cultura nesta campanha),o que invalida a necessidade da lamina **645mm** como um bom indicador das necessidades de água a adicionar para a cultura do amendoim em Chókwè.

Da necessidade máxima verificada por campanha (**469mm**) cerca de **72%** das campanhas em estudo apresentaram uma necessidade abaixo dos **50%** deste valor (**234.5mm**) o que demonstra que em termos de alocação (criação de um reservatório) este valor não seria um bom indicador sendo um indicador alternativo, o déficit máximo da

evapotranspiração da cultura (320mm) discutido anteriormente no sub capítulo (4.2.1) do trabalho.

A campanha sem grandes problemas de déficit hídrico foi a de 80/81 com uma necessidade líquida de água de rega de 0.5mm.

Para os rendimentos esperados de 90, 85, 80 e 75% na tabela que segue (10) encontramos que 4 (12.5%) das campanhas não necessitam de adicionarmos a rega (75/76; 80/81; 84/85 e 98/99) dado que a precipitação nestes anos foi capaz de trazer rendimentos acima dos 90%, para os anos de 65/66, 71/72 e 82/83 não foi possível elevar o rendimento até aos 90% se regamos apenas na 3ª e 4ª fase da cultura porque houve um abaixamento significativo na 1ª e/ou 2ª fase e em 90/91 foi um ano de seca mesmo para rendimentos de 75% não foi possível se somente regamos na fases críticas (3ª e 4ª).

Houveram anos no qual para que rendimentos fossem de 90% tínhamos que realizar a rega somente na 3ª fase (74/75, 79/80, 89/90 e 92/93) e outras na 4ª (96/97).

**Tabela 10:** Rendimentos relativos esperados por cada campanha e as necessidades de água de rega (NAR) para rendimentos de 90,85,80 e 75%

Anos	( $Y_a/Y_p$ )	NAR (90%)	NAR (85%)	NAR (80%)	NAR (75%)
61/62	17	370.96	352.81	334.11	314.82
62/63	29	302.17	281.86	260.95	239.37
63/64	26	307.67	288.90	269.56	240.61
64/65	33	235.46	217.51	199.04	179.97
65/66	29	285.02	265.43	245.24	224.43
66/67	70	57.47	44.81	30.71	16.24
67/68	40	125.51	114.05	108.25	90.08
69/70	33	204.66	189.48	173.85	157.72
70/71	30	143.02	133.34	123.37	113.07
71/72	55	118.03	100.27	85.46	67.69
72/73	52	83.99	73.76	63.22	52.39
73/74	43	134.55	122.49	110.09	97.28
74/75	90	2.50	0.00	0.00	0.00
75/76	91	0.00	0.00	0.00	0.00
79/80	70	48.55	36.82	22.74	11.01
80/81	99.5	0.00	0.00	0.00	0.00
81/82	66	44.36	33.81	22.94	12.36
82/83	34	195.85	182.25	169.25	133.80
83/84	64	37.44	27.96	18.26	12.25

Quantificação do rendimento do amendoim no cultivo em sequeiro em Chókwe

<b>84/85</b>	<b>90</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
85/86	37	128.78	118.37	107.64	96.57
86/87	34	139.98	130.16	102.05	109.62
87/88	42	85.55	77.00	68.20	58.53
<b>89/90</b>	<b>81</b>	<b>19.27</b>	<b>7.28</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>90/91</b>	<b>61</b>	<b>198.70</b>	<b>180.23</b>	<b>161.75</b>	<b>140.96</b>
91/92	11	261.62	250.47	238.99	227.13
<b>92/93</b>	<b>72</b>	<b>38.51</b>	<b>26.39</b>	<b>16.30</b>	<b>6.21</b>
93/94	31	164.76	153.84	142.63	131.05
94/95	21	233.42	221.03	208.29	195.09
95/96	71	36.75	28.43	19.85	11.01
<b>96/97</b>	<b>75</b>	<b>18.26</b>	<b>12.50</b>	<b>6.74</b>	<b>0.90</b>
<b>98/99</b>	<b>96</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

## CAPÍTULO V

### 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste Capítulo, serão demonstradas as conclusões mais relevantes que foram desvendadas ao longo do estudo e serão apresentadas as dificuldades que nos deparamos com elas a fim de alcançar os objectivos do estudo bem como as recomendações práticas que o trabalho irá deixar para serem utilizadas como fontes de inspiração .

#### 5.1 *Conclusões do Estudo*

##### 5.1.1 **Modelo do balanço hídrico**

Do estudo feito e com base na informação obtida (análise) as conclusões que se acharam dignas de menção foram:

A evapotranspiração potencial da cultura ( $ET_c$ ) do amendoim em Chókwè situa-se entre 343 a 886mm sendo satisfeita pela precipitação 161 a 568mm deixando um déficit hídrico na ordem dos 320mm.

A maior percentagem (72%) das campanhas possuem uma evapotranspiração ajustado( $ET_{caj}$ ) entre os 50 e 90% da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ).

No que diz respeito a demanda hídrica da planta é sublinhado que a 1ª e 2ª fase do ciclo de vida da cultura não existe perdas significativas do rendimento da cultura sendo os rendimentos relativos médios desta fases de 98% e 95% respectivamente. A 3ª e a 4ª fases do ciclo da cultura são mais críticas devido ao coeficiente de sensibilidade ao stress hídrico que é elevado. As perdas de rendimento de um modo geral estão na ordem dos 30%. O rendimento médio do amendoim em sequeiro no cultivo no distrito de Chókwè é de 52.9% do potencial (proporcionado pelo modelo do balanço hídrico na zona radicular), sendo o intervalo de confiança de 44 a 62% do potencial a 95% de significância.

Quando as regas são concentradas somente nas fases críticas (3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup>) de um modo geral podemos conseguir alcançar rendimentos na ordem dos 90% do potencial porém é necessário ressaltar que 12.5% das campanhas do estudo não fomos capazes de atingir estes níveis de rendimento sem regar as outras fases (1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup>).

O modelo do balanço hídrico da humidade na zona radicular mostrou ser um instrumento que pode ser utilizado para a realização de previsões do rendimento do amendoim no distrito de Chókwè, em função da humidade disponível no solo para a planta. Este deixou também claro que para além da água existem outros factores que estão por detrás do rendimento da planta pela diferença entre os rendimentos relativos observados mas de que neste momento em Chókwè a água é um factor crucial.

Um reservatório para elevar os rendimentos da cultura do amendoim no distrito de Chókwè é necessário com um volume mínimo  $\geq 3200\text{m}^3/\text{ha}$  (déficit da evapotranspiração da cultura).

## 5.2 *Recomendações*

É de recomendar que o modelo do balanço hídrico da humidade na zona da raiz sejam uma ferramenta em uso na realização de previsões dos rendimentos das culturas, tendo em consideração que o rendimento das cultura não é somente uma variável que está em função de um só factor ( água para a Evapotranspiração da cultura ) mas, sim, de outros factores. Recomenda-se a realização de outros estudos com outras culturas na tentativa de verificar a fidelidade do modelo na previsão dos rendimentos em outras culturas.

Em sequeiro devia-se arranjar métodos de captação da água e sua alocação para satisfazer a 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> fases da cultura do amendoim no distrito de Chókwè para as sementeiras que ocorrem na época quente e chuvosa. O volume a ser alocado para suprir todas as fases deve ser  $\geq 3200\text{m}^3/\text{ha}$ , sendo recomendado a realização de um estudo para poder dar a melhor forma de gerir este volume.



Dado que para as 5 campanhas, o trabalho mostrou haver uma relação entre os rendimentos relativos do modelo e os rendimentos registados, devia-se realizar um estudo com uma maior amplitude de anos (30anos) com a informação da precipitação e rendimentos registados da cultura afim de se obter uma maior visualização dos cenários possíveis ( Equações matemáticas que relacionem o modelo e os rendimentos registados em sequeiro no distrito de Chókwè).

Podia-se também realizar um experimento, onde teríamos a certeza que os demais factores que influênciam o rendimento são controlados e uniformes afim de apurar a veracidade dos resultados encontrados neste trabalho bem como o aproveitamento da água das chuvas em sistema consociado da amendoim , milho e feijão nhemba que é uma pratica realizada pela maior parte dos camponeses facto visível aqui Campus Universitário da UEM.


O ensaio pode permitir estimar o coeficiente de sensibilidade de stress hídrico para as **variedades** mais utilizadas pelos camponeses e uma visualização acerca da melhor forma de **exploração das culturas** ( aproveitamento dos recursos hídricos) .

## CAPÍTULO VI

### 6 BIBLIOGRAFIA

1. Allen, R.G.; Jensen, M. E; Wright, J.L et al 1989). **Operational estimates of reference evapotranspiration**. Agronomy Journal, v.81, p.650-662.
2. Allen, R. G; Pereira, L. S. Raes, D; Smith, M. (1998). **Crop Evapotranspiration. Guidelines for Crop Water requirements**. FAO irrigations and drainage paper 56. Rome.
3. Allen, R.G; Perriera, A; Smith, M. (1994a). **An update for the definition of reference Evapotranspiration**. ICID BULLENT, v.43, n.2, p.1-34.
4. Almeida, F.S. (1969) **A cultura de amendoim**. Gazeta do Agricultor, Lourenço Marques.
5. Brito, R.M e Engelen, J.W.V (1982) **Apontamento de Rega e Drenagem**. FAEF Maputo.
6. Doorenbos, J.; Pruitt, J.O. (1977). **Crop water requirement**. FAO Irrigation and Drainage Paper 24 .Rome. 144p.
7. Doorenbos, J; Kassam, AH. (1979). **Yield Response to Water**. FAO Irrigation and Dreinage paper 33. Rome .
8. FAEF- Competir(2001), **Programa Competir**. FAEF, Maputo
9. Folegatti, M.V; Paz, V.P.S; Pereira, A.S; Libardi, V.C.M.(1997). **Efeitos de diferentes níveis de irrigação e de déficit hídrico na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgar*)**. In: Congresso Chileno De Engenharia Agronómica.
10. Gondim, R. S De Aguar, J. V; Costa, R. N.T. (2000). **Estratégia de manejo de água em caupi irrigado**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiente, v.4, n.1, Campina Grande, PB, De Ag/UFPB.
11. . Hanks, R. J.; Keller, J.; Rasmussen, V.P. and Wilson, R.L. (1976). **Line Source Sprinkler for continuous Variable Irrigation**. Crop Production Studies. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 40: 426-429.
12. Hommens, R. O, (1982) **Origin and Early History of the peanut in pattern, H.E and young .C. t (1982)**. Peanut and technology. American peanut Research and Education Society INC Yackum Texas 7799 3b USA 200p.

13. Levitt, F. (1972). **Response of plants to environments stress**. New York, Academic.
14. Mudaca, J. D (2003) **Tese de licenciatura em Agronomia** “ Determinação de água complementar a irrigação para agricultura de sequeiro na região de Chókwe.
15. Pereira, L.S; Alves, I (1991). **Desenvolvimento de Tecnologias de Rega**. Departamento de Engenharia Rural. ISA, Lisboa.
16. Reichardt, K.(1990) **Á água em sistemas agrícolas** . São Paulo: Manole, 188p
17. Renh, S. And Espig, G. (1991).**The cultivated plants of tropics and subtropics**. Margraf-V.J. CTa (Technical Center for agriculture and Rural Co-operation Weikershein 552p.
18. Rijtema, P.E and Aboukhaled, A. (1975). **Crop Water Use**, in: Research on crop and water use , salt affected soils and drainage in the Arab Republic of Egypt,
19. Stewart, J. I; Hagan, R.M and Pruitt, W.O (1976). **Water Production functions and predicted irrigation programs for principal crops as requirement for water resources planning and increased water use efficiency**. Water Science and engineering sector, Dept. of land, Air and water Resources.
20. Thornthwaite, C.W.; Wilm, H.G. (1944) **.Evapotranspiration and Transpiration**. Washington, D.C.: Transactions of the American Geophysical Union,. P.686-693.
21. Vaaidai, Y; Raney, F. C; Hagan, R. M.(1961). **Plant Water deficit and physiology process**. Annual Review of plant physiology, Polo alto, v.12 p-265-292.
22. Veihmeyer, F.J. and Hendrickson, A.A (1931) **Does Transpiration Decrease as the Soil moisture Decrease?** Transition American Geophysical Union 425-448p.
23. Vidigal, E.N.J (2000), **Tese de licenciatura em ciências Agronómicas** “ *Projecção de um campo de ensaio para três culturas com base na rega por aspersão com fonte linear*” FAEF, Maputo.
24. Yague, J.L. F (1996), **Técnica de rega**, 2ª edição revisada y Amplodi, Coedicion Adiciones Mundi. Presa y Ministério de Agricultura, Pesca Alimentation, Madrid.



ANEXOS  
DO  
TRABALHO

## Anexo 1: Gráficos e parâmetros necessários para a determinação do $K_{Cini}$ da cultura

FIGURA 1. Gráfico para a determinação do valor de  $K_{Cini}$  para diferentes intervalos de humedecimento ( $T_w$ ) e profundidade de infiltração para cada evento de (3mm-10mm) e poder evaporativo médio da atmosfera da fase 1ª para qualquer tipo de solo

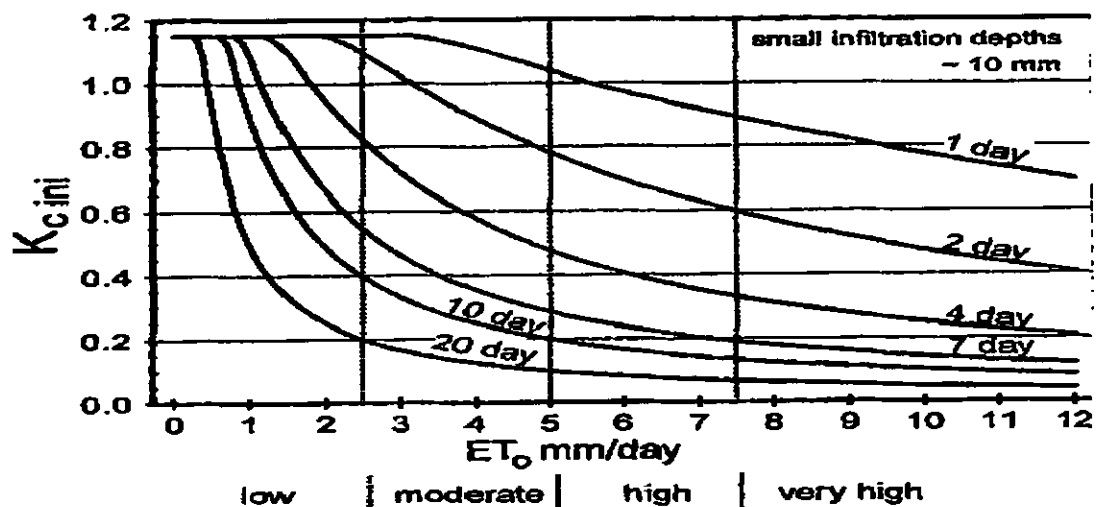


FIGURA 2a. Gráfico para a determinação do valor de  $K_{Cini}$  para diferentes intervalos de humedecimento ( $T_w$ ) e profundidade de infiltração para cada evento de  $\geq 40$ mm e poder evaporativo médio da atmosfera da fase 1ª para solo de textura grosseira

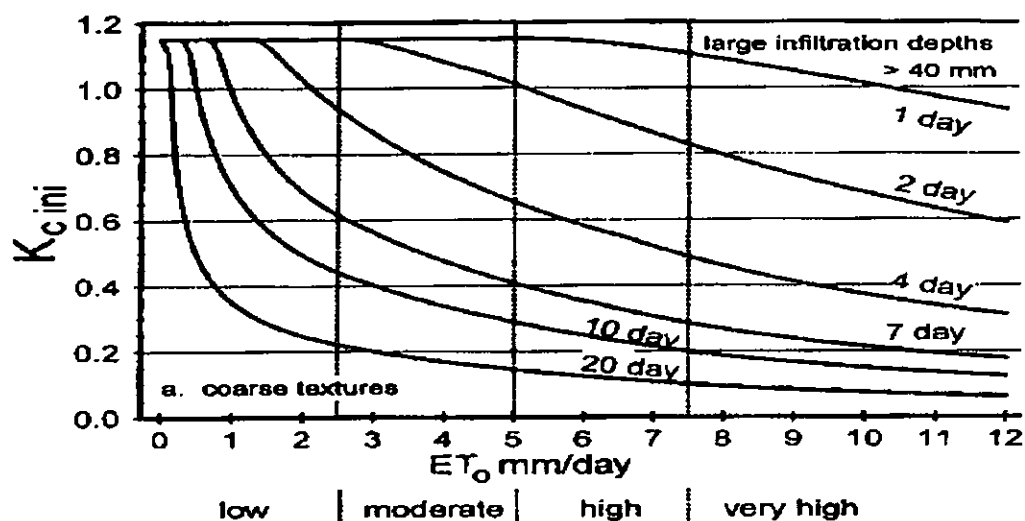
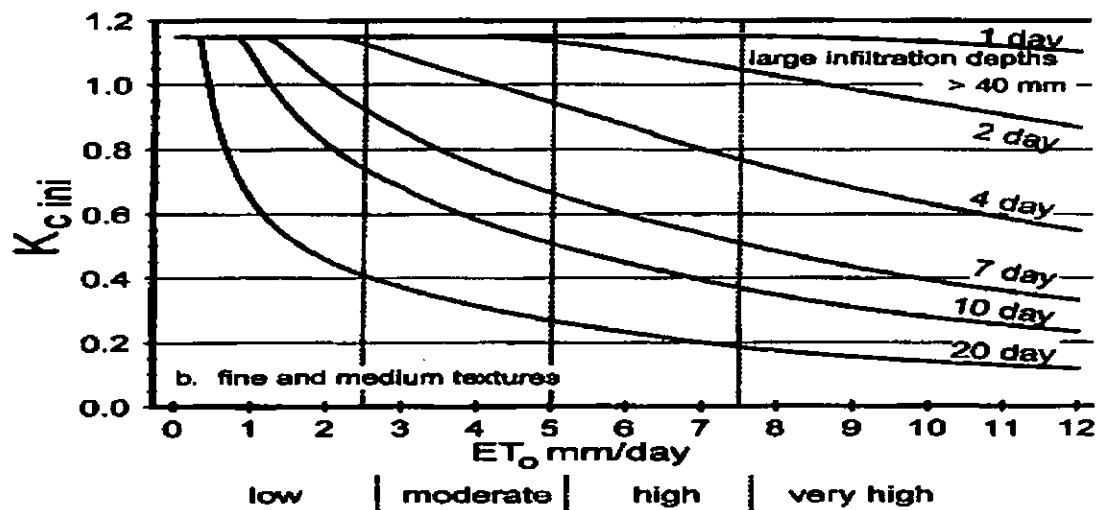


FIGURA 2b. Gráfico para a determinação do valor de  $K_{Cini}$  para diferentes intervalos de humedecimento ( $T_w$ ) e profundidade de infiltração para cada evento de  $\geq 40\text{mm}$  e poder evaporativo médio da atmosfera da fase 1ª para solo de textura media



**Anexo 2: Rendimentos da cultura do amendoim em sequeiro ao longo dos anos em Moçambique no sector familiar (t/ha)**

Código	Provincia	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	001-02	002-03	003-04
TOTAL NACIONAL		0.31	0.39	0.44	0.45	0.51	0.57	0.46	0.39	0.39	0.40	0.45
01	CABO DELGADO	0.34	0.50	0.30	0.31	0.45	0.46	0.35	0.34	0.40	0.40	0.52
02	NIASSA	0.28	0.40	0.43	0.45	0.43	0.47	0.45	0.40	0.45	0.45	0.46
03	NAMPULA	0.39	0.50	0.57	0.66	0.66	0.61	0.65	0.53	0.55	0.55	0.59
04	ZAMBEZIA	0.38	0.50	0.60	0.60	0.68	0.71	0.62	0.61	0.58	0.58	0.62
05	TETE	0.18	0.20	0.30	0.35	0.34	0.39	0.25	0.33	0.30	0.30	0.39
06	MANICA	0.37	0.30	0.55	0.67	0.58	0.64	0.60	0.60	0.28	0.29	0.33
07	SOFALA	0.28	0.40	0.49	0.46	0.51	0.53	0.44	0.44	0.40	0.40	0.45
08	INHAMBANE	0.26	0.30	0.41	0.34	0.40	0.46	0.38	0.27	0.26	0.26	0.26
09	GAZA	0.22	0.20	0.25	0.32	0.41	0.49	0.32	0.26	0.24	0.24	0.43
10	MAPUTO	0.20	0.30	0.35	0.43	0.50	0.53	0.39	0.26	0.32	0.32	0.39
REGIÃO NORTE		0.37	0.50	0.50	0.55	0.61	0.59	0.55	0.49			
REGIÃO CENTRO		0.25	0.29	0.41	0.43	0.42	0.47	0.35	0.40			
REGIÃO SUL		0.25	0.28	0.38	0.34	0.41	0.47	0.37	0.27			

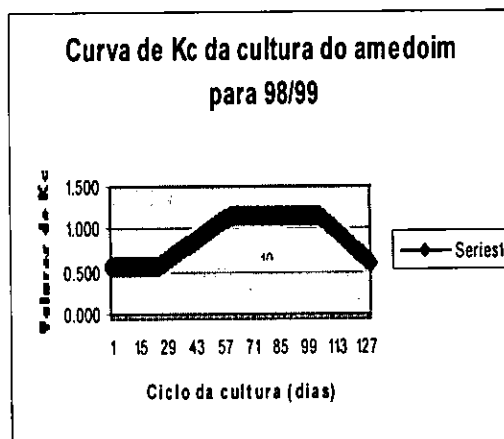
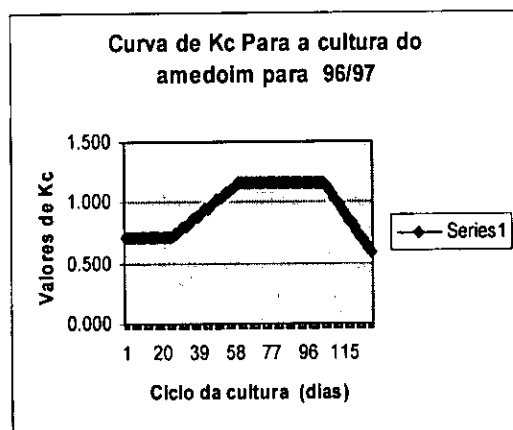
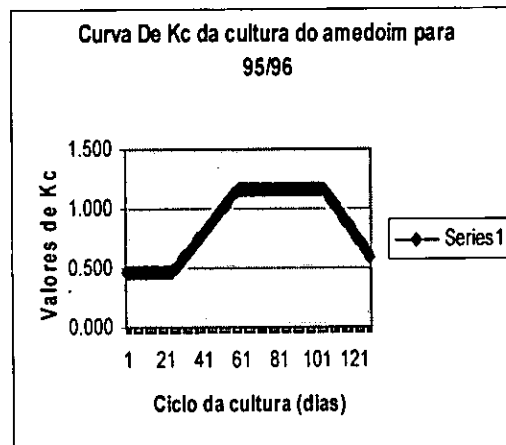
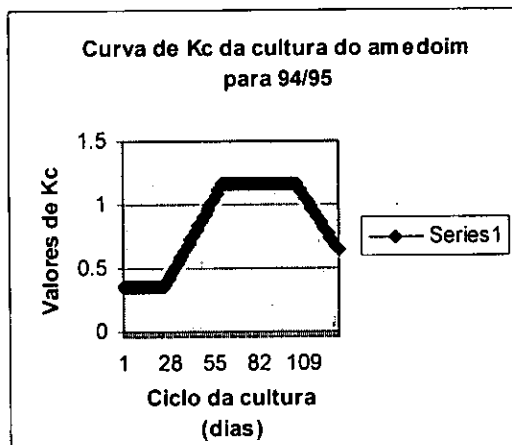
Fonte: MADER, 2006

**Anexo 3: Parâmetros estimados para a estimação do Kc inicial da cultura do amendoim para as 32 campanhas**

Ano	Nw	Tw	ETo	$P\bar{x}$
61/62	10	2.38	6.58	16.36
62/63	3	7.14	11.92	12.9
63/64	8	2.94	7.32	9.01
64/65	4	5.56	7.76	12.15
65/66	8	2.94	9.47	12.01
66/67	12	2	7.31	7.53
67/68	6	3.85	6.54	12.89
69/70	10	2.38	4.61	15.44
70/71	15	1.61	4.62	7.08
71/72	14	1.72	4.83	5.04
72/73	8	2.94	6.19	9.06
73/74	9	2.63	4.91	11.28
74/75	8	2.94	4.12	9.74
75/76	7	3.33	4.99	10.61
79/80	7	3.33	4.42	9.14
80/81	11	2.17	2.34	9.4
81/82	7	3.33	3.03	10.98
82/83	9	2.63	4.05	4.19
83/84	7	3.33	3.21	10.86
84/85	4	5.56	3.3	9.83
85/86	7	3.33	3.74	13.11
86/87	7	3.33	3.58	11.49
87/88	7	3.33	2.71	4.49
89/90	13	1.85	3.32	4.49
90/91	9	2.63	3.48	14.55
91/92	4	5.56	4.4	9.68
92/93	8	2.94	5.28	11.23
93/94	10	2.38	3.18	8.43
94/95	3	7.14	5	14.33
95/96	3	7.14	3.72	17.04
96/97	7	3.33	3.57	11.37
98/99	6	3.85	4.21	10.52



### Anexo4 : Curvas de Kc Para as diferentes campanhas



**Anexo 5: Balanço hídrico na zona radicular da cultura do amendoim em sequeiro para a campanha 93/94(Chokwe)**

121.00  
0.50

mes	dia	ET0 (mm)	Kc	Zr (m)	ETc (mm/dia)	ETc Fase	AD (mm)	p	AFD (mm)	P (mm)	Drinitial (mm)	DPI (mm)	Ks	ETc a jus Fases	Dr final (mm)	ETc a jus Fase	Ky	Yr/Yp
	1	2.52	0.900	0.15	2.27		18.15	0.61	11.06	25.2	0.00	25.20	1.00		0.00			
	2	2.52	0.900	0.16	2.27		19.89	0.61	12.12	7	0.00	4.73	1.00		2.27			
	3	2.52	0.900	0.18	2.27		21.64	0.61	13.18	3.2	0.00	0.93	1.00		2.27			
	4	2.52	0.900	0.19	2.27		23.38	0.61	14.24	6.4	0.00	4.13	1.00		2.27			
	5	2.52	0.900	0.21	2.27		25.12	0.61	15.31	0.2	2.07	0.00	1.00		2.27			
	6	2.52	0.900	0.22	2.27		26.87	0.61	16.37	1.6	2.74	0.00	1.00		2.27			
	7	2.52	0.900	0.24	2.27		28.61	0.61	17.43	8	0.00	3.00	1.00		2.27			
	8	3.22	0.900	0.25	2.90		30.35	0.58	17.73	0	2.27	0.00	1.00		2.90			
	9	3.22	0.900	0.27	2.90		32.10	0.58	18.75	0	5.17	0.00	1.00		2.90			
	10	3.22	0.900	0.28	2.90		33.84	0.58	19.76	0	8.06	0.00	1.00		2.90			
	11	3.22	0.900	0.29	2.90		35.58	0.58	20.78	10.6	0.36	0.00	1.00		2.90			
	12	3.22	0.900	0.31	2.90		37.33	0.58	21.80	0	3.26	0.00	1.00		2.90			
	13	3.22	0.900	0.32	2.90		39.07	0.58	22.82	3.5	2.66	0.00	1.00		2.90			
	14	3.22	0.900	0.34	2.90		40.81	0.58	23.84	0	5.56	0.00	1.00		2.90			
	15	3.22	0.900	0.35	2.90		42.56	0.58	24.86	0	8.45	0.00	1.00		2.90			
	16	3.22	0.900	0.37	2.90		44.30	0.58	25.87	0	11.35	0.00	1.00		2.90			
	17	3.22	0.900	0.38	2.90		46.04	0.58	26.89	0	14.25	0.00	1.00		2.90			
	18	3.71	0.900	0.39	3.34		47.78	0.57	27.07	18.6	0.00	1.45	1.00		3.34			
	19	3.71	0.900	0.41	3.34		49.53	0.57	28.05	0	3.34	0.00	1.00		3.34			
	20	3.71	0.900	0.42	3.34		51.27	0.57	29.04	0	6.68	0.00	1.00		3.34			
	21	3.71	0.900	0.44	3.34		53.01	0.57	30.03	0	10.02	0.00	1.00		3.34			
	22	3.71	0.900	0.45	3.34		54.76	0.57	31.02	0	13.36	0.00	1.00		3.34			
	23	3.71	0.900	0.47	3.34		56.50	0.57	32.00	0	16.70	0.00	1.00		3.34			
	24	3.71	0.900	0.48	3.34		58.24	0.57	32.99	0	20.03	0.00	1.00		3.34			
	25	3.71	0.900	0.50	3.34		59.99	0.57	33.98	0	23.37	0.00	1.00		3.34			
	26	3.71	0.907	0.51	3.37		61.73	0.57	34.90	5	21.71	0.00	1.00		3.37			

Trabalho de Licenciatura

Jamime; Elias. H

Quantificação do rendimento do amendoim no cultivo em sequeiro em Chókwe

27	3.71	0.914	0.52	3.39	63.47	0.56	35.82	0	25.08	0.00	1.00	3.39	28.47
28	4.85	0.922	0.54	4.47	65.22	0.52	33.99	0	28.47	0.00	1.00	4.47	32.94
29	4.85	0.929	0.55	4.50	66.96	0.52	34.81	0	32.94	0.00	1.00	4.50	37.44
30	4.85	0.936	0.57	4.54	68.70	0.52	35.62	0	37.44	0.00	0.94	4.29	41.73
31	4.85	0.943	0.58	4.57	70.45	0.52	36.42	0	41.73	0.00	0.84	3.86	45.59
32	4.85	0.950	0.60	4.61	72.19	0.52	37.22	0	45.59	0.00	0.76	3.51	49.10
33	4.85	0.958	0.61	4.64	73.93	0.51	38.02	0	49.10	0.00	0.69	3.21	52.31
34	4.85	0.965	0.63	4.68	75.68	0.51	38.81	0	52.31	0.00	0.63	2.97	55.28
35	4.85	0.972	0.64	4.71	77.42	0.51	39.59	0	55.28	0.00	0.59	2.76	58.04
36	4.85	0.979	0.65	4.75	79.16	0.51	40.38	0	58.04	0.00	0.54	2.59	60.62
37	4.85	0.986	0.67	4.78	80.91	0.51	41.15	19.5	41.12	0.00	1.00	4.78	45.91
38	4.85	0.994	0.68	4.82	82.65	0.51	41.92	1	44.91	0.00	0.93	4.47	49.37
39	3.43	1.001	0.70	3.43	84.39	0.56	47.49	0	49.37	0.00	0.95	3.26	52.63
40	3.43	1.008	0.71	3.46	86.14	0.56	48.38	0	52.63	0.00	0.89	3.07	55.70
41	3.43	1.015	0.73	3.48	87.88	0.56	49.27	0	55.70	0.00	0.83	2.90	58.60
42	3.43	1.022	0.74	3.51	89.62	0.56	50.16	21.4	37.20	0.00	1.00	3.51	40.71
43	3.43	1.030	0.76	3.53	91.37	0.56	51.05	0.4	40.31	0.00	1.00	3.53	43.84
44	3.43	1.037	0.77	3.56	93.11	0.56	51.93	0	43.84	0.00	1.00	3.56	47.40
45	3.43	1.044	0.78	3.58	94.85	0.56	52.81	0	47.40	0.00	1.00	3.58	50.98
46	3.43	1.051	0.80	3.61	96.59	0.56	53.69	0	50.98	0.00	1.00	3.61	54.58
47	3.43	1.058	0.81	3.63	98.34	0.55	54.56	0	54.58	0.00	1.00	3.63	58.21
48	3.43	1.066	0.83	3.66	100.08	0.55	55.43	0	58.21	0.00	0.94	3.43	61.64
49	3.61	1.073	0.84	3.87	101.82	0.55	55.50	0	61.64	0.00	0.87	3.36	65.00
50	3.61	1.080	0.86	3.90	103.57	0.54	56.35	0	65.00	0.00	0.82	3.18	68.18
51	3.61	1.087	0.87	3.92	105.31	0.54	57.18	0	68.18	0.00	0.77	3.03	71.21
52	3.61	1.094	0.88	3.95	107.05	0.54	58.02	0	71.21	0.00	0.73	2.89	74.10
53	3.61	1.102	0.90	3.98	108.80	0.54	58.85	28.4	45.70	0.00	1.00	3.98	49.67
54	3.61	1.109	0.91	4.00	110.54	0.54	59.68	3.3	46.37	0.00	1.00	4.00	50.38
55	3.61	1.116	0.93	4.03	112.28	0.54	60.50	0	50.38	0.00	1.00	4.03	54.41
56	3.61	1.123	0.94	4.05	114.03	0.54	61.32	0	54.41	0.00	1.00	4.05	58.46
57	3.61	1.130	0.96	4.08	115.77	0.54	62.14	0	58.46	0.00	1.00	4.08	62.54
58	3.61	1.138	0.97	4.11	117.51	0.54	62.96	0	62.54	0.00	1.00	4.11	66.65
59	3.10	1.145	0.99	3.55	119.26	0.56	66.55	0	66.65	0.00	1.00	3.54	70.19

Jamine; Elias. H

Trabalho de Licenciatura

Quantificação do rendimento do amendoim no cultivo em sequeiro em Chókwé

60	3.10	1.152	1.00	3.57	140.30	421.00	0.56	67.42	0	70.19	0.00	0.95	3.49	73.58	125.87	0.20	0.93
61	3.10	1.152	1.00	3.57	121.00	0.56	67.42	4	69.58	0.00	0.96	3.43	73.00				
62	3.10	1.152	1.00	3.57	121.00	0.56	67.42	18.5	54.50	0.00	1.00	3.57	58.08				
63	3.10	1.152	1.00	3.57	121.00	0.56	67.42	8.6	49.48	0.00	1.00	3.57	53.05				
64	3.10	1.152	1.00	3.57	121.00	0.56	67.42	2.2	50.85	0.00	1.00	3.57	54.42				
65	3.10	1.152	1.00	3.57	121.00	0.56	67.42	0	54.42	0.00	1.00	3.57	57.99				
66	3.10	1.152	1.00	3.57	121.00	0.56	67.42	0	57.99	0.00	1.00	3.57	61.56				
67	3.10	1.152	1.00	3.57	121.00	0.56	67.42	0	61.56	0.00	1.00	3.57	65.13				
68	3.10	1.152	1.00	3.57	121.00	0.56	67.42	0	65.13	0.00	1.00	3.57	68.70				
69	3.10	1.152	1.00	3.57	121.00	0.56	67.42	0	68.70	0.00	0.98	3.49	72.19				
70	4.20	1.152	1.00	4.84	121.00	0.51	61.28	0	72.19	0.00	0.82	3.95	76.14				
71	4.20	1.152	1.00	4.84	121.00	0.51	61.28	0	76.14	0.00	0.75	3.63	79.78				
72	4.20	1.152	1.00	4.84	121.00	0.51	61.28	0.1	79.68	0.00	0.69	3.35	83.03				
73	4.20	1.152	1.00	4.84	121.00	0.51	61.28	0	83.03	0.00	0.64	3.08	86.10				
74	4.20	1.152	1.00	4.84	121.00	0.51	61.28	0	86.10	0.00	0.58	2.83	88.93				
75	4.20	1.152	1.00	4.84	121.00	0.51	61.28	0	88.93	0.00	0.54	2.60	91.53				
76	4.20	1.152	1.00	4.84	121.00	0.51	61.28	1.4	90.13	0.00	0.52	2.50	92.63				
77	4.20	1.152	1.00	4.84	121.00	0.51	61.28	0.6	92.03	0.00	0.49	2.35	94.38				
78	4.20	1.152	1.00	4.84	121.00	0.51	61.28	0	94.38	0.00	0.45	2.16	96.53				
79	4.20	1.152	1.00	4.84	121.00	0.51	61.28	0	96.53	0.00	0.41	1.98	98.52				
80	4.86	1.152	1.00	5.60	121.00	0.48	57.60	0	98.52	0.00	0.35	1.99	100.50				
81	4.86	1.152	1.00	5.60	121.00	0.48	57.60	0	100.50	0.00	0.32	1.81	102.31				
82	4.86	1.152	1.00	5.60	121.00	0.48	57.60	0	102.31	0.00	0.29	1.65	103.96				
83	4.86	1.152	1.00	5.60	121.00	0.48	57.60	0	103.96	0.00	0.27	1.50	105.47				
84	4.86	1.152	1.00	5.60	121.00	0.48	57.60	0	105.47	0.00	0.25	1.37	106.84				
85	4.86	1.152	1.00	5.60	121.00	0.48	57.60	0	106.84	0.00	0.22	1.25	108.09				
86	4.86	1.152	1.00	5.60	121.00	0.48	57.60	0	108.09	0.00	0.20	1.14	109.23				
87	4.86	1.152	1.00	5.60	121.00	0.48	57.60	0	109.23	0.00	0.19	1.04	110.27				
88	4.86	1.152	1.00	5.60	121.00	0.48	57.60	0	110.27	0.00	0.17	0.95	111.22				
89	4.86	1.152	1.00	5.60	121.00	0.48	57.60	0	111.22	0.00	0.15	0.86	112.08				
90	3.76	1.152	1.00	4.33	121.00	0.53	63.74	0	112.08	0.00	0.16	0.67	112.76				
91	3.76	1.152	1.00	4.33	121.00	0.53	63.74	0	112.76	0.00	0.14	0.62	113.38				

Trabalho de Licenciatura

Jamime; Elias. H

Quantificação do rendimento do amendoim no cultivo em sequeiro em Chokwè

92	3.76	1.152	1.00	4.33	121.00	0.53	63.74	1	112.38	0.00	0.15	0.65	113.03	
93	3.76	1.152	1.00	4.33	121.00	0.53	63.74	0	113.03	0.00	0.14	0.60	113.63	
94	3.76	1.152	1.00	4.33	121.00	0.53	63.74	0	113.63	0.00	0.13	0.56	114.19	
95	3.76	1.152	1.00	4.33	121.00	0.53	63.74	4.2	109.99	0.00	0.19	0.83	110.82	
96	3.76	1.152	1.00	4.33	121.00	0.53	63.74	3	107.82	0.00	0.23	1.00	108.82	
97	3.76	1.152	1.00	4.33	121.00	0.53	63.74	0	108.82	0.00	0.21	0.92	109.74	
98	3.95	1.152	1.00	4.55	121.00	0.52	62.68	0	109.74	0.00	0.19	0.88	110.62	
99	3.95	1.152	1.00	4.55	121.00	0.52	62.68	0	110.62	0.00	0.18	0.81	111.43	
100	3.95	1.152	1.00	4.55	121.00	0.52	62.68	0	111.43	0.00	0.16	0.75	112.18	
101	3.95	1.152	1.00	4.55	121.00	0.52	62.68	0	112.18	0.00	0.15	0.69	112.86	
102	3.95	1.152	1.00	4.55	121.00	0.52	62.68	0.1	112.76	0.00	0.14	0.64	113.41	
103	3.95	1.152	1.00	4.55	121.00	0.52	62.68	0.6	112.81	0.00	0.14	0.64	113.45	
104	3.95	1.152	1.00	4.55	121.00	0.52	62.68	0	113.45	0.00	0.13	0.59	114.04	
105	3.95	1.152	1.00	4.55	207.57	121.00	0.52	62.68	0	114.04	0.00	0.12	0.54	114.58
106	3.95	1.128	1.00	4.46	121.00	0.52	63.13	0	114.58	0.00	0.11	0.49	115.07	
107	3.95	1.105	1.00	4.36	121.00	0.53	63.58	0	115.07	0.00	0.10	0.45	115.52	
108	3.92	1.081	1.00	4.24	121.00	0.53	64.19	0	115.52	0.00	0.10	0.41	115.93	
109	3.92	1.058	1.00	4.15	121.00	0.53	64.63	27.4	88.53	0.00	0.58	2.39	90.92	
110	3.92	1.034	1.00	4.05	121.00	0.54	65.08	0	90.92	0.00	0.54	2.18	93.10	
111	3.92	1.010	1.00	3.96	121.00	0.54	65.53	0	93.10	0.00	0.50	1.99	95.09	
112	3.92	0.987	1.00	3.87	121.00	0.55	65.98	0	95.09	0.00	0.47	1.82	96.91	
113	3.92	0.963	1.00	3.78	121.00	0.55	66.43	0	96.91	0.00	0.44	1.67	98.58	
114	3.92	0.940	1.00	3.68	121.00	0.55	66.87	0	98.58	0.00	0.41	1.53	100.11	
115	3.92	0.916	1.00	3.59	121.00	0.56	67.32	0.5	99.61	0.00	0.40	1.43	101.04	
116	3.92	0.892	1.00	3.50	121.00	0.56	67.77	0	101.04	0.00	0.38	1.31	102.35	
117	3.92	0.869	1.00	3.41	121.00	0.56	68.22	1.4	100.95	0.00	0.38	1.29	102.24	
118	4.42	0.845	1.00	3.74	121.00	0.55	66.62	0	102.24	0.00	0.34	1.29	103.53	
119	4.42	0.822	1.00	3.63	121.00	0.55	67.12	0	103.53	0.00	0.32	1.18	104.71	
120	4.42	0.798	1.00	3.53	121.00	0.56	67.63	0	104.71	0.00	0.31	1.08	105.79	
121	4.42	0.774	1.00	3.42	121.00	0.56	68.13	0	105.79	0.00	0.29	0.99	106.77	
122	4.42	0.751	1.00	3.32	121.00	0.57	68.64	0	106.77	0.00	0.27	0.90	107.67	
123	4.42	0.727	1.00	3.21	121.00	0.57	69.14	0	107.67	0.00	0.26	0.83	108.50	

Trabalho de Licenciatura

Jamime; Elias. H

Quantificação do rendimento do amendoim no cultivo em sequeiro em Chokwè

124	4.42	0.704	1.00	3.11	121.00	0.58	69.65	0	108.50	0.00	0.24	0.76	109.26
125	4.42	0.680	1.00	3.01	121.00	0.58	70.15	0	109.26	0.00	0.23	0.69	109.95
126	4.42	0.656	1.00	2.90	121.00	0.58	70.66	0	109.95	0.00	0.22	0.64	110.59
127	4.42	0.633	1.00	2.80	121.00	0.59	71.16	0	110.59	0.00	0.21	0.58	111.17
128	4.42	0.609	1.00	2.69	121.00	0.59	71.67	0	111.17	0.00	0.20	0.54	111.71
129	3.64	0.586	1.00	2.13	121.00	0.61	74.38	0	111.71	0.00	0.20	0.42	112.13
130	3.64	0.562	1.00	2.05	86.57	0.62	74.80	0	112.13	0.00	0.19	0.39	112.53
													27.25
													0.6
													0.59

### Anexo 6 : Evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), evapotranspiração ajustada da cultura ( $ET_{c_{aj}}$ ) e a relação ( $ET_{c_{aj}}/ET_c$ ) por fases

Anos	I Fase		II Fase		III Fase		IV Fase	
	$ET_c$	$ET_{c_{aj}}$ ( $ET_{c_{aj}}/ET_c$ )	$ET_c$	$ET_{c_{aj}}$ ( $ET_{c_{aj}}/ET_c$ )	$ET_c$	$ET_{c_{aj}}$ ( $ET_{c_{aj}}/ET_c$ )	$ET_c$	$ET_{c_{aj}}$ ( $ET_{c_{aj}}/ET_c$ )
61/62	105.31	95.02	206.58	133.51	331.91	68.25	140.14	28.77
62/63	38.75	38.75	160.37	142.77	346.49	179.30	191.34	25.02
63/64	73.19	65.68	227.19	151.46	360.06	157.92	132.24	22.51
64/65	57.98	47.24	169.13	150.16	322.22	192.69	148.99	28.79
65/66	85.19	80.44	305.17	116.02	342.49	194.48	153.65	27.86
66/67	111.54	88.35	223.29	181.03	276.14	230.62	87.14	68.41
67/68	64.88	55.15	146.71	103.74	205.34	141.36	91.63	27.44
69/70	82.24	77.20	151.18	131.88	251.27	147.36	145.51	27.00
70/71	114.32	103.20	151.79	98.62	188.57	94.09	66.07	15.36
71/72	115.87	89.97	171.07	90.95	236.93	127.78	64.15	64.15
72/73	84.54	75.23	154.66	99.11	195.11	140.89	72.88	40.82
73/74	85.80	81.92	184.24	129.50	242.38	142.48	79.19	37.33
74/75	76.97	76.67	150.96	86.04	145.43	141.93	57.87	57.87
75/76	72.47	55.07	122.68	106.96	164.25	160.84	57.68	57.68
79/80	71.90	68.17	140.12	124.19	187.72	122.74	62.30	62.24
80/81	64.47	64.47	111.32	111.32	135.24	135.24	55.25	54.75
81/82	68.97	68.74	120.23	106.54	214.32	181.41	73.74	46.00
82/83	70.42	55.61	143.50	75.24	243.49	97.21	101.09	61.27
83/84	64.26	59.89	134.04	120.79	196.69	174.15	62.09	34.32
84/85	45.00	45.00	107.93	107.93	202.76	178.45	57.77	57.77
85/86	66.26	66.14	119.95	114.76	198.19	109.66	83.97	25.68
86/87	64.92	64.50	146.38	107.34	197.41	85.32	66.74	29.30
87/88	57.68	54.63	112.60	63.85	133.58	110.76	81.89	19.01

Quantificação do rendimento do amendoim no cultivo em sequeiro em Chókwe

89/90	89.59	76.42	85.30	135.72	100.53	74.07	159.89	136.62	85.45	58.28	58.28	100.00
90/91	74.55	74.55	100.00	145.91	130.69	89.57	184.79	96.96	52.47	51.79	51.79	100.00
91/92	46.76	46.47	99.38	144.86	86.16	59.48	215.18	24.97	11.60	78.79	3.00	3.81
92/93	78.84	57.71	73.20	117.18	109.48	93.43	161.50	114.92	71.16	61.85	61.85	100.00
93/94	71.57	71.57	100.00	140.30	125.87	89.71	207.57	85.30	41.09	86.57	27.25	31.48
94/95	43.72	43.72	100.00	122.71	108.23	88.20	251.48	67.13	26.69	86.87	18.66	21.48
95/96	42.73	41.61	97.38	71.82	71.82	100.00	169.62	132.02	77.83	58.92	45.32	76.92
96/97	63.35	57.67	91.03	89.04	89.04	100.00	145.68	145.59	99.94	69.12	41.64	60.24
98/99	59.94	53.42	89.12	98.84	98.84	100.00	199.12	196.90	98.89	94.58	93.69	99.06



**Anexo7: Rendimento relativo por fases, total e necessidades de água de rega para a 3ª e 4ª fases para rendimentos de 90,85,80 e 75%**

Ano	Fases	ETc (mm)	ETcaj (mm)	(Ya/Yp) factor	90%		85%		80%		75%	
					(Ya/Yp)	NAR(mm)	(Ya/Yp)	NAR(mm)	(Ya/Yp)	NAR(mm)	(Ya/Yp)	NAR(mm)
61/62	I	105.31	95.02	0.98								
	II	206.58	133.51	0.93								
	III	331.91	68.25	0.36	0.99	261.06	0.97	249.44	0.94	237.48	0.91	225.14
	IV	140.14	28.77	0.52	0.99	109.90	0.97	103.37	0.94	96.63	0.91	89.68
	<b>Total</b>	<b>783.94</b>	<b>325.55</b>	<b>0.17</b>	<b>0.90</b>	<b>370.96</b>	<b>0.85</b>	<b>352.81</b>	<b>0.80</b>	<b>334.11</b>	<b>0.75</b>	<b>314.82</b>
62/63	I	38.75	38.75	1.00								
	II	160.37	142.77	0.98								
	III	346.49	179.30	0.61	0.96	149.14	0.93	137.44	0.90	125.40	0.87	112.97
	IV	191.34	25.02	0.48	0.96	153.03	0.93	144.42	0.90	135.55	0.87	126.40
	<b>Total</b>	<b>736.95</b>	<b>385.84</b>	<b>0.29</b>	<b>0.90</b>	<b>302.17</b>	<b>0.85</b>	<b>281.86</b>	<b>0.80</b>	<b>260.95</b>	<b>0.75</b>	<b>239.37</b>
63/64	I	73.19	65.68	0.98								
	II	227.19	151.46	0.93								
	III	360.06	157.92	0.56	0.99	199.32	0.97	186.72	0.94	173.74	0.91	160.35
	IV	132.24	22.51	0.50	0.99	108.35	0.97	102.18	0.94	95.82	0.91	89.26
	<b>Total</b>	<b>792.68</b>	<b>397.57</b>	<b>0.26</b>	<b>0.90</b>	<b>307.67</b>	<b>0.85</b>	<b>288.90</b>	<b>0.80</b>	<b>269.56</b>	<b>0.75</b>	<b>249.61</b>
64/65	I	57.98	47.24	0.96								
	II	169.13	150.16	0.98								
	III	322.22	192.69	0.68	0.98	120.70	0.95	109.60	0.92	98.17	0.89	86.38
	IV	148.99	28.76	0.52	0.98	114.76	0.95	107.91	0.92	100.87	0.89	93.59
	<b>Total</b>	<b>698.32</b>	<b>418.85</b>	<b>0.33</b>	<b>0.90</b>	<b>235.46</b>	<b>0.85</b>	<b>217.51</b>	<b>0.80</b>	<b>199.04</b>	<b>0.75</b>	<b>179.97</b>
65/66	I	85.19	80.44	0.99								
	II	305.17	116.02	0.88								
	III	342.49	194.48	0.65	1.02	155.03	0.99	142.77	0.96	130.14	0.93	117.12
	IV	153.65	27.86	0.51	1.02	129.99	1.00	122.66	0.96	115.10	0.93	107.31
	<b>Total</b>	<b>886.50</b>	<b>418.80</b>	<b>0.29</b>	<b>0.90</b>	<b>285.02</b>	<b>0.85</b>	<b>265.43</b>	<b>0.80</b>	<b>245.24</b>	<b>0.75</b>	<b>224.43</b>

Quantificação do rendimento do amendoim no cultivo em sequeiro em Chokwê

66/67	I	111.54	88.35	0.96	0.96	41.45	0.96	31.84	0.93	21.94	0.90	11.73
	II	223.29	181.03	0.96								
	III	276.14	230.62	0.87	0.99	0.96	0.96	12.97	0.93	8.81	0.90	4.51
	IV	87.14	68.41	0.87	0.99	17.02	0.85	44.81	0.80	30.75	0.75	16.24
	<b>Total</b>	<b>698.11</b>	<b>568.41</b>	<b>0.70</b>		<b>58.47</b>						
67/68	I	64.88	55.15	0.97								
	II	146.71	103.75	0.94	0.99	62.31	0.97	55.13	0.94	47.73	0.91	40.10
	III	205.34	141.36	0.75	0.99	63.20	0.97	58.92	0.94	54.52	0.91	49.98
	IV	91.63	27.44	0.58	0.90	125.51	0.85	114.05	0.80	102.25	0.75	90.08
	<b>Total</b>	<b>508.56</b>	<b>327.70</b>	<b>0.40</b>								
69/70	I	82.24	77.20	0.99								
	II	151.18	131.88	0.97	0.97	93.89	0.94	85.32	0.91	76.50	0.88	67.40
	III	251.27	147.36	0.67	0.97	110.77	0.94	104.16	0.91	97.35	0.88	90.32
	IV	145.51	27.00	0.51	0.90	204.66	0.85	189.48	0.80	173.85	0.75	157.72
	<b>Total</b>	<b>630.20</b>	<b>383.44</b>	<b>0.33</b>								
70/71	I	114.32	103.20	0.98								
	II	151.79	98.62	0.93	0.99	93.00	0.97	86.40	0.94	79.61	0.91	72.59
	III	188.57	94.09	0.60	0.99	50.02	0.97	46.94	0.94	43.76	0.91	40.48
	IV	66.07	15.36	0.54	0.90	143.02	0.85	133.34	0.80	123.37	0.75	113.07
	<b>Total</b>	<b>520.75</b>	<b>311.27</b>	<b>0.30</b>								
71/72	I	115.87	89.97	0.96								
	II	171.07	90.95	0.91	1.03	118.03	0.97	100.27	0.92	85.46	0.86	67.69
	III	236.93	127.78	0.63	0.90	118.03	0.85	100.27	0.80	85.46	0.75	67.69
	IV	64.15	64.15	1.00								
	<b>Total</b>	<b>588.02</b>	<b>372.85</b>	<b>0.55</b>								
72/73	I	84.54	75.23	0.98								
	II	154.66	99.11	0.93	0.99	52.69	0.97	45.86	0.94	38.83	0.91	31.57
	III	195.11	140.89	0.78	0.99	31.30	0.97	27.90	0.94	24.39	0.91	20.78
	IV	72.88	40.82	0.74	0.90	83.99	0.85	73.76	0.80	63.22	0.75	52.35
	<b>Total</b>	<b>507.19</b>	<b>356.05</b>	<b>0.52</b>								
I	85.80	81.92	0.99									

Trabalho de Licenciatura

Jamirine; Elias. H

Quantificação do rendimento do amendoim no cultivo em sequeiro em Chókwe

73/74	II	184.24	129.50	0.94	0.98	94.88	0.96	86.48	0.93	77.84	0.90	68.92
	III	242.38	142.48	0.67	0.98	39.67	0.97	36.01	0.93	32.25	0.90	28.36
	IV	79.19	37.33	0.68	0.90	134.55	0.85	122.49	0.80	110.09	0.75	97.28
	Total	591.61	391.23	0.43	0.90	2.50	0.85	0.00	0.80	0.00	0.75	0.00
	I	76.97	76.97	1.00	0.99	2.50	0.85	0.00	0.80	0.00	0.75	0.00
74/75	II	150.96	86.04	0.91	0.90	2.50	0.85	0.00	0.80	0.00	0.75	0.00
	III	145.43	141.93	0.98	0.90	2.50	0.85	0.00	0.80	0.00	0.75	0.00
	IV	57.87	57.87	1.00	0.90	2.50	0.85	0.00	0.80	0.00	0.75	0.00
	Total	431.23	362.81	0.89	0.90	0.00	0.85	0.00	0.80	0.00	0.75	0.00
	I	72.47	55.07	0.95	0.90	0.00	0.85	0.00	0.80	0.00	0.75	0.00
75/76	II	122.68	106.96	0.97	0.93	48.55	0.88	36.82	0.82	22.74	0.77	11.01
	III	164.25	160.84	0.98	0.93	48.55	0.88	36.82	0.82	22.74	0.77	11.01
	IV	57.68	57.68	1.00	0.90	48.55	0.85	36.82	0.80	22.74	0.75	11.01
	Total	417.08	380.55	0.91	0.90	0.00	0.85	0.00	0.80	0.00	0.75	0.00
	I	71.90	68.17	0.99	0.90	0.00	0.85	0.00	0.80	0.00	0.75	0.00
79/80	II	140.12	124.19	0.88	0.90	48.55	0.85	36.82	0.80	22.74	0.75	11.01
	III	187.72	122.74	0.72	0.90	48.55	0.85	36.82	0.80	22.74	0.75	11.01
	IV	62.30	62.30	1.00	0.90	48.55	0.85	36.82	0.80	22.74	0.75	11.01
	Total	462.04	377.40	0.70	0.90	0.00	0.85	0.00	0.80	0.00	0.75	0.00
	I	64.47	64.47	1.00	0.90	0.00	0.85	0.00	0.80	0.00	0.75	0.00
80/81	II	111.32	111.32	1.00	0.96	21.74	0.93	14.51	0.90	7.06	0.87	12.36
	III	135.24	135.24	1.00	0.96	22.62	0.93	19.30	9.00	15.88	0.87	12.36
	IV	55.25	54.75	0.99	0.96	22.62	0.93	19.30	9.00	15.88	0.87	12.36
	Total	366.28	365.78	1.00	0.90	44.36	0.85	33.81	0.80	22.94	0.75	12.36
	I	68.97	68.97	1.00	0.90	44.36	0.85	33.81	0.80	22.94	0.75	12.36
81/82	II	120.23	106.54	0.98	0.96	21.74	0.93	14.51	0.90	7.06	0.87	12.36
	III	214.32	181.41	0.88	0.96	22.62	0.93	19.30	9.00	15.88	0.87	12.36
	IV	73.74	46.00	0.77	0.96	22.62	0.93	19.30	9.00	15.88	0.87	12.36
	Total	477.26	402.92	0.66	0.90	44.36	0.85	33.81	0.80	22.94	0.75	12.36
	I	70.42	55.61	0.96	0.90	44.36	0.85	33.81	0.80	22.94	0.75	12.36
82/83	II	143.50	75.24	0.90								

Trabalho de Licenciatura

Jamine; Elias. H

Quantificação do rendimento do amendoim no cultivo em sequeiro em Chókwe

83/84	III	243.49	97.21	0.52	1.02	152.56	0.99	143.80	0.96	135.79	0.93	125.49
	IV	101.09	61.27	0.76	1.02	43.29	0.99	38.45	0.96	33.46	0.93	28.31
	<b>Total</b>	<b>558.50</b>	<b>289.33</b>	<b>0.34</b>	<b>0.90</b>	<b>195.85</b>	<b>0.85</b>	<b>182.25</b>	<b>0.80</b>	<b>169.25</b>	<b>0.75</b>	<b>153.80</b>
	I	64.26	59.89	0.99								
	II	134.04	120.79	0.98								
84/85	III	196.69	174.15	0.91	0.96	13.48	0.94	6.81	0.91	18.26	0.85	12.25
	IV	62.09	34.32	0.73	0.96	23.96	0.94	21.15	0.91	18.26	0.75	12.25
	<b>Total</b>	<b>457.08</b>	<b>389.15</b>	<b>0.64</b>	<b>0.90</b>	<b>37.44</b>	<b>0.85</b>	<b>27.96</b>	<b>0.80</b>	<b>18.26</b>	<b>0.75</b>	<b>12.25</b>
	I	45.00	45.00	1.00								
	II	107.93	107.93	1.00								
85/86	III	202.76	178.45	0.90								
	IV	57.77	57.77	1.00								
	<b>Total</b>	<b>413.46</b>	<b>389.15</b>	<b>0.90</b>	<b>0.90</b>	<b>0.00</b>	<b>0.85</b>	<b>0.00</b>	<b>0.80</b>	<b>0.00</b>	<b>0.75</b>	<b>0.00</b>
	I	66.26	66.26	1.00								
	II	119.95	114.76	0.99								
86/87	III	198.19	109.66	0.64	0.95	77.00	0.93	70.35	0.90	63.49	0.87	56.42
	IV	83.97	25.68	0.58	0.95	51.78	0.90	48.02	0.90	44.15	0.87	40.15
	<b>Total</b>	<b>468.37</b>	<b>316.36</b>	<b>0.37</b>	<b>0.90</b>	<b>128.78</b>	<b>0.85</b>	<b>118.37</b>	<b>0.80</b>	<b>107.64</b>	<b>0.75</b>	<b>96.57</b>
	I	64.92	64.92	1.00								
	II	146.38	107.34	0.95								
87/88	III	197.41	85.32	0.55	0.97	105.51	0.95	98.74	0.92	91.77	0.89	84.58
	IV	66.74	29.30	0.66	0.97	34.47	0.90	31.42	0.92	28.28	0.89	25.04
	<b>Total</b>	<b>475.45</b>	<b>286.88</b>	<b>0.34</b>	<b>0.90</b>	<b>139.98</b>	<b>0.85</b>	<b>130.16</b>	<b>0.80</b>	<b>120.05</b>	<b>0.75</b>	<b>109.62</b>
	I	57.68	54.63	0.99								
	II	112.60	63.85	0.91								
89/90	III	133.58	110.76	0.86	1.00	22.74	0.97	18.03	0.94	13.19	0.91	8.20
	IV	81.99	19.01	0.54	1.00	62.81	0.97	58.97	0.94	55.01	0.91	50.33
	<b>Total</b>	<b>385.85</b>	<b>248.25</b>	<b>0.42</b>	<b>0.90</b>	<b>85.55</b>	<b>0.85</b>	<b>77.00</b>	<b>0.80</b>	<b>68.20</b>	<b>0.75</b>	<b>58.53</b>
	I	89.59	76.42	0.97								
	II	135.72	100.53	0.95								
III	159.89	136.62	0.88	0.98	19.27	0.92	7.28					

Trabalho de Licenciatura

Jamine; Elias. H

Quantificação do rendimento do amendoim no cultivo em sequeiro em Chókwe

90/91	IV	58.28	58.28	1.00	0.90	19.27	0.85	7.28	0.80	0.00	0.75	0.00
	Total	443.48	371.85	0.81								
	I	74.55	74.55	1.00								
	II	145.91	130.69	0.98	1.48	198.70	1.40	180.23	1.32	161.75	1.23	140.96
	III	184.79	96.96	0.62								
	IV	51.79	51.79	1.00	0.90	198.70	0.85	180.23	0.80	161.75	0.75	140.96
Total	457.04	353.99	0.61									
91/92	I	49.76	46.76	1.00								
	II	144.86	86.16	0.92								
	III	215.18	24.97	0.29	0.99	187.27	0.96	179.77	0.93	172.06	0.90	164.09
	IV	78.79	3.00	0.42	0.99	74.35	0.96	70.70	0.93	66.93	0.90	63.04
	Total	488.59	160.89	0.11	0.90	261.62	0.85	250.47	0.80	238.99	0.75	227.13
	Total	78.84	57.71	0.95								
92/93	II	117.19	109.48	0.99	0.96	38.55	0.90	26.39	0.85	16.30	0.80	6.21
	III	161.50	114.92	0.77								
	IV	61.85	61.85	1.00	0.90	38.55	0.85	26.39	0.80	16.30	0.75	6.21
	Total	419.38	343.96	0.72								
	I	71.57	71.57	1.00								
	II	140.30	125.81	0.98	0.96	111.45	0.93	104.43	0.90	97.23	0.87	89.79
93/94	III	207.57	85.30	0.53	0.96	53.31	0.93	49.41	0.90	45.40	0.87	41.26
	IV	86.57	27.25	0.59	0.90	164.76	0.85	153.84	0.80	142.63	0.75	131.05
	Total	506.01	309.93	0.31								
	I	43.72	43.72	1.00								
	II	122.71	108.23	0.98	0.96	171.25	0.93	162.76	0.90	154.02	0.87	145.00
	III	251.48	67.13	0.41	0.96	62.17	0.93	58.27	0.90	54.27	0.87	50.09
94/95	IV	86.87	18.66	0.53	0.90	233.42	0.50	221.03	0.80	208.29	0.75	195.09
	Total	504.78	237.74	0.21								
	I	42.73	41.62	0.99								
	II	71.82	71.82	1.00	0.95	27.73	0.93	22.04	0.90	16.17	0.87	10.12
	III	169.62	132.02	0.82	0.95	9.02	93.00	6.39	0.90	3.68	0.87	0.89
	IV	58.92	45.32	0.86								
95/96	Total											

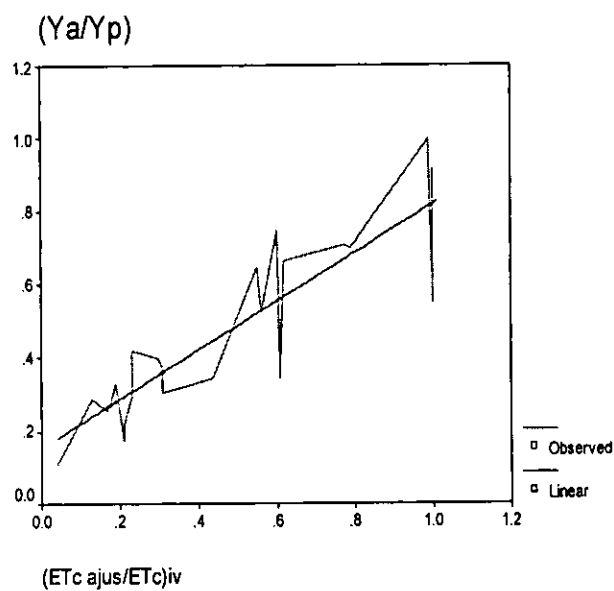
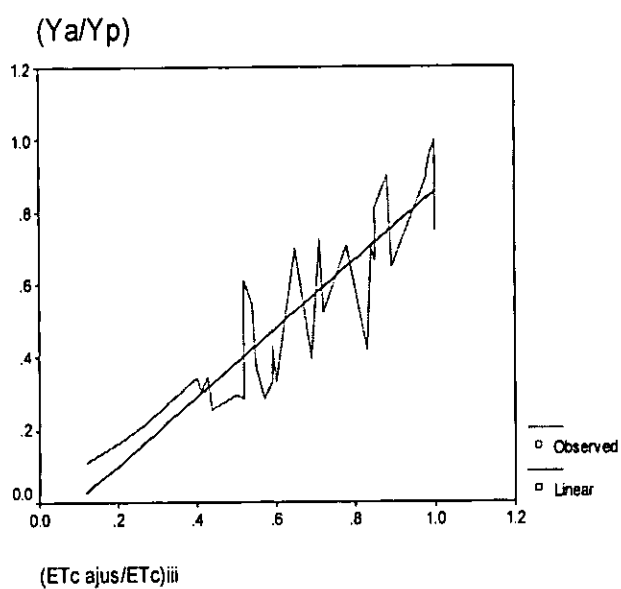
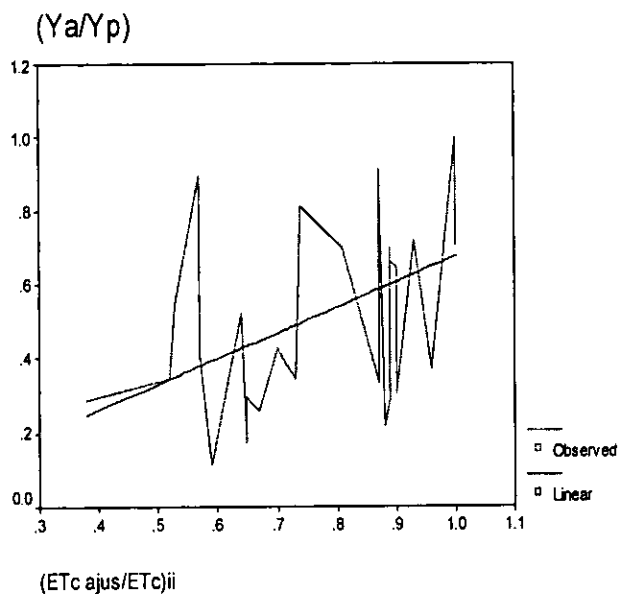
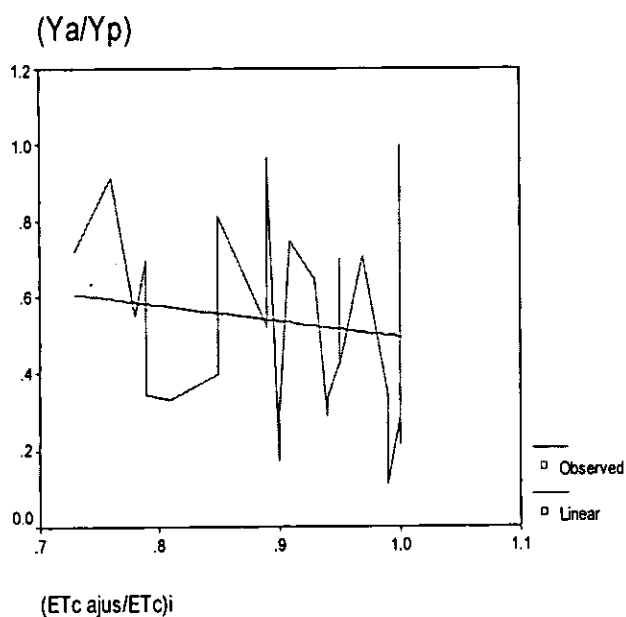
Trabalho de Licenciatura

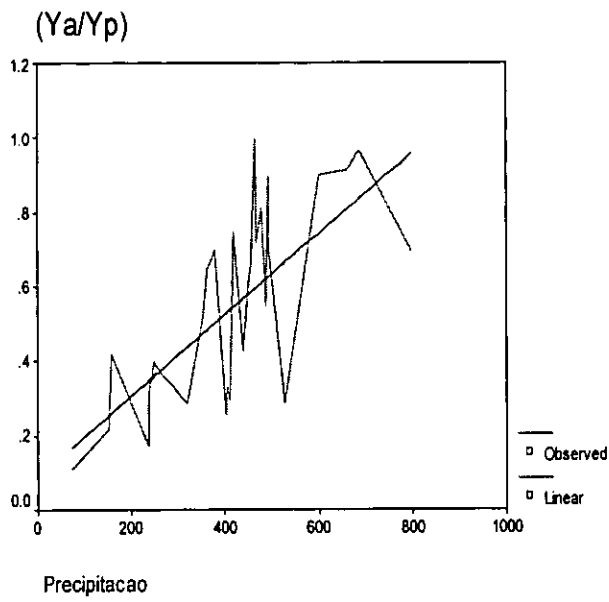
Jamime; Elias. H

Quantificação do rendimento do amendoim no cultivo em sequeiro em Chókwe

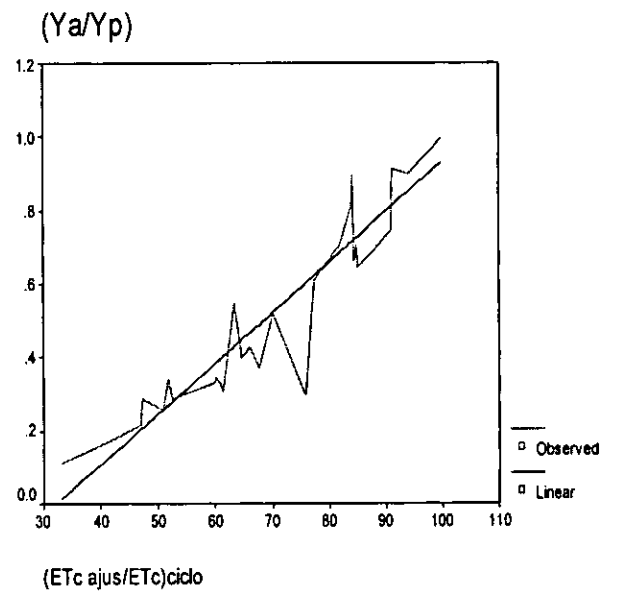
	Total	343.09	290.78	0.71	0.90	36.75	0.85	28.43	0.80	19.85	0.75	11.01
96/97	I	63.35	57.67	0.98								
	II	89.04	89.04	1.00								
	III	145.68	148.68	1.00								
	IV	69.12	41.64	0.76	0.92	18.26	0.87	12.50	0.82	6.74	0.77	0.98
	<b>Total</b>	<b>367.19</b>	<b>337.03</b>	<b>0.75</b>	<b>0.90</b>	<b>18.26</b>	<b>0.85</b>	<b>12.50</b>	<b>0.80</b>	<b>6.74</b>	<b>0.75</b>	<b>0.98</b>
98/99	I	59.94	53.42	0.98								
	II	98.84	98.84	1.00								
	III	199.12	196.90	0.99								
	IV	94.58	93.69	0.99								
	<b>Total</b>	<b>452.48</b>	<b>442.85</b>	<b>0.96</b>	<b>0.90</b>	<b>0.00</b>	<b>0.85</b>	<b>0.00</b>	<b>0.80</b>	<b>0.00</b>	<b>0.75</b>	<b>0.00</b>

### Anexo8: Gráficos de correlação linear

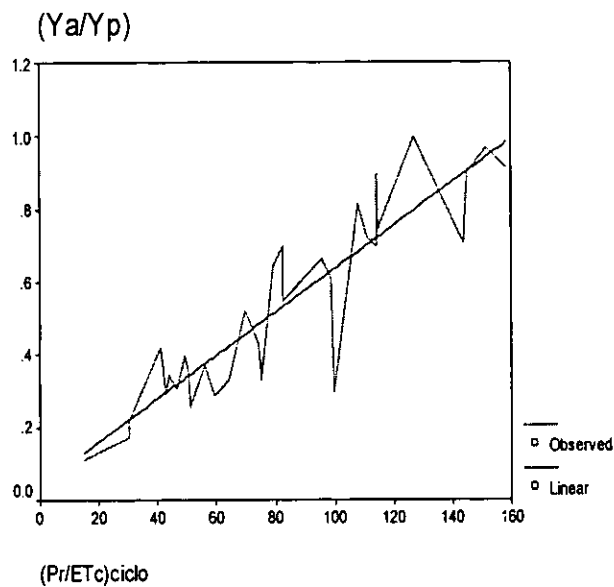




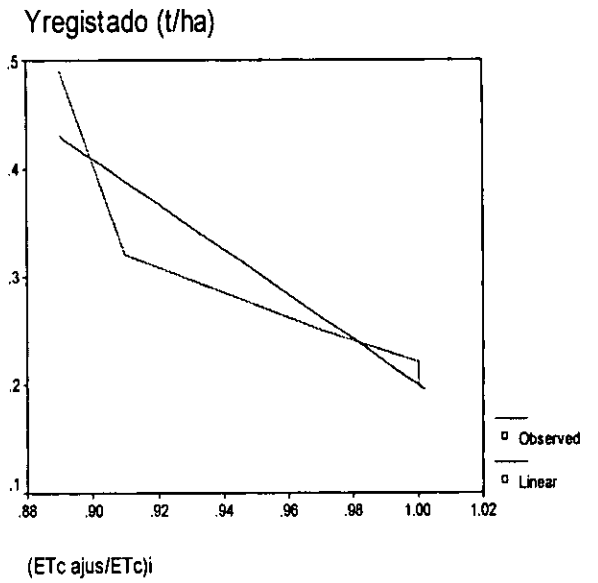
Rsq = .476



Rsq = .879



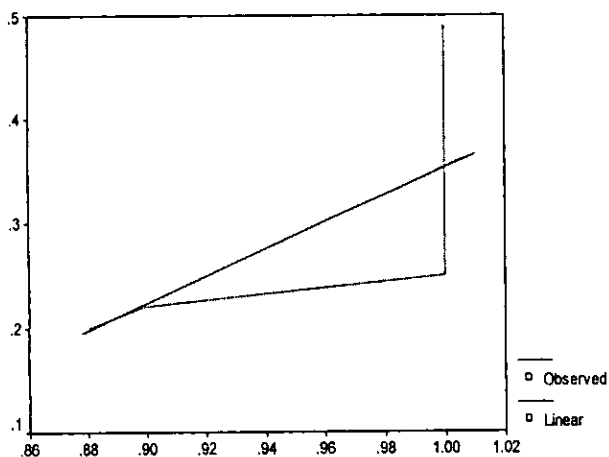
Rsq = .811



Rsq = .841



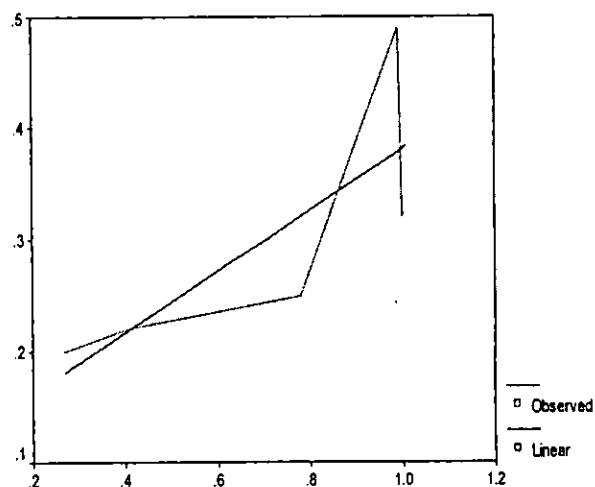
Yregistado (t/ha)



(ETc ajust/ETc)ii

$Rsq = .449$

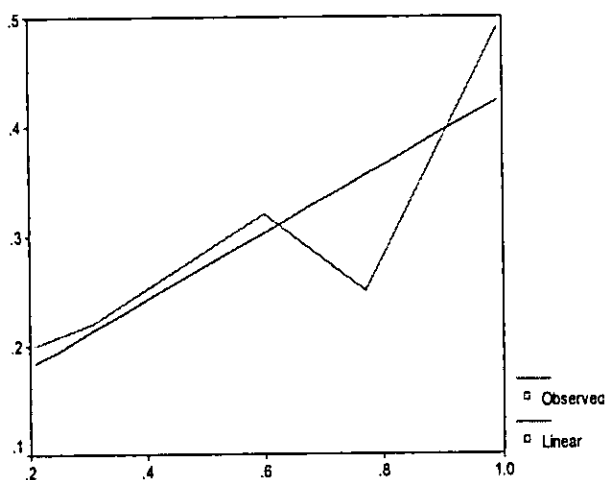
Yregistado (t/ha)



(ETc ajust/ETc)iii

$Rsq = .610$

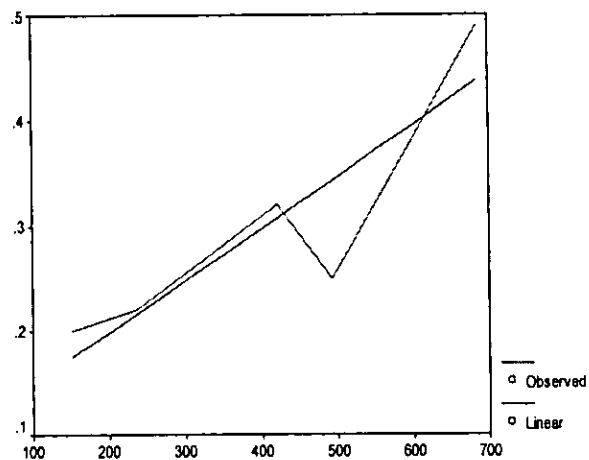
Yregistado (t/ha)



(ETc ajust/ETc)iv

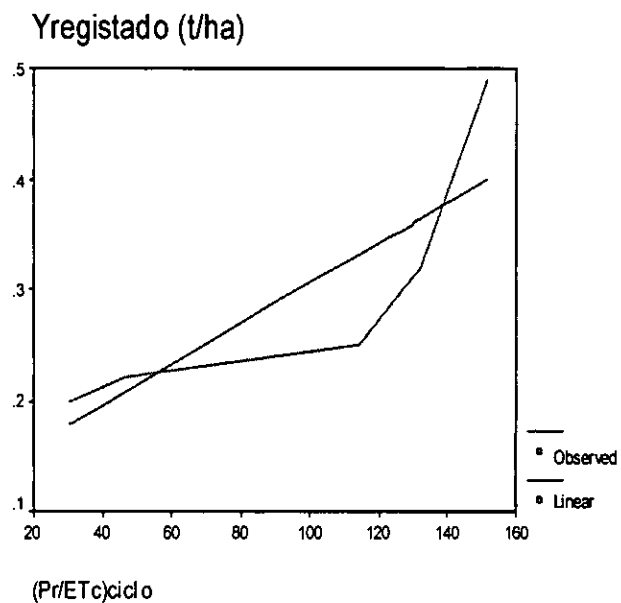
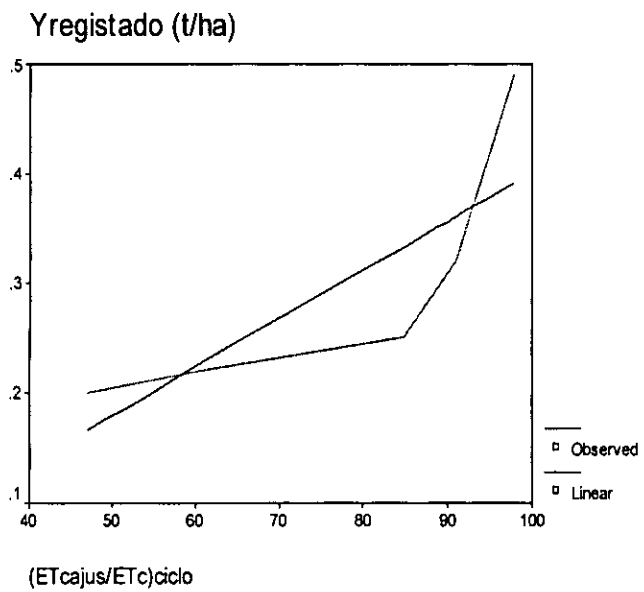
$Rsq = .707$

Yregistado (t/ha)



Precipitacao

$Rsq = .781$



## Anexo 9: Necessidades da água de rega para elevar o rendimento a 100% por fase e total por campanha

Ano	Rendimento relativo (Ya/Yp) em fases					Água complementar em fases (100%)				
	I Fase	II Fase	III Fase	IV Fase	Total	I Fase	II Fase	III Fase	IV Fase	Total
61/62	0.98	0.93	0.36	0.52	0.174	10.29	73.08	263.7	111.36	458.4
62/63	1	0.98	0.61	0.48	0.287	0	17.59	167.2	166.31	351.1
63/64	0.98	0.93	0.56	0.5	0.257	7.51	75.73	192.1	109.94	385.3
64/65	0.96	0.98	0.68	0.52	0.329	10.74	18.96	129.5	120.2	279.4
65/66	0.99	0.88	0.65	0.51	0.288	4.75	189.2	149	125.79	468.7
66/67	0.96	0.96	0.87	0.87	0.697	25.19	42.25	45.52	18.73	131.7
67/68	0.97	0.94	0.75	0.58	0.397	9.73	42.97	63.98	64.19	180.9
69/70	0.99	0.97	0.67	0.51	0.329	5.05	150.2	104.1	118.51	377.9
70/71	0.98	0.93	0.6	0.54	0.295	11.12	53.17	94.48	50.71	209.5
71/72	0.96	0.91	0.63	1	0.547	25.9	80.12	109.2	0	215.2
72/73	0.98	0.93	0.78	0.74	0.52	9.31	55.55	54.22	36.06	155.1
73/74	0.99	0.94	0.67	0.68	0.43	3.88	54.74	99.9	41.87	200.4
74/75	1	0.91	0.98	1	0.896	0	64.93	3.51	0	68.44
75/76	0.95	0.97	0.98	1	0.912	17.4	15.71	3.41	0	36.52
79/80	0.99	0.98	0.72	1	0.699	3.73	15.92	64.98	0	84.63
80/81	1	1	1	0.99	0.995	0	0	0	0.5	0.5
81/82	1	0.98	0.88	0.77	0.663	0	13.7	32.91	27.75	74.36
82/83	0.96	0.9	0.52	0.76	0.344	14.79	68.26	146.3	39.82	269.1
83/84	0.99	0.98	0.91	0.73	0.643	4.36	13.25	22.54	27.77	67.92
84/85	1	1	0.9	1	0.901	0	0	24.32	0	24.32
85/86	1	0.99	0.64	0.58	0.372	0	5.19	88.53	58.29	152
86/87	1	0.95	0.55	0.66	0.342	0	39.04	112.1	38.44	189.6
87/88	0.99	0.91	0.86	0.54	0.421	3.05	48.76	22.82	62.89	137.5
89/90	0.97	0.95	0.88	1	0.813	13.17	35.19	23.28	0	71.64
90/91	1	0.98	0.62	1	0.607	0	15.22	87.83	0	103.1
91/92	1	0.92	0.29	0.42	0.11	0	58.69	190.2	75.76	324.7
92/93	0.95	0.99	0.77	1	0.718	21.12	7.7	46.58	0	75.4
93/94	1	0.98	0.53	0.59	0.305	0	14.44	122.8	59.33	196.5
94/95	1	0.98	0.41	0.53	0.214	0	14.48	184.4	68.21	267
95/96	0.99	1	0.82	0.86	0.705	1.13	0	37.6	13.61	52.34
96/97	0.98	1	1	0.76	0.747	5.67	0	0	27.48	33.15
98/99	0.98	1	0.99	0.99	0.964	6.51	0	2.22	0.89	9.62
Media	0.9841	0.958	0.7213	0.7384	0.529	6.7	40.13	84.03	45.763	176.6