UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL

Departamento de Engenharia Rural

Secção de Uso de Terra e Água

PROJECTO FINAL

EFEITO "MULTIPLICATIVO" DE ÁGUA DE CHUVA PARA PRODUÇÃO DE MILHO EM REGIME DE SEQUEIRO-DISTRITO DE CHÒKWÉ

AUTOR: Celma Almerinda Niquice

SUPERVISOR: Prof. Doutor. Rui M. C. L. Brito

Maputo, Abril de 2006

RESUMO

Em Moçambique as chuvas são irregulares conduzindo, a ocorrência de baixos rendimentos agrícolas que influenciam negativamente na segurança alimentar. Pelo facto, surge a necessidade de determinar o potencial de captação das águas das chuvas com base no seu efeito "multiplicativo" para o melhoramento da produção de milho em regime de sequeiro no distrito de Chókwè.

Fez-se um balanço hídrico diário na zona radicular para a cultura de milho, onde permite-nos obter a evapotranspiração actual da cultura, que é uma componente importante para a estimação de rendimentos em condições de sequeiro. Os rendimentos relativos determinaram-se com base nas equações de Doorembos e Kassam (1994). Para caracterização do risco climático considerou-se o cálculo de probabilidade, baseado no número de anos observados e em seguida converteu-se para tempo de retorno.

A análise dos rendimentos em cultivo em sequeiro mostra-nos que os défices hídricos na fase III influenciam fortemente no rendimento da cultura do Milho, que esta directamente relacionado com a precipitação que ocorre durante o ciclo. Usando os factores de captação de água chuva os rendimentos obtidos são maiores em relação ao rendimento em cultivo normal de sequeiro. Verifica-se também, que em alguns casos o aumento do factor de captação não altera a probabilidade de obter tais rendimentos. Pode ser explicada pelo facto do aumento de factor de captação não ter sido suficiente aumentar os rendimentos ja alcançados com o factor anterior. O factor de captação 5, apresenta maior segurança na obtenção dos rendimentos.

Conclui-se que, a precipitação total da cultura tem pouca influência no rendimento total da cultura onde, nem sempre elevadas quantidades de precipitação influenciam para a obtenção de altos rendimentos. O importante, é que esta esteja bem distribuída ao longo do ciclo da cultura. Os rendimentos obtidos no cultivo em sequeiro são muito variáveis, são muito afectados pela distribuição da precipitação ao longo do ciclo da cultura e pela ocorrência do défice hídrico na fase de floração e formação de grãos que é a mais sensível.

O efeito multiplicativo de água de chuva é positivo, conduz a obtenção de melhores rendimentos em comparação ao cultivo normal em sequeiro. A segurança de obtenção de rendimentos (Ya/Yp$\geq$ 0.5, 0.65 e 0.8) se acentua quanto maior for o nível de rendimento que se deseja obter. Mas, com o uso dos factores de captação a medida que estes aumentam a segurança de obtenção de rendimentos (Ya/Yp$\geq$ 0.5, 0.65 e 0.8) diminui. De acordo com o estudo, verifica-se que com uso factor de captação 5 a cultura apresenta maior segurança.

Dedico o meu trabalho

Aos meus Pais Pedro Albino Nhaúme e Rabeca Feliz Alexandre Pinto

e

aos meus irmãos Clévio, Nelta e Albino para que lhes sirva de inspiração para prosseguir a sua vida acadêmica

AGRADECIMENTOS

Á DEUS, por tudo

Aos meus Pais pelo carinho, atenção e esforço dado na minha educação;

A minha família, pelo companheirismo;

Ao Departamento de Engenharia Rural em especial;

Ao meu Supervisor Professor Doutor Rui Brito pelo ensinamentos e atenção prestado na elaboração deste trabalho;

Aos Engenheiros, Sebastião Famba, Paiva Munguambe e Mário Chilundo pelas sugestões;

Ao Departamento de Produção e Vegetal, na pessoa do Engenheiro Benedito Nuvunga;

Aos meus colegas de curso de Engenharia Agronómica e amigos Augusto Novo, Alcides Nhamatate, Cláudio Julaia, Edson de Almeida, Feliciano Chamo, Francisco Saimone, Lara Domingos, Manuel Bacicolo, Maria Camba e Nádia Ibraimo pelos momentos difícies que ajudaram-me a superar durante a longa caminhada do curso;

As colegas de residência e amigas Lara Domingos, Maria Rosa Xavier, Délcia Xavier, Maria Manaca, Nélia Pedro, Nélia Domingos, Harriet Harry, Inés António, Arlete Daniel e Cristina da Silva, pelo companheirismo e bom convívio;

Ao meu namorado César Armando Cunguara, pelo apoio e paciência;

Á todos que contribuíram para a minha formação e por tudo que sou hoje;

MUITO OBRIGADA

ÍNDICE **Páginas**

RESUMO i
AGRADECIMENTOS iii
LISTA DE FIGURAS iv
LISTA DE TABELAS v
SÍMBOLOS vii
1. INTRODUÇÃO 1
1.1. Generalidades 1
1.2. Problema de estudo e Justificação 2
1.3. Objectivos 3
1.4 Descrição da área de estudo 3
1.5 Principais Sistemas Agrícolas 5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 7
2.1 Considerações Gerais 7
2.2 Disponibilidade de água no solo 7
2.3. Evapotranspiração 9
2.4 Relação Uso de Água e Rendimento 11
2.5. Descrição da Cultura 12
2.6 Efeito "multiplicativo" de água de chuva 15
3. MATERIAIS E MÉTODOS 21
3.1 Considerações Gerais 21
3.2 Modelo de Balanço hídrico na zona radicular 21
3.3 Cálculo dos rendimentos relativos (Ya/Yp) 27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 29
4.1. Rendimentos relativos (Ya/Yp) em condições normais de sequeiro 29
4.2. Rendimentos relativos (Ya/Yp) usando factores de captação de água de chuva (Ac/Ap) 34
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 38
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 39
Anexos 41

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
2.1	Relação da evapotranspiração e quantidade de água disponível no solo	10
2.2	Representação de uma Microbacia	17
4.1	Rendimentos relativos totais da cultura de milho obtidos por défices hídricos uniformes e especificos nas condições normais de sequeiro do ano 1961 a 1998.	29
4.2	Rendimentos totais obtidos por défice hídricos das fases e rendimentos das fases I, II, III e IV da cultura durante os anos 1961 a 1998.	30
4.3	Efeito do defice hídrico da fase III sobre o rendimento global	31
4.4	Precipitação total ao longo do ciclo da cultura, probabilidades de ocorrência da precipitação e rendimentos relativos dos anos de 1961 a 1998	32
4.5	Valores médios de quantidade de precipitação (Pe/Pt) usada pelas plantas a medida que se aumenta os factores de captação.	34
4.6	Influência da razão (ETa/ETp) sobre o rendimento relativo.	35

LISTA DE TABELAS

Tabela	Título	Pág
2.1	Dados Gerais da cultura de Milho	13
2.2	Condição de humidade do solo antecedente ao dia em questão de acordo com a precipitação que ocorre cinco dias anteriores.	19
4.1	Valores de correlação entre os rendimentos relativos(Ya/Yp) e a precipitação total (Pt) ao longo do ciclo da cultura e das fases de desenvolvimento da cultura.	33
4.2	Rendimentos médios obtidos dos anos 1961 a 1998 para os factores de captação de água de chuva de 1 a 5.	35
4.3	Razões (ETa/ETp) médios obtidos dos anos 1961 a 1998 quando usado factores de captação de 1 a 5.	36
4.4	Valores de correlações entre o rendimento relativo (Ya/Yp) médios e a precipitação total (Pt) que ocorre nos factores de captação de 1.5 a 5.	36
4.5	Probabilidades para obtenção de rendimentos superiores a 0.5, 0.65 e 0.8 nos factores de captação de 1 a 5.	37
4.6	Anos em que é possível obter pelo menos uma vez rendimentos superiores a 0.5, 0.65 e 0.8 nos factores captação de 1 a 5.	37

LISTA DE ANEXOS

Anexo	Título	Pág
1	Modelo de balanço hídrico diário na zona radicular para cálculo de ETa	42
2	Sumário dos resultados do estudo	45
3	Valores de CN para diferentes tipos de solo, condição de humidade e cobertura vegetal.	48
4	Correlações de rendimento relativos e défices hídricos nas fases I, II e IV.	51
5	Correlações de rendimento relativos e Precipitação total ao longo do ciclo da cultura e nas fases I, II, III e IV.	52
6	Correlações de rendimento relativos e Precipitação total ao longo do ciclo da cultura nos factores de captação de 1.5 a 5.	55

SÍMBOLOS

Ac	Área de captação
Ap	Área de produção
ETa	Evapotranspiração actual
ETp	Evapotranspiração potencial
1-ETa/ETp	Défice hídrico
ETo	Evapotranspiração de referência
P_{mult}	Precipitação Multiplicada
Pe	Precipitação efectiva
Pt	Precipitação efectiva
Dp	Percolação profunda
AD	Água Total disponível
AFD	Água facilmente disponível
Kc	Coeficiente da Cultura
Ky	Coeficiente de resposta ao défice hídrico
Ya	Rendimento actual
Yp	Rendimento potencial
Ya/Yp	Rendimento relativo
ECe	Condutividade eléctrica do solo quando a cultura primeiro reduz o seu rendimento potencial
B	Redução do rendimento com o aumento da salinidade

1. INTRODUÇÃO

1.1. Generalidades

Cerca de 80% da população Moçambicana pratica a agricultura ainda, que contribua com apenas cerca de 25-30% para o volume do Produto Interno Bruto (PIB), cerca de 70% das receitas de exportação agregadas derivam de produtos agrícolas e de recursos naturais renováveis (PNUD, 1998).

Para pelo menos metade da população rural a actividade agrícola representa a principal fonte de recursos necessários para assegurar a alimentação saúde e educação, e por isso a agricultura é principal via de contribuição dos membros dos agregados familiares no desenvolvimento económico e social do País (PNUD, 1998).

A agricultura em Moçambique é mais praticada em regime de sequeiro onde, abrange a maior parte dos pequenos agricultores basicamente o sector familiar. Na agricultura de sequeiro, o crescimento total das culturas depende da precipitação que ocorre durante o ciclo da cultura (Cumba, 2001). Nestas condições a precipitação é a principal fonte de água para as culturas e pode influenciar no rendimento.

O rendimento da cultura é afectado em grande medida pela quantidade de água durante o seu ciclo necessitando de suprimento adequado das suas necessidades em condições de défice. Quando esse suprimento não satisfaz as suas necessidades hídricas desenvolve-se um défice pelo qual afectará o crescimento das culturas e finalmente o seu rendimento (Doorembos e Kassam, 1994).

O efeito "multiplicativo" de água de chuva corresponde ao aumento da água na parte cultivada (área da planta). Esse aumento é feito pelo uso do escoamento de água de uma parte não cultivada (área de captação) que é encaminhada para a parte cultivada, dando mais água a planta do que a recebida directamente pela chuva (Hudson *et al.*, 1987).

O presente trabalho visa contribuir para a segurança alimentar na região pela determinação do potencial de captação das águas das chuvas com base no seu efeito "multiplicativo" para produção do milho em regime de Sequeiro.

1.2. Problema de estudo e Justificação

O Milho (*Zea mays* L.) é o principal cereal cultivado em Moçambique, pelo sector familiar em regime de sequeiro. A produção é feita por produtores independentes que usam tecnologias de produção simples (tecnologias intensivas em mão-de-obra sem economias de escala significativas) com nenhum ou pouco uso de insumos químicos mas, dependem dessa produção para viver (Benfica *et al.*, 2002).

A cultura é amplamente produzida por famílias rurais e consumido em zonas rurais e urbanas. A sua importância também é caracterizada pelas suas diversas formas de utilização, onde é usado para o consumo e uma pequena parte para balancear a ração animal (Sabão, 2003).

O problema que se apresenta é o baixo rendimento da cultura de milho devido ao défice de precipitação, visto que, a que ocorre é muitas vezes insuficiente para o crescimento das culturas. Em sequeiro o rendimento médio ronda os 200-300 Kg/ha dependendo da água de chuva que ocorre durante a época de crescimento (FAEF, 2001).

O clima da região sul apresenta na generalidade, limitação para o desenvolvimento das culturas produzidas em regime de sequeiro. A região é árida, onde, a evapotranspiração e a precipitação média anual ronda os 1500 mm e 620 mm, respectivamente. Conduzindo a uma visão explícita da ocorrência de um défice hídrico (FAEF, 2001).

Para além disto, as chuvas estão mal distribuídas, são desiguais no decurso do ano (alternância estação seca e a chuvosa) e a sua variabilidade interanual é muito grande (Dos Muchangos, 2001). O regime pluviométrico da região permite apenas um período de crescimento com duração estimada em cerca de 90 dias apresentando um elevado risco de perda de colheitas para culturas em regime de sequeiro.

Devido aos factos acima apresentados a maior parte da população não consegue produzir alimentos suficientes para se auto-sustentar, influenciando negativamente na segurança alimentar da população, que é vital para o desenvolvimento do sector agrário em particular do produtor familiar. Pelo facto surge a necessidade de se determinar o potencial de captação das águas das

chuvas com base no seu efeito "multiplicativo" a disponível na região de modo a contribuir para a melhoria do rendimento da cultura em regime de sequeiro.

1.3. Objectivos

Este trabalho tem como objectivo Geral:

- Determinar o potencial de captação das águas das chuvas com base no seu efeito "multiplicativo" para o melhoramento da produção de milho em regime de sequeiro no distrito de Chókwè.

Tem como objectivos específicos:

- Determinar o rendimento do milho com base na agricultura de sequeiro;
- Determinar o rendimento do milho com base na captação de água de chuva.

1.4 Descrição da área de estudo

1.4.1 Localização

A região de estudo localiza-se no distrito de Chókwè na Província de Gaza na zona sul de Moçambique. O distrito está a margem direita do rio limpopo na direcção Norte-Sul da Província de Gaza a uma distância de cerca de 100 Km da sua foz, cobrindo uma extensão de 1595 Km^2.

O Distrito è limitado pelos Rio Limpopo e Mazimechopes e pelos distritos de Bilene, Chibuto, Guijá, Mabalane e Massingir na Província de Gaza e pelo Distrito de Magude na Província de Maputo (FAEF, 2001).O distrito tem uma altitude média de 16 a 100 m, sendo de morfologia quase plana (Jimenez *et al.*, 1991).

1.4.2 Solos

Todos os solos formaram-se de sedimentos fluviais relativamente recentes depositados pelo rio Limpopo (Dijkshoom, 1990). Em parte do distrito os solos são frequentemente salinos e sódicos por causa do regime marinho de sedimentação (Jimenez *et al.,* 1991). Os depósitos marinhos consistem de textura franco-argilosa-arenosa com alto teor de areia grosseira.

Segundo o FAEF (2001), no distrito predominam diferentes tipos de solo onde a geomorfologia de área influencia a distribuição e podem ser agrupados da seguinte maneira:

- Os solos das dunas interiores com uma fertilidade natural e uma capacidade de retenção de águas baixas, não são salinos nem sódicos. Consistem de solos profundos e arenosos (quaternário) excessivamente drenados, o lençol freático está geralmente a profundidade superior a 10 m, são ligeiramente ondulados de várias cores desde solos amarelados esbranquiçados a alaranjados.

- Os solos de sedimento marinho pleistocénico consistem de uma camada superior de areia fina ou areia-franca, não calcária de espessura variável sobrepondo-se a um subsolo de textura franco-arenosa.

- Solos de sedimento marinho do Pleistoceno nas depressões ou planícies são os solos das baixas planas ou quase planas, com declives geralmente inferiores a 0.5% e a um nível de 1- 2 m abaixo do nível dos terraços marinhos. Estas depressões são geralmente imperfeitamente mal drenadas e podem ser inundadas por várias semanas, possivelmente meses, durante e após fortes chuvadas, devido ao seu relevo quase plano e de baixa permeabilidade dos solos argilosos.

- Os solos de sedimentos fluviais são geralmente de elevada fertilidade natural ocupam uma zona entre os meandros do rio limpopo. São solos de textura variável, são profundos e estratificados.

1.4.3 Clima

O clima do distrito de Chókwè é do tipo sémi-árido a seco[1] caracterizado por variações pluviométricas ao longo dos anos e entre os anos. A evapotranspiração média anual situa-se nos 1500 mm e a precipitação anual média ronda os 620 mm repartidos em média por 60 dias de chuva (FAEF, 2001).

Existem dois períodos de queda pluviométrica distintos, a estação das chuvas ou húmida de Outubro a Abril, coinscidindo com época quente em que a queda pluviométrica é de 88% do total

[1] Determinado pelo Índice de Traseau

caída no ano (período quente e chuvoso) e a estação seca de Maio a Setembro com 12% (período fresco e seco). O período de transição da época seca para chuvosa e da época chuvosa para a seca conscide com os meses de Outubro e Abril, respectivamente (FAEF, 2001).

Tem uma característica marcante de clima que é a elevada concentração das chuvas e quando se associa ao número reduzido de dias de chuva releva a ocorrência de grandes chuvadas que estão na base de graves problemas de erosão e largos períodos de encharcamento prolongado do solo (FAEF, 2001).

Na região a temperatura média anual varia dos 22ºC no litoral até aos 25ºC no interior onde os valores médios das temperaturas máximas e mínimas diárias nos meses mais quentes (Janeiro) e mais frio (Junho) variando do litoral para o interior, de 30ºC a 35ºC e de 9ºC a 12ºC, respectivamente (FAEF, 2001).

O ano térmico apresenta dois períodos distintos: um período quente de temperaturas elevadas, dos meses de Outubro a Março e outro relativamente fresco, de Maio a Agosto. Sendo os meses de Abril e de Setembro de transição, do período quente para o fresco e do fresco para o quente, respectivamente. Os meses mais quentes são os de Dezembro, Janeiro e Fevereiro e os mais frios são Junho e Julho sem, contudo registrarem-se geadas (FAEF, 2001).

A Humidade relativa do ar é sempre superior a 70%, atingindo valores mais altos de Maio a Agosto. Os valores de insolação são relativamente constantes durante todo o ano e o vento tende a soprar mais forte nos meses de Setembro a Dezembro (FAEF, 2001).

1.5 Principais Sistemas Agrícolas

Segundo FAEF (2001) no distrito de Chókwè existem dois principais sistemas agrícolas que são sistema em sequeiro e de regadio. Estes são classificados em função a disponibilidade de água para rega e o comportamento físico/químico do solo.

1.5.1 Sistema de Regadio

Neste, o sistema de exploração de terra é variável com base no tamanho da exploração onde pode-se distinguir o sistema de exploração de pequenos, médios e grandes agricultores. Os pequenos agricultores trabalham em áreas de 1-4 ha, médios agricultores que trabalham em áreas de 4-20 ha e grandes agricultores que trabalham em áreas superiores a 20 ha. Ainda, dentro do regadio pode-se classificar os agricultores a partir da seguinte maneira: o acesso a terra, a água, aos meios de produção, a capacidade de mobilização da força de trabalho, utilização dos fertilizantes e pesticidas, o acesso ao crédito. Estes agricultores têm na sua maioria a sua actividade orientada para fins comerciais (FAEF, 2001).

1.5.2 Sistema em Sequeiro

Normalmente este sistema tem a sua actividade orientada para subsistência, a mão-de-obra usada para a produção é familiar. O sistema de produção caracteriza-se pela consociação de culturas com ênfase no milho, amendoim e a mandioca para época quente e milho, feijão-nhemba ou feijão manteiga e a mandioca para época fresca (FAEF, 2001).

São feitos longos pousios, os solos usados são variados, os mais procurados são os férteis situados nas zonas de relevo depressionário já que mantém a humidade e proporcionam as melhores colheitas (FAEF, 2001).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Considerações Gerais

A água constitui um dos maiores constrangimentos para a produção agrícola principalmente em regime de sequeiro. Para um crescimento bem sucedido, cada cultura deve atingir um equilíbrio entre a exigência do clima e a quantidade de água extraída do solo. O problema é que a exigência evaporativa da atmosfera é praticamente contínua enquanto o fornecimento de água pela precipitação natural é esporádico, assim é necessário entender as relações entre as exigências de água pela planta e as condições de clima para reverter esta situação.

2.2 Disponibilidade de água no solo

Allen *et al.,* (1976) refere a disponibilidade de água no solo como a capacidade de um solo reter água para as plantas. Depois de fortes chuvas o solo drena a água até que a capacidade de campo seja reposta e na ausência de suprimento, a quantidade armazenada na zona radicular decresce como resultado do uso da cultura.

Com o progresso de uso de água pela cultura, a remanescente fica confinada entre as partículas do solo com acção de grandes forças, tornando mais difícil à extracção da água do solo pela planta (Allen *et al*., 1976).

Água Total Disponível no Solo (AD)

A água total disponível do solo é definida como a lâmina dada pela diferença entre os teores de água no solo na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente. É expressa em mm/m de profundidade do solo (Doorembos e Kassam, 1994).

$$AD = \frac{(\theta_{cc} - \theta_{pep})}{100} \qquad (2.1)$$

Onde:

AD- é a água total disponível na zona radicular em [mm/m]

θ_{CC} - Humidade a capacidade de campo [% de volume]

θ_{PEP} - Humidade no ponto de emurchecimento permanente [% de volume]

Na zona radicular a água disponível (AD_r) expressa em [mm], é definida como sendo a quantidade de água que a cultura pode extrair da zona radicular e a sua magnitude depende do tipo de solo e da profundidade radicular.

$$AD_r = \frac{\left(\theta_{cc} - \theta_{pep}\right)}{100} * Dr \qquad (2.2)$$

Onde:

AD_r- é a água total disponível na zona radicular em [mm]

θ_{CC} - Humidade a capacidade de campo [% de volume de raiz]

θ_{PEP} - Humidade no ponto de emurchecimento permanente [% de volume de raiz]

Dr- profundidade radicular em [m]

Água Facilmente Disponível (AFD)

Embora a quantidade de água esteja teoricamente disponível para a planta até o ponto de murcha, o consumo pela cultura é reduzida antes de se chegar ao ponto de murcha. Em locais onde o solo é completamente húmido o suprimento de água é rápido para satisfazer as demandas atmosféricas da cultura até que o consumo iguale a evapotranspiração potencial (ETP). Como a quantidade de água no solo decresce fica assim mais difícil de extrair (Allen *et al.*,, 1978).

Segundo Allen *et al,* (1978) quando o conteúdo de água no solo passa o valor de limite "treshold", a água não poderá ser transportada rapidamente através das raízes para responder as demandas de transpiração e a cultura começa a entrar em stress. A fracção de água disponível que a cultura pode extrair da zona radicular sem sofrer o stress hídrico é a realmente disponível no solo:

$$AFD = AD_r * p \qquad (2.3)$$

Onde:

-AFD corresponde a àgua facilmente disponìvel [mm]

- p corresponde a fracção de água disponível [adimensional]

-AD_r corresponde a água disponível na zona radicular em [mm]

2.3. Evapotranspiração

A evapotranspiração é a soma da água perdida a partir do solo descoberto através da evaporação (E) e pela planta através da transpiração (T) (FAEF, 2005). É afectada por factores de clima como radiação solar, temperatura do ar, humidade relativa do ar e velocidade do vento; de cultura como o tipo de cultura, variedade e estágio de desenvolvimento e gestão de condições ambientais que são os factores como salinidade de solo, fertilidade de solo, presença de horizonte de solos duros e impenetráveis, a falta de controle de doenças e pestes pode limitar e reduzir a evapotranspiração (Allen *et al.*, 1998).

2.3.1 Evapotranspiração de Referência (ETo)

Segundo Allen *et al.* (1998) a evapotranspiração de referência é definida como taxa de evaporação de uma superfície extensa de relva verde de altura uniforme 8 a 15 cm, crescendo activamente sem deficiência de água cobrindo completamente a superfície do solo.

A evapotranspiração de referência dá-nos portanto, o efeito das condições climáticas no uso da água das culturas. Pode ser calculada directamente a partir de lisímetros ou indirectamente através do cálculo usando fórmulas empíricas (FAEF, 2005).

2.3.2 Evapotranspiração Potencial (ETP)

A evapotranspiração potencial refere-se a perda máxima de água pela cultura nas condições em que esta, é suficiente para o crescimento e desenvolvimento sem restrição. Representa a taxa de evapotranspiração máxima da cultura sadia que cresce em grandes áreas sob condições óptimas de maneio agronómico e de irrigação (Doorembos e Kassam, 1994). Varia em função do estágio de crescimento, da cobertura do terreno (área foliar), do desenvolvimento radicular e da actividade das folhas (FAEF, 2005).

Para relacionar a evapotranspiração de referência (ETo) com a evapotranspiração potencial da cultura (ETp) quando o suprimento de água satisfaz plenamente as necessidades hídricas da cultura pode-se usar o coeficiente de cultivo (Kc) (Doorembos e Kassam, 1994).

Para determinado clima, cultura e estágio de desenvolvimento, a evapotranspiração potencial (ETP), em mm/dia é:

$$ETp = Kc * ET_0 \qquad (2.4)$$

Onde: Kc: refere-se ao coeficiente de cultivo [adimensional]

ETo: evapotranspiração de referência [mm/dia]

ETp: evapotranspiração potencial [mm/dia]

2.3.3 Evapotranspiração Actual (ETa)

Para determinar a evapotranspiração actual da cultura é necessário considerar o nível de água disponível no solo. A ETa é inferior a ETp quando a água disponível no solo for limitada e é igual a ETp quando não for limitada, depois de uma irrigação ou chuva intensa.

A ETp será mantida até que a água facilmente disponível no solo se tenha esgotado. Acima deste nível de esgotamento a ETa torna-se cada vez menor até a próxima chuva intensa. Esta dependerá do remanescente (1-p)*AD da água disponível no solo e da ETp como esta representado na Figura 2.1 (Doorembos e Kassam, 1994).

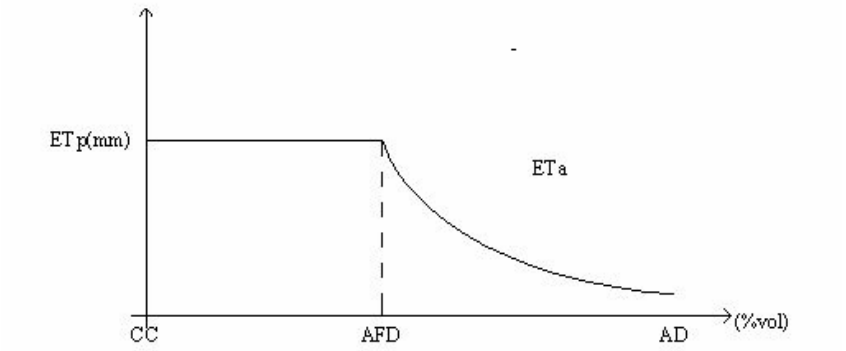

Figura 2.1: Relação da evapotranspiração e quantidade de água disponível no solo

De acordo com Doorembos e Kassam (1994) para um determinado clima, cultura e estágio de desenvolvimento, a evapotranspiração actual em mm/dia num período considerado é dada pela seguinte equação:

$$ETa(t) = \begin{cases} ETp * e^{\left[-\frac{ETp*t}{(1-p)*AD_r}+\frac{p}{1-p}\right]} & \text{para } t > t^* \\ ETp & \text{para } t \le t^* \end{cases} \qquad (2.5)$$

Onde:

ETa – evapotranspiração actual [mm/dia];

AD_r - água disponível na zona radicular em [mm];

ETp- evapotranspiração potencial [mm/dia];

p - fracção de água disponível no solo;

t_d - representa o número de dias em que a planta transpira após o humedecimento do solo a capacidade de campo [dias];

t*- tempo crítico [dias].

O tempo crítico corresponde ao tempo necessário para que a água facilmente disponível se esgote, onde a planta começa a sofrer o stress hídrico e é dada por:

$$t^* = \frac{AFD}{ETp} \qquad (2.6)$$

2.4 Relação Uso de Água e Rendimento

A relação entre o rendimento da cultura e o suprimento de água pode ser determinada quantificando por um lado às necessidades hídricas da cultura e os efeitos de défice hídricos e por outro os rendimentos máximo e real da cultura. O défice hídrico nas culturas e o consequente stress hídrico na planta tem certos efeitos no rendimento da cultura (Doorembos e Kassam, 1994).

O défice hídrico na planta pode ser quantificado mediante as taxas de evapotranspiração real ou actual (ETa) e evapotranspiração máxima ou potencial (ETp) (Doorembos e Kassam, 1994).

Quando as necessidades hídricas da cultura não são satisfeitas plenamente o défice hídrico da planta pode desenvolver-se até um ponto em que o crescimento e o rendimento são afectados. A forma como o défice hídrico afecta o rendimento da cultura varia de acordo com a espécie e estágio fenológico (Doorembos e Kassam, 1994).

Para se quantificar o efeito do stress hídrico na planta é necessário inferir a relação da queda de rendimento relativo e o défice de evapotranspiração relativa dada pelo coeficiente de sensibilidade da cultura á deficiência de água (Ky) proposta por Doorembos e Kassam (1994).

$$\left[1-\left(\frac{Ya}{Yp}\right)\right] = Ky * \left[1-\left(\frac{ETa}{ETp}\right)\right] \qquad (2.7)$$

Onde:

Ya é o rendimento actual da cultura [ton/ha];

Y_p é o rendimento máximo possível da cultura [ton/ha];

Ky - coeficiente de sensibilidade da cultura á deficiência de água [adimensional];

ETp - evapotranspiração máxima durante a fase em consideração [mm],

ET_a - evapotranspiração actual durante a fase em consideração [mm].

2.5. Descrição da Cultura

2.5.1 Adaptação Edafo-Climática da Cultura

A cultura do milho (*Zea mays* L.) pertence a família Graminae, é um cereal importante para o consumo humano e animal. Produz-se em climas que variam desde zonas temperadas a tropicais, durante o período em que as temperaturas são superiores a 15ºC (Cumba, 2001).

A cultura é muito sensível a geada, particularmente no estágio de plântula, é uma planta neutra ou de dias curtos onde o seu crescimento é seriamente afectado pela radiação. Os métodos de cultivo e o espaçamento variam sendo os fertilizantes e a água factores mais decisivos na escolha de densidade óptima em relação à interceptação à luz e aos rendimentos máximos (Doorembos e Kassam, 1994).

É uma cultura tolerante a condição quente e seca desde que se disponha de água suficiente para as plantas. Os solos argilosos pesados e os muito arenosos dificultam o desenvolvimento da cultura de milho porém, desenvolve-se bem em solos arejados e bem drenados (Cumba, 2001). É susceptível ao encharcamento e moderadamente sensível a salinidade e pode ser produzida de forma contínua enquanto for mantida a fertilidade do solo (Doorembos e Kassam, 1994).

Tabela 2.1 Dados Gerais da cultura de Milho

Perìodo de Crescimento	Duração (dias)	Kc	Ky	Dr (m)	p	Tolerância à salinidade ECe(dS/m)
Inicial (I)	15	0.3	0.4	0.2	0.5	
Vegetativo (2)	30	-	0.4	-	-	
Floração e formacao de grãos (3)	35	1.2	1.3	1-1.7	0.5	
Maturação(4)	20	0.5	0.5	1-1.7	0.8	
Ciclo Total	100		1.25			1.8

Fonte: factor de resposta de cultura ao suprimento de agua -Ky (FAO 33, 1994); coeficiente de cultura-Kc, factor de deplecção-p (programa cropwat), Tolerância a salinidade -(ECe) e Profundidade radicular-Dr (FAO 56, 1998)

2.5.2 Necessidades de Água da Cultura

O milho usa eficientemente a água e entre os cereais é potencialmente a cultura de maior rendimento em grãos (Doorembos e Kassam, 1994). O uso de água pela cultura é em função das características físico-hídricas do solo e da demanda de água pela atmosfera. Portanto, a interacção clima e solo tem um papel primordial no processo produtivo da cultura. Enquanto o conteúdo de água não atinge um teor crítico que para a cultura de milho, está em torno de 30% da água extraível, o que governa o consumo de água pela cultura são as condições climáticas. A partir

desse limite crítico, o que define o consumo são as condições fisico-hídricas do solo (Sans &. Santana, 2000).

A cultura de milho para ter uma produção máxima no cultivo de grãos com período médio de amadurecimento necessita de 500-800 mm de água dependendo do clima ao longo do ciclo (Doorembos e Kassam, 1994). Para que produza sem necessidade de irrigação exige um mínimo de 300-500 mm (Sans e Santana, 2000).

2.5.3 Efeito da Água no Rendimento da Cultura

O défice hídrico no milho tem um grande efeito no rendimento dos grãos (Doorembos e Kassam, 1994). Segundo Ferreira (2004) a consequência primária do défice hídrico no rendimento dos grãos ocorre devido à redução na expansão foliar, redução do aproveitamento de nutrientes do solo e na redução da área fotossintética das plantas. O efeito do défice depende do período de crescimento assim, o milho parece ser relativamente tolerante aos défices hídricos durante os períodos vegetativo e de maturação. A maior diminuição nos rendimentos provocada pelos défices hídricos ocorre durante o período de floração.

Doorembos e Kassam (1994) indicam que o défice hídrico severo durante o período de floração, particularmente na época de formação da espiga pode resultar num rendimento baixo ou nulo de grãos devido a secagem dos estigmas. Durante o período de formação da colheita, os defices hídricos podem traduzir-se em diminuição do rendimento devido a redução do tamanho dos grãos, porém , durante o período de maturação tem pouco efeito sobre o rendimento dos grãos.

É necessário um controle cuidadoso da quantidade de água para obter rendimento óptimo em condições de escassez de água, para isto deve-se satisfazer dentro do possível as necessidades hídricas das culturas durante períodos críticos. Durante os períodos de floração e formação de colheita é necessário que se evite o encharcamento do terreno porque quando isto ocorre durante a floração o rendimento pode reduzir-se a 50% ou mais por serem muito sensíveis ao défice hídrico (Doorembos e Kassam, 1994).

2.5.4 Data de Sementeira

Os camponeses que praticam a agricultura de sequeiro relacionam o período de sementeiras com o início da estação chuvosa. Isto porque o início de crescimento duma planta em condições de sequeiro só é possível em harmonia com a humidade que geralmente é proveniente da água da chuva. Sabe-se que sem uma quantidade considerável de humidade no solo e com condições térmicas pouco favoráveis o período de germinação de uma cultura pode sofrer um prolongamento até mesmo ocorrer perda de culturas (Cumba, 2001).

Segundo Cumba (2001) entende-se por período de sementeira do ponto de vista agrometeorlógico tropical o período em que ocorre uma precipitação que cobre as necessidades mínimas (ETP/2) para o processo germinativo da cultura. Basicamente, a época de sementeira é limitada pelas condições de temperatura e, mais especificamente pela distribuição das chuvas que é variável (Da Silva *et al.*, 1987).

O milho é semeado no início da estação fresca (Abril/Maio) em consociação com o feijão vulgar e, ao começo da estação quente (Outubro/Novembro) com feijão-Nhemba (FAEF, 2001). Reedy (1986) afirma que no caso de solos de textura leve a sementeira pode ser realizada depois de uma chuva de 25 mm num único dia ou 30 mm em dois dias consecutivos, enquanto que, para solos de textura pesada antes de uma boa chuva.

2.6 Efeito "multiplicativo" de água de chuva

Consiste em usar os métodos de conservação de água para aumentar a quantidade de água de chuva disponível na planta. O efeito "multiplicativo" é observado mediante o uso de métodos de estimação de escoamento superficial que determinam a real quantidade de água que é acrescida a que caíu com a precipitação em função ao factor de captação usada.

Segundo Hudson *et al.,* (1987) a conservação de água corresponde a métodos para aumentar a quantidade de água armazenada no perfil do solo colhendo a água que cai, ou onde existe um movimento superficial como o escoamento "run-off". Estes consideram dois métodos de conservação de água captação interna e externa.

Captação Interna consiste na captação de água (escoamento) dentro da área cultivada denominada "conservação de água".

Captação externa: consiste na captação de água (escoamento) fora da área de cultivo. Este sistema está virado para a captação e armazenamento para o uso mais tardio, denominados "técnicas de colheita e uso de água".

O objecto deste método é encontrar a melhor relação entre a área de colheita de escoamento (Ac) e a que recebe o escoamento, área de produção (Ap). Os sistemas de captação interna requerem elevados inputs para a modificação e tendem a ser mais comum em áreas com precipitação anual de 250 mm ou mais.

Os factores de captação (Ac/Ap) variam de 1 a 5 para sistemas de captação interna e para os sistemas de captação externa podem ter maiores fracções chegando até 30 (Hudson *et al.,* 1987). O tamanho da área de captação influencia na colheita de escoamento superficial. Pequenas áreas de captação podem colher escoamento de pequenas chuvas que não produzem escoamento para as grandes áreas.

Existem muitas técnicas de colheita de água de chuva mas as mais usadas no distrito são as caleiras, represas, lagoas, Micro bacias (Chaisse *et al.*, 2005).

As Microbacias apesar de serem técnica de captação/colheita de água podem ser consideradas também como sendo sistema de conservação de água. Tem a base em forma de diamante (figura 2.2) rodeada de pequenas barreiras com uma infiltração que vai em direcção ao canto de cada. O escoamento é colhido e armazenado no desnível de infiltração.

São muito usadas para o crescimento de árvores e é uma técnica muito apropriada para pequena escala de plantação de árvores em qualquer área que tem défice de precipitação (Critchley e Siegert, 1991).

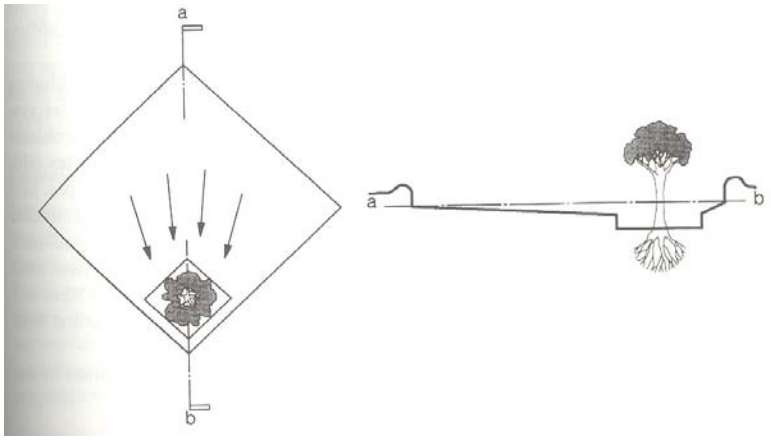

Figura 2.2: Representação de uma Microbacia

Fonte:Post, 2004

Determinação do coeficiente de escoamento superficial

A determinaçao do coeficiente de escoamento na "multiplicação" de água de chuva é importante para quantificar a chuva que cai numa determinada área e que pode ser aproveitada para promover o crescimento de culturas em regime de sequeiro. Esta "multiplicação" é feita a partir de sistemas de captação de água baseados na colheita de escoamento superficial.

Segundo Millar (1978) o coeficiente de escoamento superficial é a quantidade de água que se deve extrair de uma área num determinado tempo. Em condições de sequeiro, o escoamento superficial pode ser usado para melhorar a agricultura em regime de sequeiro usando a captação/colheita de água da chuva

Existem varios métodos para a determinação do coeficiente de escoamento superficial dentre os quais se encontram o balanço hídrico e o método "Curve Number" desenvolvido pelos serviços de conservação dos solos dos estados unidos USDA, SCS (1969).

O método de Balanço hídrico consiste em relacionar o volume de escoamento e o tempo de drenagem para obter um valor de volume por área. Para mais segurança no delineamento mediante o uso deste método, recomenda-se considerar que o solo se encontra no nível de capacidade de campo quando ocorre a chuva de delineamento. Nestas condições a infiltração a considerar-se é a infiltração básica do solo (Millar, 1978). Para este metodo e necessario ter informacao detalhada sobre dados de cultura, precipitação,evaporação e de solo (infiltração).

O método "Curve Number" dos Serviço de Conservação dos Solos dos Estados Unidos (USDA, SCS) é um método empírico que se pode utilizar quando não se dispõe de informação detalhada suficiente (Millar, 1978).

Segundo Dastane (1974) o USDA, SCS desenvolveu um procedimento usando figuras e tabelas para estimar o volume e razões de escoamento superficial. Consiste no uso dados de precipitação diários e tem que se ter em conta os factores que influênciam o escoamento que são tipo de solos, condição antecedente de humidade, grau de cobertura vegetal e práticas de conservação seguidas.

O método tem os seguintes pressupostos:

- A precipitação que cai distribui-se uniformemente;

Os solos são agrupados com base nas suas potencialidade de escoamento em quatro classes:
Classe A: Solos de Baixo potencial de run-off ou escoamento: pertencem a este grupo os solos que possuem altas taxas de infiltração ainda em condições completamente húmida. Pertencem a este grupo solos arenosos e bem drenados.

Classe B: Solos com taxas de infiltração moderadas quando húmidos: Compreendem principalmente solos profundos e moderadamente profundos, drenagem boa a moderada, com textura moderadamente fina a moderadamente grossa. São solos que possuem taxas moderadas de transmissão de água. Pertencem a este grupo solos arenosos e textura média solos com razões de infiltração acima da média.

Classe C: Solos que têm infiltração lenta quando completamente húmido e consistem principalmente de solos com uma camada que impede o movimento descendente da água, ou que posuem textura finas a moderadamente fina. Estes solos têm uma lenta transmissividade de água. Pertencem a este grupo solos de textura média a pesada com razões de infiltração abaixo da média.

Classe D: Solos com alto potencial de run-off ou escoamento: São solos com baixa taxa de infiltração quando completamente húmidos. Consistem principalmente de solos argilosos com um

alto potencial de expansão, com o lençol freático alto e permanente, solos com um claypan ou uma camada argilosa e solos sobre uma camada impermeável.

Para a identificação da condição de humidade antecedente é seleccionada a precipitação (em mm) cumulativa de cinco dias que precedem o dia em questão. A condição de humidade pode ser dividida em três classes como apresentada na tabela 2.2:

Tabela 2.2 : Condição de humidade do solo antecedente ao dia em questão de acordo com a precipitação que ocorre cinco dias anteriores expressa em mm.

Condição	**Estação sem culturas**	**Estação de crescimento**
Seca I	Menos que 12.5	Menos que 35
Média II	12.5 a 27.5	35 a 52.5
Húmida III	Mais de 27.5	Mais que 52.5

A equação para determinação do coeficiente de escoamento superficial usada é:

$$Q = \frac{(P - 0.2 * S)^2}{(P + 0.8 * S)} \qquad (2.8)$$

Onde:

- Q: escoamento sobre a área drenada [mm/dia]
- P: Precipitação sobre a área drenada [mm/dia]
- S: Retenção potencial máxima de água sobre a área drenada no tempo em que iniciou a chuva [mm/dia]

Os valores de S são determinados com base na equação 2.9 que depende do número da curva de escoamento (CN). Este número tem diferentes valores em função das diferentes classes hidrológicas de solos, cobertura vegetal e tratamentos de conservação de solos e sua correspondente condição de humidade (anexo 3).

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \qquad (2.9)$$

Os valores de CN podem ser obtidos em primeiro lugar tendo em consideração o sistema de uso da terra. De acordo com a informação que se tenha vê-se qual o tratamento de conservação de solos em uso e o estado de conservação de solo em que se encontra e de acordo com as diferentes classes hidrologicas pode-se ler o valor de CN correspondente para as condições encontradas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Considerações Gerais

Para o estudo tomou-se como pressupostos:

- As relações na natureza são muito complexas, relações estas encontradas entre a cultura, clima, água e solo envolvendo muitos processos biológicos, fisiológicos, físicos e químicos. O número de componentes foi reduzido a um número manejável de componentes principais para permitir uma análise significativa do efeito de água sobre a cultura ao nível do campo;
- Os rendimentos são afectados por outras variáveis para além da água, como fertilizantes, salinidade, pragas e doenças durante o seu ciclo. Para o estudo, considerou-se que essas variáveis estão em condições óptimas por forma a observar somente o efeito de água no rendimento;
- A quantidade de água que porventura excede os limites da água disponível é considerada como excesso, sendo perdida por percolação profunda;
- Alagamentos temporários e os seus efeitos nos rendimentos não são considerados;
- O estudo é aplicado a um solo do tipo franco-argiloso.

3.2 Modelo de Balanço hídrico na zona radicular

Fez-se um balanço hídrico diário na zona radicular, que permite-nos obter a evapotranspiração actual da cultura, uma componente importante para a estimação de rendimentos em condições de sequeiro. Para o càlculo da evapotranspiração actual da cultura, usaram-se dados diários de solo, cultura e dados climáticos referentes aos anos de 1961 a 1998, exceptuando-se os anos 1968, 1976, 1978 e 1997 que não foram analisados por falta de dados.

O procedimento para cálculo da evapotranspiração actual usando o balanço hídrico (anexo1) acima referido é o seguinte:

Determinação da Data de Sementeira

Na região de Chókwè o milho (variedade Matuba OPV) é cultivado tanto na época fresca como na quente. A variedade de acordo com a sua ficha cultural pode ser cultivada nos meses de Outubro a Dezembro, assim como nos meses de Abril a Maio (FAEF, 2001). No presente

trabalho escolheu-se como período de sementeira os meses de Outubro a Dezembro. Para seleccionar a data especifica de sementeira usou-se as normas desenvolvidas por Reddy (1986) em que após uma chuva de 25 mm assume que o solo tem uma humidade para assegurar a germinação das sementes.

Determinação da Precipitação "Multiplicada"

Para a determinação da precipitação multiplicada tomou-se em consideração a razão de áreas de captação (Ac) e área de produção (Ap) a multiplicar; factor (Ac/Ap). Tendo em conta que os sistemas de captação interna variam nas proporções de 1 a 5.

Quando o factor de área de captação igual a um corresponde a cultivo normal em sequeiro e para factores maiores que um corresponde a cultivo com captação de água de chuva. Para o cálculo da precipitação multiplicada usou-se a seguinte relação:

$$P_{mult} = P_{real} + Q * (Fc - 1) \qquad F_c \geq 1 \qquad (3.1)$$

Onde:

P_{real}: Precipitação do referido dia [mm]

P_{mult}: Precipitação multiplicada [mm]

Q: Quantidade de escoamento [mm]

F_c: factor de captação da água da chuva [adimensional]

Para quantificar o escoamento usou-se método de "Curve Number" que é usado quando não se dispõe de informação suficiente (Millar, 1978). O método tem os seguintes pressupostos:

- A precipitação que cai distribui-se uniformemente;
- O solo é plano;

Calculou-se a quantidade de escoamento usando a relação (3.2).

$$Q = \frac{(P - 0.2 * S)^2}{(P + 0.8 * S)} \qquad (3.2)$$

Onde:

Q: Quantidade de escoamento [mm]

P_{real}: Precipitação do referido dia [mm]

S: Retenção potencial máxima de água sobre a área drenada no tempo em que iniciou a chuva [mm]

Para a determinação da retenção potencial máxima de água sobre a área drenada no tempo em que iniciou a chuva (S) usou-se a equação (3.3).

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \qquad (3.3)$$

Onde:

S: Retenção potencial máxima de água sobre a área drenada no tempo em que iniciou a chuva [mm]

CN: número da curva de escoamento

O sistema de uso de terra considerado para o estudo foi fileiras em contorno em bom estado de conservação e o tipo de solo usado foi franco-argiloso que corresponde a CN igual a 75.

De acordo com o sistema de uso de terra e tipo de solo usou-se para o estudo os valores de CN de 56.5, 75 e 88.5. Quando o somatório de precipitação de 5 dias fosse inferior a 35 mm (condição de humidade do solo seca) o valor de CN considerado era de 56.5, se fosse superior a 52.5 o valor de CN considerado era de 88.5 mm(condição de humidade do solo húmida) e se estivesse no intermédio o valor de CN considerado era de 75 (Condição de humidade do solo moderada).

Evapotranspiração Potencial (ETp)

A evapotranspiração potencial calculou-se usando a equação (3.4)

$$ETp = Kc * ET_0 \qquad (3.4)$$

Onde:

ETp: evapotranspiração potencial da cultura [mm]

ETo: evapotranspiração de referência [mm]

Kc: coeficiente da cultura [adimensional]

Seleccionaram-se os valores de Kc para as diferentes fases da cultura e o cálculo de valores diários de Kc fez-se com base na duração das fases por interpolação linear. A evapotranspiração

de referência calculou-se pelo método de evaporação de tanque (FAO 24) com uso da seguinte relação:

$$ET_0 = K_p * E_{pan} \qquad (3.5)$$

Onde:

E_{pan}= representa o valor médio diário de evaporação de tanque em mm/dia do período.

K_p= coeficiente de tanque [adimensional]

Usaram-se dados de evaporação em décadas onde, para a determinação diária dividiu-se pelo número dos dias que correspondiam à década e o valor de K_p usado foi de 0.75 que corresponde a ventos moderados e valores de humidade relativa médios (FAO 24) quando não existem dados suficientes.

Água Facilmente Disponível (AFD)

A água facilmente disponível foi determinada com uso da relação 3.6.

$$AFD = AD_r * p \qquad (3.6)$$

Onde:

AFD: àgua facilmente disponível [mm]

AD_r: àgua total disponível na zona radicular [mm]

p: fracção de água disponível

Seleccionou-se o valor de deplecção da cultura (p) nas diferentes fases sendo para as fases I, II e III de 0.5 e para a IV de 0.8. Em seguida, determinou-se a água total disponível na zona radicular pelo uso da equação 3.7.

$$AD_r = \frac{(\theta_{cc} - \theta_{pep})}{100} * Dr \qquad (3.7)$$

Onde:

AD_r- é a água total disponível na zona radicular em [mm]

θ_{CC} - Humidade a capacidade de campo [% de volume de raiz]

θ_{PEP} - Humidade no ponto de emurchecimento permanente [% de volume de raiz]

Dr- profundidade radicular em [mm]

Para o estudo usou-se um solo franco argiloso com a água disponível de 140 mm/m e a profundidade radicular calculou-se por interpolação linear com base na duração das fases da cultura assumindo como profundidade radicular inicial e máxima de 0.2 e 1.2 m, respectivamente.

Humidade do Solo

O cálculo da humidade do solo na zona radicular foi feito com base na seguinte equação:

$$H_f = H_i + P_{mult} - D_p - ET_a \qquad (3.8)$$

Onde:

H_i: refere-se a humidade inicial do dia i [mm]

P_{mult}: refere-se a precipitação multiplicada [mm]

D_p: refere-se a percolação profunda [mm]

ETa: refere-se a evapotranspiração actual da cultura [mm]

H_f: refere-se a humidade final do dia i [mm]

A humidade para o primeiro dia do balanço diário de água no solo foi considerada igual a precipitação do dia anterior à sementeira quando não atingisse a água disponível do solo (capacidade de campo) e igual a água disponível caso atingisse a capacidade de campo. Para o dia seguinte a humidade foi considerada como sendo igual a humidade do final do dia anterior.

A percolação profunda calculou-se pela soma da humidade inicial (Hi) e a precipitação multiplicada (P_{mult}) do referido dia subtraída pela água disponível (AD) do referido solo:

$$Dp = H_i + P_{mult} - AD \qquad [mm] \qquad (3.9)$$

Para $Dp \geq 0$, quando negativo Dp=0

A Precipitação efectiva (Pe) foi calculada com base na diferença entre a precipitação multiplicada e a água de percolação profunda:

$$Pe = P_{mult} - Dp \qquad [mm] \qquad (3.10)$$

Evapotranspiração actual (ETa)

O cálculo da evapotranspiração actual foi feito com o uso da relação 3.11

$$ETa(t) = \begin{cases} ETp * e^{\left[-\frac{ETp*t}{(1-p)*AD_r}+\frac{p}{1-p}\right]} & \text{para } t > t^* \\ ETp & \text{para } t \le t^* \end{cases} \qquad (3.11)$$

Para o cálculo considerou-se a comparação de valores de t-dias e t*-crítico onde estes estão directamente ligados a humidade do solo. Quando o t-dias é inferior a t*-critico, a humidade no solo está na AFD, a ETa é igual a ETP (ETa=ETp). Quando o t-dias é superior a t*-crítico, a humidade do solo está abaixo da AFD, a ETa é inferior a ETP (ETa < ETp), esta decrescerá até a níveis críticos segundo a figura 2.1 se não for abastecida ou ocorrer uma chuva.

Para cálculo de t dias usou-se a equação 3.12:

$$t_{dias} = \begin{cases} \frac{AD - Hi}{ETp} \text{ quando } AD - Hi < AD - AFD \\ \frac{\text{AD - Hi}}{\overline{\text{ETa}}} \text{ quando } AD - Hi > AD - AFD \end{cases} \quad \text{[dias]} \qquad (3.12)$$

O cálculo da $\overline{ETa}$ foi feito usando a seguinte relação:

$$\overline{ETa}(t) = \begin{cases} \frac{AD}{t} * [1 - (1-p) * e^{\left[-\frac{ETp*t}{(1-p)*AD_r}+\frac{p}{1-p}\right]}] & \text{para} \quad t^* < t \\ ETp & \text{para} \quad t^* \ge t \end{cases} \qquad (3.13)$$

Para cálculo de t*-crítico usou-se a equação 3.14:

$$t^* = \frac{AFD}{ETp} \quad \text{[dias]} \qquad (3.14)$$

Onde:

AD- água total disponível do solo [mm]

Hi – humidade inicial do referido dia [mm]

t_{dias}- representa o número de dias em que a planta transpira de acordo com a humidade existente no solo.

ETp – evapotranspiração Potencial [mm]

$\overline{ETa}$ - evapotranspiração actual média [mm]

3.3 Cálculo dos rendimentos relativos (Ya/Yp)

O procedimento para a determinação dos rendimentos relativos baseados nas práticas normais da agricultura de sequeiro e na captação de água de chuva usando o balanço hídrico diário difere apenas no cálculo de precipitação "multiplicada" que fez-se usando a equação 3.1.

Calcularam-se os rendimentos relativos com base nas equações de Doorembos e Kassam (1994) apresentadas para défice hídrico distribuídos diferencialmente e uniformemente durante o ciclo da cultura. Os rendimentos relativos quando o défice ocorre uniformemente ao longo do ciclo calcularam-se segundo a equação:

$$\left(\frac{Ya}{Yp}\right) = 1 - Ky_{genérico}\left(1 - \frac{ETa}{ETp}\right) \qquad (3.15)$$

Os rendimentos relativos quando o défice ocorre diferenciadamente em períodos específicos de crescimento, os rendimentos relativos em cada período foram obtidos segundo a fórmula:

$$\left(\frac{Ya}{Yp}\right)_i = 1 - Ky_i\left[1 - \left(\frac{ETa}{ETp}\right)_i\right] \qquad (3.16)$$

e o rendimento final, pela equação:

$$\left(\frac{Ya}{Yp}\right)_{final} = \prod_{i=1}^{4}\left(\frac{Ya}{Yp}\right)_i \qquad (3.17)$$

Onde:

Ya/Yp – rendimento relativo

1-ETa/ETp – défice hídrico

Ky – factor de resposta da cultura ao défice hídrico

Para caracterização do risco climático considerou-se o cálculo de probabilidade, baseado no número de anos observados e em seguida converteu-se para tempo de retorno.

$$\Pr ob = \frac{u}{U+1} * 100\% \qquad (3.18)$$

Onde:

u: corresponde ao número de casos observados

U: corresponde ao número total de série

Prob: Probabilidade

$$Tr = \frac{100}{\Pr ob} \qquad (3.19)$$

Onde:

Prob: Probabilidade

Tr: tempo de retorno

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Rendimentos relativos (Ya/Yp) em condições normais de sequeiro

Aqui discute-se o caso da agricultura de sequeiro, verifica-se que os rendimentos obtidos ao longo dos anos analisados são muito variáveis. Apresentando anos em que o rendimento foi inferior a 0.5 onde, a principal causa para este baixo rendimento foi a quantidade de precipitação que ocorreu ao longo do ciclo da cultura. É importante considerar, que o modelo de quantificação de rendimento usado neste estudo é somente usado para um défice hídrico inferior a 50%, correspondente a ETa≥ 0.5 * ETp. Fora destas condições este não é o modelo mais indicado.

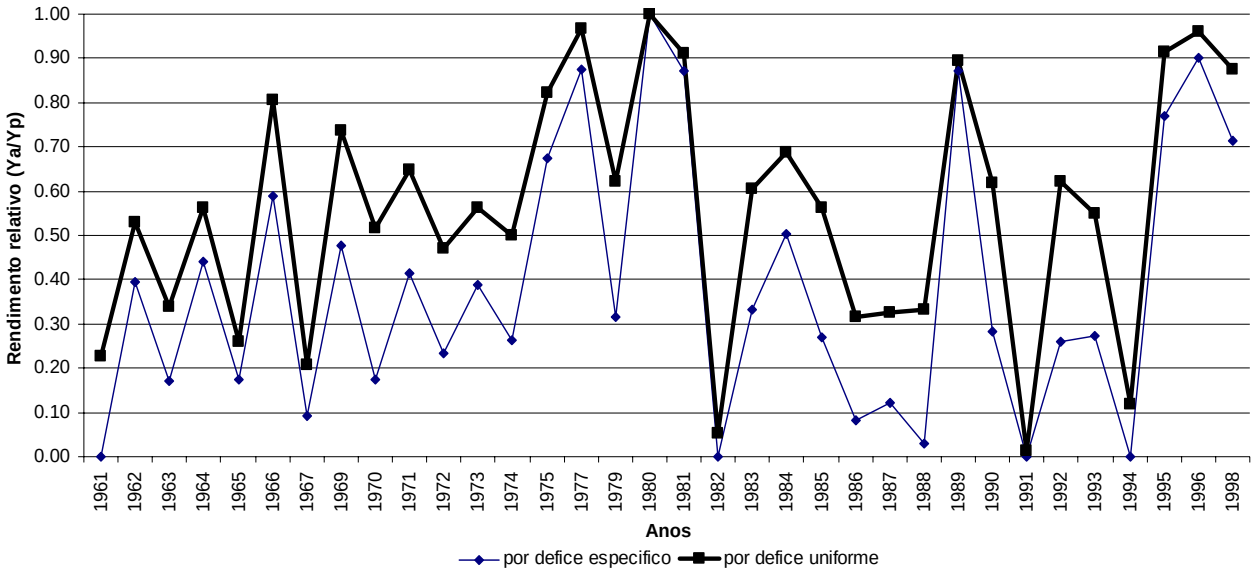

Figura 4.1: Rendimentos relativos totais da cultura de milho obtidos por défices hídricos uniformes e especificos nas condições normais de sequeiro do ano 1961 a 1998.

A figura 4.1 apresenta os rendimentos relativos totais da cultura de milho obtidos por défices hídricos uniformes e especificos nas condições normais de sequeiro do ano 1961 a 1998. Quando se considera a flutuação dos rendimentos estes comportam-se da mesma maneira mas, quando se considera a quantidade de rendimento obtido pode-se verificar que existem diferenças, sendo os rendimentos totais por défices uniforme (geral) maiores em relação aos rendimentos totais por défices específicos nas fases de crescimento.

A diferença pode se explicar, o rendimento total obtido por défice hídrico uniforme é calculado considerando que o défice hídrico é igual durante as fases da cultura. Como consequência, faz

com que não se veja o real efeito do défice hídrico durante as fases no rendimento conduzindo a obtenção de uma maneira geral rendimentos superiores aos rendimentos totais por défice hídrico obtido por cada fase de crescimento.

Segundo Doorembos e Kassam (1994) o rendimento depende da fase em que o défice hídrico ocorre. Podendo, o défice hídrico em algumas fases baixar o rendimento até ser quase nulo e noutras o efeito ser reduzido (menos drástico).

Na realidade o défice hídrico não é uniforme ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura, pois, estamos numa agricultura de sequeiro em que a chuva que ocorre na região é muita das vezes irregular e errática. A quantificação do rendimento total nestas condições é feito por défices específico (por fases), sendo mais realístico para o que acontece com a planta durante o ciclo de crescimento.

O rendimento total obtido por défice hídrico das fases tem um comportamento mais similar ao do rendimento da fase III e em relação ao rendimento das outras fases o comportamento é completamente diferente (Figura 4.2).

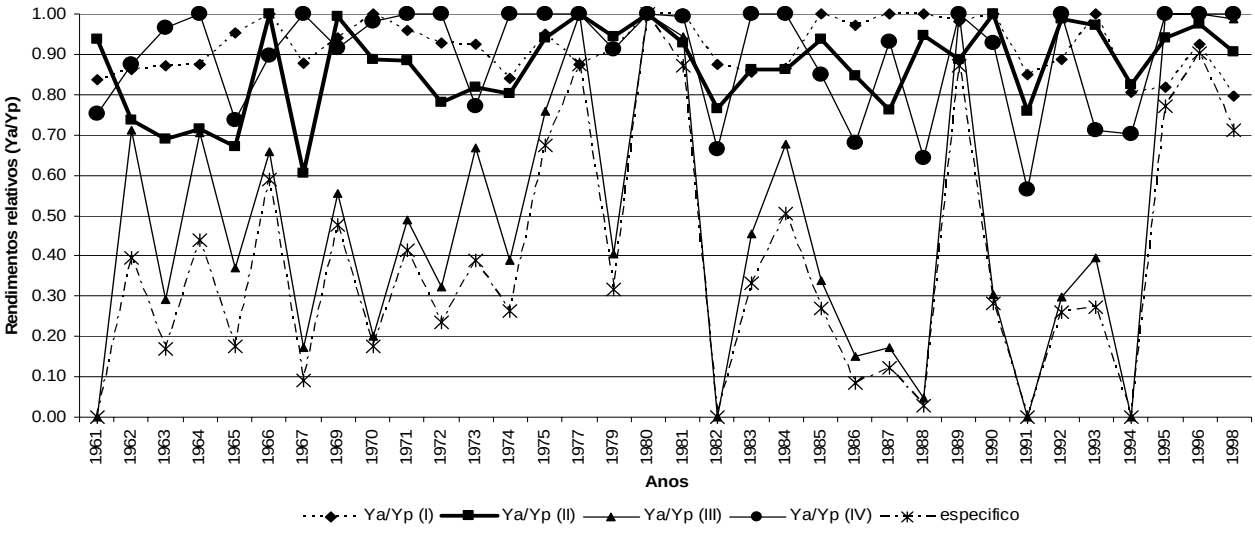

Figura 4.2 Rendimentos totais obtidos por défice hídricos das fases e rendimentos das fases I, II, III e IV da cultura durante os anos 1961 a 1998.

A similaridade entre o rendimento total obtido por défice hídrico das fases e rendimento da fase III é expressa pela forte correlação ($R^2 = 0.918$) existente entre o rendimento total por défice por fases e o défice hídrico da fase III (figura 4.3). Quando o défice hídrico na fase III aumenta os rendimentos totais por défice específico diminuem. Em relação as outras fases o coeficiente é fraco apresentando coeficientes para as fases I, II e IV os 0.015, 0.241 e 0.391 (anexo 4), respectivamente o que quer dizer que estes não determinam muito o rendimento global nas condições específicas deste estudo.

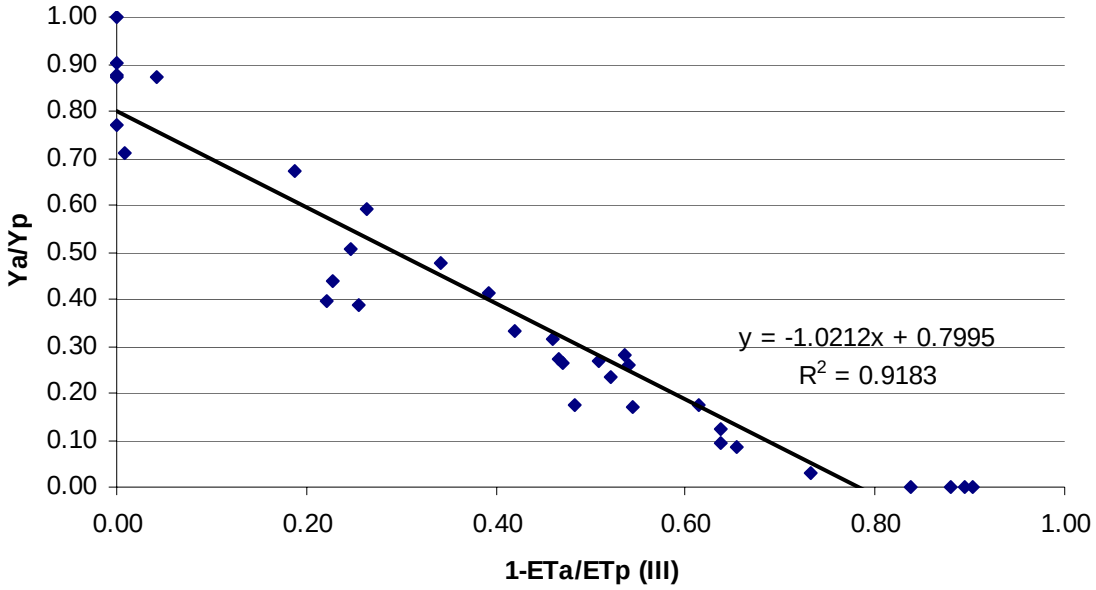

Figura 4.3: Efeito do defice hídrico da fase III sobre o rendimento global

A redução do rendimento global pode ser explicado de acordo com Doorembos e Kassam (1994) que quando o defice hídrico ocorre durante determinada parte do período de crescimento de uma cultura o seu efeito pode variar bastante dependendo do grau de sensibilidade da cultura nesse mesmo período. A fase III apresenta um coeficiente elevado de resposta ao défice hídrico (Tabela 2.1) e corresponde ao período de formação de grãos e floração. A deficiência de água nesta fase, pode causar a redução do número de grãos por espiga, causar aborto floral conduzindo a uma redução do rendimento da cultura.

Analisando a precipitação total durante o ciclo da cultura de milho, para o período de 1961 a 1998 (figura 4.4), em alguns anos observou-se quantidade considerável de chuva que encontra-se nos intervalos estabelecidos por Doorembos e Kassam (1994) e Sans e Santana (2000) para

satisfazer as necessidade hídricas da cultura. Porém, nem sempre estas quantidades foram suficientes para se obter bons rendimentos.

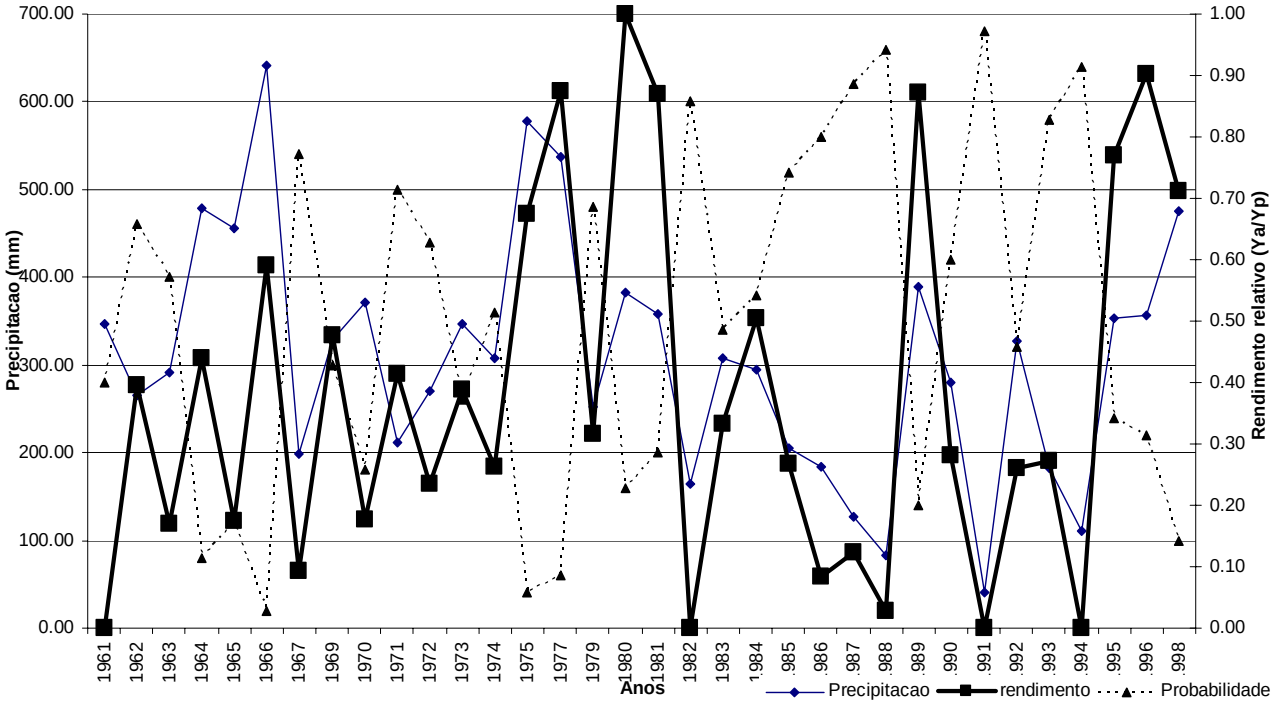

Figura 4.4: Precipitação total ao longo do ciclo da cultura, probabilidade de ocorrência da precipitação e os rendimentos relativo ao longo dos anos de 1961 a 1998

Relacionando a precipitação total que ocorreu durante o ciclo da cultura de milho, com a respectiva probabilidade de ocorrência pode-se verificar que, em maior parte dos anos que apresentaram precipitações com elevada probabilidade de ocorrência (Precipitação de baixa quantidade) os rendimentos relativos estiveram abaixo de 0.5 (ex: 1986) apresentando assim elevado risco de perda de culturas. Verifica-se também que com precipitações que apresentaram baixas probabilidades de ocorrência apresentaram rendimentos superiores a 0.5 (ex: 1977).

Mas, nem sempre ocorre esta linearidade porque, observou-se quantidades totais de precipitação baixas mas, os rendimentos obtidos foram superiores a alguns anos que tiveram elevadas quantidades de precipitação ao longo do ciclo. Onde, em alguns anos com precipitação entre 300 a 400 mm ao longo do ciclo foi possível ter rendimentos relativos superiores a 0.5 (ex: 1980 e 1989).

A não ocorrência da linearidade também pode-se explicar apartir da tabela 4.1 que mostra os valores de correlação entre os rendimentos relativos médios e a precipitação total e ao longo da fases de desenvolvimento da cultura. Onde, a correlação entre estes é fraca de certa maneira indicando que a quantidade de precipitação total que ocorra não tem muita influencia no rendimento da cultura.

Tabela 4.1 : Valores de correlação de rendimentos relativos(Ya/Yp) e a precipitação total (Pt) ao longo do ciclo da cultura e ao longo das fases.

Correlação	Valor
Ya/Yp vs Pt	0.421
Ya/Yp vs Pt fase I	0.001
Ya/Yp vs Pt fase II	0.215
Ya/Yp vs Pt fase III	0.183
Ya/Yp vs Pt fase IV	0.119

As variações de rendimento nos anos analisados (figura 4.4) ocorreram devido a irregularidade da precipitação durante o ciclo da cultura. Constata-se que, nem sempre elevadas quantidades de precipitação influenciam para a obtenção de altos rendimentos. O importante, é que esta esteja bem distribuída ao longo do ciclo da cultura para que se obtenha bons rendimentos. Sans e Santana (2000), considera que a cultura de milho necessita de 300 a 500 mm de água para produzir sem necessidade de irrigação, se na região a precipitação estiver bem distribuída ao longo do ciclo da cultura é possível obter rendimento significantes como o caso dos anos, 1980, 1989, 1995, 1996 em que os rendimentos aproximaram-se de 100%. .

Os baixos rendimentos obtidos ao longo dos anos analisados, pode-se explicar pelas quantidades de precipitação que muitas vezes não são suficientes para satisfazer as necessidades hídricas das plantas. O que nos permite concluir que as chuvas que tem maior probabilidade de ocorrer na região (abaixo de 300 mm) em muitos casos não são suficientes para obtenção de bons rendimentos causando perda de culturas.

4.2. Rendimentos relativos (Ya/Yp) usando factores de captação de água de chuva (Ac/Ap)

Aqui analisa-se o efeito multiplicativo de água no rendimento do milho com a utilização de factores de captação de água de chuva. A precipitação efectiva defini-se, como indicada na equação (3.10) como sendo a parte da precipitação que é usada pela planta. A razão (Pe/Pt) média depende da área total de captação assim obtêm-se os dados da tabela 3 (anexo 2).

De acordo com a tabela verifica-se que, a quantidade total de água que chega a na área da planta, pequena fracção desta é usada à medida que se vai aumentando os factores de captação de água de chuva (figura 4.5). Pode se explicar, que com a multiplicação de água de chuva a quantidade de água aumenta na área da planta a medida que se vai aumentando os factores de captação. Como a planta tem um limite que é a água disponível, a planta só irá usar até este limite e o resto da água aumentada perde-se por percolação profunda. De certa maneira, a medida que multiplicamos a água de chuva a quantidade de água que se perde também aumenta.

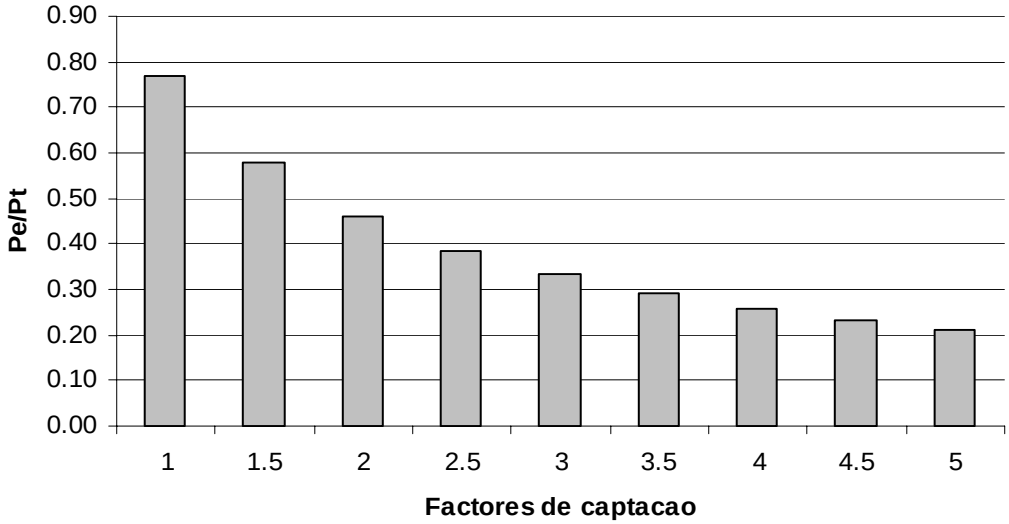

Figura 4.5: Valores médios de quantidade de precipitação (Pe/Pt) usada pelas plantas a medida que se aumenta os factores de captação.

De uma maneira geral, com o aumento dos factores de captação de água de chuva, aumentam a quantidade de água disponível para o crescimento da planta, assim os rendimentos relativos aumentam. Se observarmos os rendimentos mèdios dos anos analisados obtidos para cada factor de captação verifica-se um aumento gradual dos rendimentos médios (Tabela 4.2).

Tabela 4.2: Rendimentos médios obtidos dos anos 1961 a 1998 para os factores de captação de água de chuva de 1 a 5.

Ya/Yp	Factores de captação								
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
Média (μ)	0.38	0.47	0.53	0.56	0.59	0.61	0.63	0.64	0.66
Desvio Padrão (δ)	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31

O aumento do rendimento quando usada as diferentes factores de captação pode se explicar também pela forte correlação existente entre o rendimento relativo (Ya/Yp) e a razão (ETa/ETp). Dado que a medida que a razão ETa/ETp aumenta o rendimento relativo aumenta (figura 4.6).

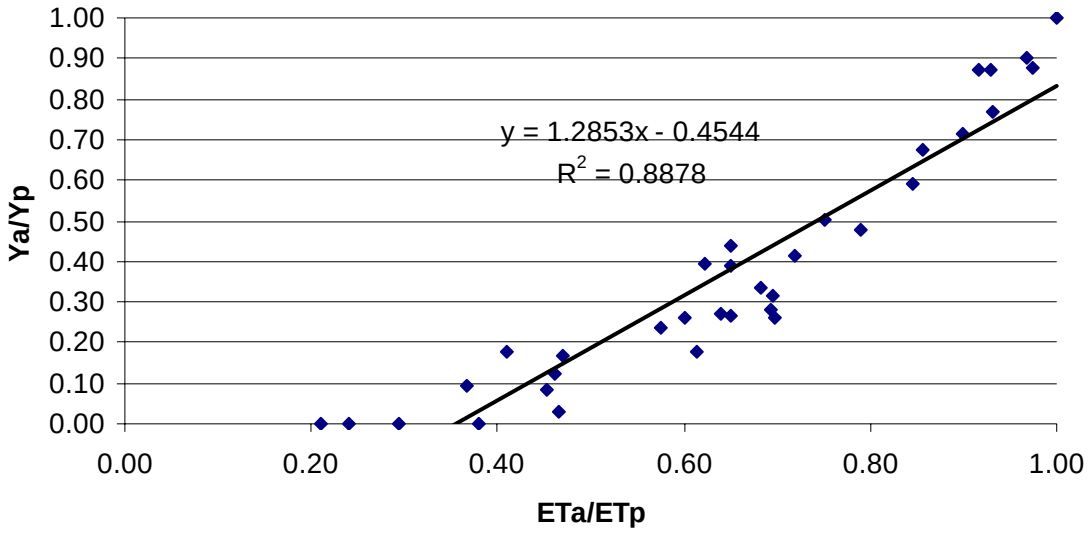

Figura 4.6: Influência da razão (ETa/ETp) sobre o rendimento relativo.

Notando-se que, usando os diferentes factores de captação a razão (ETa/ETp) tende a aumentar aproximando-se cada vez mais do 1 (tabela 4.3). Demonstrando, que com o uso dos factores de captação as necessidades hídricas das culturas tendem a ser satisfeitas permitindo o alcance de rendimentos superiores ao cultivo normal de sequeiro.

Tabela 4.3: Razões (ETa/ETp) médios obtidos dos anos 1961 a 1998 quando usado factores de captação de 1 a 5.

ETa/ETp	Factor captação (Fc)								
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
Média (μ)	0.65	0.71	0.74	0.76	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82
Desvio Padrão	0.22	0.22	0.21	0.21	0.20	0.20	0.19	0.19	0.18

De acordo com a tabela 4.4 pode-se verificar que o rendimento médio (Ya/Yp) não é muito influenciado pela precipitação total que ocorre ao longo do ciclo da cultura. Verifica-se também que a medida que os factores de captação aumentam os valores de correlação diminuem. Mostrando que de certa maneira que esta influência diminui ainda mais a medida os factores de captação de água de chuva aumentam.

Tabela 4.4: Valores de correlações entre o rendimento relativo (Ya/Yp) médios e a precipitação total (Pt) que ocorre nos factores de captação de 1.5 a 5.

Ya/Yp vs Pt	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
Valores	0.36	0.29	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0.21

Segurança de Rendimento da Cultura

Esta segurança é estimada usando a probabilidade e tempo de retorno. A tabela 4.5 apresenta probabilidades de obter rendimentos relativos superiores a 0.5, 0.65 e 0.8. Estes rendimentos são conseguidos usando diferentes factores de captação de água de chuva em condições de sequeiro.

De uma maneira geral, em regime de sequeiro para os níveis de rendimento usadas para análise pode-se verificar que a medida que os níveis de rendimento aumentam para cada factor de captação a probabilidade de ultrapassar os rendimentos desejados é menor (hà menor segurança de obtenção rendimentos desejados). Ao contrário do que acontece quando se analisa cada nìvel de rendimento relativo (Ya/Yp) verifica-se que quando se vai aumentando os factores de captação há maior segurança de obtenção de rendimentos desejados.

Tabela 4.5: Probabilidades para obtenção de rendimentos superiores a 0.5, 0.65 e 0.8 nos factores de captação de 1 a 5.

Fc / Ya/Yp	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
>0.50	26	49	51	60	69	69	69	71	71
>0.65	23	29	43	46	46	57	60	60	63
>0.80	15	14	14	26	26	29	31	37	43

Para o nível de rendimento de 0.5 de acordo com os factores de captação usados verifica-se apartir do factor 4.5 têm-se maior probabilidade de conseguir rendimentos superiores a este. Para os níveis de 0.65 e 0.8 verifica-se que o factor 5 têm-se maior probabilidade de conseguir rendimentos superiores a estes. Pode-se verificar também, que em alguns casos o aumento do factor de captação não altera a probabilidade de obter tais rendimentos. Pode-se explicar que em certos casos o aumento de factor de captação não é suficiente para o aumento de rendimento. Mas, de todos os níveis de rendimento analisados o factor de captação 5 apresenta maior segurança na obtenção dos rendimentos.

A tabela 4.6 apresenta segurança de obtenção de rendimentos da cultura de milho em termos de tempo de retorno. São expressos os totais de anos em que pelo menos em um ano é possível obter o rendimento desejado. Demonstrando o efeito do aumento dos factores de captação na diminuição do risco para cada nível de rendimento desejado. Tomando como exemplo o nível de rendimento de 0.5 e o factor de captação 1 corresponde que em pelo menos 1 ano dos 4 anos de cultivo é possível obter rendimentos igual ou superior a este apresentando assim 3 anos em que poderá falhar. Para o caso do factor de captação 5 para o mesmo de rendimento verifica-se que em todos os anos é possível ter rendimentos superiores ou iguais a este.

Tabela 4.6: Anos em que é possível obter pelo menos uma vez rendimentos superiores a 0.5, 0.65 e 0.8 nos factores captação de 1 a 5.

Fc / Ya/Yp	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
>0.5	4	2	2	2	1	1	1	1	1
>0.65	4	4	2	2	2	2	2	2	2
>0.8	7	7	7	4	4	4	3	3	2

De uma maneira geral, verifica-se que com o uso factor de captação 5 tem-se maior segurança de obtenção de rendimentos.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A precipitação total da cultura tem pouca influência no rendimento deata cultura. Nem sempre elevadas quantidades de precipitação total no ciclo da cultura influenciam para a obtenção de altos rendimentos. O importante, é que esta esteja bem distribuída ao longo do ciclo da cultura.

Os rendimentos obtidos no cultivo em sequeiro são muito variáveis, estes são muito afectados pela distribuição da precipitação ao longo do ciclo da cultura e particularmente pela ocorrência do défice hídrico na fase III (fase de floração e formação de grãos) que é a mais sensível.

O efeito multiplicativo de água de chuva é positivo, conduz a obtenção de melhores rendimentos em comparação ao cultivo normal em sequeiro. A segurança de obtenção de rendimentos ($Ya/Yp \geq 0.5$, 0.65 e 0.8) se acentua quanto maior for o nível de rendimento que se deseja obter. Mas, com o uso dos factores de captação a medida que estes aumentam a segurança de obtenção de rendimentos ($Ya/Yp \geq 0.5$, 0.65 e 0.8) diminui. De acordo com o estudo, verifica-se que com uso factor de captação 5 a cultura apresenta maior segurança.

Recomenda-se aos pesquisadores que façam estudos similares em várias regiões do país, que tenham em conta:

- ensaios de campo para testar o estudo;
- o estudo em solos de diferentes texturas para observar o efeito multiplicativo de água de chuva;
- a comparação dos métodos de conservação de água para se possa identificar o mais adequado para a associação com a multiplicação de água de chuva;
- a associação as técnicas de colheita e uso de água de modo a disponibilizar as culturas nas fases críticas (floração e formação de grãos);
- considerações sócio-económicas;
-desenvolvimento de técnicas apropriadas;
- as condições de alagamento da área da planta, para casos de solos pesados,

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.s.; RAES, D.; SIMITH, M. (1998). Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO: Irrigation and Drainage paper, FAO, Rome. Italy

2. BENFICA, R.; TSCHIRLEY, D.; SAMBO, L. 2002. Agro-indústria e Agricultura Familiar: Formas de Organização das Transacções e Redução da Pobreza em Moçambique. Flash.MADER- Direcção de Economia. Maputo disponível em http://www.aec.msu.edu/agecon/fs2/mozambique/flash33p.pdf

3. CRITCLEY, W & Siegert, K. (1991). Water Harvesting. A manual for the designing and construction of Water harvesting Schemes for plant. FAO. Rome.141 p.

4. CUMBA, R. 2001.Estratégias de sementeira de Milho na Agricultura de Sequeiro em Moçambique. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal. Universidade Eduardo Mondlane. Tese de Licenciatura. Maputo

5. DA SILVA, A. F. *et a*l. 1987. Recomendações Técnicas para o cultivo do Milho. Circular Técnica nº 4. 3ª edição. Embrapa.100 p.

6. DASTANE, N. (1974).Effective rainfal in Agriculture.FAO nº 25

7. DIJKSHOOM, J. A. 1990. Levantamento do solo da bolsa de chilembene- Distrito de Chókwé. Série de Terra e água do INIA. Comunicação nº 64. INIA. 37 p.

8. DOS MUCHANGOS, A. 1999.Moçambique: Paisagens e Regiões Naturais.Tipografia globo. 163 p. Maputo. Moçambique

9. DOOREMBOS, J.& KASSAM, A. H. (1994). Rendimento e água. Irrigação e Drenagem. Série 4. 305 páginas.

10. FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL, UEM (2001). Programa Competir. Região agrícola de Chókwè. Diagnóstico da fileira agrícola.

11. FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL (2005). Apontamentos de Rega e Drenagem. Departamento de Engenharia Ruaral. Universidade Eduardo Mondlane.

12. FERREIRA, F. 2004. Efeito de diferentes níveis de déficit hídrico dobre o rendimento das culturas de amendoim , feijão- nhemba e milho em cultivo puro e consociação.Trabalho de Licenciatura. Universidade Eduardo Mondlane. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal. 61p.

13. HUDSON, N.; Ampthill, S.; Kingdom, B.1987. Soil and water conservation in semi-arid areas. Soil Resourses, Management and conservation service. FAO. Rome.

14. JIMENEZ, H.et al. 1991Sistema de Produção tradicional e Melhorado. Documento de campo nº 9. Departamento de Agricultura e Sistemas de Produção. INIA. 1991

15. MILLAR, A.1978. Drenagem de Terras agrícolas:Bases Agronômicas**.** São paulo: McGraw-Hill do brasil.53-69pp

16. POST, J. 2004. Micro-catchments: Run-off colection for productive purposes.

Disponível em http://peacecorps.mtu.edu/microc.html visitado a 18.09.05

17. PNUD. 1998. Relatório Nacional do Desenvolvimento Humano. Maputo- Moçambique(52-53) p

18. SABÃO, A. 2003. Identificação de factores que determinam a adopção de pacotes tecnológicos de milho e Feijão Nhemba no Sector familiar em Moçambique: Um estudo de caso de Equipe pública de Extensão Rural de Boane. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal. Tese de Licenciatura. 48 p.

19. SANS, L & Santana, D. 2000. Clima e Solo. Embrapa.
http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/coeficientestecnicos.htm

Anexos

ANEXO 1: Modelo de Balanço hídrico diário na zona radicular para cálculo de ETa

		Pdiaria																						
		0																						
		9.7																						
		0																						
		3.4																						
Dia mes	Dia	28.6	P total	P (5)	CN	S	Q	Pmult	Ev	Kpan	ETo	Kc	ETp	Dr	AD	p	AFU	Hi	Hf	t*	td	Dp	Pe	ETa	Eta med
18-10-1998	1	0	0	41.7	75	3.33	0.17	0.00	3.4	0.75	2.55	0.30	0.77	0.20	28.00	0.50	14.00	28.00	27.24	18.30	0.00	0.00	0.00	0.77	0.77
19-10-1998	2	0	0	41.7	75	3.33	0.17	0.00	3.4	0.75	2.55	0.30	0.77	0.22	31.11	0.50	15.56	27.24	26.47	20.33	5.07	0.00	0.00	0.77	0.77
20-10-1998	3	0	0	32	56.5	7.70	0.38	0.00	3.4	0.75	2.55	0.30	0.77	0.24	34.22	0.50	17.11	26.47	25.71	22.37	10.13	0.00	0.00	0.77	0.77
21-10-1998	4	0.4	0.4	32	56.5	7.70	0.20	0.40	4.44	0.75	3.33	0.30	1.00	0.27	37.33	0.50	18.67	25.71	25.11	18.69	11.64	0.00	0.40	1.00	1.00
22-10-1998	5	0	0	29	56.5	7.70	0.38	0.00	4.44	0.75	3.33	0.30	1.00	0.29	40.44	0.50	20.22	25.11	24.11	20.24	15.35	0.00	0.00	1.00	1.00
23-10-1998	6	0	0	0.4	56.5	7.70	0.38	0.00	4.44	0.75	3.33	0.30	1.00	0.31	43.56	0.50	21.78	24.11	23.11	21.80	19.47	0.00	0.00	1.00	1.00
24-10-1998	7	0	0	0.4	56.5	7.70	0.38	0.00	4.44	0.75	3.33	0.30	1.00	0.33	46.67	0.50	23.33	23.11	22.11	23.36	-492.28	0.00	0.00	1.00	-0.05
25-10-1998	8	0.6	0.6	0.4	56.5	7.70	0.13	0.60	4.44	0.75	3.33	0.30	1.00	0.36	49.78	0.50	24.89	22.11	22.71	24.91	314.19	0.00	0.60	0.00	0.09
26-10-1998	9	0.3	0.3	1	56.5	7.70	0.24	0.30	4.44	0.75	3.33	0.30	1.00	0.38	52.89	0.50	26.44	22.71	23.00	26.47	157.54	0.00	0.30	0.01	0.19
27-10-1998	10	0	0	0.9	56.5	7.70	0.38	0.00	4.44	0.75	3.33	0.30	1.00	0.40	56.00	0.50	28.00	23.00	22.97	28.03	120.98	0.00	0.00	0.04	0.27
28-10-1998	11	0	0	0.9	56.5	7.70	0.38	0.00	4.44	0.75	3.33	0.30	1.00	0.42	59.11	0.50	29.56	22.97	22.89	29.59	106.95	0.00	0.00	0.07	0.34
29-10-1998	12	0	0	0.9	56.5	7.70	0.38	0.00	4.44	0.75	3.33	0.30	1.00	0.44	62.22	0.50	31.11	22.89	22.78	31.14	100.50	0.00	0.00	0.11	0.39
30-10-1998	13	0	0	0.9	56.5	7.70	0.38	0.00	4.44	0.75	3.33	0.30	1.00	0.47	65.33	0.50	32.67	22.78	22.65	32.70	97.63	0.00	0.00	0.14	0.44
31-10-1998	14	0	0	0.3	56.5	7.70	0.38	0.00	4.44	0.75	3.33	0.30	1.00	0.49	68.44	0.50	34.22	22.65	22.49	34.26	96.76	0.00	0.00	0.16	0.47
01-11-1998	15	1.5	1.5	0	56.5	7.70	0.00	1.50	4.26	0.75	3.20	0.30	0.96	0.51	71.56	0.50	35.78	22.49	23.86	37.33	113.50	0.00	1.50	0.12	0.43
02-11-1998	16	0	0	1.5	56.5	7.70	0.38	0.00	4.26	0.75	3.20	0.33	1.05	0.53	74.67	0.50	37.33	23.86	23.57	35.41	80.65	0.00	0.00	0.29	0.63
03-11-1998	17	0	0	1.5	56.5	7.70	0.38	0.00	4.26	0.75	3.20	0.36	1.15	0.56	77.78	0.50	38.89	23.57	23.13	33.81	66.59	0.00	0.00	0.44	0.81
04-11-1998	18	0	0	1.5	56.5	7.70	0.38	0.00	4.26	0.75	3.20	0.39	1.25	0.58	80.89	0.50	40.44	23.13	22.57	32.46	58.58	0.00	0.00	0.56	0.99
05-11-1998	19	0	0	1.5	56.5	7.70	0.38	0.00	4.26	0.75	3.20	0.42	1.34	0.60	84.00	0.50	42.00	22.57	21.92	31.30	53.58	0.00	0.00	0.66	1.15
06-11-1998	20	0	0	1.5	56.5	7.70	0.38	0.00	4.26	0.75	3.20	0.45	1.44	0.62	87.11	0.50	43.56	21.92	21.17	30.29	50.29	0.00	0.00	0.74	1.30
07-11-1998	21	43.2	43.2	0	56.5	7.70	35.16	43.20	4.26	0.75	3.20	0.48	1.53	0.64	90.22	0.50	45.11	21.17	63.56	29.42	48.06	0.00	43.20	0.81	1.44
08-11-1998	22	0	0	43.2	75	3.33	0.17	0.00	4.26	0.75	3.20	0.51	1.63	0.67	93.33	0.50	46.67	63.56	61.93	28.64	18.27	0.00	0.00	1.63	1.63
09-11-1998	23	0	0	43.2	75	3.33	0.17	0.00	4.26	0.75	3.20	0.54	1.73	0.69	96.44	0.50	48.22	61.93	60.20	27.95	20.00	0.00	0.00	1.73	1.73
10-11-1998	24	0	0	43.2	75	3.33	0.17	0.00	4.26	0.75	3.20	0.57	1.82	0.71	99.56	0.50	49.78	60.20	58.38	27.33	21.61	0.00	0.00	1.82	1.82
11-11-1998	25	0	0	43.2	75	3.33	0.17	0.00	3.69	0.75	2.77	0.60	1.66	0.73	102.67	0.50	51.33	58.38	56.72	30.91	26.67	0.00	0.00	1.66	1.66
12-11-1998	26	0	0	43.2	75	3.33	0.17	0.00	3.69	0.75	2.77	0.63	1.74	0.76	105.78	0.50	52.89	56.72	54.98	30.33	28.14	0.00	0.00	1.74	1.74
13-11-1998	27	0	0	0	56.5	7.70	0.38	0.00	3.69	0.75	2.77	0.66	1.83	0.78	108.89	0.50	54.44	54.98	53.15	29.81	29.51	0.00	0.00	1.83	1.83
14-11-1998	28	0	0	0	56.5	7.70	0.38	0.00	3.69	0.75	2.77	0.69	1.91	0.80	112.00	0.50	56.00	53.15	51.34	29.33	30.85	0.00	0.00	1.81	1.91
15-11-1998	29	0	0	0	56.5	7.70	0.38	0.00	3.69	0.75	2.77	0.72	1.99	0.82	115.11	0.50	57.56	51.34	49.55	28.88	32.00	0.00	0.00	1.79	1.99
16-11-1998	30	0	0	0	56.5	7.70	0.38	0.00	3.69	0.75	2.77	0.75	2.08	0.84	118.22	0.50	59.11	49.55	47.79	28.48	33.13	0.00	0.00	1.76	2.07
17-11-1998	31	0	0	0	56.5	7.70	0.38	0.00	3.69	0.75	2.77	0.78	2.16	0.87	121.33	0.50	60.67	47.79	46.05	28.10	34.23	0.00	0.00	1.74	2.15
18-11-1998	32	15	15	0	56.5	7.70	8.56	15.00	3.69	0.75	2.77	0.81	2.24	0.89	124.44	0.50	62.22	46.05	59.34	27.76	35.31	0.00	15.00	1.71	2.22
19-11-1998	33	1.8	1.8	15	56.5	7.70	0.01	1.80	3.69	0.75	2.77	0.84	2.32	0.91	127.56	0.50	63.78	59.34	59.01	27.43	29.82	0.00	1.80	2.13	2.29
20-11-1998	34	0	0	16.8	56.5	7.70	0.38	0.00	3.69	0.75	2.77	0.87	2.41	0.93	130.67	0.50	65.33	59.01	56.88	27.13	30.48	0.00	0.00	2.13	2.35
21-11-1998	35	0	0	16.8	56.5	7.70	0.38	0.00	3.41	0.75	2.56	0.90	2.30	0.96	133.78	0.50	66.89	56.88	54.94	29.06	33.96	0.00	0.00	1.94	2.26
22-11-1998	36	0	0	16.8	56.5	7.70	0.38	0.00	3.41	0.75	2.56	0.93	2.38	0.98	136.89	0.50	68.44	54.94	53.04	28.78	35.27	0.00	0.00	1.90	2.32
23-11-1998	37	0	0	16.8	56.5	7.70	0.38	0.00	3.41	0.75	2.56	0.96	2.46	1.00	140.00	0.50	70.00	53.04	51.19	28.51	36.55	0.00	0.00	1.85	2.38
24-11-1998	38	0	0	1.8	56.5	7.70	0.38	0.00	3.41	0.75	2.56	0.99	2.53	1.02	143.11	0.50	71.56	51.19	49.38	28.26	37.80	0.00	0.00	1.81	2.43
25-11-1998	39	0	0	0	56.5	7.70	0.38	0.00	3.41	0.75	2.56	1.02	2.61	1.04	146.22	0.50	73.11	49.38	47.62	28.03	39.02	0.00	0.00	1.76	2.48
26-11-1998	40	0	0	0	56.5	7.70	0.38	0.00	3.41	0.75	2.56	1.05	2.69	1.07	149.33	0.50	74.67	47.62	45.90	27.80	40.21	0.00	0.00	1.72	2.53
27-11-1998	41	21.7	21.7	0	56.5	7.70	14.59	21.70	3.41	0.75	2.56	1.08	2.76	1.09	152.44	0.50	76.22	45.90	65.93	27.60	41.39	0.00	21.70	1.68	2.57
28-11-1998	42	0	0	21.7	56.5	7.70	0.38	0.00	3.41	0.75	2.56	1.11	2.84	1.11	155.56	0.50	77.78	65.93	63.72	27.40	34.25	0.00	0.00	2.21	2.62
29-11-1998	43	0	0	21.7	56.5	7.70	0.38	0.00	3.41	0.75	2.56	1.14	2.92	1.13	158.67	0.50	79.33	63.72	61.58	27.21	35.73	0.00	0.00	2.13	2.66
30-11-1998	44	0	0	21.7	56.5	7.70	0.38	0.00	3.41	0.75	2.56	1.17	2.99	1.16	161.78	0.50	80.89	61.58	59.53	27.03	37.17	0.00	0.00	2.06	2.70
01-12-1998	45	0	0	21.7	56.5	7.70	0.38	0.00	2.87	0.75	2.15	1.20	2.58	1.18	164.89	0.50	82.44	59.53	57.70	31.92	43.04	0.00	0.00	1.82	2.45

02-12-1998	46	76.8	76.8	21.7	56.5	7.70	68.28	76.80	2.87	0.75	2.15	1.20	2.58	1.20	168.00	0.50	84.00	57.70	132.75	32.52	45.10	0.00	76.80	1.75	2.45
03-12-1998	47	74.6	74.6	76.8	88.5	1.30	73.06	74.60	2.87	0.75	2.15	1.20	2.58	1.20	168.00	0.50	84.00	132.75	165.42	32.52	13.65	39.35	35.25	2.58	2.58
04-12-1998	48	10.3	10.3	151.4	88.5	1.30	8.89	10.30	2.87	0.75	2.15	1.20	2.58	1.20	168.00	0.50	84.00	165.42	165.42	32.52	1.00	7.72	2.58	2.58	2.58
05-12-1998	49	0	0	161.7	88.5	1.30	0.06	0.00	2.87	0.75	2.15	1.20	2.58	1.20	168.00	0.50	84.00	165.42	162.83	32.52	1.00	0.00	0.00	2.58	2.58
06-12-1998	50	0	0	161.7	88.5	1.30	0.06	0.00	2.87	0.75	2.15	1.20	2.58	1.20	168.00	0.50	84.00	162.83	160.25	32.52	2.00	0.00	0.00	2.58	2.58
07-12-1998	51	0	0	161.7	88.5	1.30	0.06	0.00	2.87	0.75	2.15	1.20	2.58	1.20	168.00	0.50	84.00	160.25	157.67	32.52	3.00	0.00	0.00	2.58	2.58
08-12-1998	52	0	0	84.9	88.5	1.30	0.06	0.00	2.87	0.75	2.15	1.20	2.58	1.20	168.00	0.50	84.00	157.67	155.09	32.52	4.00	0.00	0.00	2.58	2.58
09-12-1998	53	0	0	10.3	56.5	7.70	0.38	0.00	2.87	0.75	2.15	1.20	2.58	1.20	168.00	0.50	84.00	155.09	152.50	32.52	5.00	0.00	0.00	2.58	2.58
10-12-1998	54	0	0	0	56.5	7.70	0.38	0.00	2.87	0.75	2.15	1.20	2.58	1.20	168.00	0.50	84.00	152.50	149.92	32.52	6.00	0.00	0.00	2.58	2.58
11-12-1998	55	0	0	0	56.5	7.70	0.38	0.00	3.18	0.75	2.39	1.20	2.86	1.20	168.00	0.50	84.00	149.92	147.06	29.35	6.32	0.00	0.00	2.86	2.86
12-12-1998	56	0	0	0	56.5	7.70	0.38	0.00	3.18	0.75	2.39	1.20	2.86	1.20	168.00	0.50	84.00	147.06	144.20	29.35	7.32	0.00	0.00	2.86	2.86
13-12-1998	57	1.3	1.3	0	56.5	7.70	0.01	1.30	3.18	0.75	2.39	1.20	2.86	1.20	168.00	0.50	84.00	144.20	142.63	29.35	8.32	0.00	1.30	2.86	2.86
14-12-1998	58	0.8	0.8	1.3	56.5	7.70	0.08	0.80	3.18	0.75	2.39	1.20	2.86	1.20	168.00	0.50	84.00	142.63	140.57	29.35	8.86	0.00	0.80	2.86	2.86
15-12-1998	59	6	6	2.1	56.5	7.70	1.64	6.00	3.18	0.75	2.39	1.20	2.86	1.20	168.00	0.50	84.00	140.57	143.71	29.35	9.58	0.00	6.00	2.86	2.86
16-12-1998	60	0	0	8.1	56.5	7.70	0.38	0.00	3.18	0.75	2.39	1.20	2.86	1.20	168.00	0.50	84.00	143.71	140.85	29.35	8.49	0.00	0.00	2.86	2.86
17-12-1998	61	21.3	21.3	8.1	56.5	7.70	14.22	21.30	3.18	0.75	2.39	1.20	2.86	1.20	168.00	0.50	84.00	140.85	159.29	29.35	9.49	0.00	21.30	2.86	2.86
18-12-1998	62	0	0	29.4	56.5	7.70	0.38	0.00	3.18	0.75	2.39	1.20	2.86	1.20	168.00	0.50	84.00	159.29	156.42	29.35	3.05	0.00	0.00	2.86	2.86
19-12-1998	63	0	0	28.1	56.5	7.70	0.38	0.00	3.18	0.75	2.39	1.20	2.86	1.20	168.00	0.50	84.00	156.42	153.56	29.35	4.05	0.00	0.00	2.86	2.86
20-12-1998	64	0	0	27.3	56.5	7.70	0.38	0.00	3.18	0.75	2.39	1.20	2.86	1.20	168.00	0.50	84.00	153.56	150.70	29.35	5.05	0.00	0.00	2.86	2.86
21-12-1998	65	7.2	7.2	21.3	56.5	7.70	2.40	7.20	2.09	0.75	1.57	1.20	1.88	1.20	168.00	0.50	84.00	150.70	156.02	44.66	9.20	0.00	7.20	1.88	1.88
22-12-1998	66	0	0	28.5	56.5	7.70	0.38	0.00	2.09	0.75	1.57	1.20	1.88	1.20	168.00	0.50	84.00	156.02	154.14	44.66	6.37	0.00	0.00	1.88	1.88
23-12-1998	67	48.2	48.2	7.2	56.5	7.70	40.05	48.20	2.09	0.75	1.57	1.20	1.88	1.20	168.00	0.50	84.00	154.14	166.12	44.66	7.37	34.34	13.86	1.88	1.88
24-12-1998	68	9.8	9.8	55.4	88.5	1.30	8.40	9.80	2.09	0.75	1.57	1.20	1.88	1.20	168.00	0.50	84.00	166.12	166.12	44.66	1.00	7.92	1.88	1.88	1.88
25-12-1998	69	0	0	65.2	88.5	1.30	0.06	0.00	2.09	0.75	1.57	1.20	1.88	1.20	168.00	0.50	84.00	166.12	164.24	44.66	1.00	0.00	0.00	1.88	1.88
26-12-1998	70	0	0	65.2	88.5	1.30	0.06	0.00	2.09	0.75	1.57	1.20	1.88	1.20	168.00	0.50	84.00	164.24	162.36	44.66	2.00	0.00	0.00	1.88	1.88
27-12-1998	71	0.1	0.1	58	88.5	1.30	0.02	0.10	2.09	0.75	1.57	1.20	1.88	1.20	168.00	0.50	84.00	162.36	160.58	44.66	3.00	0.00	0.10	1.88	1.88
28-12-1998	72	0	0	58.1	88.5	1.30	0.06	0.00	2.09	0.75	1.57	1.20	1.88	1.20	168.00	0.50	84.00	160.58	158.70	44.66	3.95	0.00	0.00	1.88	1.88
29-12-1998	73	13.3	13.3	9.9	56.5	7.70	7.11	13.30	2.09	0.75	1.57	1.20	1.88	1.20	168.00	0.50	84.00	158.70	166.12	44.66	4.95	4.00	9.31	1.88	1.88
30-12-1998	74	29.4	29.4	13.4	56.5	7.70	21.83	29.40	2.09	0.75	1.57	1.20	1.88	1.20	168.00	0.50	84.00	166.12	166.12	44.66	1.00	27.52	1.88	1.88	1.88
31-12-1998	75	6.6	6.6	42.8	75	3.33	3.80	6.60	2.09	0.75	1.57	1.20	1.88	1.20	168.00	0.50	84.00	166.12	166.12	44.66	1.00	4.72	1.88	1.88	1.88
01-01-1999	76	0	0	49.4	75	3.33	0.17	0.00	4.34	0.75	3.26	1.20	3.91	1.20	168.00	0.50	84.00	166.12	162.21	21.51	0.48	0.00	0.00	3.91	3.91
02-01-1999	77	14.2	14.2	49.3	75	3.33	10.86	14.20	4.34	0.75	3.26	1.20	3.91	1.20	168.00	0.50	84.00	162.21	164.09	21.51	1.48	8.41	5.79	3.91	3.91
03-01-1999	78	18.6	18.6	63.5	88.5	1.30	17.13	18.60	4.34	0.75	3.26	1.20	3.91	1.20	168.00	0.50	84.00	164.09	164.09	21.51	1.00	14.69	3.91	3.91	3.91
04-01-1999	79	0.1	0.1	68.8	88.5	1.30	0.02	0.10	4.34	0.75	3.26	1.20	3.91	1.20	168.00	0.50	84.00	164.09	160.29	21.51	1.00	0.00	0.10	3.91	3.91
05-01-1999	80	0	0	39.5	75	3.33	0.17	0.00	4.34	0.75	3.26	1.20	3.91	1.20	168.00	0.80	134.40	160.29	156.38	34.41	1.97	0.00	0.00	3.91	3.91
06-01-1999	81	0	0	32.9	56.5	7.70	0.38	0.00	4.34	0.75	3.26	1.17	3.79	1.20	168.00	0.80	134.40	156.38	152.59	35.44	3.06	0.00	0.00	3.79	3.79
07-01-1999	82	0	0	32.9	56.5	7.70	0.38	0.00	4.34	0.75	3.26	1.13	3.68	1.20	168.00	0.80	134.40	152.59	148.91	36.54	4.19	0.00	0.00	3.68	3.68
08-01-1999	83	0	0	18.7	56.5	7.70	0.38	0.00	4.34	0.75	3.26	1.10	3.56	1.20	168.00	0.80	134.40	148.91	145.35	37.71	5.36	0.00	0.00	3.56	3.56
09-01-1999	84	0	0	0.1	56.5	7.70	0.38	0.00	4.34	0.75	3.26	1.06	3.45	1.20	168.00	0.80	134.40	145.35	141.90	38.95	6.57	0.00	0.00	3.45	3.45
10-01-1999	85	0	0	0	56.5	7.70	0.38	0.00	4.34	0.75	3.26	1.03	3.34	1.20	168.00	0.80	134.40	141.90	138.56	40.28	7.82	0.00	0.00	3.34	3.34
11-01-1999	86	0	0	0	56.5	7.70	0.38	0.00	4.86	0.75	3.65	0.99	3.61	1.20	168.00	0.80	134.40	138.56	134.95	37.24	8.16	0.00	0.00	3.61	3.61
12-01-1999	87	15.4	15.4	0	56.5	7.70	8.91	15.40	4.86	0.75	3.65	0.96	3.48	1.20	168.00	0.80	134.40	134.95	146.87	38.61	9.49	0.00	15.40	3.48	3.48
13-01-1999	88	7.6	7.6	15.4	56.5	7.70	2.67	7.60	4.86	0.75	3.65	0.92	3.35	1.20	168.00	0.80	134.40	146.87	151.12	40.08	6.30	0.00	7.60	3.35	3.35
14-01-1999	89	3.5	3.5	23	56.5	7.70	0.40	3.50	4.86	0.75	3.65	0.89	3.23	1.20	168.00	0.80	134.40	151.12	151.39	41.66	5.23	0.00	3.50	3.23	3.23
15-01-1999	90	1.6	1.6	26.5	56.5	7.70	0.00	1.60	4.86	0.75	3.65	0.85	3.10	1.20	168.00	0.80	134.40	151.39	149.89	43.38	5.36	0.00	1.60	3.10	3.10
16-01-1999	91	3	3	28.1	56.5	7.70	0.23	3.00	4.86	0.75	3.65	0.82	2.97	1.20	168.00	0.80	134.40	149.89	149.92	45.24	6.09	0.00	3.00	2.97	2.97
17-01-1999	92	0	0	31.1	56.5	7.70	0.38	0.00	4.86	0.75	3.65	0.78	2.84	1.20	168.00	0.80	134.40	149.92	147.08	47.27	6.36	0.00	0.00	2.84	2.84
18-01-1999	93	0	0	15.7	56.5	7.70	0.38	0.00	4.86	0.75	3.65	0.75	2.72	1.20	168.00	0.80	134.40	147.08	144.36	49.49	7.70	0.00	0.00	2.72	2.72
19-01-1999	94	0	0	8.1	56.5	7.70	0.38	0.00	4.86	0.75	3.65	0.71	2.59	1.20	168.00	0.80	134.40	144.36	141.78	51.93	9.13	0.00	0.00	2.59	2.59
20-01-1999	95	0	0	4.6	56.5	7.70	0.38	0.00	4.86	0.75	3.65	0.68	2.46	1.20	168.00	0.80	134.40	141.78	139.32	54.63	10.66	0.00	0.00	2.46	2.46
21-01-1999	96	1.6	1.6	3	56.5	7.70	0.00	1.60	4.51	0.75	3.38	0.64	2.16	1.20	168.00	0.80	134.40	139.32	138.75	62.08	13.25	0.00	1.60	2.16	2.16
22-01-1999	97	9.5	9.5	1.6	56.5	7.70	4.05	9.50	4.51	0.75	3.38	0.61	2.05	1.20	168.00	0.80	134.40	138.75	146.21	65.68	14.29	0.00	9.50	2.05	2.05
23-01-1999	98	10.3	10.3	11.1	56.5	7.70	4.66	10.30	4.51	0.75	3.38	0.57	1.93	1.20	168.00	0.80	134.40	146.21	154.58	69.71	11.30	0.00	10.30	1.93	1.93
24-01-1999	99	0	0	21.4	56.5	7.70	0.38	0.00	4.51	0.75	3.38	0.54	1.81	1.20	168.00	0.80	134.40	154.58	152.77	74.27	7.42	0.00	0.00	1.81	1.81
25-01-1999	100	0	0	21.4	56.5	7.70	0.38	0.00	4.51	0.75	3.38	0.50	1.69	1.20	168.00	0.80	134.40	152.77	151.08	79.47	9.01	0.00	0.00	1.69	1.69

Dados de cultura

Fases	Duracao	p	Kc	Ky	Dr (m)
1	15	0.5	0.3	0.4	0.2
2	30			0.4	
3	35	0.5	1.2	1.3	1
4	20	0.8	0.5	0.5	1
	100			1.25	

Dados de Solo

AD (mm/m)		140
θcc (mm/m)		
θpep (mm/m)		
infilt. Solo (mm/day)		40
Profundidade (m)		9

ANEXO 2: Sumário dos resultados do estudo

Tabela 1:

Ano	Pr (fase I)	Pr (fase I)	Pr (fase I)	Pr (fase I)	Pr Total	Prob	Eta/Etp (I)	Eta/Etp(II)	Eta/Etp(III)	Eta/Etp(IV)	Pef	Dp	Ya/Yp (I)	Ya/Yp (II)	Ya/Yp (III)	Ya/Yp (IV)	Ya/Yp (Total)	Ya/Yp (genericol)
1961	57.70	195.40	56.30	37.20	346.60	40.00	0.59	0.84	0.16	0.50	216.32	130.28	0.84	0.94	0.00	0.75	0.00	0.23
1962	9.50	112.10	126.70	16.90	265.20	65.71	0.66	0.34	0.78	0.75	255.70	9.50	0.86	0.74	0.71	0.87	0.40	0.53
1963	17.90	37.90	184.00	51.00	290.80	57.14	0.68	0.23	0.46	0.93	281.80	9.00	0.87	0.69	0.29	0.96	0.17	0.34
1964	12.40	83.20	368.30	15.40	479.30	11.43	0.69	0.29	0.77	1.00	344.78	134.52	0.88	0.71	0.70	1.00	0.44	0.56
1965	52.50	43.60	336.80	22.50	455.40	17.14	0.89	0.18	0.52	0.47	285.56	169.84	0.95	0.67	0.37	0.74	0.17	0.26
1966	112.90	396.70	111.90	20.60	642.10	2.86	1.00	1.00	0.74	0.79	308.32	333.78	1.00	1.00	0.66	0.90	0.59	0.81
1967	5.80	29.80	144.70	17.50	197.80	77.14	0.69	0.02	0.36	1.00	197.80	0.00	0.88	0.61	0.17	1.00	0.09	0.21
1969	43.70	148.70	127.30	8.40	328.10	42.86	0.85	0.99	0.66	0.83	276.64	51.46	0.94	0.99	0.55	0.92	0.48	0.74
1970	239.90	37.90	89.60	3.30	370.70	25.71	1.00	0.72	0.39	0.96	171.39	199.31	1.00	0.89	0.20	0.98	0.18	0.52
1971	34.80	25.30	99.30	51.50	210.90	71.43	0.90	0.71	0.61	1.00	210.90	0.00	0.96	0.88	0.49	1.00	0.41	0.65
1972	24.70	54.30	181.40	10.00	270.40	62.86	0.82	0.45	0.48	1.00	242.54	27.86	0.93	0.78	0.32	1.00	0.23	0.47
1973	153.70	20.90	161.50	10.90	347.00	37.14	0.81	0.55	0.74	0.54	243.06	103.94	0.92	0.82	0.67	0.77	0.39	0.56
1974	9.70	40.20	223.60	33.60	307.10	51.43	0.60	0.50	0.53	1.00	263.58	43.52	0.84	0.80	0.39	1.00	0.26	0.50
1975	45.40	105.90	343.80	83.00	578.10	5.71	0.87	0.85	0.81	1.00	332.72	245.38	0.95	0.94	0.76	1.00	0.67	0.82
1977	41.90	191.90	156.60	146.00	536.40	8.57	0.69	1.00	1.00	1.00	306.88	229.52	0.87	1.00	1.00	1.00	0.87	0.97
1979	24.30	122.10	65.00	41.60	253.00	68.57	0.78	0.86	0.54	0.83	243.92	9.08	0.91	0.94	0.40	0.91	0.32	0.62
1980	55.70	82.70	236.40	7.90	382.70	22.86	1.00	1.00	1.00	1.00	284.39	98.31	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1981	23.10	109.50	131.50	94.30	358.40	28.57	1.00	0.82	0.96	0.99	338.59	19.81	1.00	0.93	0.94	0.99	0.87	0.91
1982	6.00	9.70	32.30	116.50	164.50	85.71	0.68	0.41	0.11	0.33	163.00	1.50	0.87	0.76	0.00	0.67	0.00	0.05
1983	38.40	54.00	192.80	23.20	308.40	48.57	0.64	0.65	0.58	1.00	272.37	36.03	0.85	0.86	0.45	1.00	0.33	0.60
1984	12.50	88.70	111.80	82.10	295.10	54.29	0.66	0.65	0.75	1.00	295.10	0.00	0.86	0.86	0.68	1.00	0.50	0.69
1985	30.40	84.00	60.50	29.90	204.80	74.29	1.00	0.84	0.49	0.70	198.80	6.00	1.00	0.94	0.34	0.85	0.27	0.56
1986	38.00	52.80	51.20	42.30	184.30	80.00	0.93	0.62	0.35	0.36	162.50	21.80	0.97	0.85	0.15	0.68	0.08	0.32
1987	8.20	4.70	111.10	2.30	126.30	88.57	1.00	0.41	0.36	0.86	126.30	0.00	1.00	0.76	0.17	0.93	0.12	0.33
1988	70.70	2.90	5.50	4.50	83.60	94.29	1.00	0.87	0.27	0.28	50.16	33.44	1.00	0.95	0.05	0.64	0.03	0.33
1989	14.40	117.30	166.60	90.90	389.20	20.00	0.95	0.72	1.00	1.00	336.56	52.64	0.98	0.89	1.00	1.00	0.87	0.90
1990	95.00	90.30	53.30	41.00	279.60	60.00	1.00	1.00	0.47	0.86	229.07	50.53	1.00	1.00	0.30	0.93	0.28	0.62
1991	6.30	23.80	1.20	9.20	40.50	97.14	0.62	0.39	0.10	0.13	40.50	0.00	0.85	0.76	0.00	0.56	0.00	0.01
1992	2.50	181.30	64.40	78.60	326.80	45.71	0.72	0.96	0.46	1.00	262.15	64.65	0.89	0.99	0.30	1.00	0.26	0.62
1993	40.50	66.10	67.10	8.20	181.90	82.86	1.00	0.93	0.53	0.42	175.68	6.22	1.00	0.97	0.39	0.71	0.27	0.55
1994	1.20	59.60	2.40	47.40	110.60	91.43	0.52	0.56	0.12	0.40	110.60	0.00	0.81	0.82	0.00	0.70	0.00	0.12
1995	0.00	240.40	89.20	23.50	353.10	34.29	0.55	0.85	1.00	1.00	252.00	101.10	0.82	0.94	1.00	1.00	0.77	0.91
1996	39.90	141.80	123.20	52.30	357.20	31.43	0.81	0.94	1.00	1.00	283.11	74.09	0.93	0.97	1.00	1.00	0.90	0.96
1998	2.80	81.70	338.60	52.50	475.60	14.29	0.49	0.77	0.99	1.00	326.94	148.66	0.79	0.91	0.99	1.00	0.71	0.88

Tabela 2: Valores de ETa/ETp obtidos nos anos de 1961 a 1998 para os factores de captação de 1 a 5

	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
1961	0.38	0.44	0.49	0.51	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57
1962	0.62	0.74	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.78	0.78
1963	0.47	0.55	0.57	0.58	0.60	0.61	0.63	0.65	0.67
1964	0.65	0.68	0.72	0.73	0.73	0.74	0.74	0.74	0.75
1965	0.41	0.43	0.45	0.48	0.50	0.52	0.54	0.55	0.57
1966	0.84	0.91	0.93	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98
1967	0.37	0.45	0.53	0.56	0.56	0.57	0.58	0.62	0.62
1969	0.79	0.86	0.89	0.91	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95
1970	0.61	0.66	0.73	0.81	0.84	0.87	0.90	0.92	0.95
1971	0.72	0.80	0.87	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94
1972	0.58	0.62	0.66	0.73	0.80	0.87	0.90	0.90	0.91
1973	0.65	0.79	0.80	0.81	0.84	0.86	0.86	0.86	0.86
1974	0.60	0.64	0.68	0.72	0.75	0.79	0.84	0.89	0.93
1975	0.86	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.88
1977	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
1979	0.70	0.78	0.79	0.80	0.82	0.83	0.85	0.86	0.87
1980	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1981	0.93	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
1982	0.24	0.26	0.29	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.43
1983	0.68	0.81	0.88	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90
1984	0.75	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.95	0.95
1985	0.65	0.81	0.89	0.94	0.95	0.96	0.98	0.98	0.98
1986	0.45	0.54	0.63	0.72	0.81	0.88	0.91	0.93	0.93
1987	0.46	0.57	0.59	0.62	0.64	0.67	0.69	0.69	0.70
1988	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
1989	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97
1990	0.69	0.76	0.81	0.83	0.85	0.86	0.88	0.89	0.90
1991	0.21	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.33	0.36	0.38
1992	0.70	0.71	0.72	0.72	0.72	0.73	0.73	0.73	0.74
1993	0.64	0.78	0.89	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98
1994	0.29	0.33	0.38	0.42	0.47	0.51	0.53	0.53	0.53
1995	0.93	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
1996	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
1998	0.90	0.94	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
media	0.65	0.71	0.74	0.76	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82
desvio padrao	0.22	0.22	0.21	0.21	0.20	0.20	0.19	0.19	0.18

Tabela 3: Valores de Pe/Pt obtidos nos anos de 1961 a 1998 para os factores de captação de 1 a 5.

Fc	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
Pe	237.93	268.31	285.53	298.46	307.52	314.22	319.13	323.44	326.93
Pt	308.87	463.30	617.74	772.17	926.60	1081.04	1235.47	1389.90	1544.34
Pe/Pt	0.77	0.58	0.46	0.39	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21

Tabela 4: Rendimentos relativos obtidos nos anos 1961 a 1998 para os factores de captação de 1 a 5

	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
1961	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.05	0.06	0.08	0.10
1962	0.40	0.59	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
1963	0.17	0.28	0.30	0.33	0.35	0.36	0.38	0.41	0.43
1964	0.44	0.47	0.50	0.53	0.53	0.55	0.55	0.55	0.57
1965	0.17	0.19	0.23	0.24	0.25	0.27	0.29	0.31	0.34
1966	0.59	0.74	0.80	0.84	0.88	0.91	0.93	0.93	0.93
1967	0.09	0.23	0.37	0.42	0.43	0.43	0.45	0.48	0.48
1969	0.48	0.60	0.70	0.74	0.76	0.77	0.80	0.84	0.84
1970	0.18	0.27	0.41	0.59	0.65	0.71	0.76	0.82	0.87
1971	0.41	0.57	0.72	0.78	0.80	0.82	0.83	0.84	0.86
1972	0.23	0.29	0.37	0.48	0.63	0.77	0.83	0.84	0.84
1973	0.39	0.61	0.64	0.66	0.72	0.75	0.76	0.76	0.76
1974	0.26	0.32	0.38	0.44	0.51	0.58	0.67	0.77	0.87
1975	0.67	0.70	0.70	0.70	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
1977	0.87	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
1979	0.32	0.47	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.63	0.66
1980	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1981	0.87	0.93	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05
1983	0.33	0.56	0.68	0.69	0.70	0.70	0.70	0.71	0.71
1984	0.50	0.73	0.80	0.81	0.84	0.86	0.89	0.92	0.93
1985	0.27	0.56	0.75	0.85	0.89	0.92	0.95	0.98	0.98
1986	0.08	0.17	0.29	0.43	0.59	0.70	0.75	0.80	0.81
1987	0.12	0.30	0.33	0.37	0.40	0.47	0.50	0.51	0.51
1988	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
1989	0.87	0.89	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95
1990	0.28	0.41	0.51	0.57	0.62	0.66	0.69	0.72	0.76
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1992	0.26	0.28	0.30	0.32	0.32	0.32	0.33	0.33	0.35
1993	0.27	0.51	0.75	0.94	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
1994	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.07	0.07	0.07
1995	0.77	0.77	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
1996	0.90	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
1998	0.71	0.76	0.77	0.77	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
media	0.38	0.47	0.53	0.56	0.59	0.61	0.63	0.64	0.66
desvio padrao	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31

ANEXO 3: Valores de CN para diferentes tipos de solos, condição de humidade e cobertura vegetal

Table 12: CN VALUES FOR WATERSHED CONDITION II FOR DIFFERENT TYPES OF LAND USE

Land use or cover	Treatment or practice	State	Hydrological soil class			
			A	B	C	D
Fallow	Straight row	Poor	77	86	91	94
Row crops	Straight row	Poor	72	81	88	91
	Straight row	Good	67	78	85	89
	Contoured	Poor	70	79	84	88
	Contoured	Good	65	75	82	86
	Contoured and terraced	Poor	66	74	80	82
	Contoured and terraced	Good	62	71	78	81
Small grain	Straight row	Poor	65	76	84	88
	Straight row	Good	63	75	83	87
	Contoured	Poor	63	74	82	85
	Contoured	Good	61	73	81	84
	Contoured and terraced	Poor	61	72	79	82
	Contoured and terraced	Good	59	70	78	81
Closed-seeded legumes or rotation meadow	Straight row	Poor	66	77	85	89
	Straight row	Good	58	72	81	85
	Contoured	Poor	64	75	83	85
	Contoured	Good	55	69	78	83
	Contoured and terraced	Poor	63	73	80	83
	Contoured and terraced	Good	51	67	76	80
Pasture or		Poor	68	79	86	89
range		Pair	49	69	79	84
		Good	39	61	74	80
	Contoured	Poor	47	67	81	88
	Contoured	Pair	25	59	75	83
	Contoured	Good	6	35	70	79
Meadow		Good	30	58	71	78
(permanent)		Poor	45	66	77	83
Woodlands		Pair	36	60	73	79

(farm woodlots)			Good	25	55	70	77

Table 13: CN NUMBERS FOR DIFFERENT MOISTURE CONDITIONS AND S VALUES

CN for condition II	CN		S-values mm	CN for condition II	CN		S-values mm
	I	III			I	III	
100	100	100	0.0	58	38	76	181.0
98	94	99	5.1	56	36	75	196.5
96	89	99	10.4	54	34	73	213.0
94	85	98	15.9	52	32	71	230.7
92	81	97	21.7	50	31	70	250,0
90	78	96	27.7	48	29	68	270.0
88	75	95	34.0	46	27	66	292.5
86	72	94	40.7	44	25	64	317.5
84	68	93	47.5	42	24	62	345.0
82	66	92	55.0	40	22	60	375.0
80	63 .	91	62.5	38	21	58	407.5
78	60	90	70.5	36	19	56	445.0
76	58	89	79.0	34	18	54	485.0
74	55	88	87.7	32	16	52	530.0
72	53	86	97.2	30	15	50	582.5

Table 13 continued

CN for condition II	cm		S-values mm	CN for condition II	CN		S-values mm
	I	III			I	III	
70	51	85	107.0	25	12	43	750.0
68	48	84	117.5	20	9	37	1000.0
66	46	82	128.7	15	6	30	1417.5
64	44	81	140.5	10	4	22	2250.0
62	42	79	153.2	5	2	13	4750.0
60	40	78	166.7	0	0	0	Infinity

Table 14: RUN-OFF UNDER DIFFERENT CN VALUES AND RATES OF RAINFALL IN mm

Rainfall mm	CN values						
	70	65	70	75	80	85	90
25.0	0	0	0	0.75	2.0	4.25	8.0
30.0	0	0	0.75	1.75	3.75	7.0	11.5
35.0	0	0.50	1.50	3.25	6.0	9.75	15.2
40.0	0.25	1.25	2.75	5.0	8.50	13.0	19.0
45.0	0.75	2.25	4.25	7.25	11.0	16.2	23.2

50.0	1.50	3.50	6.0	9.50	14.0	20.0	27.2
62.5	4.25	7.50	11.5	16.2	22.2	29.5	38.2
75.0	8.25	12.7	18.0	24.0	31.2	39.7	49.5
100.0	19.0	25.7	33.2	41.7	51.0	61.5	73.0
125.0	32.5	41.2	51.0	61.2	72.2	84.2	97.0
150.0	48.0	58.7	70.0	82.0	94.5	107.7	121.2
175.0	65.0	77.5	90.5	103.7	117.2	131.5	145.5
200.0	83.2	97.5	111.7	126.0	140.5	155.5	170.2
225.0	102.5	118.0	133.5	148.7	164.2	179.7	194.7
250.0	122.5	139.2	155.7	172.0	188.0	204.0	219.5
275.0	143.0	161.0	178.2	195.5	212.0	228.5	244.2
300.0	164.0	183.0	201.2	219.0	236.2	253.0	269.0

ANEXO 4: Correlações de rendimento relativos e défices hídricos nas fases I, II e IV.

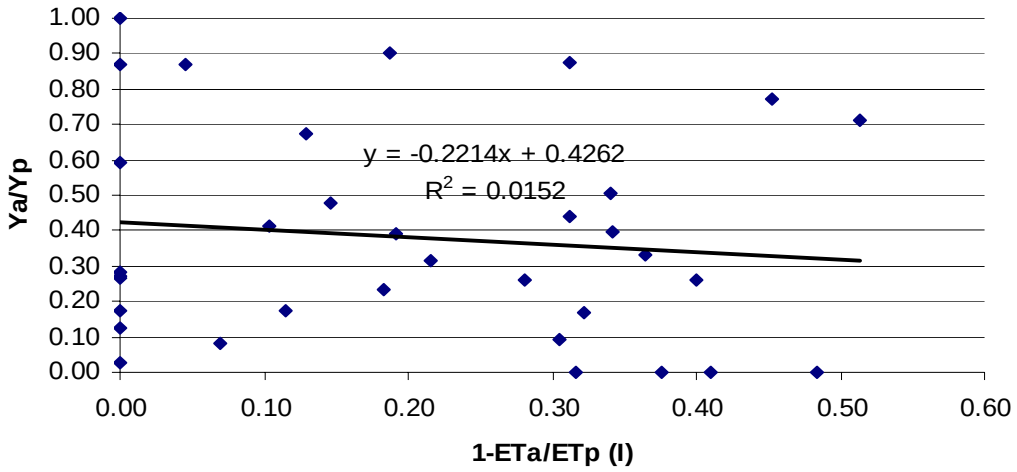

Figura 1: Correlações de rendimento relativos e défices hídricos nas fases I.

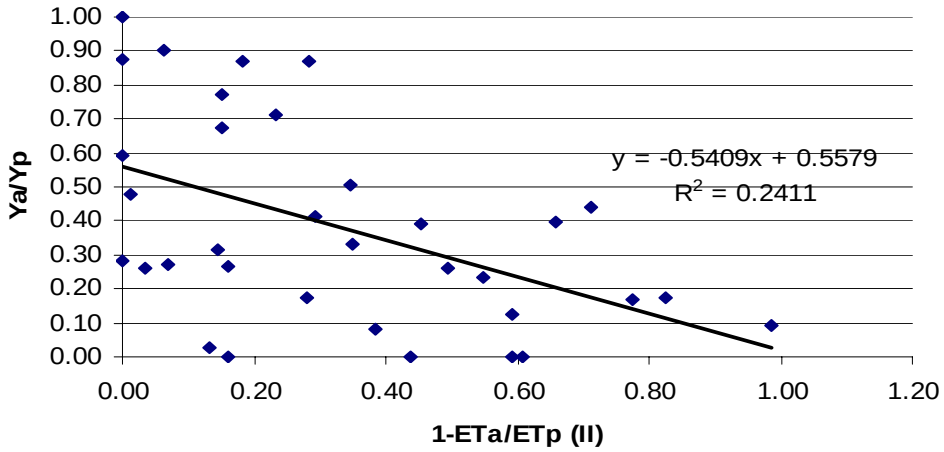

Figura 2: Correlações de rendimento relativos e défices hídricos nas fases II.

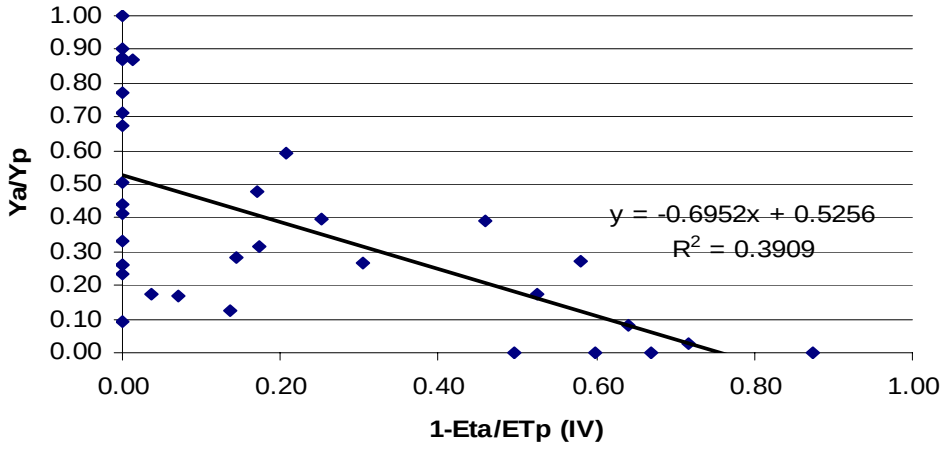

Figura 3: Correlações de rendimento relativos e défices hídricos nas fases IV.

ANEXO 5: Correlações de rendimento relativos e Precipitação total ao longo do ciclo da cultura e nas fases I, II, III e IV.

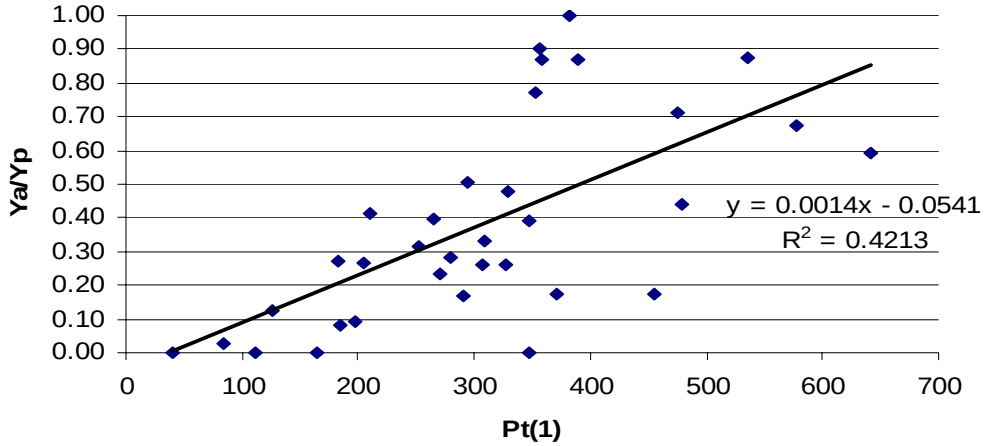

Figura 1: Correlações de rendimento relativos e Precipitação total ao longo do ciclo.

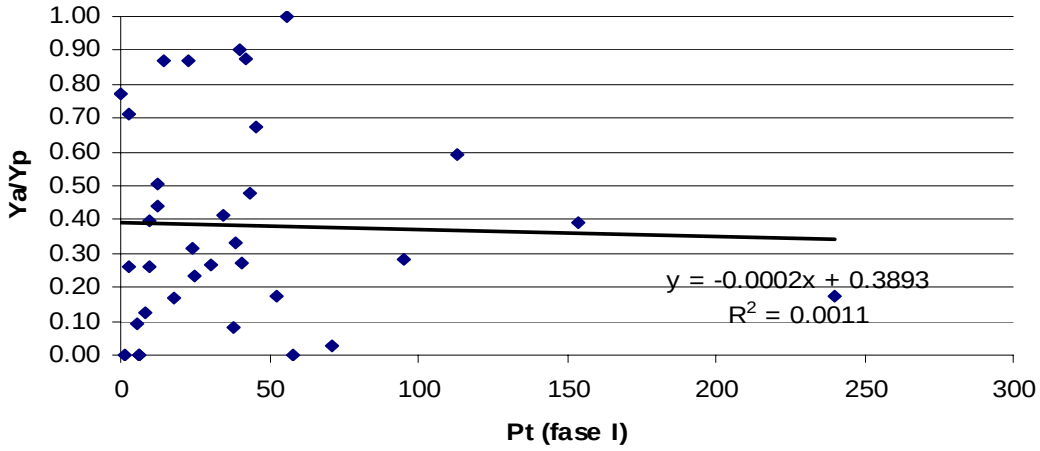

Figura 2: Correlações de rendimento relativos e Precipitação total da fase I.

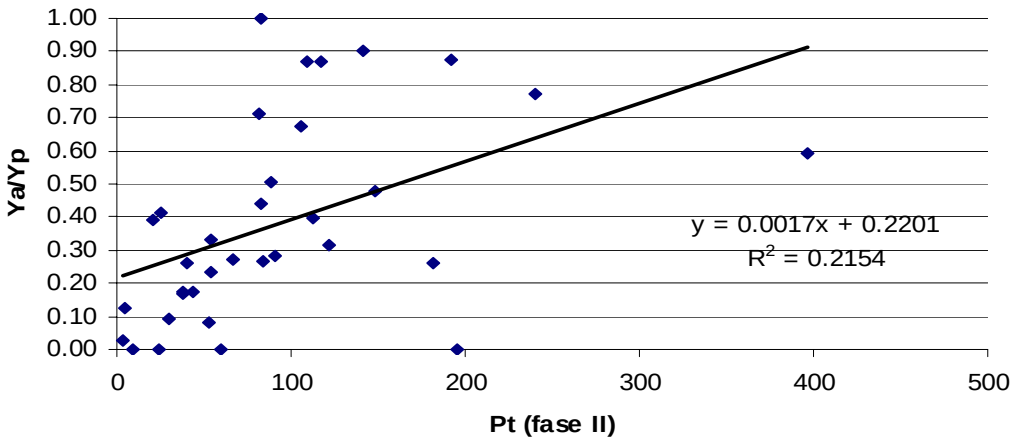

Figura 3: Correlações de rendimento relativos e Precipitação total da fase II.

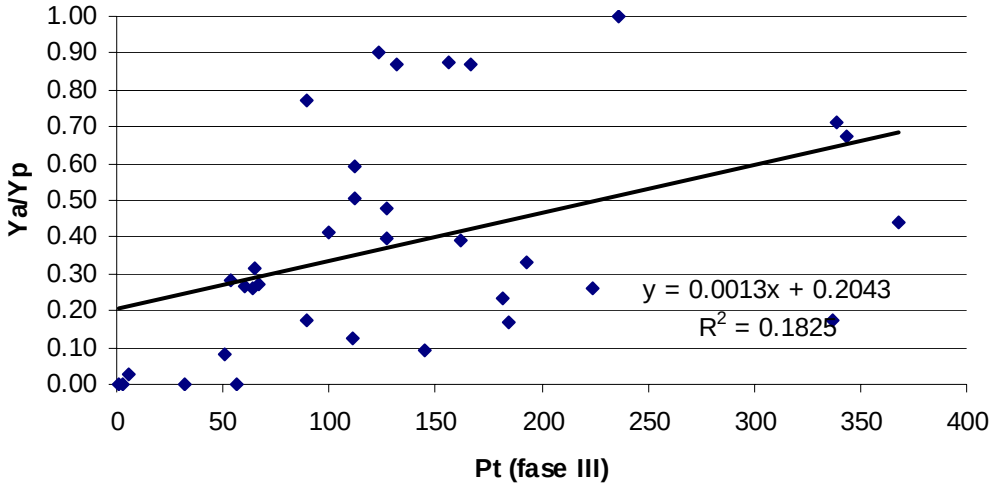

Figura 4: Correlações de rendimento relativos e Precipitação total da fase III.

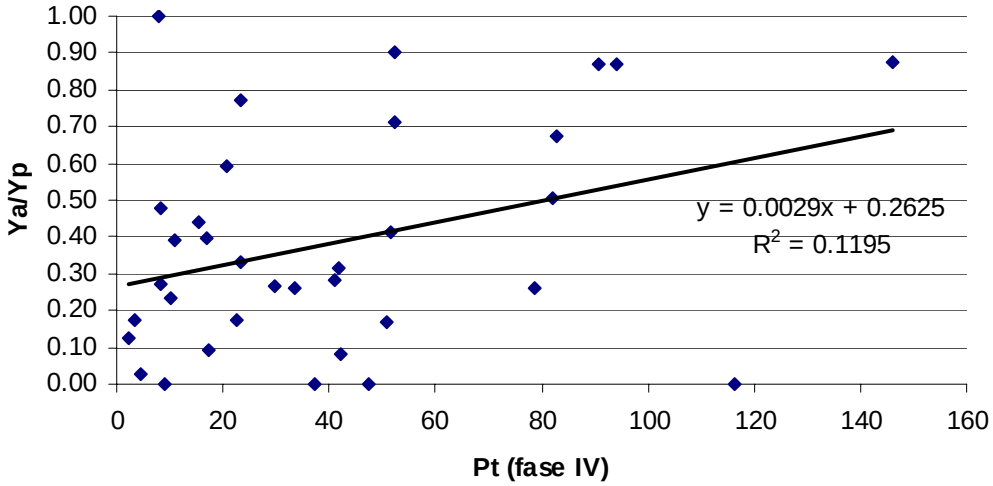

Figura 5: Correlações de rendimento relativos e Precipitação total da fase IV.

ANEXO 6: Correlações de rendimento relativos e Precipitação total ao longo do ciclo da cultura nos factores de captação de 1.5 a 5.

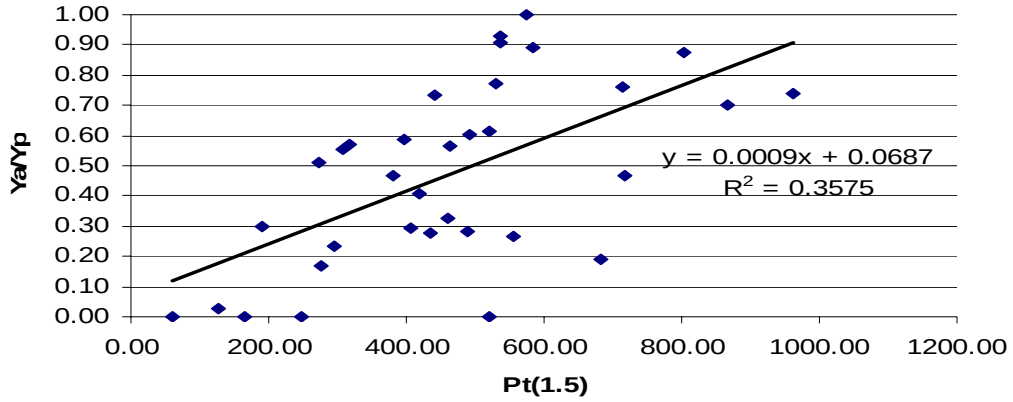

Figura 1: Correlações de rendimento relativos e Precipitação total do factor de captação 1.5.

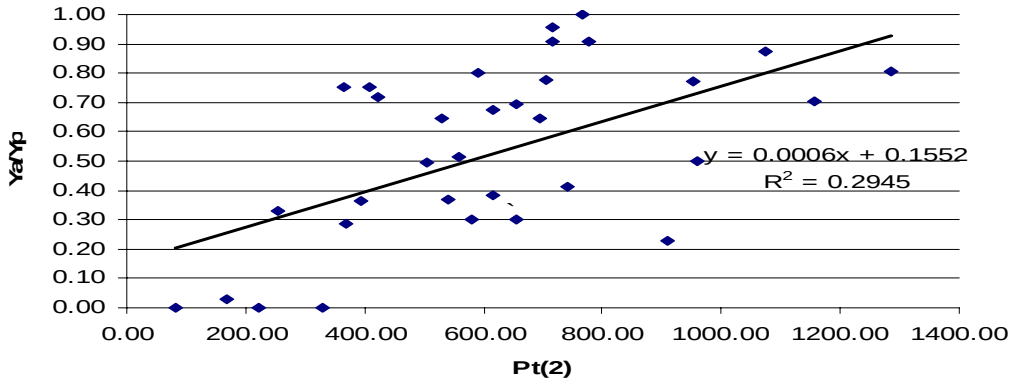

Figura 2: Correlações de rendimento relativos e Precipitação total do factor de captação 2.

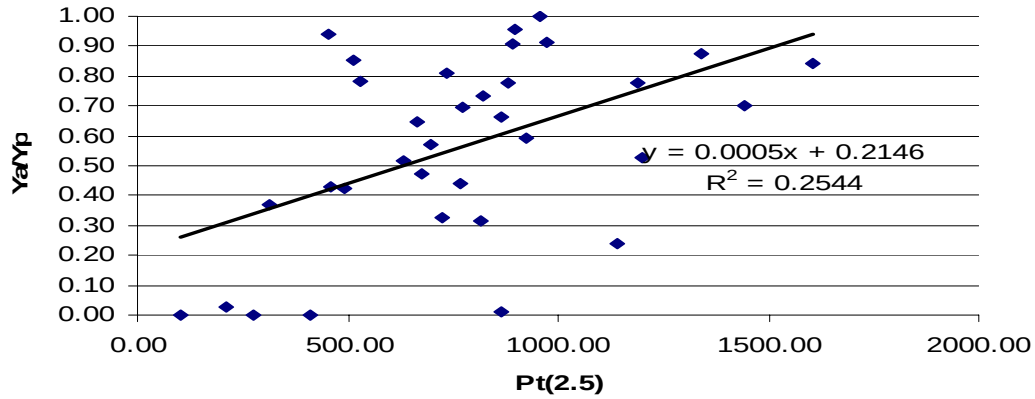

Figura 3: Correlações de rendimento relativos e Precipitação total do factor de captação 2.5.

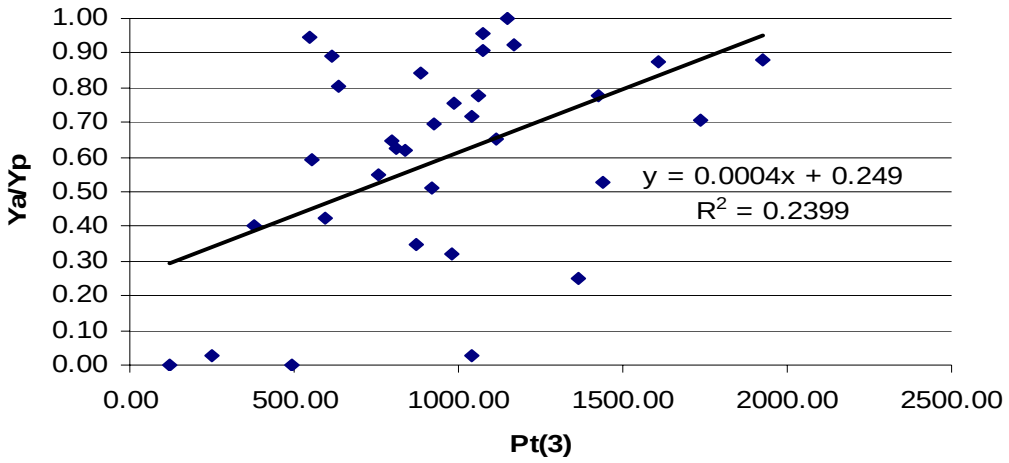

Figura 4: Correlações de rendimento relativos e Precipitação total do factor de captação 3.

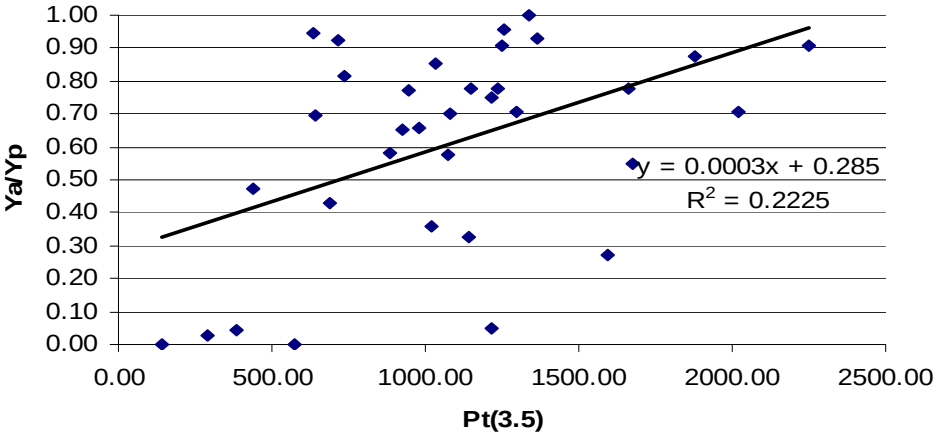

Figura 5: Correlações de rendimento relativos e Precipitação total do factor de captação 3.5.

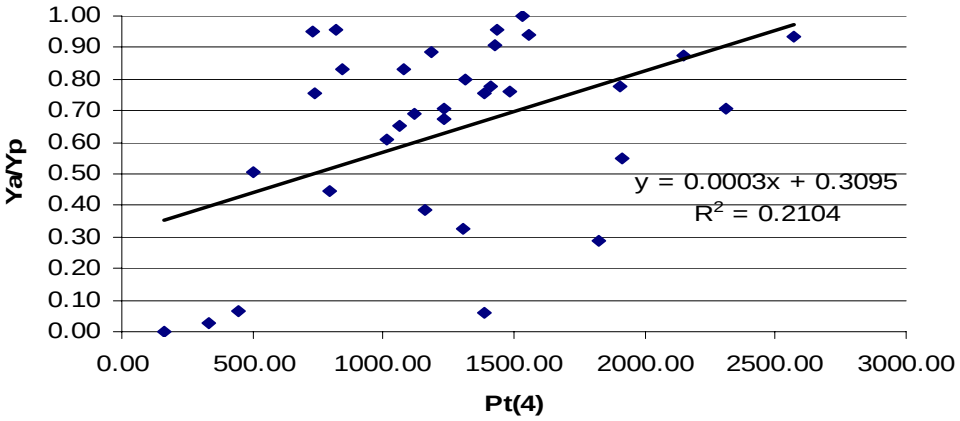

Figura 6: Correlações de rendimento relativos e Precipitação total do factor de captação 4.

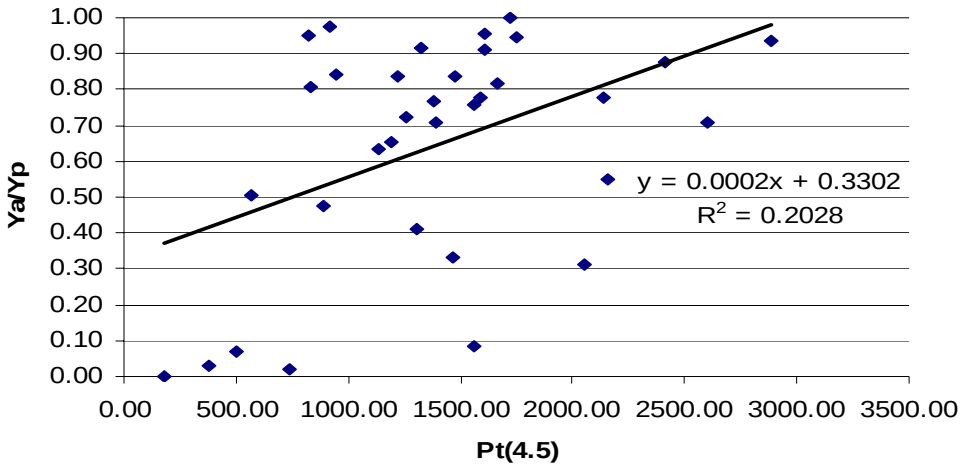

Figura 7: Correlações de rendimento relativos e Precipitação total do factor de captação 4.5.

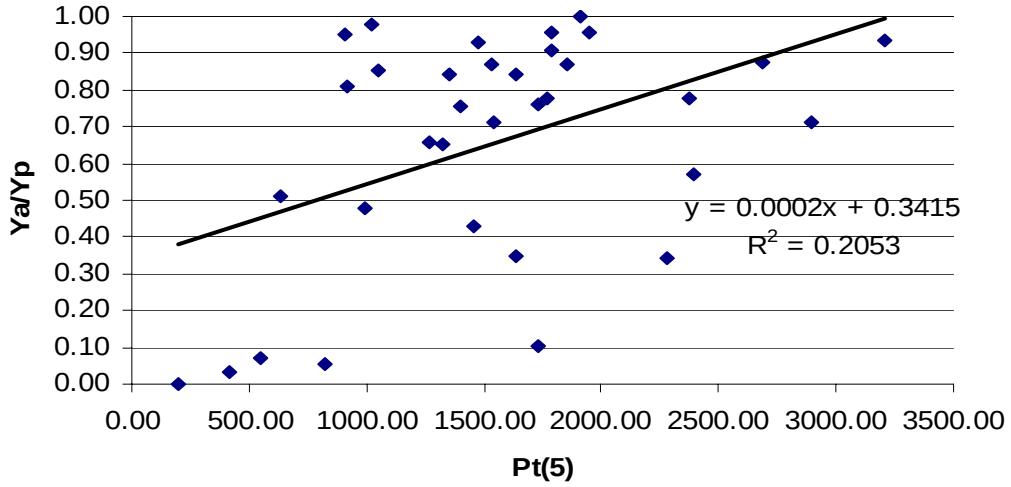

Figura 8: Correlações de rendimento relativos e Precipitação total do factor de captação 5.