



ESCOLA SUPERIOR DE DESENVOLVIMENTO RURAL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

Balanço Hídrico Climatológico dos Distritos de Boane e Chokwé

Licenciatura em Engenharia Rural

Autor:

António Camilo Matlhombe

Vilankulo, Maio de 2015

António Camilo Matlhombe

Balanço Hídrico Climatológico dos Distritos de Boane e Chokwé

Trabalho de Culminação de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Rural da Universidade
Eduardo Mondlane – Escola Superior
De Desenvolvimento Rural para a
Obtenção do grau de Licenciatura
Em Engenharia Rural

Supervisor

dr. Edgar José do Rosário Inácio Faria, MSc

UEM - ESUDER

Vilankulo

2015

DECLARAÇÃO DE HONRA

António Camilo Matlhombe, declaro por minha honra a verdade sobre a originalidade do presente trabalho, que nunca foi apresentado em nenhuma instituição para a obtenção de qualquer grau académico, em que os dados para sua elaboração foram por mim levantados nos devidos locais, e que o mesmo constitui o resultado da minha investigação pessoal e das orientações do supervisor, estando indicadas no texto e nas referências bibliográficas, as fontes utilizadas.

Vilankulo, ___ de Maio de 2015

(António Camilo Matlhombe)

Aprovação do Júri

Este trabalho foi aprovado no dia _____ de _____ de 2015 por nós, membros do júri examinador da Escola Superior de Desenvolvimento Rural da Universidade Eduardo Mondlane, com a nota de _____ Valores

(Presidente do Júri)

(Arguente)

(Supervisor)

DEDICATÓRIA

Dedico essa pesquisa aos meus pais:

*Camilo Matlhombe e Otilia Matlhombe, pela
confiança e Perseverança em mim depositada,
Vos amo de coração.*

*Em seguida ao meu único irmão Brito
Matlhombe, e a minha prima adorável Elsa
Maria Fumo (em memória).*

*Por último e em especial ao Milton Matlhombe
e sua irmãzinha vos amo com todas minhas
forças.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar manifesto o meu especial agrado ao santíssimo Pai Omnipotente e Glorioso, pela graça e bênção de realizar um dos meus maiores sonhos.

A minha família pelo apoio incondicional da realização do presente curso, em especial aos meus pais pelos ensinamentos construtivos. Tudo que sou hoje devo muito a vos.

Aos meteorologistas: Célio do Instituto Nacional de Meteorologia (INAM) da delegação de Maputo Cidade, Milagre do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM) no sector da agro meteorologia, Gabriel Niquisse do INAM da delegação da cidade de XAI-XAI.

Aos docentes da Escola Superior de Desenvolvimento Rural (ESUDER), em especial aos do departamento de Engenharia Rural, pela participação pró activa ao longo da realização do presente curso.

Um especial agradecimento endereço ao Engenheiro Tangune por me propor o desafio da presente pesquisa e ao meu supervisor dr. Edgar Faria pela paciência e acompanhamento técnico na realização da presente pesquisa.

Meu muito obrigado ao amigo e colega do curso Xavier Chivale, pelo apoio em todos sentidos, desde os momentos mais difíceis da vida ate aos da faculdade, ao meu grande amigo António Machava pelo todo apoio que tem me prestado e ao gestor do lar residencial da ESUDER Eduardo Vilanculos. Também ao Rafael Machava vai o meu especial agradecimento.

Aos colegas e amigos: Agostinho Nhaca, Altino Milambo, Amiro dos Santos, Armindo Culeco, Atanásio Siteo, Carlos Cumbane, David Mucambe, Edgar Chinhama, Helder Chicache, Hamida Mazive, Idalencio Chihava, Jeremias Sinalo, Jonas Mavie, Milton Simbinde, Natercia Langa, Orlando Simbine, Salvador Sambo, Sofia Lipico, Yolanda Lopes, e aos demais não mencionados que directa ou indirectamente tornaram possível a realização do meu curso assim como do presente trabalho.

Eternamente estarão gravados em meu livro "memórias da vida".

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABREVIATURAS

ALT:	Alteração;
ARM:	Armazenamento de água no solo;
BH:	Balanço hídrico;
BHC:	Balanço Hídrico climatológico;
BMA:	Boletim meteorológico para agricultura;
CAD:	Capacidade máxima de água disponível;
DEF:	Deficiência hídrica;
ETP:	Evapotranspiração potencial;
ETPc:	Evapotranspiração potencial corrigida;
ETR:	Evapotranspiração Real;
ET_o:	Evapotranspiração de referência;
EXC:	Excedente hídrico;
IAF:	Índice de área foliar;
Ia:	Índice de aridez;
Ih:	Índice hídrico;
Im:	Índice de humidade efectiva;
Ks:	Constante de stress hídrico;
NEG:	Negativa acumulada;
NW:	North west;
PA:	Posto administrativo;
P:	Precipitação;
RET:	Retirada de água no solo;
REP:	Reposição de água no solo;

SE:	Sudoeste;
SCC:	Sistemas de classificação climática;
T:	Temperatura.

SIGLAS

ESUDER:	Escola Superior de Desenvolvimento Rural;
FAO:	Food and Agriculture Organization;
FAEF:	Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal;
IIAM:	Instituto de investigação agrária de Moçambique
INAM:	Instituto Nacional de Meteorologia;
MAE:	Ministério de Administração Estatal;
OMM:	Organização Mundial de Meteorologia;
UEM:	Universidade Eduardo Mondlane.

SÍMBOLOS

cm:	Centímetro;
d:	Excesso de água pequeno ou nulo;
Km:	Kilometro;
m:	Metro;
mm:	Milímetro;
%:	Percentagem;
°C:	Graus célsius;
C₁:	Clima sub-húmido seco;
r:	Nenhum deficit de água;
S₂:	Deficit muito forte no verão.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Propriedades Físicas Representativas de Alguns Solos e Suas Faixas Normais de Variação.....	18
TABELA 2: Indicador de grupo Climático.....	22
TABELA 3: Factores de Correção da ETP Mensal, Estimada pelo Método de Thornthwaite, para Latitudes entre 15° Norte e 37° Sul.....	28
Tabela 4: Classificação Climática com Base no Índice Efectivo de Humidade.....	31
TABELA 5: Classificação do Índice de Aridez.....	31
TABELA 6: Classificação Climática Baseada no Índice Hídrico.....	32
TABELA 7: Variação da temperatura e da precipitação nos locais de estudo.....	33
TABELA 8: Extracto do Balanço Hídrico Climatológico do Distrito de Boane, no Período de 1984-2013.....	35
TABELA 9: Extracto do Balanço Hídrico Climatológico do Distrito de Chokwe, no Período de 1984-2013.....	35
TABELA 10: Índice hídrico, Índice de aridez e índice de humidade efectiva.....	38

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Abrigo de Stevenson.....	10
FIGURA 2: Pluviómetro.....	11
FIGURA 3: Esquema De Um Sistema De Evapostranpiração.....	12
FIGURA 4: Evaporímetro de Piché.....	13

FIGURA 5: Representação Gráfica Do Balanço Hídrico Climatológico Do Distrito De Boane.....36

FIGURA 6: Representação Gráfica Do Balanço Hídrico Climatológico Do Distrito De Chokwé.....36

LISTA DE APÊNDICES e ANEXOS

APÊNDICES

Apêndice 1: Precipitações totais mensais do distrito de Boane (1984-2013);

Apêndice 2: Temperaturas médias mensais do distrito de Boane (1984-2013);

Apêndice 3: Precipitações totais mensais do distrito de Chokwé (1894-2013);

Apêndice 4: Temperaturas médias mensais do distrito de Chokwé (1984-2013);

Apêndice 5: Representação da planilha de cálculo do balanço climatológico hídrico do distrito de Boane;

Apêndice 6: Representação da planilha de cálculo do balanço hídrico climatológico do distrito de Chokwé.

ANEXOS

Anexo 1: Mapa do distrito de Boane;

Anexo 2: Mapa do distrito de Chokwé;

Anexo 3: Água retida após ocorridos diferentes valores de evapotranspiração, para solos com capacidade de retenção de água de 100 mm.

GLOSSÁRIO

Altas pressões consistem na divergência e subsidência de massas de ar afectando o estado de tempo, sendo seco e frio com períodos prolongados de seca.

Assoreamento dos corpos hídricos é o processo em que se observa no leito dos rios acúmulo de detritos, lixo entulho e outros, limitando-os a portar cada vez menos água, provocando seu transbordamento em épocas de grande quantidade de chuvas.

Capacidade de campo é a quantidade de água retida pelo solo após a drenagem ter ocorrido ou cessado em um solo previamente saturado por chuva ou irrigação.

Estômas são pequenas aberturas ou poros localizados na epiderme da maioria dos órgãos aéreos das plantas, sendo mais abundantes nas folhas e caules jovens.

Machongos são solos aluvionares, argilosos e férteis com características orgânicas.

Ponto de murcha permanente é o conteúdo de água no solo retido a um componente matricial do potencial de água tão elevado, em valor absoluto, tal que a maioria das plantas não consegue extrair água do solo e entra em murcha permanente.

Resistência Aerodinâmica é força que um corpo sofre ao mover-se através do ar na direcção da velocidade relativa entre o ar e o corpo.

Resistência do dossel é a resistência da cultura na transferência de vapor de água para a atmosfera influenciada pela área foliar.

Mesófilo é um tecido vegetal fundamental, localizado entre a epiderme da página superior e inferior das folhas.

Xilema é um tecido que compõe o sistema vascular das plantas e possui a função de transportar a seiva bruta dos vegetais, ou seja, os sais minerais e a água.

Aluviões são sedimentos compostos por matérias orgânicos e inorgânicos depositados pela corrente das águas no leito e nas margens da drenagem.

RESUMO

O balanço hídrico é uma ferramenta extremamente fundamental no planeamento de todas as práticas agrícolas em um determinado local, pois, fornece subsídios quanto a deficit e excedente hídrico da respectiva região em estudo, além de aferir resultados de classificação climática, o que linearmente possibilita a selecção de uma determinada cultura que mais se adequa a situação climática local. Assim sendo, o presente estudo teve como objectivo, calcular o balanço hídrico climatológico (BHC) dos distritos de Boane e Chokwé ambos da zona sul do país, seguindo a metodologia proposta por Thornthwaite & Mather (1955). As variáveis meteorológicas como a precipitação (P) e a temperatura (T), que são de grande importância para a estimar o BHC, foram colhidas nas respectivas estações meteorológicas, a evapotranspiração potencial (ETP) foi estimada pelo método empírico de Thornthwaite (1948). Dos resultados obtidos verificou-se que, na variação temporal das chuvas as totais anuais normais foram de 686 mm e 1030 mm e as temperaturas médias anuais normais foram de 23,6 °C e 23,3 °C em ambos locais respectivamente, a ETP média anual foi de 1250 mm para o distrito de Boane e 1166 mm para o distrito de Chokwé. Referente aos resultados do BHC observou-se a ocorrência de um período prolongado de seca em ambos locais em estudo principalmente no distrito de Boane evidenciando-se uma deficiência extrema de água em todos os períodos ao longo do ano, tendo variado de 34 mm a 75 mm nos meses de Julho a Abril e no distrito de Chokwé variou de 2 mm a 52 mm nos meses de Abril a Outubro respectivamente, no caso do distrito de Chokwé, embora tenha-se verificado alguns meses sem nenhum deficit hídrico, nos períodos em que a P é maior que a ETP em nenhum período ocorreu o excedente hídrico. O clima determinado foi do tipo C₁ tratando-se do clima sub-húmido seco para ambos locais em estudo, segundo a classificação climática de Thornthwaite & Mather baseada no índice efectivo de humidade. Contudo, com o presente trabalho conclui-se que, devido à existência de períodos prolongados de seca e distribuição irregular da precipitação em diferentes períodos ao longo do ano em ambos distritos, há uma extrema necessidade de implantação de sistemas de rega, com vista a suprir a demanda hídrica das culturas, pois, a sua produção em regime de sequeiro nestas regiões não é sustentável.

Palavras – chaves: Balanço hídrico, Classificação Climática, Thornthwaite & Mather.

ÍNDICE

Conteúdo	Pag
CAPITULO I - INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Problema de estudo	2
1.2. Justificativa.....	2
1.3. Objectivos.....	3
1.3.1. Geral:	3
1.3.2. Específicos:.....	3
CAPITULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Balanço Hídrico.....	4
2.1.1. Aplicação do Balanço hídrico.....	4
2.1.2. Tipos de Balanço hídrico	7
2.1.2.1. Balanço hídrico na atmosfera	7
2.1.2.2. Balanço Hídrico do solo	7
2.1.2.3. Balanço hídrico climatológico sequencial	8
2.1.2.4. Balanço hídrico climatológico normal	8
2.1.3. Componentes do Balanço Hídrico Climatológico	9
2.1.3.1. Temperatura.....	10
2.1.3.2. Precipitação	11
2.1.3.3. Evapotranspiração (ET).....	12
2.1.3.4.1. Método de Penman-Monteith (Padrão FAO)	14
2.1.3.4.2. Método de Blaney-Criddle	15
2.1.3.4.3. Método de Makkink.....	15
2.1.3.4.4. Método de Budyko	16

2.1.3.4.5. Método de tanque de classe A	16
2.1.3.4.6. Método de Thornthwaite (1948)	16
2.1.3.5. Evapotranspiração Real ou Actual (ETR)	17
2.1.3.6. Deficiência Hídrica.....	17
2.1.3.7. Excedente Hídrico	18
2.1.3.8. Capacidade máxima de água disponível.....	18
2.1.4. Balanço Hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather	19
2.1.5. Sistemas de classificação climática	20
2.1.5.1. Classificação climática de Köppen	20
2.1.5.1.1. Estrutura da classificação Climática de Köppen	21
2.1.5.2. Classificação Climática de Thornthwaite	23
CAPITULO III - MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1. Descrição da área de estudo	24
3.1.2. Distrito de Boane	24
3.1.3. Distrito de Chokwé	24
3.2. Técnica de recolha de dados.....	25
3.3. Análise e Processamento de dados.....	26
3.3.1. Balanço hídrico climatológico dos distritos de Boane e Chokwé	26
3.3.1.1. Cálculo da Evapotranspiração Potencial (ETP).....	27
3.3.1.2. Negativa acumulada (NEG) e armazenamento de água no solo (ARM)	28
3.3.1.3. Cálculo da Alteração	30
3.3.1.4. Cálculo da Evapotranspiração real (ETR)	30
3.3.1.5. Cálculo da Deficiência hídrica (DEF)	30
3.3.1.6. Cálculo do Excedente hídrico (EXC)	30
3.4. Caracterização do balanço hídrico	31

CAPITULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1. Variação da temperatura média mensal e da precipitação	33
4.2. Balanço Hídrico Climatológico de Boane e Chokwé.....	34
4.3. Caracterização do balanço hídrico climatológico	37
CAPITULO V - CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	39
5.1. Conclusão	39
5.2. Recomendações	40
5.3. Limitações da pesquisa.....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
APÊNDICES E ANEXO.....	47

CAPITULO I - INTRODUÇÃO

O balanço hídrico climatológico (BHC) é uma ferramenta extremamente fundamental no planeamento agro-pecuário de uma determinada região, além de servir como um instrumento para delimitar áreas com aptidão climática apropriadas para diferentes tipos de plantação (MIRANDA & SANTOS, 2008). Dado que, diferentes regiões possuem potencialidade agrícola que se difere de uma da outra, para a implantação da actividade agrícola é de extrema importância a avaliação prévia das condições meteorológicas com vista a ter uma visão clara a quando da disponibilidade hídrica e classificação climática da respectiva região.

Existem diversos métodos para o cálculo de balanço hídrico, todavia cada um com uma finalidade específica. Um dos modelos mais conhecidos foi proposto por Charles Warren Thornthwaite (1948) e posteriormente modificado por John Russ Mather, (1955) que ficou conhecido como “Balanço Hídrico de Thornthwaite e Mather 1955” (TOMASSELA & ROSSATO, 2005).

DAMIÃO *et al.* (2010) acrescentam que, THORNTHWAITE e MATHER (1955) desenvolveram o balanço hídrico climatológico (BHC) para determinar o regime hídrico de um local de maneira simples e rápida, sem precisar de medidas directas das condições do solo. Este por sua vez possui variáveis de grande importância para sua realização, sendo necessário definir o armazenamento máximo no solo (Capacidade de Água Disponível - CAD) em função do tipo de cultura, a precipitação total (P) e também a estimativa da evapotranspiração potencial (ETP) em cada período. Com base nessas três informações, o BHC estima a evapotranspiração real (ETR), a deficiência (DEF), o excedente hídrico (EXC) e o total de água retida no solo em cada período (ARM).

No entanto é de extrema importância o conhecimento prévio da temperatura, da disponibilidade hídrica e do período seco de uma determinada região, com vista a ter uma decisão sólida se a respectiva região possui condições climáticas adequadas para a produção de uma dada cultura, assim por diante, o estudo do BHC para além de servir como uma base na tomada de decisão do plano agrícola, este método também, visa aferir resultados para classificação climática, zoneamento agro climático, tanto como o conhecimento do regime hídrico da região.

1.1. Problema de estudo

De acordo com INAM (2012), a zona sul do país durante as últimas 2 décadas esteve sob influência de um sistema de altas pressões afectando o estado de tempo, sendo seco e frio causado pela subsidência o que continua a inibir a queda de precipitação e subida de temperaturas, consequentemente resultando em escassez de água para o suprimento da actividade agrícola. Boane e Chokwé são distritos em que a agricultura é praticada maioritariamente pelo sector familiar, o qual pratica uma agricultura de subsistência em regime do sequeiro, isto é, que depende principalmente da precipitação, factor este limitante, pois ambas regiões, não obstante os solos serem intitulados machongos, concretamente são caracterizadas pela queda irregular das chuvas (MAE, 2005). O que constitui um entrave para o alcance da produtividade agrícola, em resposta da crescente demanda das necessidades alimentícias em função da explosão demográfica que tem-se conotado nos últimos tempos, tornando a população vulnerável no que concerne a pobreza extrema e insegurança alimentar.

1.2. Justificativa

Face ao exposto, a falta de conhecimentos fornecidos pelo BHC, tem sido uma das razões que resulta em baixo rendimento dos cultivos, devido a défice de uma melhor gestão de água e falta de um planeamento adequado de outras actividades preliminares, consideradas fundamentais para o alcance da produtividade agrícola. Assim sendo, torna-se incontornável o sustento do presente método em estudo, com vista a ter conhecimento em torno da disponibilidade hídrica dos respectivos distritos em estudo nas diferentes épocas ao longo do ano, o que minimamente poderá actualizar aos agricultores na tomada de decisão sobre a selecção das culturas e tecnologias agrárias que mais se adequam a situação climática local mais actualizada, assim como uma boa gestão dos recursos hídricos para a irrigação que vão sendo cada vez mais escassos. Contribuindo deste modo na prática de uma agricultura sustentável para incremento da produtividade e aumento da necessidade da mão-de-obra activa das regiões em estudo. Com vista a garantir a segurança alimentar e redução da pobreza absoluta que tanto assola o país.

1.3. Objectivos

1.3.1. Geral:

- ✓ Calcular o balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) nos distritos de Boane e Chokwé.

1.3.2. Específicos:

- ✓ Analisar o comportamento dos parâmetros meteorológicos (precipitação totais mensais e temperaturas medias mensais) das regiões em estudo;
- ✓ Determinar por estimativa a evapotranspiração potencial pelo método empírico Thornthwaite (1948);
- ✓ Avaliar o balanço hídrico climatológico das respectivas regiões em estudo;
- ✓ Fazer a classificação climática das regiões em estudo.

CAPITULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Balanço Hídrico

Em geral, o balanço hídrico é a relação existente entre as entradas e saídas de água de um sistema em um determinado período. Considerando várias escalas espaciais e temporais como variáveis para a sua contabilização (TOMASSELLA & ROSSATO, 2005; SENTELHAS & ANGELOCCI, 2012). OLDONI *et al.* (2014) reiteram que, estimar o balanço hídrico (BH) para uma determinada região é de extrema importância, pois este fornece a relação da água do solo, resultante da aplicação do princípio de conservação de massa em um volume de solo vegetado.

2.1.1. Aplicação do Balanço hídrico

De acordo com o MIRANDA & SANTOS; COUTO (2008), o balanço hídrico é uma ferramenta que pode ser aplicada nas demais áreas distintas, tais como:

- 1) Servir de base para uma Classificação Climática.
- 2) Zoneamento agroclimático da região;
- 3) Comparação dos climas de diferentes localidades;
- 4) Conhecimento do Regime Hídrico de uma dada região;
- 5) Cálculo da demanda mensal de água para irrigação;
- 6) Tomada de decisão para o plano agrícola;
- 7) Definição de prioridades nas pesquisas agropecuárias;
- 8) Prevenção de incêndios florestais.

Em suma, para promoção dos estudos agrometeorológicos importa referir o destaque da aplicabilidade do BHC nas seguintes áreas: classificação climática de uma determinada região, comparação dos climas de diferentes localidades, conhecimento do regime hídrico de uma dada região, zoneamento agroclimático da região e tomada de decisão para o plano agrícola.

a) Classificação Climática

Para fins agroclimáticos a classificação climática que tem se demonstrado eficaz é a classificação elaborada a partir do método proposto por THORNTHWAITE (1948). Em que utilizando os dados do balanço hídrico para cada período estudado determina-

se inicialmente o índice de humidade, que é a relação em percentagem entre o excesso de água e a evapotranspiração potencial, descrita pela seguinte equação:

$$I_h = 100 * \frac{(EXC)}{ETP} \quad (1)$$

Em que:

EXC - corresponde ao excedente hídrico de uma dada região;

ETP - corresponde a evapotranspiração potencial da região.

Em seguida determina se o índice de aridez, que expressa a deficiência hídrica em percentagem da evapotranspiração potencial, este por sua vez varia de 0 a 100. Atinge o valor zero quando não existe deficit hídrico e 100 quando a deficiência é igual a evapotranspiração potencial. É calculado pela seguinte equação:

$$I_a = 100 * \frac{(DEF)}{ETP} \quad (2)$$

Em que:

DEF- corresponde a deficiência hídrica da região.

Por último determina se o índice efectivo de humidade ou índice hídrico que relaciona os dois índices supra referenciados, com este valor determina-se o tipo climático local. Segundo THORTHWAITE (1948) citado por MIRANDA & SANTOS (2008), o índice hídrico reflecte todas as condições prevalecentes durante o ano, abrangendo períodos secos e chuvosos. Para THORNTHWAITE não ocorrerá seca se as deficiências hídricas não ultrapassarem 60% dos excedentes hídricos na estação húmida, o respectivo índice efectivo é dada pela seguinte equação:

$$I_m = I_h - 0,6 * I_a \quad (3)$$

b) Zoneamento Agroclimático

O zoneamento agro climático permite delimitar as áreas aptas ao cultivo de uma determinada cultura, levando-se em conta as exigências térmicas, hídricas e foto-periódicas. Segundo VIANELLO & ALVES (1991), o zoneamento climático é de extrema importância, pois fornece subsídios para a implantação e o planeamento de diversas áreas de desenvolvimento socioeconómico de uma determinada região.

c) Tomadas de Decisão

Após a identificação das áreas de influências climáticas para o cultivo de uma determinada cultura, mediante as condições meteorológicas e da disponibilidade hídrica mais actualizada do solo local pode se decidir sobre a viabilidade ou necessidade de realização das práticas agrícolas tais como: o preparo do solo, a sementeira, a irrigação, a pulverização e a colheita. De acordo com MIRANDA & SANTOS (2008), para o melhor manejo do solo este não deve estar muito húmido nem muito seco o ideal é 40%-90% de capacidade de campo. A sementeira deve ser feita quando o solo estiver na sua capacidade máxima de armazenamento de modo a garantir a germinação das culturas. A lâmina de água a ser repostada por irrigação depende da humidade do solo, a qual por sua vez depende do balanço entre a ETP e a chuva. A aplicação de defensivos ou pulverização exige tempo seco e com pouco vento, além disso, não pode haver chuva após a aplicação, pois pode reduzir a eficiência do controle. E por fim, a realização da colheita exige condições secas, pois a chuva dificulta o processo de secagem dos produtos e a entrada de máquinas e homens no campo de produção.

d) Regime hídrico de uma região

A água corresponde a força motriz para alavancar a dinâmica de todas actividades desenvolvidas pelos seres vivos, embora a sua distribuição seja irregular em distintas regiões, no entanto, só com implementação de medidas adequadas de gestão deste precioso líquido é que podemos satisfazer as necessidades hídricas das populações. Segundo BRANCO (2006), considera-se actualmente que a quantidade total de água na Terra, corresponde a 1,386 milhões de km³, onde a distribuição dos volumes nos principais reservatórios de água mostra que 97,5% do volume total de água da Terra formam os oceanos e somente 2,5 % são de água doce. Entretanto 68,9% desta água doce forma as águas das zonas polares, 29,9% constituem as águas subterrâneas, 0,9% são relativa a humidade dos solos e pântanos e apenas 0,3% são relativas aos rios e lagos.

De acordo com o mesmo autor BRANCO (2006), a disponibilidade hídrica é normalmente avaliada, na sua etapa inicial, através da avaliação dos recursos hídricos superficiais. Esta avaliação é realizada em função das descargas líquidas médias observadas nos cursos de água de uma determinada bacia hidrográfica. O mesmo

autor acrescenta que, as águas da Terra encontram-se em constante movimento, constituindo o chamado ciclo hidrológico, assim sendo, as precipitações e a evapotranspiração correspondem a duas variáveis regionais que caracterizam a disponibilidade deste líquido. Além destas variáveis, utiliza-se também escoamento superficial e a infiltração para o cálculo do balanço hídrico.

2.1.2. Tipos de Balanço hídrico

Existem diversos tipos de balanço hídrico toda via cada um com finalidade específica, dos mais comuns destacam se as seguintes:

2.1.2.1. Balanço hídrico na atmosfera

De acordo com ANDRADE (2011), A equação de balanço hídrico de uma coluna de ar, de secção unitária, entre a superfície e o topo da atmosfera, é dada por:

$$ET - (R+Q^*) = \Delta W \quad (4)$$

Em que:

ET- é a água que entra na atmosfera sob a forma de vapor de água e que é resultante da evaporação ou evapotranspiração de superfícies aquáticas, dos solos e ou da transpiração das plantas;

Q*- é o fluxo líquido resultante do transporte de vapor de água horizontal (associado à circulação geral atmosférica);

R- é a perda de água por precipitação;

ΔW - representa o aumento ou a diminuição do vapor de água armazenado na coluna (água precipitável) de água e gelo das nuvens.

2.1.2.2. Balanço Hídrico do solo

De acordo com ANDRADE (2011), a determinação do balanço hídrico de um solo tem numerosas aplicações como sejam, a definição das necessidades de rega, o cálculo de recarga de albufeiras, a construção de aproveitamentos hidráulicos, a modificação do revestimento vegetal, a instalação de captações de águas subterrâneas, entre outras. Ainda o mesmo autor acrescenta que, o balanço hídrico do solo exprime as variações do teor de água no solo num dado intervalo de tempo, as quais

dependem, das diferenças entre a precipitação ocorrida e a água evaporada à superfície, assim como das propriedades do solo tomando em conta a sua capacidade máxima de retenção de água, o seu balanço hídrico, durante um dado período de tempo (Δt), pode ser descrito na forma:

$$\Delta A = (P + I + G_1) - (G_2 + Es + E + T) \quad (5)$$

Em que:

ΔA - é variação de armazenamento de água;

P- é a precipitação;

I- é a infiltração;

G- é o escoamento subterrâneo;

Es- é o escoamento superficial;

E- é a evaporação de água directamente da superfície;

T- é a transpiração das plantas;

2.1.2.3. Balanço hídrico climatológico sequencial

O BHC sequencial é elaborado com base nos dados de P e ETP de um período ou uma sequência de períodos geralmente curtos (meses, semanas, dias) de um ano específico para uma determinada região. O BHC sequencial fornece a caracterização e variação sazonal das condições de deficiências (DEF) e excedentes (EXC) de água no solo ao longo do período em questão permitindo acompanhar a disponibilidade hídrica no solo a tempo real, esta informação é de grande importância para a tomada de decisão (SENTELHAS E ANGELOCCI, 2009).

2.1.2.4. Balanço hídrico climatológico normal

O BHC elaborado com dados médios de P e ETP de uma região é denominado de BHC normal. Esse tipo de balanço hídrico é um indicador climatológico da disponibilidade hídrica na região, por meio da variação sazonal das condições do BHC ao longo de um ano médio (cíclico), ou seja, dos períodos com deficiências e excedentes hídricos. O BHC normal é importante ferramenta para o planeamento

agrícola e caracterização climática de uma região, servindo de subsídio para a determinação da melhor época e tipo de manejo da exploração agrícola (SENTELHAS & ANGELOCCI, 2009). LIMA *et al.* (2012) acrescentam que, o BHC normal inicia-se com o cálculo da ETP mensal por meio de equações empíricas desenvolvidas por Thornthwaite (1948), baseando-se em dados de temperatura média do ar e do foto-período. A diferença P-ETP também é calculada. Portanto, os dados climáticos requeridos para executar o modelo são as normais mensais de temperatura média e precipitação. Além disso, é necessário identificar a latitude de cada ponto no mapa, com o objectivo de determinar o foto-período local. Pese embora ambos balanços hídricos climatológicos obedecerem a mesma metodologia para o seu calculo, o BHC normal difere se do BHC sequencial pela serie de dados meteorológicos que são utilizados, conforme anteriormente referenciado o BHC sequencial geralmente usa dados de períodos curtos o que impossibilita ter bases para a classificação climática, mas podendo aferir resultado da situação hidrológica a tempo real.

O presente estudo centra-se no BHC normal, visto que a finalidade é obter uma informação com vista a conhecer o estágio mais actualizado do clima das regiões em estudo, de um período de 30 anos.

2.1.3. Componentes do Balanço Hídrico Climatológico

A relação empírica existente entre todas entradas e saídas de água de uma determinada bacia hidrográfica, depende de todos intervenientes no processo da circulação de água, tais como: Evaporação, Transpiração, Precipitação, Infiltração, Escoamento superficial e Escoamento subterrâneo. Neste contexto, no que concerne ao presente trabalho para cálculo do balanço hídrico irá se diferenciar a precipitação perante a evapotranspiração potencial, considerando um determinado valor já padronizado de capacidade máxima de armazenamento de água no solo (CAD), em função de cada tipo de cultura, a temperatura para estimativa da ETP com vista a aferir resultados de perda potencial de água acumulada em simultâneo com o armazenamento de água no solo e por conseguinte a alteração, a evapotranspiração real, a deficiência hídrica e o excesso hídrico.

2.1.3.1. Temperatura

Esta é a variável meteorológica que descreve a situação térmica do meio ambiente ou de um determinado corpo físico, pode ser dividida em dois fluxos de condução térmica que são: a temperatura do ar e a temperatura do solo, (SENTELHAS & ANGELOCCI, 2012).

a) Temperatura do Ar

É o aquecimento da atmosfera próximo da superfície terrestre, através do transporte de calor emitido pelos raios solares, (SENTELHAS & ANGELOCCI, 2012). A figura que se segue ilustra um instrumento de medição da temperatura efectiva do ar em uma determinada região, constituído por um termómetro máximo e mínimo, termómetro de reservatório molhado e seco e telhado isolado.



Fig.1 Abrigo de Stevenson

Fonte: *SENTELHAS & ANGELOCCI, (2012)*

b) Temperatura do solo

O regime térmico de um solo é determinado pelo aquecimento da superfície pela radiação solar e transporte por condução, de calor sensível para seu interior. Durante o dia, a superfície se aquece, gerando um fluxo de calor para o interior e durante a noite, ocorre o resfriamento da superfície, por emissão de radiação terrestre e inverte o sentido do fluxo, que passa a ser do interior do solo para a superfície, (SENTELHAS & ANGELOCCI, 2012).

2.1.3.2. Precipitação

Segundo TUCCI (1993); NETTO (2011), a precipitação é entendida em hidrologia como o conjunto de águas originadas do vapor de água atmosférico que atinge a superfície terrestre. O conceito engloba a chuva, a neblina, a saraiva, o orvalho, a geada e a neve.

Sob ponto de vista agrícola de acordo com SANTOS, (1998), as precipitações são de grande importância económica, pois delas dependem a produção das culturas não irrigadas, isto é, em regime do sequeiro, o dimensionamento dos sistemas de drenagem, de barragens, pontes e outras estruturas hidráulicas, o planeamento da conservação dos solos e do manejo da irrigação.

CAMARGO (2001) sustenta que, as medições pluviométricas nas áreas cultivadas são de grande importância porque oferecem a possibilidade de saber com precisão a quantidade de chuva que caiu sobre a terra. Isso ajuda a calcular o balanço hídrico, que é igual a diferença entre a quantidade de água recebida (chuva) e a quantidade de água perdida (evapotranspiração).

A quantidade de chuva é medida através de equipamentos colectores, o mais comum deles é o pluviómetro, que é um cilindro aberto, situado em posições vertical, cuja área de captação pode ter várias dimensões. As mais utilizadas são os de 200 cm² e 500 cm². Um Pluviómetro normalmente vem acompanhado de uma proveta graduada que permite a leitura directa da chuva em milímetro (mm). A altura da boca receptora (a parte superior aberta do pluviómetro) deve estar a uma altura específica acima do terreno (entre 100 cm e 150 cm) (OMM, 1999). A figura abaixo ilustra um pluviómetro com as características acima referenciadas.



Fig.2 Pluviómetro
Fonte: OMM, (1999)

2.1.3.3. Evapotranspiração (ET)

Segundo ANGELOCCI & SENTELHAS (2012), Evapotranspiração é definida como sendo o processo simultâneo de transferência de água para a atmosfera por evaporação da água do solo, da vegetação húmida e por transpiração das plantas tendo um papel importantíssimo no ciclo hidrológico. CARVALHO *et al.* (2009), acrescentam que, a ET é utilizada para descrever o processo total de transferência de água do sistema solo-planta para a atmosfera. Ainda os mesmos autores sustentam que, a taxa de evapotranspiração é de grande importância na determinação da necessidade de água das culturas agrícolas, associada ao ganho de água através das precipitações, permite determinar a disponibilidade hídrica de uma região, sendo um parâmetro de grande importância na ecologia vegetal e no planeamento agrícola.

A evapotranspiração corresponde a combinação entre processos físicos e biofísicos, que é a evaporação e transpiração respectivamente, esses dois processos ocorrem simultaneamente, não sendo fácil distingui-los entre si. Fisicamente, ambos processos são iguais, pois envolvem a troca da água da fase líquida para a fase gasosa e o seu transporte para a atmosfera (vide a figura abaixo).

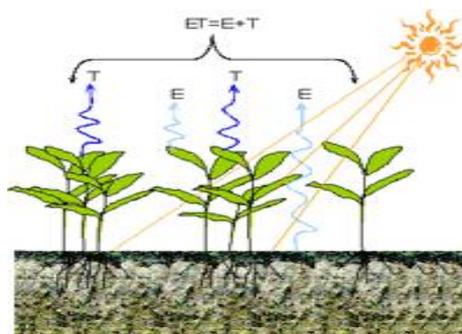


Fig.3 Esquema De Um Sistema De Evapostranpiração

Fonte: ANGELOCCI & SENTELHAS, (2012)

a) Evaporação

É o processo físico pelo qual as moléculas de água na superfície líquida ou na humidade do solo, através da radiação solar passam do estado líquido para o de vapor. O vapor de água presente na atmosfera é oriundo de lagos, rios, oceanos, do solo, vegetação, evaporação do orvalho e da chuva interceptada pela superfície, (CARVALHO, *et al.* 2009).

b) Transpiração

É um processo biofísico pelo qual a água que passou pela planta, fazendo parte de seu metabolismo, é transferida para a atmosfera preferencialmente pelos estômas, obedecendo uma série de resistências desde o solo, passando pelos vasos condutores (xilema), mesófilo, estômas e finalmente indo para a atmosfera, (ANGELOCCI & SENTELHAS, 2009).

A figura abaixo serve para colectar a taxa de evaporação de água no solo, constituída por um papel de filtro, uma mola e uma graduação em mm.

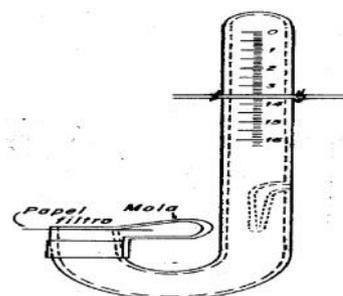


Fig.4 Evaporímetro de Piché

Fonte: ANGELOCCI & SENTELHAS, (2009)

2.1.3.4. Evapotranspiração potencial (ETP) e de referência (ET₀)

De acordo com THORNTHWAITE (1948), citado por CARVALHO & STIPP (2004), a ETP representa a quantidade máxima de água evaporada e transpirada pela vegetação baixa com altura uniforme que varia de 8 cm a 15 cm de altura, em função das condições climáticas locais, como temperatura média mensal, duração média do dia no mês e número de dias do mês, podendo ser estimada facilmente por meio de fórmulas desenvolvidas e testadas para várias condições climáticas, uma vez que a medida directa é extremamente difícil e onerosa. Este conceito foi introduzido por Thornthwaite em 1944 e aperfeiçoado por Penman em 1956.

De acordo com ALLEN, *et al.* (1998) citado por CARLESSO, *et al.* (2007), ET₀ é a evapotranspiração de uma cultura bem adaptada às condições locais, crescendo sob condições meteorológicas específicas, com adequada bordadura e condições hídricas óptimas para a cultura. Ainda sob o mesmo contexto os mesmos autores sustentam que, o uso de outras denominações, como ETP deve ser evitada devida às ambiguidades nas definições de ambas. CARVALHO, *et al.* (2009), reiteram que, para estudos climatológicos, o termo ETP continua sendo o mais utilizado, pois quase

sempre está envolvido com a análise do potencial hídrico de uma região e, já a ET_0 , é bastante adequada para projectos e manejo de irrigação e drenagem.

De acordo com SOUZA, *et al.* (2011), a selecção do método ideal a ser empregue na estimativa da ETP e ET_0 depende de determinados factores tais como: condições climáticas, acessibilidade aos dados meteorológicos necessários, complexidade do método, agrupamento dos dados considerados e custos. Existem diversos métodos para o calculo da ETP e ET_0 , de entre eles destacam se os seguintes:

- ✓ Método de Penman-Monteith (Padrão FAO);
- ✓ Método de Blaney-Criddle;
- ✓ Método de Makkink;
- ✓ Método de Budyko;
- ✓ Método de tanque de classe A.
- ✓ Método de Thornthwaite (1948);

2.1.3.4.1. Método de Penman-Monteith (Padrão FAO)

De acordo com CARVALHO, *et al.* (2009), PENMAN (1948), em sua equação original para estimativa da evapotranspiração potencial não incluiu a função de resistência da superfície para a transferência de vapor de água. Mais tarde, MONTEITH, desenvolveu com base na equação de Penman, uma nova equação, incluindo a resistência aerodinâmica e a resistência do dossel ao fluxo de vapor de água passando ser chamada de equação de Penman-Monteith padrao da FAO para determinar a ET_0 na escala diária. Esta equação possui a seguinte expressão:

$$ET_0 = \frac{s}{s+\gamma^*} (Rn - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma \cdot 900}{(s+\gamma^*) \cdot (T+273)} U_2 (es - ea) \quad (6)$$

Em que:

s - é a declividade da curva de pressão de saturação do vapor de água, em $kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$;

γ^* - é o coeficiente psicrométrico modificado, em $kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$;

Rn- é o saldo de radiação, em $MJ \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$;

G - é o fluxo de calor no solo, em $MJ \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$;

λ - é o calor latente de evaporação, em MJ kg⁻¹;

γ - é o coeficiente psicrométrico, em kPa °C⁻¹;

U_2 - é a velocidade do vento a 2 m, em m s⁻¹;

T - é a temperatura do ar (media diaria), em °C;

e_s - é a pressão de saturação do vapor de água, em kPa;

e_a - é a pressão actual de vapor de água, em kPa.

2.1.3.4.2. Método de Blaney-Criddle

A equação de Blaney–Cridle (1950), foi baseada em dados de necessidade de água, correlacionando a temperatura média mensal e a duração do dia com a demanda de água para diferentes culturas, (CARVALHO, *et al.* 2009).

$$ET_o = k * p * (0,46 * T + 8,13) \quad (7)$$

Em que:

k - é o coeficiente empírico, com valor de 0,75 para superfície gramada, conforme SEDIYAMA (1972);

p - é a percentagem mensal do total anual de horas possíveis de insolação;

T - é a temperatura média mensal.

2.1.3.4.3. Método de Makkink

MAKKINK (1957) citado por CARVALHO, *et al.* (2009), propôs a seguinte equação para estimar a evapotranspiração de referência. Este método se baseia na correlação entre evapotranspiração potencial diária e a radiação solar.

$$ET_o = 0,61 * \frac{R_s}{2,45} * \frac{s}{s+\gamma} - 0,12 \quad (8)$$

Em que:

R_s - é a radiação solar incidente, em MJ m⁻² d⁻¹;

s e γ - correspondem aos mesmos componentes supra referenciados na equação de Penman-Monteith.

2.1.3.4.4. Método de Budyko

Relacionando somente a temperatura, o método de Budyko pode ser utilizado em caso de não existência de dados meteorológicos ou condições para que se possa estimar a ETo por outro método mais preciso. Sabendo-se o valor médio da temperatura de determinado local, a evapotranspiração de referência será dada por:

$$ETo = 0,2T \quad (9)$$

Sendo, T a temperatura média diária.

2.1.3.4.5. Método de tanque de classe A

No geral são tanques que contem água exposta a evaporação. De acordo com CARVALHO & SILVA (2006), este método consiste num tanque circular de aço inoxidável ou galvanizado, chapa 22, com 121 cm de diâmetro interno e 25,5 cm de profundidade. Deve ser instalado sobre um estado de madeira, de 15 cm de altura, cheio de água até 5 cm da borda superior. O nível da borda não deve abaixar mais que 7,5 cm da borda superior, isto é, não deve ser permitida variação maior que 2,5 cm. A evaporação é medida com uma régua ou, de preferência, com o micrómetro de gancho assentado sobre o poço tranquilizador. A evaporação classe A é a espessura da lâmina de água do tanque que foi evaporada em um determinado intervalo de tempo.

2.1.3.4.6. Método de Thornthwaite (1948)

THORNTHWAITE (1948), determinou a seguinte equação empírica para a estimativa da evapotranspiração potencial que é tida como padrão para finalidades agroclimáticas, considerando a temperatura como a única variável meteorológica de entrada. A expressão seguinte exprime por estimativa a ETP para cada período ao longo de uma serie de dados médios. No que concerne ao presente trabalho este constitui o método que será empregue para estimativa da ETP com finalidade de posterior classificação climática das regiões em estudo.

$$ETP = 16 * \left(10 * \frac{T}{I} \right)^{\alpha} \quad (10)$$

Em que:

T- é a temperatura média mensal, em °C;

I- é o índice calorífico anual;

a- é o índice térmico regional.

2.1.3.5. Evapotranspiração Real ou Actual (ETR)

É a perda de água por evaporação e transpiração nas condições reinantes (atmosféricas e de humidade do solo). Portanto a ETR ocorre em qualquer circunstância, independente do tipo e das condições da cultura, da dimensão da área e da humidade do solo, pode atingir valores menores, igual ou superior a ETP, (SILVA & CARVALHO, 2006; CARVALHO, *et al.* 2009). Para a determinação da ETR usa se o coeficiente de stress (Ks) que descreve o efeito de stress hídrico na transpiração da cultura (SENTELHAS & ANGELCCI, 2009). A fórmula a seguir mostra como determinar a ETR para cada parâmetro de ks:

$$ETR = ETP * Ks \quad (11)$$

ETR = ETP, Se Ks = 1

ETR < ETP, Se Ks < 1

O coeficiente de stress hídrico (Ks) é em função da água disponível no solo, (SENTELHAS & ANGELCCI, 2009).

2.1.3.6. Deficiência Hídrica

O desenvolvimento de toda comunidade vegetativa existente e o incremento da produtividade agrícola depende significativamente da fracção de água disponível no solo. Segundo FAÇANHA, *et al.* (1983) citado por MARTINS, *et al.* (2008), a deficiência hídrica pode afectar o crescimento e desenvolvimento de todas espécies vegetais em qualquer fase de seu ciclo. Este evento ocorre nos períodos em que a demanda atmosférica da água é maior que o suprimento de água no solo ($P - ETP < 0$). Segundo BALDO, *et al.* (2012), a importância de conhecer a deficiência hídrica no solo é extremamente pertinente, pois, muitos são os efeitos que a deficiência hídrica pode causar no crescimento e desenvolvimento das plantas. Ainda sobre o mesmo contexto SENTELHAS & MONTEIRO (2009), acrescentam que os vegetais, respondem de diversas maneiras a deficiência hídrica no solo, como, decréscimo da produtividade e da produção, mau desenvolvimento do sistema radicular, decréscimo

da produção da área foliar e fechamento dos estômatos, redução da florada, do óleo da casca e menor tempo de retenção dos frutos. Constituindo um factor limitante para o alcance da produtividade e produtos com qualidade de um determinado cultivo.

2.1.3.7. Excedente Hídrico

É a quantidade de água da chuva que, quando o solo já está húmido o suficiente a água não é aproveitada pelas plantas, escoada pela superfície do terreno e chega até os rios. O excedente hídrico também causa redução no crescimento e desenvolvimento das raízes dos vegetais. Outro grave problema é quando o solo se encontra saturado de água e juntamente com chuvas consecutivas possibilita, um maior escoamento superficial, podendo causar sérios problemas como erosão do solo, assoreamento dos corpos hídricos, entre outros. Para evitar estes problemas, se faz necessário o manejo adequado, ou seja, com a cobertura do solo, principalmente nos períodos que o excedente hídrico é mais acentuado, (BALDO, *et al.* 2012).

2.1.3.8. Capacidade máxima de água disponível

Uma vez que o objectivo é determinar o armazenamento de água no solo (ARM), é imprescindível saber qual a máxima quantidade de água que o solo em questão pode reter, na forma líquida. A essa grandeza denomina-se Capacidade Máxima de Água Disponível (CAD), a qual pode ser determinada por meio da seguinte expressão:

$$CAD = \frac{(CC - PMP) * Da * Z}{10} \quad (13)$$

Em que,

CAD = capacidade máxima de água disponível (mm);

CC = humidade do solo à capacidade de campo (%peso);

PMP = humidade do solo ao ponto de murcha permanente (%peso);

Da = densidade aparente do solo (g/cm³);

Z = profundidade efectiva do sistema radicular da cultura (cm).

Tabela 1. Propriedades Físicas Representativas de Alguns Solos e Suas Faixas Normais de Variação.

Textura do solo	Da (g/cm ³)	CC (%peso)	PMP (%peso)
Arenoso	1,65 (1,55-1,80)	9 (6-12)	4(2-6)
Franco arenoso	1,50 (1,40-1,60)	14 (10-18)	6(4-8)
Franco	1,40 (1,35-1,50)	22 (18-26)	10(8-12)
Franco argiloso	1,35 (1,30-1,40)	27 (23-31)	13(11-15)
Siltoso argiloso	1,30 (1,25-1,35)	31 (27-35)	15(13-17)
Argiloso	1,25 (1,20-1,30)	35 (31-39)	17(15-19)

Fonte: SANTOS (1998)

2.1.4. Balço Hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather

O BHC desenvolvido pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) só é possível determinar com disposição das variáveis meteorológicas como a, precipitação em totais mensais e temperatura em médias mensais com vista a estimativa de ETP pelo método empírico de Thornthwaite (1948).

A metodologia, desenvolvida pelo Thornthwaite e Mather consiste na comparação entre a precipitação e a evapotranspiração, considerando-se uma certa capacidade de armazenamento de água no solo (padronizado).

THORNTHWAITE & MATHER (1955) ainda sobre o mesmo contexto sustentam que, o solo é uma reserva natural de água para toda comunidade vegetal, que por sua vez dificulta a saída de água a medida que este vai secando. Através da comparação do suprimento natural de água ao solo pela chuva (P), com a demanda atmosférica de água pela evapotranspiração potencial (ETP), e com um nível máximo de armazenamento ou capacidade de água disponível (CAD) apropriada ao estudo em questão, o balço hídrico fornece estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM), podendo ser elaborado desde a escala diária até a mensal (SENTELHAS *et al.*, 2002; PAULA, 2011). Este método tem sido o mais eficiente para fazer monitoria de variação de armazenamento de água no solo, e também para fazer face ao plano adequado de todas praticas agrícolas.

De acordo com PEREIRA, *et al.* (2002), a selecção de CAD é feita mais em função do tipo de cultura ao qual se quer aplica-lo do que do tipo do solo. Os mesmos autores

sustentam que, os valores ideais de CAD para hortícolas estão entre 25 e 50 mm, entre 75 e 100 mm para culturas anuais e entre 150 e 300 mm para espécies florestais.

NETO & FRAGA, (2014) acrescentam que, aquando da elaboração do balanço hídrico e climatológico, recomendam a utilizar valores de CAD de 100 ou 125 mm, que são valores médios para maioria das plantas cultivadas.

2.1.5. Sistemas de classificação climática

De acordo com ANGELOCCI & SENTELHAS, (2009) o clima pode ser entendido como sendo uma descrição estatística, que expressa as condições médias do sequencialmente do tempo meteorológico. Segundo a OMM estabeleceu se para análises de variações climáticas um período mínimo de 30 anos de uma serie de dados meteorológicos, em que as principais variáveis têm sido a temperatura e a precipitação. Sobe ponto de vista agrícola o clima constitui uma variável meteorológica incontornável na avaliação da sustentabilidade de uma plano agrícola para uma determinada região. MONTEIRO & SENTELHAS, (2009) reiteram que, muitas das práticas agrícolas de campo, como o preparo do solo, a sementeira, a adubação, a irrigação, as pulverizações, a colheita, entre outras actividades, também dependem de condições de tempo e de humidade no solo específicas para que possam ser realizadas de forma eficiente. Neste contexto a variação sazonal do clima de uma determinada região só pode ser entendida mediante aos critérios de sistemas de classificação climática pré estabelecidos.

Os sistemas de classificação climática (SCC) são de grande importância, pois, analisam e definem os climas das diferentes regiões levando em consideração vários elementos climáticos ao mesmo tempo, facilitando a troca de informação. A identificação e classificação das diferentes regiões climáticas são utilizadas para facilitar a descrição e proceder ao mapeamento dessas regiões. Os sistemas de classificação climática desenvolvidos por Köppen-Geiger e Thornthwaite, são os mais usados em meteorologia, na agricultura e ecologia, (ROLIM, *et al*, 2007).

2.1.5.1. Classificação climática de Köppen

É a classificação global dos tipos climáticos mais utilizada em geografia, climatologia e ecologia. A classificação foi proposta em 1900 pelo climatologista

alemão Wladimir Koppen, tendo sido por ele aperfeiçoada em 1918, 1927 e 1936 com a publicação de novas versões, preparadas em colaboração com Rudolf Geiger (daí o nome *Koppen-Geiger*). Na determinação dos tipos climáticos de Koppen-Geiger são considerados a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação, (BURGOS, 1958).

ROLIM, *et al*, (2007) acrescentam que, este tipo de SCC baseia se em valores médios mensais e anuais de temperatura e precipitação, a vegetação nativa e do grau de aridez, mediante a disposição dessas variáveis define se diferentes tipos climáticos de uma determinada região independentemente da sua localização geográfica. Koppen estabeleceu os seguintes parâmetros do índice de aridez para a distribuição da precipitação em diferentes épocas com vista a analisar a influência sobre a evapotranspiração de forma a manter uma equivalência sobre a precipitação efectiva.

- ✓ Quando a precipitação é máxima no inverno:

$$K = \frac{P}{T*10} \quad (13)$$

- ✓ Quando a distribuição da precipitação é regular:

$$K = \frac{P}{(T+7)*10} \quad (14)$$

- ✓ Quando a precipitação é máxima no verão:

$$K = \frac{P}{(T+14)*10} \quad (15)$$

Em que:

K- é o índice de aridez;

T- é a temperatura, em °C;

P- é a precipitação, em mm.

Se $K < 1$ a região será árida (w);

Se $1 \leq K < 2$ a região será semiárida(S);

SE $K \geq 2$ a região será húmida.

2.1.5.1.1. Estrutura da classificação Climática de Köppen

A classificação climática de Koppen-Geiger divide os climas em 5 grandes grupos (A, B, C, D e E). Cada clima é representado por um conjunto variável de letras (com 2 ou 3 caracteres) com a seguinte significação:

- ✓ **Primeira letra:** É maiúscula (**A, B, C, D e E**) que denota a característica geral do clima de uma região, constituindo o indicador do grupo climático;
- ✓ **Segunda letra:** É uma minúscula, que estabelece o tipo de clima dentro do grupo, e denota as particularidades do regime pluviométrico, isto é, a quantidade e distribuição da precipitação (apenas utilizada caso a primeira letra seja **A, C** ou **D**). Nos grupos cuja primeira letra seja **B** ou **E**, a segunda letra é também uma maiúscula denotando a quantidade da precipitação total anual (no caso **B**) ou a temperatura média anual do ar (no caso **E**);

Tabela 2. Indicador de grupo Climático

Código	Tipo	Descrição
A	Clima tropical	Climas mega térmicos; Temperatura média do mês mais frio do ano > 18°C; Estação invernal ausente; Forte precipitação anual (superior à evapotranspiração potencial anual).
B	Clima árido	Climas secos (precipitação anual inferior a 500 mm); Evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual; Não existem cursos de água permanentes.
C	Clima temperado ou Clima temperado quente	Climas mesotérmicos; Temperatura média do ar dos 3 meses mais frios compreendidos entre -3°C e 18°C; Temperatura média do mês mais quente > 10°C; Estações de Verão e Inverno bem definidas.
D	Clima continental ou Clima temperado frio	Climas microtérmicos; Temperatura média do ar no mês mais frio < -3°C; Temperatura média do ar no mês mais quente > 10°C; Estações de Verão e Inverno bem definidas;
E	Clima glacial	Climas polares e de alta montanha; Temperatura média do ar no mês mais quente < 10°C; Estação do Verão pouco definida ou inexistente.

Fonte: *KOPPEN & GEIGER* (1928)

2.1.5.2. Classificação Climática de Thornthwaite

É um sistema de classificação climática (SCC) que foi criado por Charles Warren Thornthwaite em 1948, no qual o factor mais importante é a evapotranspiração potencial e a sua comparação com a precipitação que são típicas de uma determinada região. De acordo com ROLIM *et al.* (2007), para este SCC a planta não é vista como um instrumento de integração dos elementos climáticos, mas sim, simplesmente como um meio físico pelo qual é possível transportar água do solo para a atmosfera. TREWARTHA (1954) citado pelo mesmo autor, acrescenta que este SCC é considerado um método mais refinado que o de Köppen para aplicações agrícolas, pois neste SCC um tipo de clima de uma determinada região é definido com relação a sua disponibilidade hídrica, ou seja, mediante ao calculo do balanço hídrico, podendo definir deste modo a melhor época para a sementeira ou plantio e selecção de uma determinada cultura que se adequa a situação climática local. Em conformidade com selecção do melhor SCC, pelo facto deste SCC depender somente da temperatura como a única variável para a estimativa da ETP, devido à falta de disponibilidade de medidas dos outros elementos meteorológicos, faz com que não traga melhorias na definição dos climas em comparação com à de Köppen, o que lhe confere a sua alta complexidade.

ROLIM *et al.* (2007) sustentam que, a informação do tipo de clima proporcionada por este SCC pode também ser utilizada como uma camada de informação adicional em sistemas de informação geográfica para a elaboração de mapas de zoneamento agro meteorológico. O SCC de Thornthwaite (1948) é feito mediante a determinação dos índices de humidade (Ih), de aridez (Ia) e de humidade efectiva (Im), que estão descritas na metodologia do presente trabalho.

CAPITULO III - MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da área de estudo

Os distritos de Chokwé e Boane pertencem as províncias de Gaza e Maputo respectivamente, ambos da zona sul do país onde a pratica da actividade agrícola possui um papel preponderante no desenvolvimento socioeconómico das ambas regiões, ocupando em mão de obra activa com de cerca de 80% para o distrito de Chokwé e 67% para o distrito de Boane (MAE, 2005).

3.1.2. Distrito de Boane

O distrito de Boane localiza se a sudoeste da província de Maputo, sendo limitado a norte pelo distrito de Moamba, a sul e este pelo distrito de Namaacha e a oeste pela cidade da Matola e pelo distrito de Matutuine (MAE, 2005).

Vide o mapa em anexo 1.

a) Hidrografia

A hidrografia de Boane é representada predominantemente por cursos de água doce. O Distrito possui quatro rios a saber: Matola, Tembe, Movene e Umbeluzi. O rio Umbeluzi é o principal recurso hídrico, o que favorece a prática da actividade pesqueira e agro-pecuária. Esta é a fonte de água potável das cidades da Matola, Maputo e a Vila do Distrito de Boane (MAE, 2005).

b) Solos

O vale do Umbeluzi possui solos com bom potencial agrícola e pecuário, que são explorados por um vasto tecido de agricultura privada e familiar (MAE, 2005).

3.1.3. Distrito de Chokwé

O distrito de Chokwé está situado a Sul da província de Gaza, no curso médio do rio Limpopo, tendo como limites a Norte o rio Limpopo que o separa dos distritos de Massingir, Mabalane e Guijá, a Sul o distrito de Bilene e o rio Mazimuchope que o separa do distrito de Magude, a Este confina com os distritos de Bilene e Chibuto a Oeste com os distritos de Magude e de Massingir, (MAE, 2005). Possui as seguintes

coordenadas geográficas 24° 05' e 24° 32' Sul, de latitude, e 32° 31' e 33° 35' Este, de longitude e 30 m de altitude, (MAE, 2005). Vide o mapa em anexo 2.

a) Solos e Relevo

Todo o distrito de Chokwé é uma planície composta por aluviões ao longo do rio Limpopo, que atravessa todo o distrito no sentido NW-SE. Verifica-se a ocorrência de terraços no extremo Sudeste do distrito (PA de Chilembene), junto ao distrito de Bilene. Em Macarretane, na zona de Matuba, ocorrem argilas vermelhas. São terras húmidas, baixas e depressões permanentes ou sazonalmente húmidas evidenciando condições de grande valor agrícola e elevada aptidão para a irrigação, (MAE, 2005).

b) Hidrografia

O distrito tem um grande potencial hidrográfico, sendo banhado pela margem direita do Rio Limpopo e pelo Rio Mazimuchope, possuindo ainda os riachos periódicos de Ngonwane, Munhuane, Chuezi, Nhambabwe e as lagoas de Chinangue, Ngondzo, Nha-nhai, Mbalambe e Khokhotiva, (MAE, 2005).

3.2. Técnica de recolha de dados

A elaboração do presente trabalho de pesquisa, referente ao balanço hídrico climatológico dos distritos de Boane e Chokwé, contou com a revisão de diversas obras literária, que abordam em torno da mesma linha de pesquisa e colecta de dados nas estações meteorológicas das respectivas regiões. Os distritos localizam se nas províncias de Maputo e Gaza, respectivamente ambos da zona sul. Os dados de precipitação e temperatura utilizados para análise de dados (no caso do distrito de Chokwé). Devido a falta de dados históricos no banco de dados da estação meteorológica do respectivo local, recorreu se a estação meteorológica do INAM sedeadada na cidade de Xai-Xai, visto que o raio da estação abrange 150km de cobertura segundo o meteorologista local abrangendo deste modo o distrito em estudo, pois a cidade de Xa-Xai dista aproximadamente 60 km do distrito de Chokwé. E para o caso do distrito de Boane os dados foram colhidos na estação meteorológica de Umbeluze. Os dados referentes às coordenadas geográficas para ambos distritos foram obtidos no site oficial do INAM (www.inam.gov.mz dia 26 de 11as 17:36).

Devido a falta de dados em alguns períodos verificado na serie de dados, recolhidos nas estações meteorológicas da cidade de Xai-Xai e do Umbeluze, utilizou se o método de preenchimento de falhas usando a correlação de uma estação vizinha para a precipitação, descrita pela seguinte expressão:

$$P_x = \frac{P_a * M_x}{M_a} \quad (16)$$

Em que:

P_x - corresponde a precipitação do período em causa, em mm;

P_a - corresponde a precipitação do período em causa da estação vizinha, em mm;

M_x - corresponde a média de serie de dados da estação em causa, em mm;

M_a - corresponde a média de serie de dados da estação vizinha, em mm.

3.3. Análise e Processamento de dados

Após a colecta de dados referentes a temperaturas médias mensais, precipitações totais mensais do período em estudo, nas estações meteorológicas dos locais já referenciados e as respectivas coordenadas geográficas no site do Instituto nacional de Meteorologia de Moçambique (www.inam.gov.mz), fez se o processamento desses dados na planilha de Excel para devidos analyses posteriores.

3.3.1. Balanço hídrico climatológico dos distritos de Boane e Chokwé

O balanço hídrico climatológico referente as áreas em estudo foi determinado utilizando a metodologia de Thornthwaite e Mather (1955). Onde para o seu efeito colectou se os dados de precipitação total mensal (P) e da temperatura media mensal (T), correspondente a um período de 30 anos (1984-2013). Utilizou se também dados de latitude de cada região e foi considerado uma capacidade máxima de retenção de água no solo de 100 mm para a maioria das culturas anuais cultivadas, valor recomendado pelo NETO & FRAGA (2014); PEREIRA, *et al.* (2002), em que independentemente do tipo do solo a selecção do CAD e feita mais em função do tipo de cultura a qual se quer produzir. A evapotranspiração potencial (ETP), que é uma componente fundamental para o cálculo de balanço hídrico climatológico foi estimada a partir do método empírico de Thornthwaite (1948) utilizando a seguinte equação.

3.3.1.1. Cálculo da Evapotranspiração Potencial (ETP)

$$ETP = 16 * \left(10 * \frac{T}{I} \right)^a \quad (17)$$

Em que:

ETP = Evapoteanspiração potencial mm mês⁻¹;

T = temperatura média mensal normal °C;

I = índice calorífico anual;

a = índice térmico regional;

O Índice calorífico anual (I) e o índice térmico regional (a) presentes na equação (17) foram calculados a partir da equação 18 e 19, respectivamente.

$$I = \sum_{\bar{j}=1}^{12} (0,2T)^{1,514} \quad (18)$$

T= temperatura média mensal normal do mês j, °C.

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} * I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} * I^2 + 0,01791 * I + 0,4 \quad (19)$$

A ETP dado que representa a evapotranspiração total mensal que ocorreria nas condições térmicas de um mês padrão de 30 dias, e cada dia com 12h de fotoperíodo (N), foi corrigida usando a tabela 3 e a equação 20.

$$ETP_c = ETP * Fc \quad (20)$$

Em que:

ETP_c = Evapotranspiração potencial corrigida, mm

Fc = factor de correcção, adimensional.

Tabela 3. Factores de Correção da ETP Mensal, Estimada pelo Método de Thornthwaite, para Latitudes entre 15° Norte e 37° Sul.

Meses	Boane, Lat. 26° 03'	Chokwe, Lat.24°34'
	Lat. 26° S	Lat. 24° S
Janeiro	1,17	1,16
Fevereiro	1,05	1,01
Março	1,11	1,05
Abril	0,96	0,96
Mai	0,94	0,94
Junho	0,87	0,89
Julho	0,92	0,93
Agosto	0,98	0,98
Setembro	1,00	1,00
Outubro	1,10	1,10
Novembro	1,11	1,11
Dezembro	1,78	1,17

Fonte: TUCCI, et al. (2004)

Depois da estimativa da ETP_c foi estimada para o mesmo período, a negativa acumulada (NEG), o armazenamento de água no solo (ARM), a evapotranspiração real (ER), a deficiência (DEF) e o excedente hídrico (EXC).

3.3.1.2. Negativa acumulada (NEG) e armazenamento de água no solo (ARM)

A negativa acumulada e armazenamento de água no solo podem ser calculados simultaneamente utilizando a tabela (em anexo 3) seguindo a metodologia descrita pelo NETO & FRAGA (2014).

Segundo os autores citados anteriormente quando esta se perante a uma situação igual ao do distrito de Boane que apresenta maior demanda atmosférica (ETP) que suprimento de água no solo (P) para todos períodos, neste caso a perda potencial de água acumulada será infinito negativo e o valor do armazenamento de água no solo será zero assim como para alteração em todos períodos.

Segundo metodologia de THORNTHWAITE & MATHER (1955), citados pelos mesmos autores, os valores da perda potencial de água acumulados são determinados

a partir do primeiro mês com valor negativo após uma sucessão de valores positivos. Visto que trabalhou-se com dados médios para o cálculo do BHC, o mês de Janeiro não foi considerado como o inicial, partindo do princípio que o mês de Dezembro ocorrerá outro mês com as características climatológicas do mês de Janeiro, e assim por diante.

- ✓ Após a identificação do primeiro mês em que $P < ETP$, o valor da negativa acumulada será igual ao valor de $P - ETP$ do respectivo mês.
- ✓ Com o valor da primeira negativa acumulada já identificado o valor de ARM é calculado pela expressão (21).

Para o cálculo do ARM do mês seguinte existem dois casos possíveis:

- 1) Se $P - ETP < 0$, soma-se o valor de $P - ETP$ ao valor da NEG do mês anterior. O valor do armazenamento do mês correspondente será encontrado pela expressão supra referenciada.
- 2) Se $P - ETP > 0$ neste caso, soma-se o valor de $P - ETP$ ao armazenamento do mês anterior, obtendo-se o armazenamento do mês em questão. Com tudo importa referir que:
 - ✓ O armazenamento, poderá ter valor máximo que é igual ao valor da capacidade de armazenamento adoptada;
 - ✓ Caso o valor de ARM seja menor que o valor da CAD adoptada, pode-se encontrar o valor da negativa acumulada de forma inversa ao processo anterior, ou seja, calculando a partir do ARM pela expressão (22).
 - ✓ Se o valor do ARM for igual ao valor da CAD adoptada, a negativa acumulada será zero.

Ao completar o cálculo para o 12º mês, deve-se somar a negativa acumulada com a $P - ETP$ do mês seguinte para verificar o fechamento do cálculo, ou seja se coincidir com o valor da primeira negativa acumulada do cálculo, este estará fechado, caso contrario deve-se efectuar novamente o cálculo dos 12 meses, partindo, agora, deste novo valor de negativa acumulada e, assim, sucessivamente até que ocorra o fecho do cálculo.

$$ARM = CAD * e^{\left| \frac{NEG}{CAD} \right|} \quad (21)$$

Se $P-ETP > 0$

$$NEG = CAD * Ln \left| \frac{ARM}{CAD} \right| \quad (22)$$

Se $P-ETP < 0$

3.3.1.3. Cálculo da Alteração

A alteração ($ALT = \Delta ARM$) é dada pela diferença entre o valor de armazenamento correspondente ao mês em questão e o armazenamento do mês anterior. Em outras palavras, armazenamento se refere a quantidade de água disponível na profundidade do sistema radicular no final do mês em questão. É descrita pela seguinte equação:

$$ALT = ARM_{act} - ARM_{ant} \quad (23)$$

Caso $ALT > 0$, significa que ocorreu reposição da água no solo;

Se $ALT < 0$, houve retirada ou perda de água do solo.

3.3.1.4. Cálculo da Evapotranspiração real (ETR)

Nos meses em que $P-ETP > 0$, a ETR foi considerada igual a ETP e nos meses em que $P-ETP < 0$, a ETR foi determinada pela seguinte expressão:

$$ETR = P - ALT \quad (24)$$

No caso específico do distrito de Boane a ETR foi considerada igual a P para todos períodos em questão.

3.3.1.5. Cálculo da Deficiência hídrica (DEF)

Representa a água não evapotranspirada em virtude da falta de humidade no solo. Ela foi expressa a partir da equação abaixo e em mm.

$$DEF = ETP - ETR \quad (25)$$

3.3.1.6. Cálculo do Excedente hídrico (EXC)

Foi obtido considerando as seguintes condições.

$$EXC = 0, \text{ se } P-ETP < 0$$

$$EXC = P - ETR - ALT \quad (26)$$

3.4. Caracterização do balanço hídrico

Após os cálculos acima efectuados foram calculados os índices de humidade (Ih), de aridez (Ia), e de humidade efectiva (Im), utilizando as equações abaixo.

$$Ih = 100 * \frac{(EXC)}{ETP} \quad (27)$$

$$Ia = 100 * \frac{(DEF)}{ETP} \quad (28)$$

$$Im = Ih - 0,6 * Ia \quad (29)$$

O índice de humidade efectiva foi utilizado para fazer a classificação climática, o de aridez para expressar a deficiência hídrica e o hídrico para expressar o excesso de água como mostram as tabelas 4, 5 e 6, respectivamente.

Tabela 4. Classificação Climática com Base no Índice Efectivo de Humidade

Im	Símbolo	Tipo de clima
$100 \leq Im$	A	Super Húmido
$80 \leq Im < 100$	B₄	Húmido
$60 \leq Im < 80$	B₃	Húmido
$40 \leq Im < 60$	B₂	Húmido
$20 \leq Im < 40$	B₁	Húmido
$0 \leq Im < 20$	C₂	Sub-húmido
$-33,3 \leq Im < 0$	C₁	Sub-húmido seco
$-66,7 \leq Im < -33,3$	D	Semi-árido
$-100 \leq Im < -66,7$	E	Árido

Fonte: Adaptado de *OMETTO (1981)*

Tabela 5. Classificação do Índice de Aridez

Ia	Símbolo	Classificação
$Ia < 17$	r	Nenhum deficit de água
$17 < Ia < 33$	S	Deficit moderado no Verão
$17 < Ia < 33$	W	Deficit moderado no inverno
$Ia > 33$	S₂	Deficit muito forte no Verão
$Ia > 33$	W₂	Deficit muito forte no inverno

Fonte: OMETTO, (1981)

Tabela 6. Classificação Climática Baseada no Índice Hídrico

Ih	Símbolo	Classificação
$0 \leq Ih < 10$	d	Excesso de água pequeno ou nulo
$10 \leq Ih < Ih \geq 20$	S	Excesso de água moderada no verão
$10 \leq Ih < 20$	W	Excesso de água moderada no inverno
$Ih \geq 20$	S₂	Grande excesso de água no verão
$Ih \geq 20$	W₂	Grande excesso de água no inverno

Fonte: SENTELHAS & ANGELOCCI, (2009)

CAPITULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Variação da temperatura média mensal e da precipitação

A tabela que se segue demonstra o comportamento da temperatura e da precipitação ao longo do período em estudo (1984-2013) nos distritos de Boane e Chokwé.

Tabela 7. Variação da temperatura e da precipitação nos locais de estudo

Meses	Boane		Chokwé	
	T.(°C)	P. (mm)	T.(°C)	P. (mm)
Janeiro	26,9	129	26,5	167
Fevereiro	26,9	104	26,2	124
Março	26,2	87	25,6	135
Abril	24,6	37	23,7	93
Maio	21,7	13	21,5	56
Junho	19,3	12	19,4	57
Julho	19,0	12	19,1	55
Agosto	20,6	15	20,2	28
Setembro	22,6	28	22,5	31
Outubro	23,6	57	23,5	49
Novembro	25,2	78	25,0	110
Dezembro	26,0	113	26,2	126
Total	----	686	----	1030
Media	23,6	----	23,3	----

Analisando a tabela 7, verifica-se que para o distrito de Boane, a temperatura média anual normal é de 23,6 °C, destacando-se os meses de Janeiro e Fevereiro (26,9 °C) com registos de temperaturas mais altas, ocorrendo um decréscimo gradual até atingir a temperatura mínima no mês de Julho (19 °C). No caso do distrito de Chokwé verifica-se na mesma tabela supra referenciada que a temperatura média anual normal é de 23,3 °C, atingindo o seu pico no mês de Janeiro (26,5 °C) e decresce gradualmente até atingir o extremo mínimo em Julho (19,1 °C). Este comportamento pode ser explicado pelo facto de que o pico do verão verifica-se entre os meses de Janeiro e Fevereiro, enquanto o inverno é mais intenso entre os meses de Junho e Julho para ambos locais.

Com base na mesma tabela, avaliando a variação temporal da precipitação, no distrito de Boane verifica-se que a total normal é de 686 mm, podendo variar de 129

mm no mês de Janeiro a 12 mm no mês de Junho e Julho respectivamente. Para o distrito de Chokwé a precipitação total normal é de 1030 mm, podendo variar de 167 mm no mês de Janeiro a 28 mm no mês de Agosto.

A tabela acima mostra claramente que os distritos ora em estudos apresentam condições meteorológicas parcialmente diferentes. Com registo pluviométrico ao longo de todo ano mas com uma distribuição irregular. Conforme já tinha sido referenciado o maior registo pluviométrico para ambos locais ocorre em Janeiro com valores de 129 mm em Boane e 167 mm em Chokwé. Visto que a temperatura máxima ocorre no mês de Janeiro para ambos locais pode se afirmar que este é o mês mais quente do ano.

Por falta de uma revisão bibliográfica que apresenta uma abordagem referente a mesma temática do presente trabalho principalmente nos distritos em estudos, não foi possível confrontar os resultados obtidos com os de outros autores.

4.2. Balanço Hídrico Climatológico de Boane e Chokwé

As tabelas 8 e 9 mostram o extracto das variáveis do BHC dos distritos de Boane e Chokwé respectivamente obtido pela metodologia descrita pelo Thornthwaite e Mather (1955), e nas figuras 5 e 6 esta a representação gráfica do comportamento do BHC dos locais em estudo, para uma capacidade máxima de armazenamento de água no solo (CAD) de 100 mm.

Tabela 8. Extracto do Balanço Hídrico Climatológico do Distrito de Boane, no Período de 1984-2013.

Meses	P	ETP	P- ETP	NEG	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Janeiro	129	167	-38	-38	0	0	129	38	0
Fevereiro	104	149	-45	-83	0	0	104	45	0
Março	87	146	-59	-142	0	0	87	59	0
Abril	37	111	-75	-216	0	0	37	75	0
Mai	13	75	-61	-278	0	0	13	61	0
Junho	12	48	-37	-314	0	0	12	37	0
Julho	12	46	-34	-348	0	0	12	34	0
Agosto	15	60	-45	-393	0	0	15	45	0
Setembro	28	79	-51	-444	0	0	28	51	0
Outubro	57	98	-41	-485	0	0	57	41	0
Novembro	78	124	-45	-530	0	0	78	45	0
Dezembro	113	147	-34	-564	0	0	113	34	0
Anual	686	1250	-564	----	---	0	686	564	0

I=126,2 ; a=2,9 e CAD=100 mm

Tabela 9. Extracto do Balanço Hídrico Climatológico do Distrito de Chokwe, no Período de 1984-2013.

Meses	P	ETP	P- ETP	NEG	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Janeiro	167	135	10	-193	14	10	157	0	0
Fevereiro	124	132	-9	-202	13	-1	125	8	0
Março	135	123	6	-163	19	6	129	0	0
Abril	93	100	-3	-166	18	-1	94	2	0
Mai	56	75	-15	-181	16	-2	58	13	0
Junho	57	56	6	-147	22	6	50	0	0
Julho	55	54	5	-127	27	5	50	0	0
Agosto	28	63	-34	-161	19	-8	36	26	0
Setembro	31	86	-55	-216	11	-8	39	47	0
Outubro	49	96	-57	-273	6	-5	54	52	0
Novembro	110	115	-18	-292	5	-1	111	17	0
Dezembro	126	131	-27	-319	4	-1	127	26	0
Anual	1030.2	1166	-190	----	----	0	1030	191	0

I=123.7; a=2.8 e CAD=100 mm

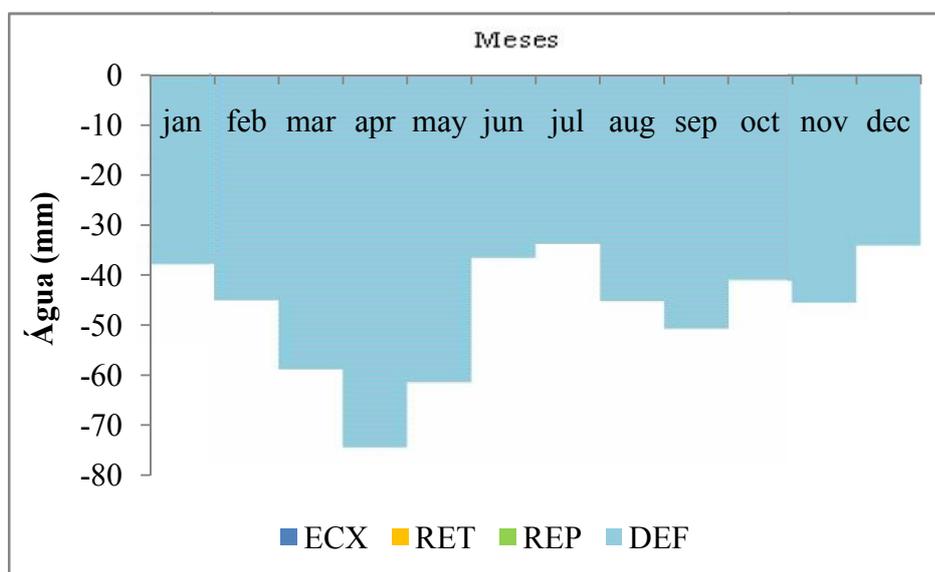


Fig.5 Representação Gráfica Do Balanço Hídrico Climatológico Do Distrito De Boane.

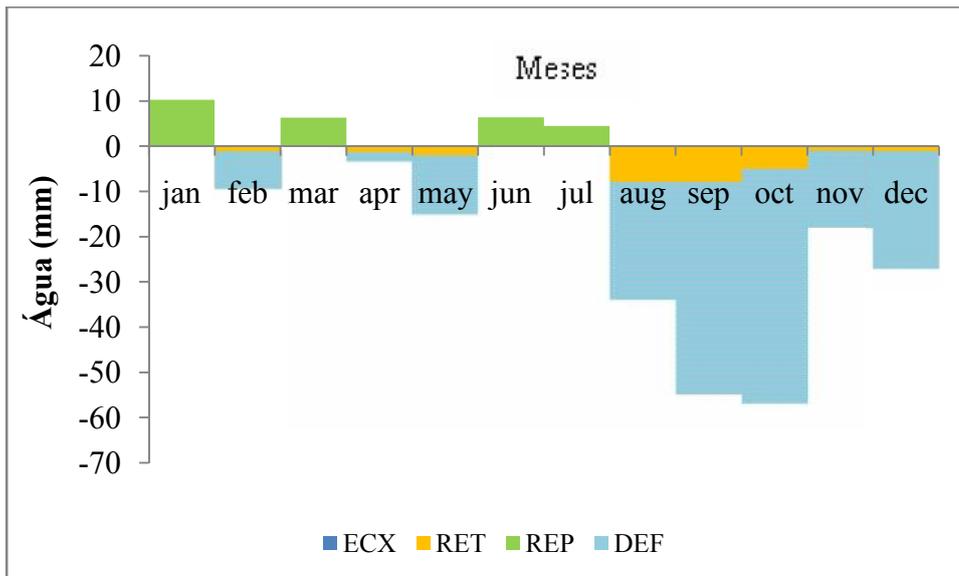


Fig.6 Representação Gráfica Do Balanço Hídrico Climatológico Do Distrito De Chokwé.

Sob ponto de vista agrometeorológico, para conhecer as disponibilidades hídricas e térmicas de uma determinada região é necessário estimar o BHC. O seu estudo permite ter uma ampla visão da deficiência e do excedente hídrico assim como o armazenamento da água no solo ao longo de diferentes épocas do ano.

Analisando a tabela 8 no que concerne ao extracto do BHC do distrito de Boane, verifica se que o suprimento de água o solo é menor que demanda de água pela atmosfera em todos meses ao longo de todo ano no período em estudo. Com relação ao distrito de Chokwé, verifica se que o suprimento de água no solo é maior que a demanda nos meses de Janeiro, Março, Junho e Julho (tabela 9), podendo se verificar contrario nos meses restantes. Concernente ao distrito de Xai-Xai QUISSICO *et al* (2012) constataram que, a disponibilidade de água foi maior que a demanda atmosférica nos meses de Maio e Julho, essa diferença possivelmente deve se pelo facto desses autores terem usado uma serie diferente dos dados.

Visto que a capacidade máxima de armazenamento de água no solo (CAD) apenas é atingida quando estamos perante a situação em que $\sum(P - ETP)_{\text{positivo}}$ for maior ou igual que a CAD considerada, o extracto do BHC no caso do distrito de Boane mostra claramente que em nenhum mês em que a P é maior que a ETP, mediante o este resultado não é possível atingir a CAD considerada. Para o caso do distrito de Chokwé embora tenha se verificado alguns meses em que a demanda atmosférica de

água é menor que suprimento de água no solo a CAD=100 mm em nenhum momento foi atingida.

Tomando como base a tabela 8 e figura 5, que ilustram a situação hidrológica do distrito de Boane é possível verificar que existe uma deficit extrema de água em todos meses ao longo do ano, podendo variar de 34 mm a 75 mm, com o extremo mínimo para o mês de Julho e o máximo no mês de Abril respectivamente. Para o distrito de Chokwé nos meses com o suprimento de água no solo maior que a demanda atmosférica não houve tanto o deficit quanto o excedente, como ilustram a tabela 9 e figura 6. Nos meses remanescentes não se verifica excedente hídrico em nenhum período ao longo do ano, porem deficit, podendo variar de 2 mm para o mês de Abril a 52 mm para o mês de Outubro. Levando a considerar que Outubro é o mês mais seco do ano no caso do distrito de Chokwé. Verificando se o contrario com QUISSICO *et al* (2012), no caso do estudo do distrito de Xai-Xai nos meses em que P é maior que a ETP não verificou se deficit assim como excedente, e nos meses restantes também não se verificou excedente mas sim deficit, onde o extremo máximo para estes autores destacou se em Dezembro porém o mínimo em Janeiro.

No distrito de Chokwé de acordo com a tabela 9 e figura 6, verifica se a perda (retirada) de água nos meses de Fevereiro, Abril, Maio, Agosto, Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro respectivamente, com o registo da maior perda nos meses de Agosto e Setembro (8 mm) e menor nos meses de Fevereiro, Abril, Novembro e Dezembro (1mm). Entretanto a mesma figura 6 dá uma visualização clara da reposição de água no solo que tem como inicio no mês de Janeiro, seguindo em Março, Junho e por fim em Julho.

4.3. Caracterização do balanço hídrico climatológico

A tabela 10 demonstra os resultados de índice hídrico (Ih), índice de aridez (Ia) e índice de humidade efectiva dos distritos de Boane e Chokwé num período compreendido de 1984-2013.

Tabela 10. Índice hídrico, Índice de aridez e Índice de humidade efectiva.

Período	Boane			Chokwé		
	Ih	Ia	Im	Ih	Ia	Im
1984-2013	0	45,1	-27,1	0	15,6	-9,3

Em conformidade com a tabela acima descrita observa-se que de acordo com o índice hídrico (I_h), os distritos ora em estudo apresentam uma classificação do tipo **d**, que representa o excesso nulo de água ($0 \leq I_h < 10$) com base na classificação de Thornthwaite baseada no I_h , adaptada por SENTELHAS e ANGELOCCI (2002), tabela 6.

Em relação ao Índice de aridez, o distrito de Boane apresenta uma classificação do tipo **S₂**, que representa deficit muito forte no verão ($I_a > 33$) e o distrito de Chokwé apresenta uma classificação do tipo **r**, que representa deficit não considerável ($I_a < 17$), baseada na classificação do mesmo autor citado anteriormente adaptado por OMETTO (1981), tabela 5.

No que concerne a classificação climática das regiões em estudo segundo a classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955), a qual baseia-se no índice de humidade efectiva ambos distritos em estudo apresentam uma classificação climática do tipo **C₁**, que representa o clima Sub-húmido seco ($-33,3 \leq I_m < 0$), com base na tabela 4 adaptada por OMETTO (1981). Segundo MAE (2005), com base na classificação climática de Köppen, o clima do distrito de Boane é do tipo sub-húmido e com deficiência de chuva na estação fria, caracterizado por alternância entre as condições secas, induzidas pelas altas pressões, chegando a ser diferente com o resultado obtido no presente trabalho provavelmente devido ao facto de ter sido feita com SCC diferente. Com relação ao distrito de Xai-Xai, QUSSICO *et al* (2012), com base no SCC de Thornthwaite e Mather constataram que o clima da região é do tipo sub-húmido seco.

CAPITULO V - CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusão

Em linearidade com os objectivo propostos na presente linha de pesquisa referente aos locais em estudo chegou se as seguintes considerações finais:

O distrito de Boane mediante aos valores da ETP estimada pelo método proposto, estes apresentam se maior que o suprimento hídrico no solo por meio da precipitação, ao longo de todo ano no período em estudo, podendo oscilar de 46 mm (Julho) a 167 mm (Fevereiro), face a essa situação, há necessidades de implantação de sistemas de irrigação com vista a suprir as necessidades hídricas das culturas, pois a pratica da agricultura em regime do sequeiro para esta localidade não é sustentável. Em relação ao distrito de Chokwé pese embora tenha se verificado maior suprimento de agua no solo que a demanda atmosférica de água em alguns meses ao longo do ano constatou se que a CAD considerada em nenhum momento foi atingida, havendo deste modo a necessidade de adoptar técnicas que permitem um melhor gestão de água para irrigação.

Os locais em estudos apresentam registos da precipitação ao longo de todos meses no período em estudo, toda via com uma distribuição irregular, colocando em risco a pratica da actividade agrícola em regime do sequeiro. Em relação a variação da temperatura para ambos locais o período mais frio destaca se no mês de Julho e o mais quente no mês de Janeiro, com influencia de longos períodos de seca.

Diante dos resultados do BHC dos locais em estudo, o distrito de Boane apresenta um deficit muito forte de água em todos meses ao longo do ano, esta situação deve se pelo facto da região apresentar um elevado índice de aridez, evidenciando deste modo a necessidade de sistemas de irrigação. No distrito de Chokwé, apesar da existência de alguns meses com P maior que a ETP em nenhum momento ocorreu o excesso hídrico tanto quanto o deficit, embora o deficit de água verificado nos meses restantes não seja considerável, devido a sua ocorrência em meses subsequentes ao longo do ano torna se inquestionável a aplicação de sistemas de irrigação de forma suplementar.

Com base no índice efectivo de humidade adoptado no presente estudo como indicador de classificação climática, obtido através dos resultados do BHC concluiu-se que ambas regiões possuem um clima do tipo sub-húmido seco.

Em suma o balanço hídrico climatológico é de grande importância no que diz respeito a tomada de decisão, de um plano adequado de todas práticas agrícolas com intuito do incremento da respectiva produtividade, pois este, fornece subsídios de fácil compreensão, referente a disponibilidade hídrica de diferentes regiões em diferentes épocas ao longo do ano e situação climática mais actualizada, com vista estabelecer comparações entre as condições climáticas predominantes em locais diferentes, o que consequentemente poderá minimizar os riscos em que a actividade agrícola esta submetida.

5.2. Recomendações

Com vista a melhorar a implementação de tecnologias agrárias com base nos serviços meteorológicos recomenda-se:

As entidades governamentais e meteorologistas

- ✓ Que criem mais postos meteorológicos principalmente nas regiões com influências agro-ecológicas, essencialmente nos pontos distritais de cada província;
- ✓ Que pautem pelo uso de instrumentos mais actualizados para a recolha de dados mais fiáveis de modo a melhorar os serviços meteorológicos assim como agro meteorológicos;
- ✓ Que adoptem métodos mais eficazes de correcção de falhas na serie histórica do banco de dados;
- ✓ Que criem políticas de fácil acesso aos dados meteorológicos com a finalidade de pesquisas científicas sem nenhum fim lucrativo.

Aos pesquisadores

- ✓ A apostarem em linhas de pesquisas que fornecem subsídios de classificação climática mais actualizada nas localidades distritais;
- ✓ Que estudos do género sejam levados a cabo de forma a se obter mais informações concernentes ao balanço hídrico climatológico, seguindo a

metodologia proposta pelo Thornthwaite e Mather pois tem se mostrado mais eficaz para aplicações agrícolas.

Aos agricultores

- ✓ Que antes de exercerem qualquer actividade agrícola, devem se actualizar a quando da situação climática e disponibilidade hídrica da respectiva região de modo a reduzir riscos de perda de culturas.

5.3. Limitações da pesquisa

É imprescindível salientar que durante a elaboração do presente trabalho de culminação de curso esteve se face à algumas dificuldades, sendo de destaque a reduzida revisão bibliográfica que aborda a questão da classificação climática e agrometeorológica em quase todo o país. A dificuldade de acesso aos dados nas estações meteorológicas pois, só foi possível adquiri-los mediante ao pagamento de uma determinada taxa, assim como a falta de dados na serie histórica de banco de dados no caso do distrito de Chokwé, tendo se assumido os dados da estação mais próxima neste caso o distrito de Xai-Xai.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. J. (2011). *Água No Sistema Climático:Apontamentos Para Aulas De Microclimatologia Dos Habitats*. ÉVORA.

ANGIOLELLA, D; VASCONCELLOS, V. L. *Planilhas excel para cálculo de balanço hídrico Climatológico com diferentes metodologias para Estimativa da apotranspiração potencial*. 3º Simpósio Brasileiro de captação de águas das chuvas no semi-árido. Brasília.

ALMEIDA, E. H. (2000). *Análise do Efeito da Capacidade de Armazenamento de Água dos Solos no Rendimento do milho em Sequeiro na Região de Chokwé*. UEM. FAEF. Departamento De Engenharia Rural. Maputo.

BALDO, M. C. *et al*. Edição Especial 2. *Análise Da Deficiência E Do Excedente Hídrico Em Anos Atípicos Na Bacia Do Rio Pirapó-Pr* . Vol. 1. Paraná. 2012. P. 1266.

BRANCO, O. E. A. (2006). *Avaliação da disponibilidade hídrica: Conceitos e aplicabilidade*. Brasil.

BERTONI, J. C. TUCCI, C. E. M. (1993). *Precipitação, In: Tucci, C. E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Universidade Federal do rio Grande do Sul. Porto Alegre.

BURGOS, J.J. (1958). *Agro climatic Classifications and Representations: Report of the Applications value of Climatic and Agro climatic Classification for Agricultural purposes*._WMO, Comission for Agricultural Meteorology. Varsóvia.

CAMARGO, A. P (2001). *Balanço hídrico no Estado de São Paulo*. Boletim técnico, Campinas.

CAMARGO, A. P (1961). *Contribuição para a estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo*. Piracicaba.

CARTER, D. B. MATHER, J. R. (1966). *Climatic classification for environmental biology*. NY.

- CARLESSO, R. *et al.* (2007). *Usos e Benefícios da Colecta Automática de Dados Meteorológicos na Agricultura*. Usfm. Santa Maria.
- CARVALHO, S. M & STIPP, N. A. F. (2004). *Contribuição Ao Estudo Do Balanço Hídrico No Estado Do Paraná: Uma Proposta De Classificação Qualitativa*. Brasil.
- CARVALHO, D. F & SILVA, L. B (2006). *Evaporação e Transpiração. Capítulo 6*. Brasil.
- CARVALHO, H. K *et al.* (2009). *Balanço Hídrico Climatológico, Armazenamento Efectivo Da Água No Solo E Transpiração Na Cultura De Café*. Uberlândia.
- CASTRO NETO, P; FRAGA, A. C. (2014). *Agrometeorologia e Climatologia na Cultura do Algodoeiro*. UFLa. Lavras
- DAMIÃ, *et al.* (2010). *Balanço Hídrico Da Região De Ilha Solteira*. Noroeste paulista. Minas Gerais.
- DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL. (1998). *Aulas Práticas de Hidrologia*. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal. UEM. Maputo. Moçambique.
- FERNANDES, D. S. & FOSTER, P, R. P (2006). *Cálculo Da Evapotranspiração Potencial Através Do Método De Thornthwaite E Comparação Com Dados De Reanálise De Evaporação Potencial Do Ncep Para A Cidade De Pelotas*. Rio Grane do Sul. Brasil.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. *Boletim meteorológico para a agricultura*. 2ª Década, Nº 11. Maputo. 2012. Moçambique.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. *Reunião Nacional Da Meteorologia: Situação Do Sector Da Meteorologia*. 2012. 2ª ed.
- KÖPPEN, W. GEIGER, R. (1928). *Klimate der Erde Gotha: Verlag Justus Perthes*.
- LIMA, L. S. *et al.* (2012). *Balanço Hídrico Climatológico Especializado Para O Brasil*. Brasil.

- MARTINS F. B, *et al.* (2008). *Deficiência Hídrica No Solo E Seu Efeito Sobre Transpiração, Crescimento E Desenvolvimento De Mudanças De Duas Espécies De Eucalipto*. Brasil
- MINISTÉRIO DE ADMINISTRAÇÃO ESTATAL. (2005). *Perfil do distrito de Boane*. República de Moçambique.
- MINISTÉRIO DE ADMINISTRAÇÃO ESTATAL. (2005). *Perfil do distrito de Chokwe*. República de Moçambique.
- MIRANDA, R. A. C. & SANTOS, A. S. (2008). *Balanço Hídrico E Classificação Climática De Thornthwaite Em Duas Barras*. Rio de Janeiro.
- OLDONI, H. *et al.* (2014). *Estimativa Do Balanço Hídrico Sequencial Através Do Método De Thornthwaite - Mather Para A Região De Pelotas - Rio Grande do Sul*.
- OLIVER, J. E. (1973). *Climate and man's environment: an introduction to applied climatology*. New York.
- OMETTO, J. C. (1981). *Adaptação e Simplificação do método de Penman as Condições Climáticas do Estado de São Paulo*. Simpósio Brasileiro de Hidrologia e recursos Hídricos. Universidade Federal de Ceara. Fortaleza.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE METEOROLOGIA - OMM (1999). *Manual de meteorologia geral para formação de técnicos profissionais da meteorologia*.
- PAULA, R. K. (2011). *Cenários De Balanço Hídrico No Ceará Decorrentes De Mudanças Climáticas*. Campina Grande.
- PENMAM, H. L. (1996). *Evaporation: introductory Survey*. Journal of Agricultural Suina. Cambridge. Netherlands.
- PEREIRA, A. P, *et al.* (2002). *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba.
- QUISSICO, D. Z. *et al.* (2012). *Balanço Hídrico Climatológico do Distrito de Xai-Xai*. Mocambique.

ROLIM, G. S. *et al.* (2007). *Classificação Climática de Köppen e de Thornthwaite e Sua aplicabilidade na determinação de zonas Agroclimáticas para o estado de são paulo Bragantia*. Campinas.

SANTOS, T. R. E. (1998). *Aplicação da nova classificação de Thornthwaite, ensaio para o estudo do clima da província de Moçambique*. Portugal.

SENTELHAS, P. C. *et al.* (1999). *Balanços Hídricos Climatológicos do Brasil*. Esalq/USP. Piracicaba-SP.

SENTELHAS *et al.* (2002). *Balanços Hídricos Climatológicos De 500 Localidades Brasileiras*. Brasil.

SENTELHAS, P.C. & ANGELOCCI, L. R. (2009). *Meteorologia Agrícola: Balanço Hídrico Climatológico normal e sequencial, de cultura e para manejo de irrigação*. ESALQ/USP. São Paulo.

SENTELHAS, P.C. & MONTEIRO, J. E. B. (2009). *Agrometeorologia dos Cultivos Informações para uma Agricultura Sustentável*. INAMET. Brasil.

SENTELHAS & ANGELOCCI. (2012). *Introdução à Meteorologia Agrícola*. ESALQ/USP. São Paulo.

SILVA, B. & CARVALHO, F. (2006). *Contribuição Ao Estudo Do Balanço Hídrico No Estado Do Paraná: Uma Proposta De Classificação Qualitativa*. Londrina. Brasil.

SILVA, L. L. *et al.* (2009). *Influencia das Precipitações na Produtividade Agrícola no Estado de Paraíba*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola. Campina Grande.

SOUZA, A. P. *et al.* (2011). *Estimativas Da Evapotranspiração De Referência Em Diferentes Condições De Nebulosidade*. Universidade de Mato Grosso. Brasil.

THORNTHWAITE, C.W. MATHER, J.R. (1955). *The water balance: Publications in Climatology*. Laboratory of Climatology. New Jersey.

THORNTHWAITE, C.W. (1948). *An approach towards a rational classification of climate*. Geographical Review. London.

THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. (1955). *Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and Water Balance*. Publications in Climatology. V.X, n.3. Drexel Institute of Technology. Centerton.

TOMASSELLA, J. & ROSSATO, L. (2005). *Balanço hídrico: Tópicos em Meio Ambiente e Ciências Atmosféricas*. Brasil

TUCCI, C. E. M (1993). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre.

VIANELLO, R. L. & ALVES, A. R. (1991). *Meteorologia Básica e Aplicações*. UFLA

APÊNDICES & ANEXOS

Apêndice 1. Precipitações totais mensais do distrito de Boane (1984-2013)

Mês/Ano	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
J	183.7	134.5	128.7	101.3	32.8	40.7	125.7	182.2	37.1	62.4	161.0	69.1	182.2	190.1	261.0
F	127.2	242.0	45.3	2.0	125.2	190.5	83.8	95.7	34.6	83.5	22.7	23.5	194.1	62.6	59.1
M	209.6	48.5	83.7	103.1	100.7	28.3	95.1	91.4	9.7	151.4	50.8	45.9	39.7	100.1	84.5
A	78.5	23.0	57.3	28.5	22.0	24.0	40.1	6.6	6.6	35.7	38.5	9.2	44.7	25.9	14.9
M	2.6	17.8	4.1	11.6	25.2	7.3	2.7	9.9	6.5	29.0	7.7	47.4	44.5	15.6	0.0
J	27.2	2.1	12.9	2.5	28.5	54.2	0.3	36.3	17.8	9.2	0.8	0.6	0.2	20.5	0.0
J	88.0	1.0	0.6	0.5	13.7	0.6	0.0	18.6	3.4	17.1	0.7	0.4	14.0	43.5	4.2
A	20.1	1.3	0.1	44.8	8.3	8.5	7.7	0.0	9.4	12.0	10.5	19.4	5.7	50.4	2.9
S	33.4	10.2	19.2	97.8	15.2	14.6	0.4	13.6	0.6	1.5	7.9	1.2	0.5	70.9	19.5
O	55.5	35.9	11.9	44.7	118.5	35.0	40.9	6.0	7.8	25.7	107.8	85.3	103.0	82.5	98.0
N	88.1	118.9	49.5	44.9	26.2	129.9	23.9	67.2	40.4	32.8	36.6	43.1	47.2	75.7	142.2
D	26.4	53.4	114.3	61.8	94.3	346.6	86.3	97.9	138.4	92.4	115.1	142.1	87.7	113.9	99.5
Totais	940.2	688.6	527.6	543.5	610.6	880.2	506.9	625.4	312.3	552.7	560.1	487.2	763.5	851.7	785.8

1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
175.8	108.5	112.6	65.5	5.8	189.7	30.4	98.3	24.2	77.0	129.9	21.9	415.6	219.5	297.7
230.0	410.8	204.2	19.6	74.2	75.0	48.9	97.5	64.8	31.0	74.2	33.0	53.1	174.1	136.1
58.5	223.0	23.2	17.0	28.6	89.0	111.2	163.7	43.0	85.2	76.3	125.0	17.9	243.9	74.4
42.1	35.8	31.8	2.4	2.0	36.0	35.8	22.7	118.0	48.7	5.4	86.7	105.5	25.1	46.7
25.8	11.8	9.4	0.0	9.1	8.9	9.2	1.5	0.0	15.2	1.7	3.6	44.4	12.3	19.6
8.9	20.9	0.0	0.0	57.6	2.9	1.1	3.6	5.1	14.2	13.0	9.5	0.7	0.0	0.0
5.6	15.2	14.5	15.4	5.2	76.0	1.2	8.3	7.9	0.0	5.5	3.3	6.3	0.0	0.0
28.1	3.2	6.6	9.2	0.0	18.0	7.2	18.8	0.0	0.0	64.9	0.0	20.2	0.0	64.5
33.2	59.8	1.6	4.3	110.7	28.8	1.7	23.1	11.6	13.3	0.0	1.2	52.9	193.0	11.3
87.6	40.1	19.6	45.3	6.6	42.2	8.6	43.0	39.7	0.5	0.0	40.6	38.2	364.8	73.4
153.5	213.2	316.4	14.1	17.9	108.7	34.1	104.4	51.7	0.0	89.8	99.7	115.3	35.5	31.5
61.9	75.5	157.9	47.6	20.2	56.6	16.9	118.7	210.3	0.0	22.7	267.9	341.6	108.4	208.3
911.0	1217.8	897.8	240.4	337.9	731.8	306.3	703.6	576.3	285.1	483.4	692.4	1211.7	1376.6	963.5

A cor Laranja represente Falhas preenchidas

Apêndice 2. Temperaturas médias mensais do distrito de Boane (1984-2013)

Mês/Ano	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
J	24.7	27.5	26.3	26.8	28.0	26.1	26.2	27.7	27.3	27.5	26.1	27.1	27.1	27.3	26.9
F	24.6	26.6	25.9	29.0	28.0	25.8	25.6	26.9	28.6	26.6	26.0	27.3	26.3	27.1	27.1
M	23.9	26.2	26.4	26.1	27.0	26.4	26.3	25.8	27.0	25.7	26.6	26.0	24.9	26.3	27.2
A	22.2	23.8	24.4	24.9	24.9	23.5	24.2	23.9	26.0	25.0	24.2	23.9	23.0	23.3	25.1
M	21.5	20.4	21.6	23.1	21.6	22.0	21.4	21.9	23.0	22.6	21.5	21.2	21.7	21.2	22.5
J	17.7	19.1	18.6	18.7	18.7	19.3	18.9	18.2	20.4	19.0	19.4	18.8	18.9	19.2	19.8
J	18.8	18.8	18.9	18.6	19.4	18.9	19.7	18.3	19.4	20.0	17.5	19.3	17.8	19.4	19.6
A	18.9	20.8	21.2	20.1	21.3	22.0	19.8	20.7	20.0	20.2	19.7	20.4	19.8	20.9	20.9
S	21.4	23.4	22.4	21.9	22.3	22.1	21.1	23.4	23.7	23.2	22.3	23.7	23.6	22.7	23.1
O	23.4	24.7	23.9	21.7	22.6	23.3	24.1	24.3	25.1	23.8	21.2	25.5	24.8	22.9	23.2
N	23.5	25.1	24.5	24.9	23.7	24.6	24.2	25.5	26.1	24.2	25.2	25.1	26.1	25.3	25.0
D	26.4	26.4	26.7	27.4	25.0	25.6	25.9	25.2	17.9	27.2	25.7	25.3	27.0	25.8	25.8
Medias	22.3	23.6	23.4	23.6	23.5	23.3	23.1	23.5	23.7	23.8	23.0	23.6	23.4	23.5	23.9

1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
26.9	25.3	25.7	27.4	27.8	27.8	27.9	27.4	27.5	26.2	27.5	28.0	26.8	27.0	26.6
26.0	26.4	26.2	26.4	28.2	27.1	27.6	27.9	28.0	26.9	26.5	27.9	26.8	27.4	26.8
26.3	26.3	26.4	26.7	27.1	25.8	26.0	24.9	27.1	25.7	25.3	27.2	28.0	26.4	25.9
24.0	23.3	42.6	24.9	25.5	24.1	24.2	23.3	24.0	23.1	23.6	24.9	24.2	22.9	22.5
21.8	20.4	21.3	21.7	22.0	20.8	22.3	20.5	20.8	21.7	22.0	23.0	22.3	22.8	21.1
19.2	20.3	19.6	18.8	19.5	18.8	21.3	19.2	19.3	19.6	20.5	18.7	18.8	20.5	19.6
19.3	19.0	19.2	18.2	18.6	17.7	18.8	19.7	18.7	20.0	18.5	20.0	18.3	20.1	18.6
21.0	19.7	23.5	22.1	20.1	20.9	22.5	20.4	20.6	21.6	20.1	19.5	19.3	21.0	20.1
21.6	23.1	22.4	21.0	22.3	21.2	23.7	21.8	23.1	22.9	22.5	23.2	23.7	22.7	23.4
21.8	23.4	23.6	24.3	24.9	23.5	24.4	24.2	23.2	24.2	23.1	23.3	24.1	23.5	21.8
26.2	24.6	25.5	24.0	25.9	29.3	26.0	24.9	25.5	25.7	24.7	26.1	25.6	24.6	25.6
27.0	27.1	25.7	25.5	27.8	27.5	25.9	27.3	25.3	26.4	27.4	26.6	26.1	27.0	25.0
23.4	23.2	25.1	23.4	24.1	23.7	24.2	23.5	23.6	23.7	23.5	24.0	23.7	23.8	23.1

Apêndice 3. Precipitações totais mensais do distrito de Chokwé (1984-2013)

Mês/Ano	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
J	294.8	221.6	224.0	60.3	55.4	39.3	206.3	51.4	118.4	23.6	253.4	5.5	147.0	139.2	232.9
F	62.3	114.7	52.9	31.0	25.7	129.9	243.8	191.7	23.0	140.0	48.7	65.6	123.1	70.4	58.8
M	152.2	133.8	67.8	138.8	135.2	50.4	122.9	111.4	29.3	168.6	41.6	70.9	181.0	163.8	122.3
A	107.0	55.0	32.7	34.5	93.1	80.7	28.0	183.3	2.2	72.4	61.0	149.6	221.3	19.6	16.2
M	82.9	196.6	48.1	39.6	44.1	79.5	17.8	38.2	12.5	78.8	46.2	104.5	131.8	123.0	20.7
J	121.0	73.9	78.2	74.2	53.9	50.9	1.4	55.6	71.1	11.9	45.2	32.6	68.7	9.3	3.8
J	73.8	97.3	14.1	83.0	51.7	62.3	18.1	33.9	15.6	87.4	167.5	12.0	66.0	56.1	16.9
A	9.7	8.1	7.3	106.1	34.4	48.7	29.1	2.5	49.1	78.1	43.0	22.3	65.6	5.0	109.9
S	51.0	22.1	16.6	58.0	7.6	13.0	28.0	30.8	12.1	9.3	32.8	7.5	1.9	26.9	54.1
O	49.5	124.1	69.5	22.6	82.5	33.9	37.9	3.9	20.1	29.3	68.9	82.4	6.5	55.2	85.3
N	107.3	118.1	103.6	31.8	14.3	146.1	56.5	26.5	186.1	300.3	18.2	52.2	5.3	89.7	103.0
D	114.3	63.0	160.3	53.1	79.8	246.7	228.8	40.8	326.5	126.1	119.0	113.0	48.7	82.2	211.4
Totais	1225.8	1228.3	875.1	733.0	677.7	981.4	1018.5	770.0	866.0	1125.8	945.5	718.1	1066.9	840.4	1035.3
Medias	102.2	102.4	72.9	61.1	56.5	81.8	84.9	64.2	72.2	93.8	78.8	59.8	88.9	70.0	86.3

1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
234.6	348.8	118.7	26.5	33.9	175.3	76.1	270.7	149.8	80.1	61.4	117.2	429.0	254.9	624.5
401.1	627.5	329.7	59.0	165.6	70.9	84.3	26.3	87.1	19.1	90.4	207.4	87.0	83.0	85.9
81.9	495.6	223.7	54.3	86.0	136.0	139.6	422.1	104.8	63.9	125.5	162.5	12.3	142.3	190.7
63.8	125.5	77.6	131.3	124.0	111.3	87.9	83.4	197.9	88.6	23.4	202	133.6	91.8	92.9
12.0	68.9	17.2	25.1	79.8	34.2	16.6	139.5	8.6	34.2	16.8	42.1	31.5	63.9	33.5
21.1	10.9	0.0	143.7	237.0	89.8	16.8	127.5	36.8	58.5	27.6	95.5	40.4	22.6	16.9
10.6	33.5	74.0	33.5	70.6	98.6	60.8	27.2	68.9	23.3	41.6	79	144	6.6	40.3
26.1	6.2	2.9	5.4	10.9	1.2	0.0	38.5	18.7	9.5	35.5	23.4	23.4	3.6	6.2
14.5	156.7	25.0	40.9	35.0	58.0	15.3	42.1	0.1	18.1	6.3	3.4	23.7	68.1	42.5
56.2	24.7	28.9	79.6	109.9	48.5	28.1	16.4	47.1	36.3	18	13.4	36.3	92	71.3
218.1	567.8	106.3	85.2	64.7	37.5	98.2	125.8	132.9	98.6	60.8	155	89.2	35.6	62.9
83.0	61.9	224.0	87.8	42.6	85.2	298.5	131.1	191.6	142.2	36.3	185.2	68.4	54.8	84.5
1223.0	2528.1	1228.0	772.3	1060.0	946.5	922.2	1450.6	1044.3	672.4	543.6	1286.1	1118.8	919.2	1352.1
101.9	210.7	102.3	64.4	88.3	78.9	76.9	120.9	87.0	56.0	45.3	107.2	93.2	76.6	112.7

A cor laranja represente as falhas preenchidas

Apêndice 4. Temperaturas médias mensais do distrito de Chokwé (1984-2013)

Mês/Ano	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
J	26.1	26.4	25.9	26.7	27.4	25.6	26.5	28.0	26.9	26.8	25.5	26.8	27.0	27.0	27.0
F	25.4	26.2	25.7	27.9	26.8	26.4	25.7	27.1	22.2	27.1	25.3	27.0	27.3	26.3	26.7
M	24.7	25.8	25.6	26.3	26.7	26.1	26.1	26.0	26.6	25.2	25.5	25.7	25.2	26.1	26.7
A	22.9	23.4	24.2	25.3	25.0	23.4	23.8	23.1	25.6	24.4	24.1	23.6	22.7	22.9	24.8
M	21.8	20.4	21.6	23.6	21.7	22.0	21.7	21.7	22.6	22.6	21.3	21.2	21.9	20.3	22.1
J	18.7	19.5	19.4	19.1	19.0	19.9	20.7	19.4	20.6	19.3	19.2	18.7	19.4	19.6	20.4
J	19.3	19.2	18.6	18.6	19.6	19.1	19.7	19.2	19.8	19.8	18.2	19.2	18.3	19.3	19.6
A	19.5	20.1	21.2	20.1	20.8	22.0	20.1	20.3	19.4	19.8	19.1	20.5	19.9	20.5	21.0
S	21.8	22.7	22.2	22.2	22.8	22.4	21.0	23.7	24.3	22.5	21.3	22.7	22.9	23.0	22.8
O	23.8	24.3	23.3	21.8	23.9	24.0	23.4	24.1	25.0	23.8	21.5	25.8	24.2	23.5	24.1
N	23.8	25.4	24.2	25.6	23.6	24.5	25.0	25.4	25.4	23.9	25.5	25.8	26.4	25.9	25.5
D	26.3	26.2	26.4	27.6	25.0	25.9	26.3	25.6	27.6	26.2	25.9	25.2	26.9	25.8	26.1
Medias	22.8	23.3	23.2	23.7	23.5	23.4	23.3	23.6	23.8	23.5	22.7	23.5	23.5	23.4	23.9

1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
26.8	25.2	26.5	26.5	27.0	27.4	27.5	27.1	26.6	25.9	27.0	26.9	26.2	26.3	26.4
25.8	26.0	26.5	25.6	27.2	27.1	26.2	27.6	26.9	26.3	26.6	28.0	25.7	26.6	26.1
26.4	25.6	25.4	25.3	26.1	26.8	25.7	25.3	26.3	25.2	25.1	25.9	26.3	25.5	25.5
24.3	23.3	24.1	22.9	24.2	25.1	24.8	23.4	24.3	22.3	23.6	24.4	24.0	22.8	22.7
21.8	21.1	21.1	21.3	22.1	21.8	22.6	20.4	21.0	21.2	21.2	22.9	21.1	21.5	20.2
19.5	21.0	19.1	18.6	20.5	18.8	21.1	19.6	19.2	19.9	20.4	19.4	18.9	19.6	19.9
19.7	20.1	19.1	18.6	19.2	19.3	19.4	19.5	19.1	19.4	18.7	18.6	18.4	19.5	20.1
20.7	21.1	21.0	21.6	20.5	20.6	22.3	19.8	21.0	21.1	20.0	19.6	19.0	20.9	20.9
22.3	22.7	21.7	21.7	22.8	22.2	23.4	21.1	23.6	22.4	22.7	22.4	22.5	22.4	22.8
22.5	21.9	23.6	23.6	24.3	23.6	24.8	24.0	23.9	22.9	23.4	24.2	23.5	24.3	22.6
25.8	23.9	25.4	23.5	24.9	25.9	25.6	25.2	25.7	25.0	24.1	25.4	25.1	24.5	24.6
27.4	25.3	25.8	25.6	27.1	27.0	25.7	27.1	25.3	26.1	26.9	26.6	25.5	25.8	25.1
23.6	23.1	23.3	22.9	23.8	23.8	24.1	23.3	23.6	23.1	23.3	23.7	23.0	23.3	23.1

Apêndice 5. Representação da planilha de cálculo do balanço hídrico climatológico do distrito de Boane

Mes	Temp	Pre	I cal	ETP	fact de	ETPc	P-	Neg.acum	ARM	ALTR	ETR	DEF	EXC
	(°C)	(mm)	annual	(mm)	c	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Janeiro	27	129	13	142	1.170	167	-38	-38	0	0	129	38	0
Fevereiro	27	104	13	142	1.050	149	-45	-83	0	0	104	45	0
Marco	26	87	12	132	1.110	146	-59	-142	0	0	87	59	0
Abril	25	37	11	110	1.010	111	-75	-216	0	0	37	75	0
Maió	22	13	9	76	0.980	75	-61	-278	0	0	13	61	0
Junho	19	12	8	54	0.890	48	-37	-314	0	0	12	37	0
Julho	19	12	8	52	0.890	46	-34	-348	0	0	12	34	0
Agosto	21	15	9	66	0.910	60	-45	-393	0	0	15	45	0
Setembro	23	28	10	86	0.920	79	-51	-444	0	0	28	51	0
Outubro	24	57	10	97	1.010	98	-41	-485	0	0	57	41	0
Novembro	25	78	12	118	1.050	124	-45	-530	0	0	78	45	0
Dezembro	26	113	12	129	1.140	147	-34	-564	0	0	113	34	0

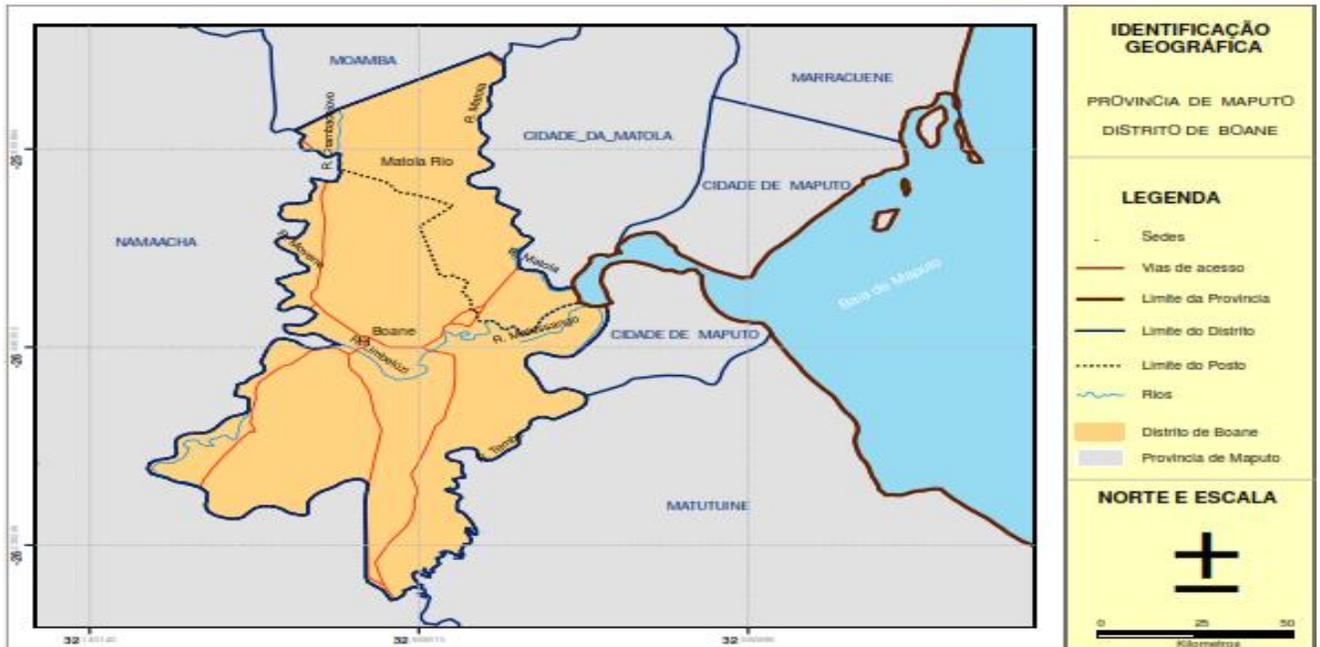
Apêndice 6. Representação da planilha de cálculo do balanço hídrico do distrito de Chokwé

Meses	Temp	Pre	I cal	ETP	fact de	ETPc	P-	Neg.acum	ARM	ALTR	ETR	RET	REP	DEF	EXC
	(°C)	(mm)	annual	(mm)	correção	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
J	26	167	12	135	1.16	157	10	-193	14	10	157	0	10	0	0
F	26	124	12	132	1.01	133	-9	-202	13	-1	125	-1	0	8	0
M	26	135	12	123	1.05	129	6	-163	19	6	129	0	6	0	0
A	24	93	11	100	0.96	96	-3	-166	18	-1	94	-1	0	2	0
M	22	56	9	75	0.94	71	-15	-181	16	-2	58	-2	0	13	0
J	19	57	8	56	0.89	50	6	-147	22	6	50	0	6	0	0
J	19	55	8	54	0.93	50	5	-127	27	5	50	0	5	0	0
A	20	28	8	63	0.98	62	-34	-161	19	-8	36	-8	0	26	0
S	23	31	10	86	1	86	-55	-216	11	-8	39	-8	0	47	0
O	23	49	10	96	1.1	106	-57	-273	6	-5	54	-5	0	52	0
N	25	110	11	115	1.11	128	-18	-292	5	-1	111	-1	0	17	0
D	26	126	12	131	1.17	153	-27	-319	4	-1	127	-1	0	26	0

 Indica o início do cálculo do BHC

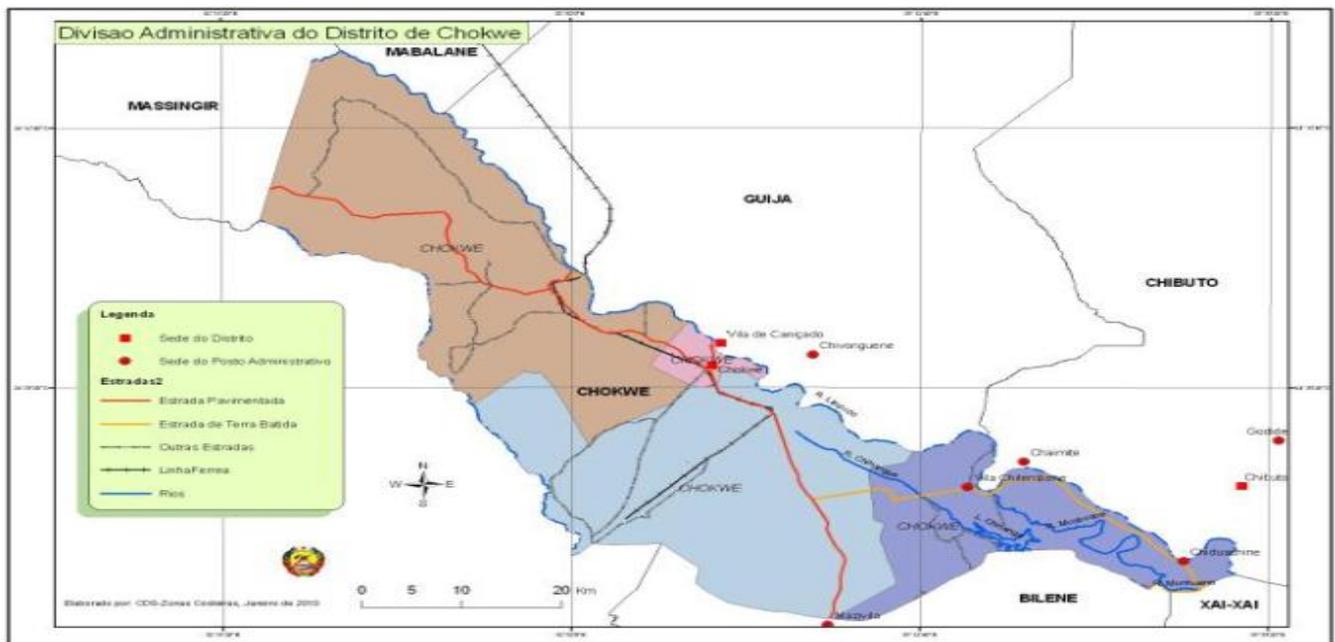
 Indica o fecho do cálculo do BHC

Anexo 1. Mapa do distrito de Boane



Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA, (2008)

Anexo 2. Mapa do distrito de Chokwe



Fonte: PLANO ESTRATÉGICO DO DESENVOLVIMENTO DO DISTRITO, (2010)

Anexo 3

Tabela 8. Água retida após ocorridos diferentes valores de evapotranspiração, para solos com capacidade de retenção de água de 100 mm.

NEG.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91
10	90	89	88	88	87	86	85	84	83	82
20	81	81	80	79	78	77	77	76	75	74
30	74	73	72	71	70	70	69	68	68	67
40	66	66	65	64	64	64	62	62	61	60
50	60	59	59	58	58	57	56	56	55	54
60	54	53	53	52	52	51	51	50	50	49
70	49	48	48	47	47	46	46	45	45	44
80	44	44	43	43	42	42	41	41	40	40
90	40	39	39	38	38	38	37	37	36	36
100	36	35	35	35	34	34	34	33	33	33
110	32	32	32	31	31	31	30	30	30	30
120	29	29	29	28	28	28	27	27	27	27
130	26	26	26	26	25	25	25	24	24	24
140	24	24	23	23	23	23	22	22	22	22
150	22	21	21	21	21	20	20	20	20	20
160	19	19	19	19	19	18	18	18	18	18
170	18	17	17	17	17	17	16	16	16	16
180	16	16	15	15	15	15	15	15	14	14
190	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13
200	13	13	12	12	12	12	12	12	12	12
210	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11
220	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
230	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
240	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
250	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7

260	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6
280	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5
300	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4
320	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
330	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
350	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
410	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
450	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0