



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Estudo de aproveitamento de fins múltiplos da Barragem de Faveta, Ilha de Santiago (Cabo Verde) com enfoque na rega e abastecimento de água

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialidade de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente

Autor

Isolino da Luz Barros Lopes Varela

Orientador

Professor Doutor João Luís Mendes Pedroso de Lima

Esta dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não tendo sofrido correções após a defesa em provas públicas. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade pelo uso da informação apresentada

Coimbra, Julho, 2014

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela ajuda e força Dele emanadas.

Agradeço especialmente o Professor Pedroso de Lima, um exemplo de professor-investigador e um orientador no verdadeiro sentido da palavra, pela disponibilidade, conselhos e paciência nestes meses de trabalho de elaboração da tese.

Agradeço ao meu filho e minhas filhas que à maneira deles incondicionalmente me apoiaram e à minha esposa, pela força, paciência e dedicação.

Agradeço ao Departamento de Ciências e Tecnologia da Universidade de Cabo Verde pela disponibilidade na adaptação de alguns horários por forma a proporcionar-me tempo para as deslocações necessárias à elaboração da tese.

RESUMO

As Ilhas de Cabo Verde, localizadas numa zona semiárida da Costa Ocidental Africana, são todas afetadas pela escassez de chuva; a falta de água potável nas Ilhas tem sido uma constante ao longo dos séculos. De forma incipiente, ao longo da história das ilhas habitadas há poucos mais de 500 anos após os descobrimentos portugueses, recorreu-se a meios expeditos e pouco custosos para a retenção de água (e.g., diques e banquetas nas encostas e ribeiras), com o principal objetivo de combater a erosão hídrica dos solos e reforçar as parcas reservas de águas subterrâneas. Há 7 anos, foi inaugurada a primeira barragem de Cabo Verde, dando-se assim um passo gigantesco para o combate à escassez de água persistente. Entre 2010-2013, são iniciadas mais 5 barragens, todas nas denominadas "Ilhas Agrícolas" do Arquipélago tendo todas elas como objeto primordial o reforço da capacidade de fornecimento de água para a agricultura. Contudo fica ainda por resolver o grande problema do abastecimento de água potável às populações, instituições e/ou indústrias, com maior enfoque no interior das Ilhas em que o fornecimento de água dessalinizada implica elevados investimentos como é o caso do concelho de São Salvador Mundo, que, segundo o censo de 2010, é o com maior carência de água potável a nível nacional, com menos de 6% da população com acesso direto à água potável numa média nacional de 51,4%.

Foi objetivo desta dissertação estudar e testar a viabilidade da utilização da água armazenada numa das barragens concluídas do interior da Ilha de Santiago - a Barragem da Faveta localizada no referido Concelho - de fins múltiplos, direcionando o estudo essencialmente para a rega e para o abastecimento de água potável às populações das zonas envolventes. A metodologia consistiu, numa primeira fase, na aferição do volume médio anual de armazenamento de água na barragem e sua capacidade de abastecimento, baseando-se em estudos hidrológicos da bacia hidrográfica envolvente. Seguidamente fez-se um estudo das necessidades reais de necessidades de água nas localidades envolventes à barragem.

Espera-se poder, baseado nos estudos desenvolvidos, ter demonstrado a viabilidade e as vantagens económicas na utilização de águas superficiais para fins diversos e obter um documento estruturado que sirva de base a estudos similares para outras barragens em Cabo Verde.

Palavras-chave: Recursos hídricos, Balanço Hidrológico, Barragem de Faveta, Aproveitamento de fins múltiplos, Rega, Abastecimento de água.

ABSTRACT

The Islands of Cape Verde, located in a semiarid zone of Coast of West Africa are all affected by the small amount of rainfall; lack of drinking water in the Islands has been a constant throughout the centuries. An effort has been made to combat soil erosion and enhance the insufficient reserves of groundwater with the main objective of combating soil erosion and enhancing groundwater reserves. Seven years ago, the first dam of Cape Verde was finished, thus giving a giant step to combat the persistent shortage of water. Between 2010-2013, five more dams have been initiated in the archipelago, having all of them as primary objective the strengthening of the capacity of water supply for agriculture. However it remains to solve the huge problem of drinking water to the population, institutions and industries. According to the 2010 census, the municipality of São Salvador do Mundo has the biggest shortage of drinking water in Cape Verde; less than 6% of the population has direct access to drinking water (national average of 51.4%).

The objective of this dissertation was to study and test the feasibility of using water stored in the multi-purpose dam of Faveta constructed on the Santiago Island, primarily for irrigation and drinking water supply to the population of the surrounding areas. The methodology consisted on the estimation of the volumes of water stored in the dam and its ability to supply water, based on hydrological studies of the watershed. The real needs of water were also estimated.

It is expected to have demonstrated the feasibility and economic benefits of the use of surface water for multiple purposes of the Faveta Dam. This document may serve as a basis to similar studies in Cape Verde.

Keywords: Water Resources, Hydrologic Balance, Faveta Dam, Multiple Purposes Scheme, Irrigation, Water Supply.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Definição do Problema, Enquadramento e Motivações	1
1.2	Objetivo da Tese.....	3
2	ENQUADRAMENTO DA ILHA DE SANTIAGO	4
2.1	Breve Caracterização Fisiográfica e humana de Cabo Verde.....	4
2.1.1	Geologia e Localização.....	4
2.1.2	Clima, População e Recursos Hídricos.....	5
2.2	Santiago. Caracterização Fisiográfica e Hidrogeológica.....	7
2.2.1	Localização e População.....	7
2.2.2	Clima.....	8
2.2.3	Vegetação.....	12
2.2.4	Geologia.....	13
2.2.5	Geomorfologia.....	15
2.2.6	Hidrogeologia.....	17
2.2.7	Recursos Hídricos.....	19
3	CONCELHO DE SÃO SALVADOR DO MUNDO – SUAS INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS.....	22
3.1	Introdução	22
3.2	Principais Características Fisiográficas, Humanas e Hidrogeológicas.....	22
3.2.1	Localização e População.....	22
3.2.2	Recursos Hídricos e Vegetação.....	24
3.3	Principais Infraestruturas Hidráulicas do Concelho	27
3.3.1	Barragem de Faveta e Aproveitamento Agrícola previsto.....	27
3.3.2	Rede de Abastecimento de Água às Localidades de Achada Igreja e Achada Leitão.	34
4	METODOLOGIA.....	37
4.1	Introdução	37
4.2	Descrição Metodológica.	37

5	APROVEITAMENTO DE FAVETA, ANÁLISE E SOLUÇÕES.....	39
5.1	Introdução	39
5.2	Caracterização Fisiográfica: Geologia, Hidrogeologia e Ocupação do Solo.....	39
5.3	Caracterização Hidroclimatológica	40
5.3.1	Precipitação	40
5.3.2	Temperatura, Humidade, Vento, e Insolação.....	43
5.3.3	Evapotranspiração	45
5.4	Avaliação de Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica dominada pela Barragem de Faveta.....	49
5.4.1	Balanço Hídrico da bacia hidrográfica dominada pela Barragem de Faveta.....	49
5.4.2	Disponibilidade Hídrica na bacia dominada pela Barragem de Faveta	54
5.5	Avaliação das Necessidades Hídricas do Concelho de São Salvador do Mundo	55
5.5.1	Necessidade Hídricas para o Abastecimento Público de Água.....	55
5.5.2	Necessidades Hídricas de Rega.....	56
6	CONCLUSÕES	66
6.1	Conclusões	66
6.2	Trabalhos futuros.....	67
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
	ANEXO A - DADOS DE POSTOS PLUVIOMÉTRICOS E DADOS DE ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS.....	A-1
	ANEXO B - QUADRO RESUMO DAS PRECIPITAÇÕES DE CÁLCULO	B-1
	ANEXO C - QUADROS UTILIZADOS PARA EXTRACÇÃO DE DADOS PARA O CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO CULTURAL DE REFERÊNCIA E DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO CULTURAL.	C-1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Distribuição das ilhas e ilhéus em três pedestais (Bebiano, 1932, <i>in</i> Mota Gomes, 2007).	4
Figura 2.2 – Mapa de Cabo Verde, conforme os ventos dominantes.	5
Figura 2.3 – Distribuição geográfica dos concelhos da ilha de Santiago (Cabo Verde).....	7
Figura 2.4 – Distribuição estações (realçados a negrito) e postos udométricas da Ilha de Santiago (<i>in</i> Pinto, 2010).....	8
Figura 2.5 – Evolução ao longo do ano da Temperatura, Humidade relativa, Insolação, Vento a 2m e Evaporação climatéricos na ilha de Santiago, <i>in</i> Cabral Pinto (2010).	10
Figura 2.6 – Evolução ao longo do ano da Precipitação na ilha de Santiago, <i>in</i> Cabral Pinto, 2010.....	11
Figura 2.7 – Carta Geológica de Santiago, Cabo Verde, digitalizada a partir de Serralheiro (1977), <i>in</i> Pina (2009).	14
Figura 2.8 – Geomorfológica de Santiago, Cabo Verde, segundo Marques (1990), <i>in</i> Pina (2009).....	16
Figura 2.9 – Carta Hidrogeológica de Santiago, <i>in</i> Pina (2009).....	17
Figura 2.10 – Esquema Hidrogeológico de Santiago (Mota Gomes e Pina 2004 <i>in</i> Mota Gomes, 2007).....	18
Figura 2.11 – (i) Barragem de Poilão, (ii) Barragem de Saquinho, (iii) Barragem de Faveta, (iv) Barragem de Salineiro.	21
Figura 3.1 – Distribuição espacial dos povoados do Concelho de São Salvador do Mundo e respectiva localização na Ilha de Santiago.	23
Figura 3.2 – Precipitação médias mensais na Estação de Babosa Picos para uma série de 44 anos.	24
Figura 3.3 – Mapa com a localização e identificação das infraestruturas de abastecimento de água do Concelho.....	25
Figura 3.4 – Vegetação representativa da região. Predominância da <i>prosopis juliflora</i>	26
Figura 3.5 – Localização da Barragem de Faveta e Bacia Hidrográfica dominada, <i>in</i> (DGASP, 2011).	27
Figura 3.6 – Barragem de Faveta. Paramentos da montante e jusante.....	28

Figura 3.7 – Planta da Barragem de Faveta (DGASP, 2011).....	29
Figura 3.8 – Corte tranversal na zona do descarregador (DGASP, 2011).	31
Figura 3.9 – Áreas previstas para serem beneficiadas pelo Aproveitamento Hidroagrícola de Faveta (DGPOG – MDR, 2013).	33
Figura 3.10– Rede de Distribuição de água a Achada Igreja e Achada Leitão (adpatado de INGRH, 2010).	35
Figura 5.1 – Precipitações anuais para os postos de Assomada e Babosa entre 1961 e 2013. Fonte: INMG (2013).	42
Figura 5.2 – Precipitações médias mensais para os postos de Assomada e Babosa para a série de 53 anos. Fonte: INMG (2013).	42
Figura 5.3 – Temperaturas médias mensais para os postos de Assomada e Jorge. Fonte: INMG (2013).	43
Figura 5.4 – Valores médios mensais de humidade relativa para os postos de Assomada e Jorge. Fonte: INMG, (2013).	44
Figura 5.5 – Valores médios mensais da velocidade do vento a 2 m para os postos de Assomada e Jorge. Fonte: INMG (2013).	44
Figura 5.6 – Valores médios mensais da Insolação para os postos de Assomada e Jorge. Fonte: INMG (2013).	45
Figura 5.7 – Evolução ao longo do ano da evapotranspiração potencial média calculadas pelos métodos de Penman	48
Figura 5.8 – Evolução anual da precipitação e os limites máximos e mínimos da precipitação levando em conta o desvio padrão dos valores anuais da precipitação numa série de 53 anos.	51
Figura C. 1 – Coeficientes de Equação de Angstrom, <i>in</i> (Hipólito e Vaz, 2012).....	C-1
Figura C. 2 – Radiação solar média no topo da atmosfera, <i>in</i> (Hipólito e Vaz, 2012).....	C-1
Figura C. 3 – Insolação astronómica diária, <i>in</i> (Hipólito e Vaz, 2012)	C-2
Figura C. 4 – Duração das fases para diferentes culturas, <i>in</i> (Hipólito e Vaz, 2012).....	C-3
Figura C. 5 – Método SCS para o cálculo da precipitação efetiva e Fator de correção da precipitação efetiva, <i>in</i> (Hipólito e Vaz, 2012)	C-5
Figura C. 6 – Tolerância de algumas culturas à salinidade do solo e da água, <i>in</i> (Hipólito e Vaz, 2012)	C-5

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1– Principais Características Fisiográficas e Humanas de Cabo Verde (Adaptado de Pina, 2007).....	6
Quadro 2.2– Distribuição da área e população dos concelhos de Santiago	7
Quadro 2.3 – Médias anuais de algumas grandezas climáticas nas estações de Santiago (Registos entre os anos de 1973-2005) Fonte: Pinto (2010).	9
Quadro 2.4 – Médias anuais da precipitação nas estações de Santiago. Fonte: Pinto (2010). ...	9
Quadro 2.5 – Características das unidades hidrogeológicas de Santiago (adaptado de BURGEAP, 1974), in Pina (2009).....	18
Quadro 2.6 – Valores médios (1961-1991) dos Recursos Hídricos da Ilha de Santiago (INGRH, 2010).	20
Quadro 3.1 – Distribuição da População no Conselho de S.S. Mundo.....	22
Quadro 3.2– Dados de cálculo hidráulico da Barragem de Faveta (DGASP, 2011).....	31
Quadro 5.1– Calculo dos dados pluviométricos omissos das estações udométricas de Babosa Picos e Assomada, utilizando correlação linear entre cinco estações udométricas.	41
Quadro 5.2 – Valores da evapotranspiração potencial para a Ilha de Santiago pelo método de Penman (in Pina, 2009).....	46
Quadro 5.3 – Cálculo da evapotranspiração potencial para a sub-bacia de Faveta, utilizando o Método de Thornthwaite.	48
Quadro 5.4 – Balanço Hídrico sequencial mensal da Bacia hidrográfica em estudo para o Ano Médio (ΔS - Variação da reserva, EXC - Excedentes, DEF - Défices).	51
Quadro 5.5 – Balanço hídrico sequencial mensal da bacia hidrográfica em estudo para o Ano Seco.....	52
Quadro 5.6 – Balanço hídrico sequencial mensal da bacia hidrográfica em estudo para o Ano Húmido.....	52
Quadro 5.7 – Balanço hídrico sequencial mensal da bacia hidrográfica em estudo para o Ano Médio - σ	52
Quadro 5.8 – Balanço hídrico sequencial mensal da bacia hidrográfica em estudo para o Ano Médio+ σ	53

Quadro 5.9 – Valores da infiltração da Ilha de Santiago segundo alguns autores	54
Quadro 5.10 – Disponibilidade hídrica da Bacia hidrográfica dominada pela Barragem de Faveta.	54
Quadro 5.11– Capitações e Consumos médios anuais para os aglomerados do concelho de S.S. Mundo.	56
Quadro 5.12– Cálculo sequencial da Evapotranspiração cultural de referência (ET_0).....	61
Quadro 5.13 – Cálculo sequencial das necessidades brutas de irrigação para o Tomate (IRb_n).	63
Quadro 5.14 – Cálculo sequencial das necessidades brutas de irrigação para a banana (IRb_n).	64
Quadro 5.15– Quadro Resumo da avaliação dos recursos hídricos e seu aproveitamento da Bacia hidrográfica dominada pela barragem de Faveta.	65
Quadro B. 1– Quadro resumo das precipitações	B1

ACRÓNIMOS

ARH – Administração Regional Hidrologia (Portugal)
BURGEAP - Bureau de Géologie Appliqué
DGA – Direcção Geral do Ambiente (Cabo Verde)
DGASP – Direcção Geral de Agricultura, Silvicultura e Pecuária (Cabo verde)
DGPOG–MDR – Direcção Geral de Planeamento, Ordenamento e Gestão – Ministério do Desenvolvimento Rural, Cabo Verde
FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations
INDIDA – Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário (Cabo Verde)
INECV – Instituto Nacional de Estatística de Cabo Verde
INGRH – Instituto Nacional de Gestão de Recursos Hídricos (Cabo Verde)
INMG – Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (Cabo Verde)
MAAP – Ministério do Ambiente, Agricultura e Pescas (Cabo Verde)
MDHOT – Ministério da Descentralização, Habitação e Ordenamento do Território (Cabo Verde)
MOPTC – Ministério de Obras Publicas, Transportes e Comunicações (Portugal)
PANA – Agência Panafricana de Notícias
PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RGSPDADAR – Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Águas e Drenagens de Águas Residuais

1 INTRODUÇÃO

1.1 Definição do Problema, Enquadramento e Motivações

As dez ilhas e oito ilhéus de Cabo Verde, país situado numa zona semi-árida da Costa Ocidental Africana, são na sua generalidade afetadas por escassez de água. Apesar de pontualmente intensas, as chuvas são normalmente escassas, concentrando-se normalmente em quatro meses por ano (Julho, Agosto, Setembro e Outubro).

Apesar da escassez das chuvas afetar todas as ilhas, existe uma desigualdade evidente na quantidade e regularidade de precipitação nas mesmas. Este facto fez com que tradicionalmente, em algumas das ilhas, a actividade agrícola fosse mais intensa ao longo dos séculos, sendo por essa razão normal referir-se a estas como "ilhas agrícolas".

Ao longo dos séculos a exploração dos recursos hídricos do país tem sido incipiente e baseado essencialmente em recursos subterrâneos. Por forma a combater a erosão hídrica dos solos e reforçar as reservas de águas subterrâneas, recorria-se a pequenas obras de correção torrencial como as banquetas e diques nas encostas e ribeiras. Mas estas sempre se revelaram de uma reduzida eficácia - dimensões e quantidades insuficientes, falta de limpezas periódicas provocando um assoreamento das mesmas em pouco tempo – e as águas superficiais do país, até 2006, iam parar ao mar, praticamente na sua totalidade.

Atendendo a que os recursos hídricos de Cabo Verde tem como origem exclusiva a precipitação (Mota Gomes, 2007), era pois imperativo a adoção de políticas para o aproveitamento de águas superficiais praticamente inexistentes.

O governo de Cabo Verde, recorrendo a várias parcerias internacionais para obtenção de financiamentos – China, Portugal, Instituições Financeiras como Banco Africano de Desenvolvimento (BAD), Banco Árabe para o Desenvolvimento Económico em África (BADEA), Fundo Africano de Desenvolvimento (FAD) – inicia uma campanha de construção de barragens no país, tendo sido a primeira Barragem – a de Poilão, na Bacia Hidrográfica de Ribeira da Seca, Concelho de São Lourenço dos Órgãos (Ilha de Santiago) com 1.200.000 m³ de capacidade útil de armazenamento, inaugurada em 2007, obra projetada e executada exclusivamente com fundos da Cooperação Chinesa.

Dá-se assim o primeiro passo para a retenção de das águas superficiais no país e desde então mais nove barragens são iniciadas, sendo seis na ilha de Santiago duas na ilha de Santo Antão e outra na ilha de São Nicolau, todas elas com financiamento externo. Atualmente, estão concluídas e em funcionamento quatro barragens na ilha de Santiago.

Importa referir que a desigualdade na intensidade e regularidade de precipitação das ilhas já referidas obrigou a que até agora as barragens tenham sido executadas nas lhas com maior pluviosidade ("ilhas agrícolas" do arquipélago).

Coloca-se agora a questão: E o seu aproveitamento? O governo previu como prioridade a utilização da água das barragens para rega, procurando assim minimizar a grande carência de produção agrícola sustentada no país. De facto, para todas as barragens estão previstas redes de adução primária e rede secundária para a rega, estando já executadas a rede primária para algumas das barragens concluídas.

Outra questão se coloca é: Num país com tão poucos recursos hídricos, porque não aproveitar a água retida nestes dispositivos para outros fins, como o abastecimento de água às populações envolventes? Porque não aproveitar esta água, para incrementar potencialidade turísticas, pequena industria etc., destes concelhos?

Bem a propósito, já no "longínquo" ano de 1961 em Nairobi, Manzanares na 1.^a Conferência Interafricana de Hidrologia¹ referia que *"o desenvolvimento económico dos países e territórios africanos depende em grande parte, da racionalização e completa e utilização das suas águas, utilização dirigida não no sentido único, mas realizada de forma a que, dentro dos planos gerais de desenvolvimento, e segundo o critério de máxima produtividade, elas tenham o aproveitamento mais adequado às condições naturais, económicas e sociais"*.

O censo de 2010 (INE) indica que pouco mais de 50% da população do país não tem acesso direto à água potável. Mostra inequivocamente que a generalidade do concelhos sofre com carência de água potável e os do interior das ilhas de forma mais evidente dado à particularidade de serem normalmente constituídos por vários pequenos aglomerados dispersos.

O caso do concelho de São Salvador do Mundo é sem dúvida o mais preocupante. O mesmo censo o aponta para uma percentagem ínfima de 6,4% da população com acesso direto à água. Sendo um dos concelhos onde uma das primeiras barragem foi construída e em

¹ No artigo "The role of Hydrology in the development of a country. Need for assessment of water resources both prior to and in relation to the development of a zone".

funcionamento, é para a população, segundo algumas inquirições locais² efetuados, "*algo de incompreensível*" continuar numa situação de escassez extrema de água tendo "*ao lado*" uma "*imensa*" quantidade de água armazenada.

Logicamente que esta análise direta poderá não ser a mais correta e implica estudos e análises objetivas. Por essas motivações acima referidas propõe-se este estudo de aproveitamentos múltiplos da água de uma das barragens do país, que pretende também servir de base a outros estudos para aproveitamentos de fins múltiplos no país.

1.2 Objetivo da Tese

Pretende-se com este estudo analisar a viabilidade da utilização da água da barragem de Faveta para fins múltiplos, englobando tanto a rega (já prevista pelas entidades governamentais) como para outros fins como o abastecimento de água potável às populações, projectos industriais e de agronegócio, de entidades públicas e privadas do município onde está localizada a barragem. Este estudo inclui igualmente os seguintes objetivos secundários:

- Quantificação de água que poderá ser disponibilizada anualmente pela albufeira da barragem de Faveta utilizando os dados climatéricos da região e recorrendo a metodologias baseadas na hidrologia aplicada;
- Avaliação das necessidades reais de água potável do concelho recorrendo a estudos das captações, complementados com a estudos *in situ*;
- Avaliação das reais necessidades de água para a rega de acordo com as áreas previstas a serem beneficiadas e conforme modelo cultural considerado, recorrendo a metodologias baseadas na hidrologia aplicada e recomendações da FAO (1998).

² Inquirições locais efetuadas pelo autor do estudo em Setembro de 2013.

2 ENQUADRAMENTO DA ILHA DE SANTIAGO

2.1 Breve Caracterização Fisiográfica e humana de Cabo Verde

2.1.1 Geologia e Localização

Cabo Verde é um pequeno arquipélago (4.033 Km²) de dez ilhas e treze ilhéus. Estas emergem-se de uma sobrelevação submarina em forma de ferradura em três pedestais bem distintos. No pedestal a Norte as Ilhas de St.^o Antão, São Vicente, St.^a Luzia São Nicolau e os Ilhéus Boi, Pássaros, Branco e Raso; A Leste e Sul, as Ilhas do Sal, Boa Vista, Maio e Santiago e os Ilhéus Rabo de Junco, Curral de Dadó, Fragata, Chano, Baluarte e o Ilhéu de Santa Maria; A Oeste, as Ilhas de Fogo e Brava e os Ilhéus Grande, Luís Carneiro e de Cima. (e.g., Bebiano, 1932, *in* Mota Gomes, 2007), conforme a Figura 2.1 ilustra.

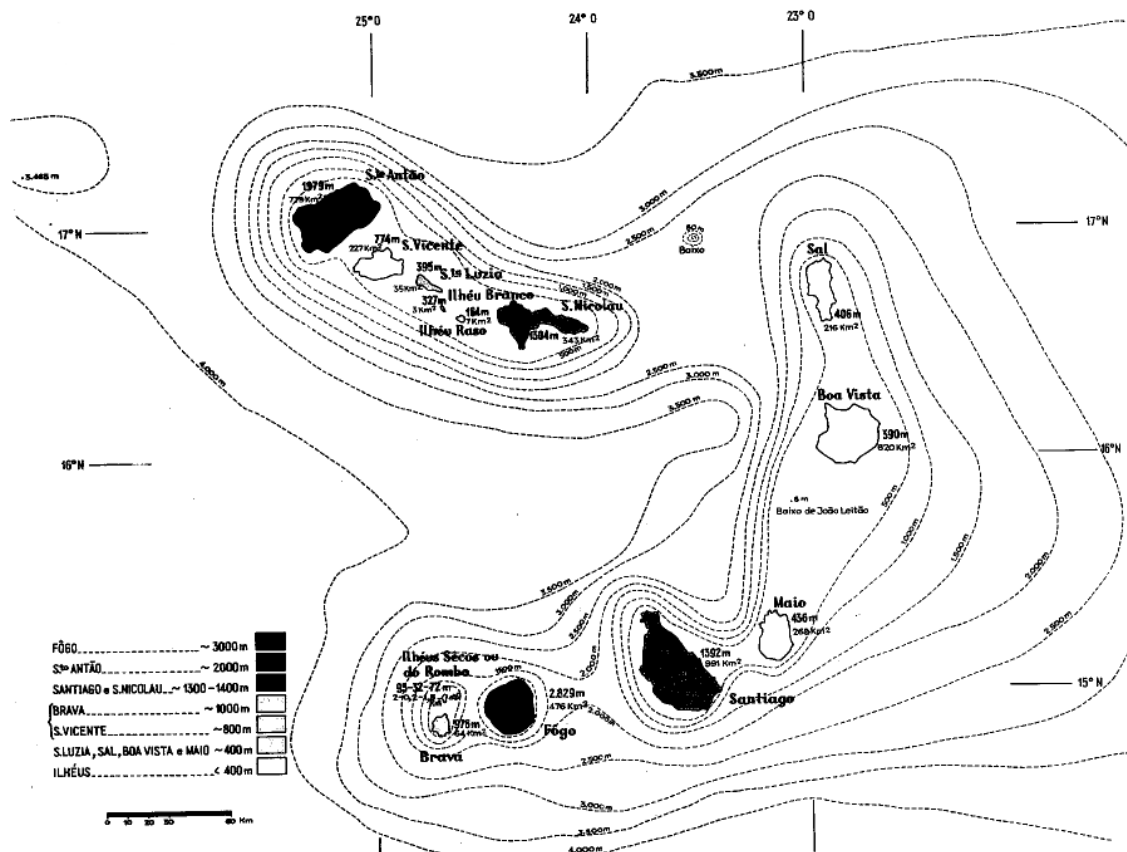


Figura 2.1 – Distribuição das ilhas e ilhéus em três pedestais (Bebiano, 1932, *in* Mota Gomes, 2007).

A formação das ilhas teria sido iniciada por uma actividade vulcânica submarina central, mais tarde completada por uma rede fissural manifestada nos afloramentos. A maior parte das ilhas é dominada por emissões de escoadas lávicas e de materiais piroclásticos (escórias, bagacinas ou "lapilli" e cinzas) subaéreos, predominantemente basálticas. (e.g., Mota Gomes, 2007).

O arquipélago situa-se na Margem Oriental do Atlântico Norte, a cerca de 450 Km da Costa Ocidental Africana (Senegal) e a cerca de 1.400 km do Sudoeste das Canárias, entre os paralelos 17° 13' (Ponta Cais dos Fortes, Ilha de St.º Antão) e 14° 48' de latitude Norte (Ponta de Nho Martinho, Ilha Brava) e pelos meridianos de 22° 42' de longitude Oeste de Greenwich (ilhéu Baluarte, Ilha da Boa Vista) e 25° 22' (Ponta Chã de Mangrado, Ilha de St.º Antão) (e.g., Mota Gomes, 2007).



Figura 2.2 – Mapa de Cabo Verde, conforme os ventos dominantes.

Conforme ilustra a Figura 2.2, é comum dividir as ilhas, tendo em conta os ventos dominantes - os ventos Alísios de Nordeste - em dois grupos: Barlavento (St.º Antão, S. Vicente, S. Nicolau, Sal e Boa Vista) e Sotavento (Ilhas de Maio, Santiago, Fogo e Brava). Tendo em conta o relevo das ilhas, temos as planas ou rasas situadas a Leste (Sal, Boa Vista e Maio) com altitudes não ultrapassando os 450 m e as ilhas altas (St.º Antão, S. Vicente, São Nicolau, Santiago, Fogo e Brava) com relevo acentuado e intensa rede de drenagem, estas com maior potencial hídrico e agrícola (Pina, 2009).

2.1.2 Clima, População e Recursos Hídricos

2.1.2.1 Clima

Com uma temperatura média de 25° C e precipitações bastante variáveis, o clima do país do país é caracterizado essencialmente pela ocorrência de duas estações claramente definidas - o das "águas" com temperaturas mais elevadas, entre os meses de Agosto a Outubro caracterizada por chuvas intermitentes ligadas à deslocação setentorial da Convergência Inter Tropical (CIT), e o das "brisas" de Dezembro a Junho, mais seca e fresca em que predomina a ação dos ventos Alísios (Fernandes, 2004, *in* Mota Gomes, 2007). A orientação das massas de relevo em relação ao vento dominantes combina-se com o efeito da altitude, originando situações variadas de microclimas: aridez no litoral, humidade e vegetação nas zonas altas, maiores precipitações na zona oriental e escassez de humidade na zona ocidental do país.

2.1.2.2 População

A população, segundo o censo de 2010 (INE) aponta para uma população total de 491.683 habitantes, sendo 49,5% do sexo masculino e 50% do sexo feminino, sendo mais de metade desta população residente na Ilha de Santiago.

2.1.2.3 Recursos Hídricos

Segundo Mota Gomes (2007) os Recursos Hídricos do país provêm exclusivamente da precipitação. O balanço hídrico de Cabo Verde (Esquema Diretor para a Exploração dos Recursos Hídricos -1993-2005, PNUD – Conselho Nacional de Águas, INGRH, Abril de 1993, in Mota Gomes 2007) aponta para a seguinte repartição da precipitação: 13% para recarga dos aquíferos, 20% escoamento superficial e 67% na evapotranspiração. Os recursos hídricos do país totalizam cerca de 305 milhões de m³/ano, sendo 124 milhões subterrâneos (65 milhões tecnicamente exploráveis) e 181 milhões, superficiais que só começaram a ser explorados partir de 2007, com a construção da primeira barragem do país (Mota Gomes, 2007).

Resume-se no Quadro 2.1 as principais características fisiográficas e humanas do país:

Quadro 2.1– Principais Características Fisiográficas e Humanas de Cabo Verde (Adaptado de Pina, 2007).

Ilha	Área Total ⁽¹⁾	População Total ⁽¹⁾	Altitude Máxima ⁽²⁾	Precipitação Máxima ⁽³⁾	Recursos Hídricos Estimados ⁽⁴⁾		Área Arável ⁽⁴⁾
					Superficiais	Subterrâneos	
	km ²	(hab.)	(m)	(mm)	milhoes m ³ /ano	milhoes m ³ /ano	km ²
Santo Antão	779	43.915	1.979	237	27,0	28,6	88,0
São Vicente	227	76.107	750	93	2,3	0,6	4,5
Santa Luzia	35	0	395	-	-	-	-
São Nicolau	346	12.817	1.312	142	5,9	4,2	20,0
Sal	216	25.765	406	60	0,7	0,4	2,2
Boa Vista	620	9.162	387	68	2,5	1,6	5,0
Maio	267	6.952	437	150	4,7	2,1	6,6
Santiago	991	273.919	1.394	321	56,6	42,4	215,0
Fogo	476	37.051	2.829	495	79,0	42,0	59,0
Brava	64	5.995	976	268	2,3	1,9	10,6
Outros Ilhéus	12	0	-	-	-	-	-
Totais	4.033	491.683		1834	181	123,84	410,9

Fonte dos Dados: ⁽¹⁾ INE (2010); ⁽²⁾ Serviços Cartográficos do Exército (1969); ⁽³⁾ INMG; ⁽⁴⁾ PNUD & CNAG (1993).

2.2 Santiago. Caracterização Fisiográfica e Hidrogeológica

2.2.1 Localização e População

A Ilha de Santiago, a maior do arquipélago com 991 km² localiza-se a sul de Cabo Verde entre os paralelos 15° 20' e 14° 50' de latitude Norte e os meridianos 23° 50' e 23° 20' de longitude Oeste do meridiano de Greenwich. De forma adelgada, tem um comprimento máximo de 54,9 km (entre a Ponta Moreia a Norte e a Ponta Mulher Branca a Sul) e uma largura máxima de 29 km (entre Ponta Janela, a Oeste e a ponta Praia Abaixo a Leste). Pertence ao grupo das ilhas do Sotavento e aos das ilhas Altas.

Santiago, uma das ilhas com maior potencial agrícola, alberga a capital do país, a cidade da Praia e tem uma população de 273.919 habitantes (Censo 2010, INE) correspondente a 55,7% da população total do Arquipélago. É constituído administrativamente por nove municípios: Praia, Ribeira Grande de Santiago, São Domingos, São Lourenço dos Órgãos, São Salvador do Mundo, Santa Catarina, Santa Cruz, São Miguel e Tarrafal. A população e os concelhos estão distribuídos espacialmente conforme indicados no Quadro 2.2 e Figura 2.3.

Quadro 2.2– Distribuição da área e população dos concelhos de Santiago

Concelho	Área	População
	Total ⁽¹⁾ km ²	Total ⁽¹⁾ (hab.)
Tarrafal	112,4	18.565
Santa Catarina	214,2	43.297
Santa Cruz	109,8	26.609
Praia	97,0	131.602
S. Domingos	134,5	13.808
Calheta de S. Miguel	91,0	15.648
S. Salvador do Mundo	28,7	8.677
S. Lourenço dos Órgãos	38,5	7.388
Ribeira Grande de Santiago	164,2	8.325
Totais	990,3	273.919

Fonte Dados: ⁽¹⁾ INE 2010



Figura 2.3 – Distribuição geográfica dos concelhos da ilha de Santiago (Cabo Verde).

2.2.2 Clima

A ilha de Santiago é caracterizado por um clima tropical seco, típico de zonas influenciadas pelo Sahel. O clima caracterizado por duas estações meteorológicas: uma mais fresca, ventosa e seca, de Dezembro a Junho – o tempo das brisas, e outra mais húmida e quente, de Agosto a Outubro – o tempo das águas, que corresponde à estação das chuvas. Os meses de Julho e Novembro são considerados de transição (Pinto, 2010).

Pinto (2010) apresenta um estudo sistematizado da climatologia de Santiago através de dados recolhidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG) de Cabo Verde.

A localização e altitude das estações apresentam-se na Figura 2.4.

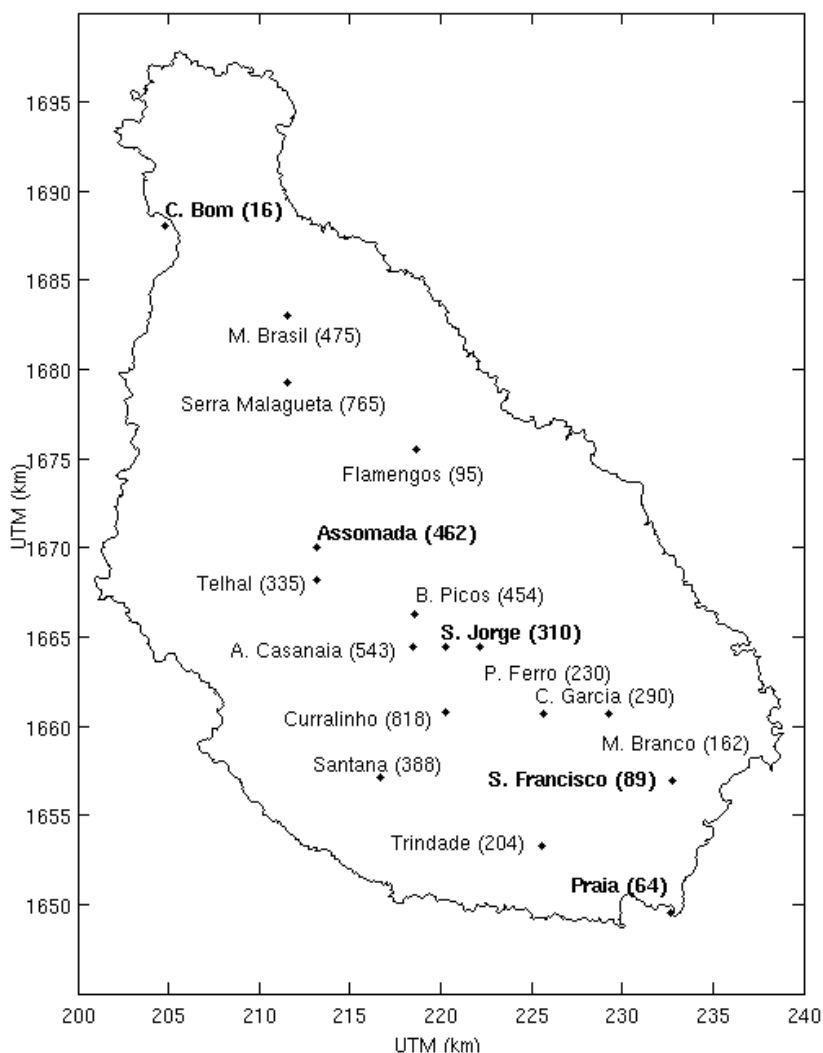


Figura 2.4 – Distribuição estações (realçados a negrito) e postos udométricos da Ilha de Santiago (in Pinto, 2010).

Os valores médios anuais das grandezas climáticas (Precipitação, Temperatura, Humidade relativa, Insolação, Vento a 2m e Evaporação) para diversas estações de recolha de dados apresentam-se resumidos nos Quadros 2.3 e 2.4. Refira-se que só para cinco estações (Praia – Concelho da Praia, São Francisco – Concelho de São Domingos, São Jorge – Concelho de São Lourenço dos Órgãos, Assomada – Concelho de Santa Catarina e Chão Bom – Concelho de Tarrafal), são apresentados os dados para todas as variáveis climáticas. Para as restantes, só existem dados pluviométricos.

Quadro 2.3 – Médias anuais de algumas grandezas climáticas nas estações de Santiago (Registos entre os anos de 1973-2005) Fonte: Pinto (2010).

Estação	Altitude (m)	Precipitação (mm)	Temperatura ° C	Humidade Relativa (%)	Insolação (h)	Vento a 2 m (m/s)	Evaporação (mm)
Praia	64	194	25,1	68,1	7,4	5,8	
São Francisco	89	416	24,3	74,8	7,3	3,1	136,3
São Jorge	310	283	22,3	75,3	6,4	1,2	86,5
Assomada	462	447	21,1	77,9	7,1	2,3	85,8
Chão Bom	16	158	24,9	78,8	6,5	3,2	130,5
Média		299,6	23,5	75,0	6,9	3,1	109,8

Quadro 2.4 – Médias anuais da precipitação nas estações de Santiago. Fonte: Pinto (2010).

Estação	Altitude (m)	Precipitação mm	Periodo de Registo (anos)
Praia	64	194	1961-2005 (44)
Trindade	204	426	1962-2002 (40)
São Francisco	89	416	1961-2005 (44)
Santana	388	199	1963-2005 (42)
Milho Branco	162	657	1984-2005 (21)
Currálinho	818	248	1961-2005 (44)
C. Garcia	290	473	1984-2004 (20)
Ponte Ferro	230	358	1971-2005 (44)
S. Jorge	310	283	1961-2005 (44)
Casanaia	543	200	1979-2005 (26)
Babosa Picos	454	486	1961-2005 (44)
Telhal	335	255	1963-2004 (41)
Assomada	462	447	1961-2005 (44)
Flamengos	95	371	1963-1999 (36)
Serra Malagueta	765	657	1961-2005 (44)
M. Brasil	475	286	1984-2005 (21)
Chão Bom	16	158	1961-2005 (44)
Média		360	

O clima é variável e influenciado pela altitude. Nas altitudes, entre 300 m a 400 m, as precipitações variam de 200 mm a 300 mm e nas zonas sobre influência dos ventos alísios, as precipitações variam de 100 mm a 150 mm e nas encostas expostas aos mesmos ventos, as precipitações podem variar de 600 mm a 700 mm, podendo chegar aos 1000 mm. A temperatura na ilha de Santiago oscila entre 25 °C e 27 °C nos meses mais quentes e 22 °C a 24 °C nos meses mais frios (Mota Gomes e Pina, 2003).

Apresentam-se nas Figuras 2.5 e 2.6, a evolução ao longo do ano dos valores médios das diferentes grandezas climatéricas.

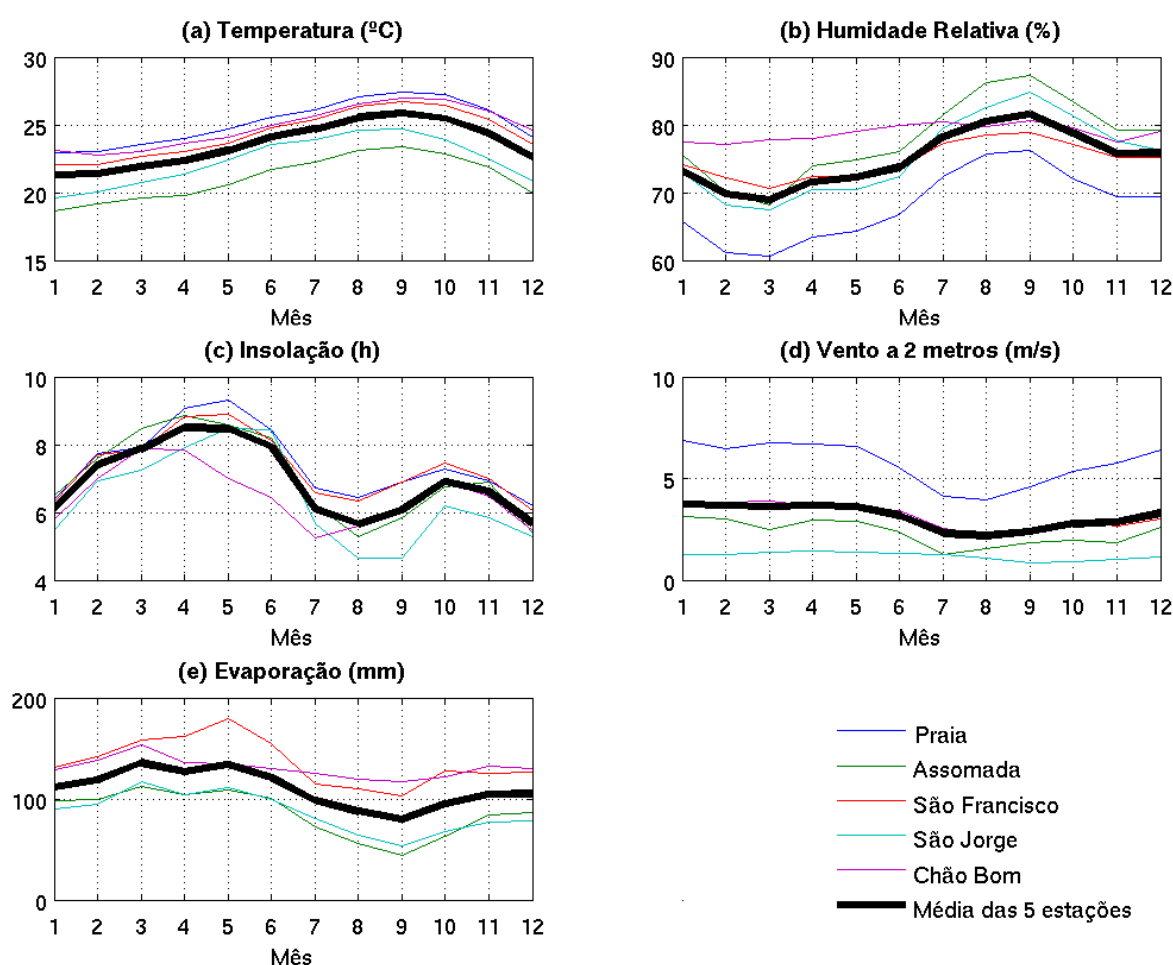


Figura 2.5 – Evolução ao longo do ano da Temperatura, Humidade relativa, Insolação, Vento a 2m e Evaporação climatéricos na ilha de Santiago, *in* Cabral Pinto (2010).

Analisando os dados climáticos ao longo do ano (Figuras 2.5 e 2.6), conclui-se que:

- A amplitude térmica anual é pequena com cerca de 4°C em qualquer das Estações Udométricas, aumentado de Janeiro a Setembro e diminuindo de novo para Janeiro.

Note-se que, para qualquer das estações, a variação da temperatura não têm grandes diferenças;

- O ciclo anual da humidade relativa segue a mesma tendência do da temperatura;
- As médias da insolação atingem o máximo entre Abril a Maio e Mínimas entre Julho e Agosto;
- A intensidade do vento regista amplitudes em médias baixas, excluído a cidade da Praia com intensidade de 2 m/s acima da média das outras estações.

A precipitação é quase nula entre Janeiro a Junho e os valores mais elevados entre Agosto e Setembro com grande variabilidade em termos espaciais. Serra Malagueta apresenta os valores mais elevados de pluviosidade e Chão Bom, os mais baixos. Não existem estudos específicos que explicam a variabilidade de precipitação na Ilha de Santiago.

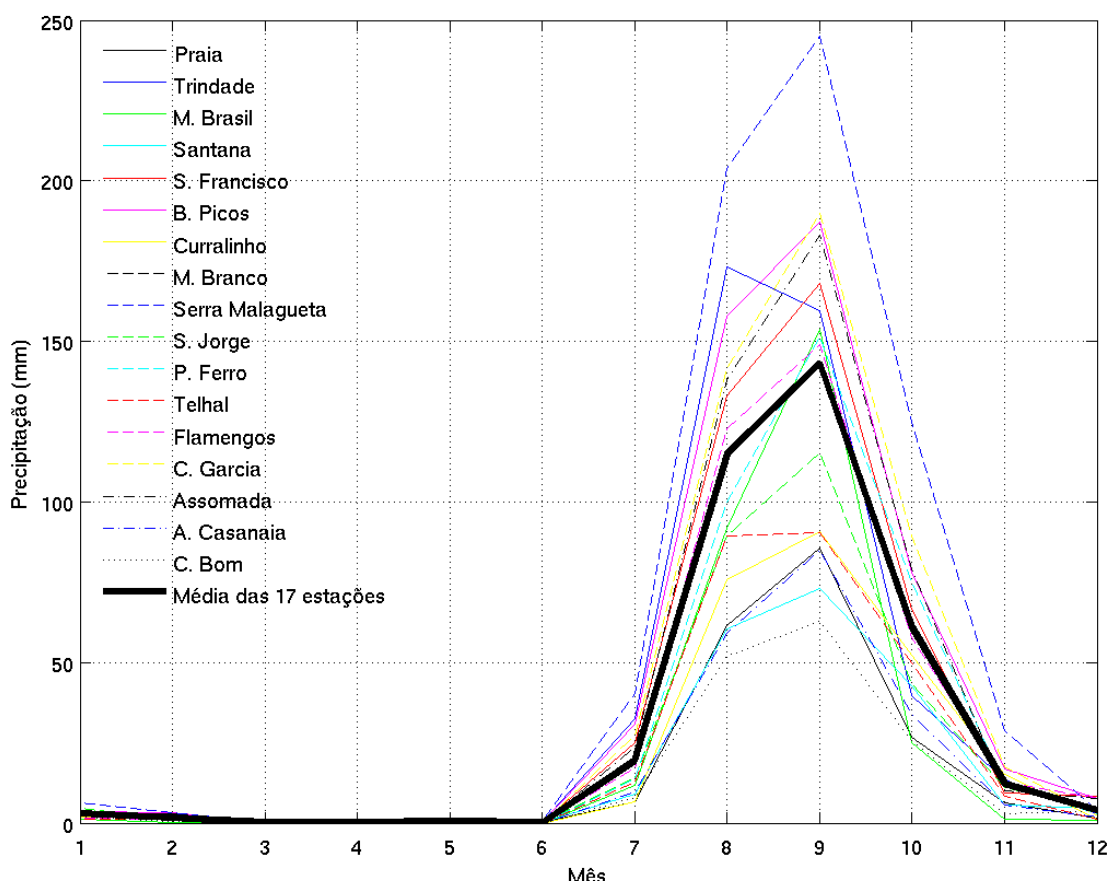


Figura 2.6 – Evolução ao longo do ano da Precipitação na ilha de Santiago, in Cabral Pinto, 2010.

No entanto, de Lima e de Lima (2009), apresenta um estudo sobre a precipitação no arquipélago da Madeira que pode ser adaptado à Ilha de Santiago, dadas algumas

características similares entre ilhas do Atlântico, nomeadamente a orografia. Neste estudo, são apontados dois fatores importantes que podem influenciar a grande diversidade dos dados obtidos: o fator físico, que tem a ver com a variabilidade orográfica da zona da recolha dos dados residente nos gama orográfica coberto pelos dados e o outro fator tem ver com a possível duração dos períodos de observação. Segundo o estudo, períodos curtos de observação podem não permitir a filtragem de dados pontuais com alta variabilidade espaço-temporal da possível heterogeneidade espacial.

2.2.3 Vegetação

Antes da independência de Cabo Verde ocorrida em 1975, a vegetação de Cabo Verde ocupava uma área cerca de três mil hectares.

A desertificação extrema, aliado a erosões hídricas acentuadas obrigou a que, logo após a independência, as autoridades governamentais elaborassem dois planos de emergência (1976/77 e 1977/78), que permitiram a realização de um conjunto de trabalhos de conservação de solo, água e de florestação, financiados pela cooperação internacional, cobrindo uma área de 1.137 hectares, na sua maioria nas zonas áridas (e.g., PANA, 2004).

Nesta altura introduziu-se a acácia americana *Prosopis Juliflora*, única espécie que se adaptou as condições climáticas, sendo até hoje a árvore predominante nas ilhas ditas áridas, como São Vicente, Maio e Boa Vista e em algumas ilhas agrícolas como Santiago.

O objetivo desta ação, desenvolvida durante a primeira década com base numa ampla participação de toda a sociedade era e continua a ser, lutar contra a desertificação, restaurar os ecossistemas e melhorar a base produtiva do sector rural através de trabalhos de reflorestação e de conservação de solos e águas. Em resultado deste esforço existem presentemente cerca de 90.000 hectares de área reflorestada com 36.142.133 de plantas fixadas (DGASP, 2004, in MAAP–DGA, 2004), partindo de um total de cerca de 3.000 hectares em 1975.

Estima-se que em 1995, 80% das áreas arborizadas situavam-se nas zonas áridas e semi-áridas, e 20% em zonas húmidas e sub-húmidas de altitude. Os perímetros florestais de altitude são considerados de proteção pelo papel que desempenham na regularização do regime hídrico (escoamento superficial e infiltração de águas pluviais) das bacias hidrográficas (INGRH, 2010).

A vegetação da Ilha de Santiago está intrinsecamente ligado às condições climáticas a às características do povoamento da ilha. Sendo das primeiras ilhas a ser habitada, a procura

constante de material lenhoso contribuiu para uma drástica destruição da pouca vegetação existente. Assim, a vegetação atual é constituída em grande parte por espécies introduzidas pelo homem e outros vetores como as aves, correntes marinhas, etc. (MDHOT, 2010).

A vegetação é variada variando entre zonas com grande aridez, praticamente sem vegetação junto ao litoral e zonas com densa vegetação, essencialmente nas zonas altas que beneficiam de maior pluviosidade como a Serra Malagueta, o Pico de Antónia e Monte Tchota (Concelho de São Domingos). Nestas zonas, cuja florestação já veio do período colonial predomina espécies como o eucalipto e o pinheiro sendo zonas de grande retenção de águas grandes responsáveis pelas recargas dos aquíferos. De referir que no âmbito da programa de reflorestação do país, a vegetação de grande da parte da ilha é dominada pela acácia americana.

No entanto, levando em conta a área da ilha, o perímetro florestal é bastante reduzido contribui negativamente para a erosão hídrica dos solos como para um considerável escoamento de águas superficiais que, para a generalidade das bacias hidrográficas, atingem valores muito elevados segundo alguns estudos, atingindo valores anuais superiores a 50% do valor total anual da precipitação.

2.2.4 Geologia

Serralheiro (1976) publica a “A Geologia da Ilha de Santiago - Cabo Verde”, apresentando a Cartografia Geológica de Santiago, documento que, conjuntamente com outros como “Estudo geológico, petrológico e vulcanológico da ilha de Santiago (Cabo Verde), Alves *et al.*(1979) permitiram estabelecer a sequência vulcano - estratigráfica da Ilha de Santiago. Pode-se assim identificar períodos de intensa actividade vulcânica que originaram o crescimento da ilha, separados por períodos de erosão e sedimentação materializados por formações sedimentares intercaladas entre os principais episódios vulcânicos. Passado a fase inicial de vulcanismo submarino, o edificio vulcânico emerge passando a ser do tipo sub - aéreo (Pinto, 2010). A ocorrência dos acontecimentos geológicos de acordo com a sua posição estratigráfica seguindo a sequência vulcano-estratigráfica propostas por Serralheiro (1976) e Alves *et al.* (1979) é a seguinte: I – Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA), II – Conglomerados ante-formação dos Flamengos, III – Formação dos Flamengos (FL), IV –Formação dos Órgãos (CB); V – Formação Lávica pós-Formação dos Órgãos, VI – Sedimentos posteriores a Formação dos Órgãos e anteriores as lavas submarinas inferiores (LRi) do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia, VII – Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA), VIII – Formação da Assomada (A), IX – Formação do Monte das Vacas (MV) e X – Formações Sedimentares Recentes de Idade Quaternária. A carta geológica proposta por Serralheiro (1976) é ilustrada na Figura 2.7.

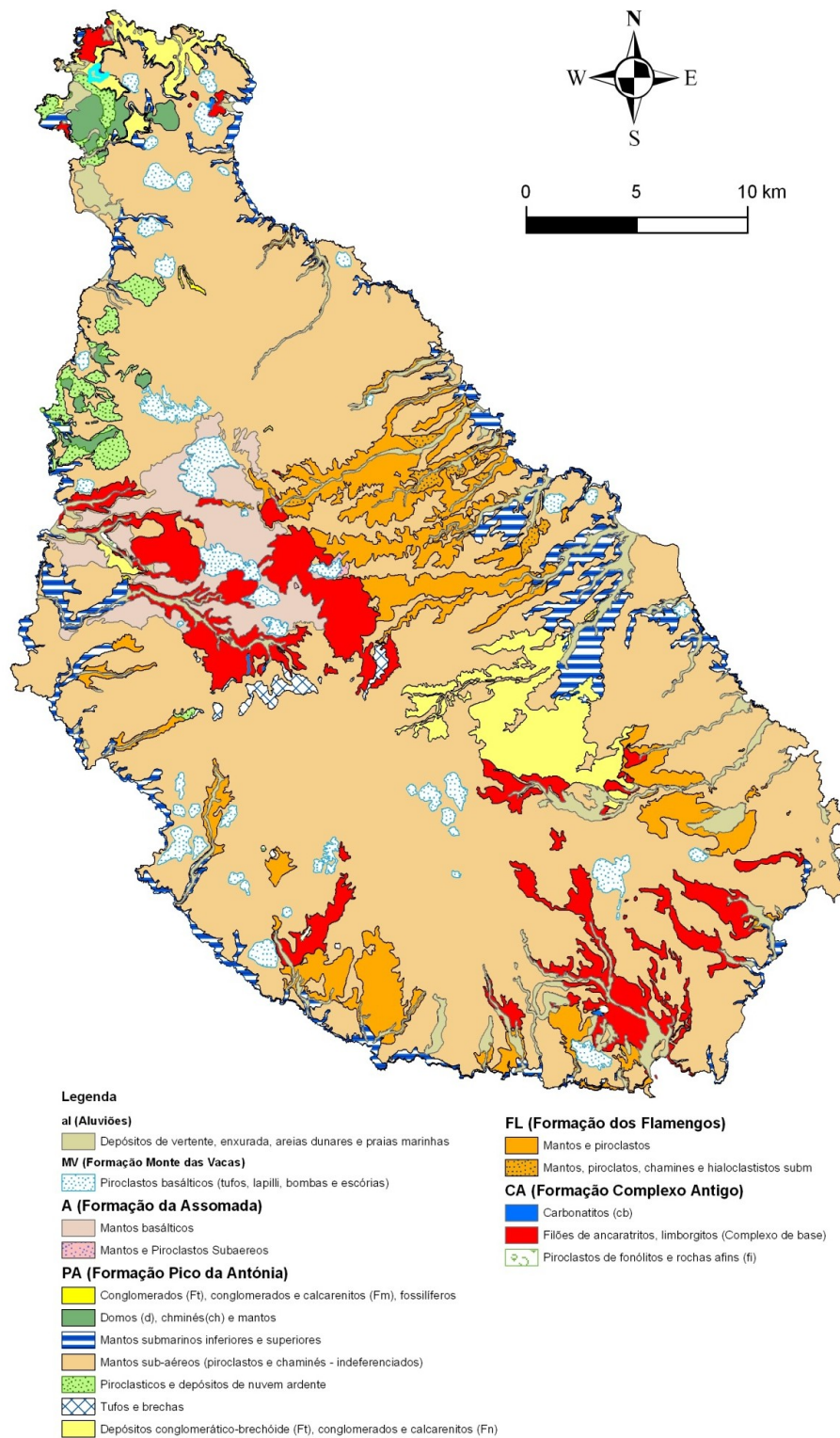


Figura 2.7 – Carta Geológica de Santiago, Cabo Verde, digitalizada a partir de Serralheiro (1977), *in* Pina (2009).

2.2.5 Geomorfologia

Santiago é caracterizada por um relevo muito irregular, com extensas áreas planas nas zonas litorais até encostas muito declivosas separadas por desfiladeiros, com profundos vales de vertentes quase verticais, em grande parte da ilha, sobretudo na parte oeste, dispostos segundo as geratrizes do cone principal (Pinto, 2010). Segundo Marques (1990), define-se na ilha sete unidades geomorfológicas, nomeadamente: Achadas Meridionais (I); Maciço Montanhoso do Pico da Antónia (II); Planalto de Santa Catarina (III); Flanco Oriental (IV); Maciço Montanhoso da Malagueta (V); Tarrafal (VI); Flanco Ocidental (VII). A carta geomorfológica identificando as sete unidades está ilustrada na Figura 2.8 e Pina (2009), descreve-as sucintamente:

- **Achadas Meridionais (I)** - localizadas no sopé meridional do maciço do Pico da Antónia, descendo uma altura de 500 metros até ao litoral, formando achadas com declives médios variando entre 2 a 12%. São superfícies estruturais e/ou subestruturais, constituídas por escoadas basálticas, intercaladas de tufos, da formação do Pico da Antónia;
- **Maciço Montanhoso do Pico da Antónia (II)** - localiza-se praticamente no terço central da ilha. É uma importante e acidentada área montanhosa que culmina no Pico da Antónia, aos 1392 m, fortemente erodida, de cimos recortados e pontiagudos, representando assim o relevo de maior altitude na ilha. Do ponto de vista geológico, o maciço é constituído quase só por formações do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia;
- **Planalto de Santa Catarina (III)** limitado, a Norte e a Sul, pelos maciços montanhosos do Pico da Antónia e da Serra Malagueta. A Oeste ainda se destacam os relevos de Palha Carga, Monte Brianda e Pedroso, constituindo a região central da ilha de Santiago. Com cerca de 500 m de altitude, forma uma extensa área planáltica, por vezes interrompida por cones eruptivos que a erosão tem vindo a dismantelar;
- **Flanco Oriental (IV)**, localizado entre Porto Formoso e Praia Baixo, é constituído pelas bacias hidrográficas das ribeiras de São Domingos, Praia Formosa, Seca, Picos, Santa Cruz, Salto, Flamengos e São Miguel. Trata-se de uma área exposta aos alísios que sopram de Outubro a Julho e cuja acção benéfica se começa a fazer sentir a partir dos 300 m de altitude;
- **Maciço Montanhoso da Malagueta (V)** localizado no extremo Norte da superfície de Santa Catarina, culminando aos 1064 m, caracteriza-se por uma escarpa vigorosa, dissimétrica, e cuja linha de cimos desce suavemente para o Tarrafal e para o Oriente.
- **Tarrafal (VI)**, localizada na ponta setentrional da ilha, caracteriza-se por “achadas” (Grande, Tomás, Bilim, etc.) escalonadas entre 20 e 300 m de altitude, com declives médios compreendidos entre 2% e 5% e constituídas por formações do Pico da Antónia. A estrutura vulcânica mais imponente é a estrutura de fonólitos e traquitos do Monte Graciosa;

- **Flanco Ocidental (VII)** - representa a transição entre o Planalto de Santa Catarina e o Oceano Atlântico. Trata-se de uma região árida, muito declivosa. Os declives médios das encostas variam em geral entre 12% e 25% (Marques, 1987).

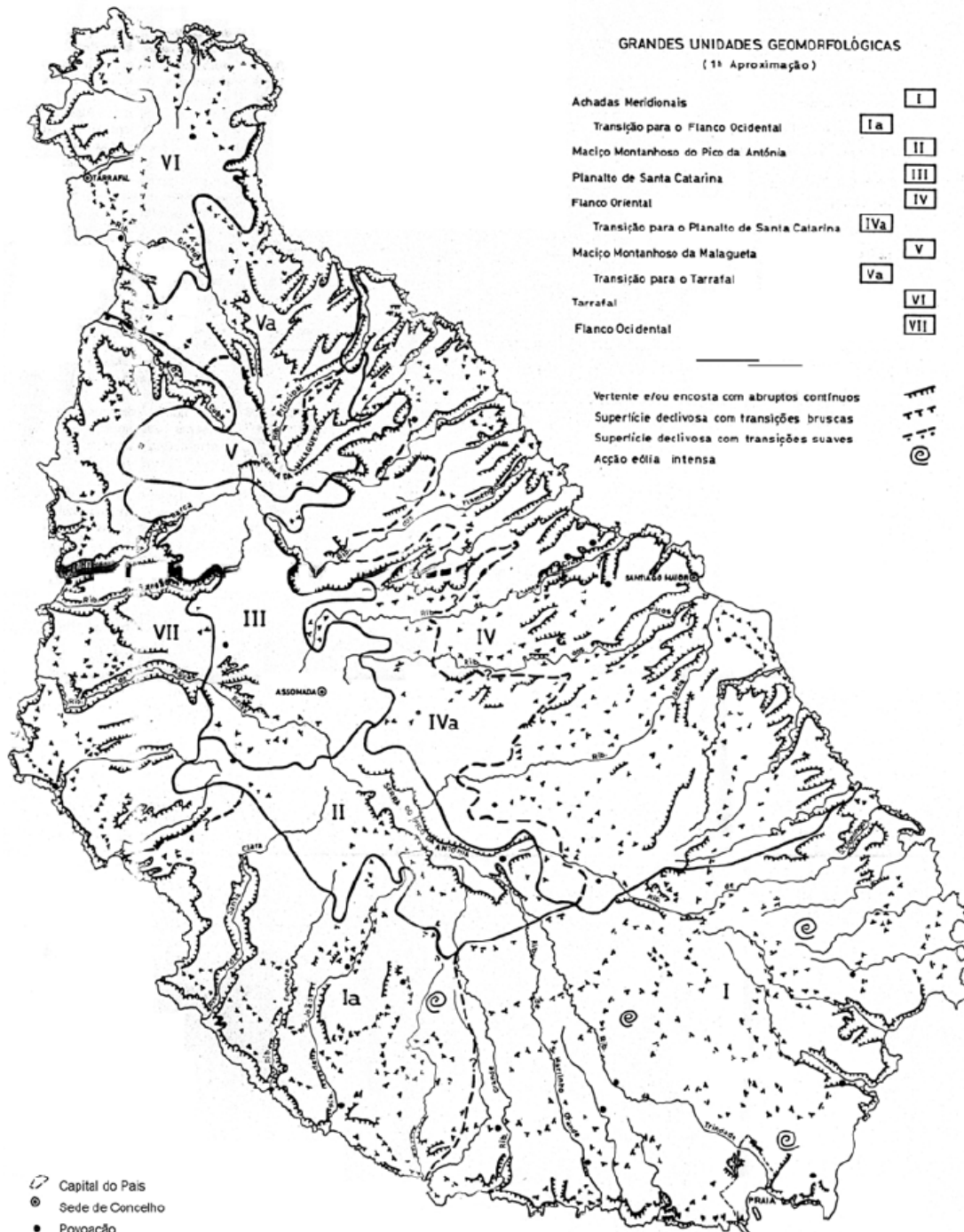


Figura 2.8 – Carta Geomorfológica de Santiago, Cabo Verde, segundo Marques (1990), *in* Pina (2009).

2.2.6 Hidrogeologia

Tendo como suporte a sequência vulcanológica (Serralheiro, 1976), e apoiado em vários estudos hidrogeológicos, estabeleceu-se uma sequência hidrogeológica para Santiago, apresentado em 1984 pela BURGEAP, definindo-se três unidades hidrogeológicas designadas por Unidade de Base, Unidade Intermédia e Unidade Recente.

A Figura 2.9 ilustra a localização das unidades hidrogeológicas de acordo com as formações geológicas e a Figura 2.10 ilustra a disposição das unidades hidrogeológicas através de um corte esquemático.

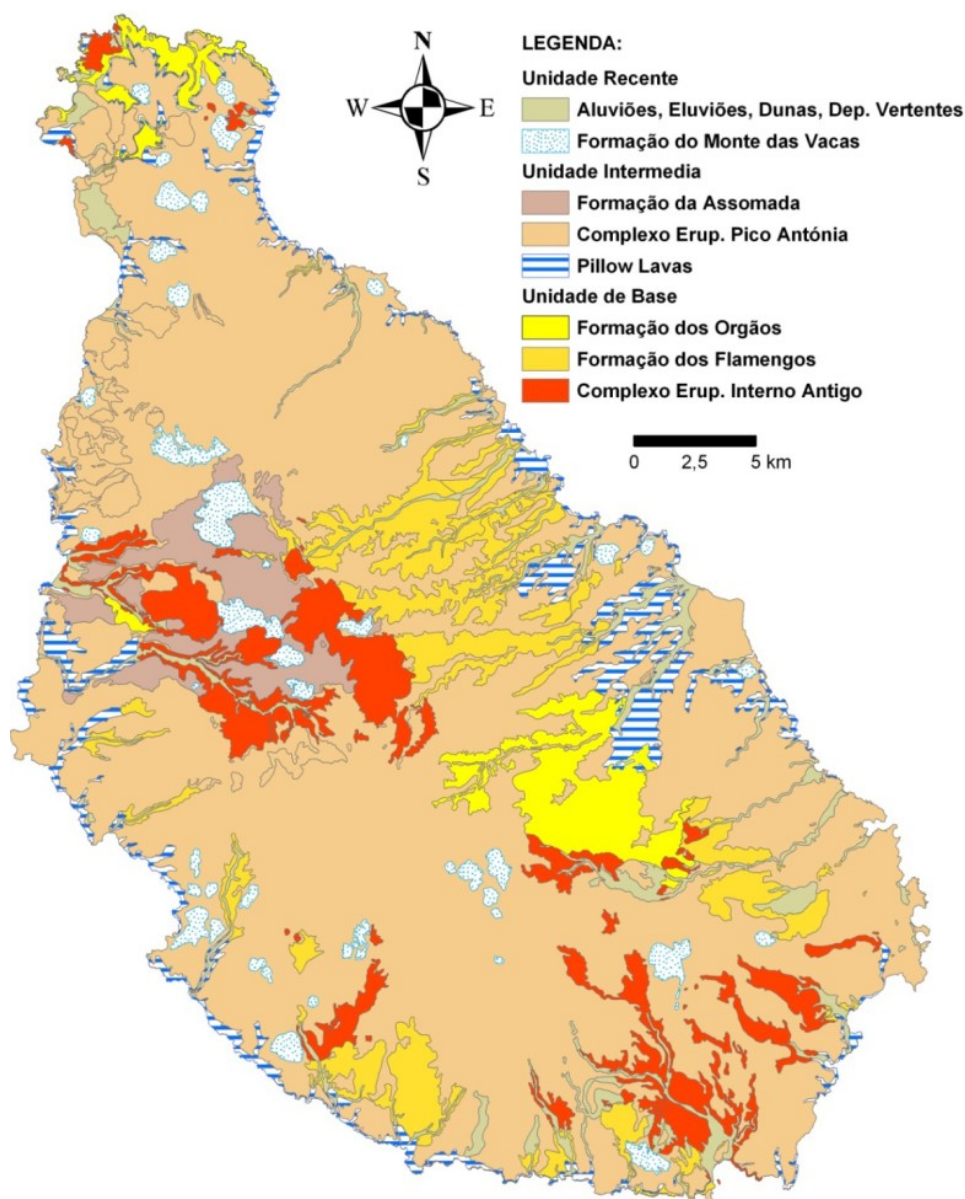


Figura 2.9 – Carta Hidrogeológica de Santiago, *in* Pina (2009).

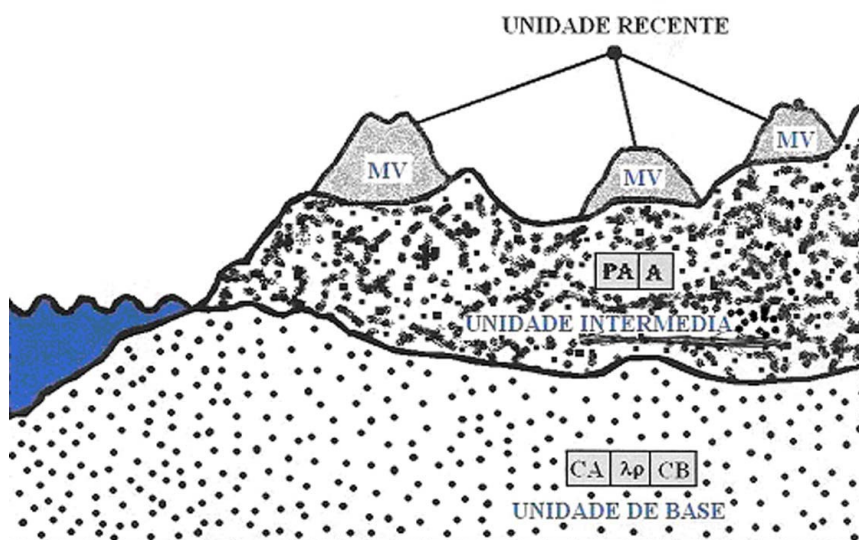


Figura 2.10 – Esquema Hidrogeológico de Santiago (Mota Gomes e Pina 2004 *in* Mota Gomes, 2007).

As características de produtividade hídrica das unidades são apresentadas no Quadro 2.5. Da análise constata-se que variam conforme a unidades geológicas. A unidade intermédia correspondente à formação geológica do Complexo Eruptivo de Pico da Antónia é dos mais produtivo.

Quadro 2.5 – Características das unidades hidrogeológicas de Santiago (adaptado de BURGEAP, 1974), *in* Pina (2009).

Unidades	Formações Geológicas	Produtividade	Limites de	Cadal Médio
			Produção	recomendado
			(m ³ /h)	(m ³ /h)
Base	Complexo Eruptivo Interno	Variável segundo o grau de fracturação e aparecimento de filões e Estéril nas zonas de tufo	0-10	3
	Formação dos Flamengos	Variável segundo a relação pillow-lavas/brechas e Estéril nas zonas de tufo	0-25	5
	Formação dos Órgãos (CB)	Variável segundo a percentagem de piroclastos e aparecimento de filões	0-10	3
Intemédia	Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA)	Camadas de rochas basálticas com intercalações de piroclastos e tufo	0-10	5
		Predominância de tufo e brechas	0-5	3
		Predominâncias de "pillow-lavas"	20-100	40
	Brecha de base das grandes camadas	10 60	30	
	Formação da Assomada	Basalto alveolar e piroclastos Espessa sucessão de camadas	0-10 5-40	5 25
Recente	Monte das Vacas (MV) Aluviões (a)	Zona privilegiada de infiltração		
		Variável segundo espessura e percentagem de argila		
		A montante – vales pequenos e espessura reduzida	2-15	8
		A jusante dos grandes vales – vales amplos e aluviões espessos,	20 -100	40

2.2.7 Recursos Hídricos

2.2.7.1 Balanço Hídrico de Santiago

Tal como para a generalidade das ilhas, disponibilidade hídrica de Santiago é totalmente dependente da precipitação.

Os valores para as disponibilidades hídricas de Santiago têm variado de autor para autor com discrepâncias significativas:

- Em 1974, a Empresa BURGEAP no âmbito de estudos dos recursos hídricos em Cabo Verde, apresenta o valor da disponibilidade hídrica subterrânea de **21,9 m³/ano**, através da fórmula empírica $I=0,25(P-300)$, onde I é a Infiltração (mm/ano) e P , a precipitação média (mm/ano) (Monteiro, 2010);
- Através do Projecto CVI/75/001, financiado pela PNUD/UNDTCD, Dennis Fernandpoulé estabelece que da precipitação que cai em Santiago, 50% perde-se por evaporação, 33% constitui o escoamento superficial e 17% para recarga de aquíferos o que leva a valores de **108 milhões de m³/ano para a disponibilidade superficial e a disponibilidade subterrânea em 55 milhões de m³/ano** (INGRH, 2000);
- Em 1992, na elaboração do esquema diretor para recursos hídricos, financiado pelo PNUD/ONUDES CV-87-001, chegou-se à conclusão que da precipitação que cai na ilha de Santiago 20% representa as águas superficiais, 13% produz a recarga do aquífero e 67% evapora-se, ou seja, a disponibilidade de água superficial na ilha é estimada em **56,6 milhões de m³/ano e subterrânea em 42,4 milhões de m³/ano** (INGRH, 2000);
- No âmbito do projeto que deu origem ao estudo sobre o desenvolvimento da água subterrânea na ilha de Santiago, financiado pela JICA/Cooperação Japonesa e executado pela KOKUSAI KOGIO CO. LTD, chegou-se à conclusão que na ilha de Santiago **a disponibilidade em água superficial é de 138,5 milhões de m³/ano e em subterrânea de 34,9 milhões de m³/ano** (INGRH, 2000) e, contrariando estudos anteriores, este estudo estima que 36% perde-se por evaporação, 51% constitui o escoamento superficial! e 13% para recarga de aquíferos. Ou seja, o escoamento superficial ultrapassa as perdas por evaporação! (Monteiro, 2010 e Mota Gomes, 2007).

No Quadro 2.6 apresenta-se o estudo realizado pela PNUD em 1992 (INGRH, 2010).

Quadro 2.6 – Valores médios (1961-1991) dos Recursos Hídricos da Ilha de Santiago (INGRH, 2010).

Concelhos	Água		
	Superficial	Água Subterrânea	
	(10 ⁶ m ³ /ano)	Recursos Brutos	Recursos Exploráveis
		(10 ⁶ m ³ /ano)	(10 ⁶ m ³ /ano)
Tarrafal e Calheta	11,7	10,1	6,6
Santa Catarina e S.S. Mundo	16,6	15,1	7,9
Santa Cruz e S.Lourenço dos Orgãos	10,8	7,1	5,7
Praia, Ribeira Grande e S. Domingos	17,5	10,1	5,8
Totais	56,6	42,4	26,0

2.2.7.2 Recursos Hídricos Subterâneos

Os recursos hídricos subterâneos são os mais explorados e excluindo água dessalinizada produzida num único concelho da ilha - o concelho da Praia - com duas unidades dessalinizadoras em funcionamento, são as únicas fontes de obtenção de água potável. Segundo Pina (2007) são contabilizados pelo Instituto Nacional de Recursos Hídricos (INGRH), 780 furos de captação de água subterrânea, o que dá uma média de praticamente um furo por cada 1,3 km², 1199 nascentes (superior a um por km²) e 1074 poços (superior a um poço por km²).

Entre os furos, poços e nascentes, estima-se um total de caudal subterrâneo explorado para a Ilha de Santiago um total de **26 milhões de m³/ano**, valor ainda um abaixo ainda do total dos recursos disponíveis segundo os estudos mais recentes (INGRH, 2010). No entanto, a geomorfologia da ilha, muito decliva e de difíceis condições de acessibilidade dificulta uma maior exploração destes recursos.

2.2.7.3 Recursos Hídricos Superficiais

Quanto aos recursos superficiais, a partir de 2007 com a entrada em funcionamento da primeira barragem da ilha de Santiago, a situação começa a reverter-se, deixando as águas subterâneas de ser a única fonte. Atualmente, estão já construídas cinco barragens na ilha de Santiago e estão mais três em construção.

Concluídas:

- Poilão (Concelho de São Lourenço do Órgãos), com um volume útil da albufeira de 1.200.000 m³;
- Faveta (Concelho de São Salvador do Mundo), com um volume útil da albufeira de 536.000 m³;
- Saquinho, (Concelho de Santa Catarina), com um volume útil da albufeira de 563.000 m³;
- Salineiro (Concelho de Ribeira Grande de Santiago), com um volume útil da albufeira de 562.000 m³.

Estão em construção:

- Barragem de Figueira Gorda, (Concelho de Santa Cruz), com um volume útil da albufeira de 1.456.000 m³;
- Barragem de Flamengos (Concelho de São Miguel), com um volume útil da albufeira de 852.600 m³;
- Barragem de Principal (Concelho de São Miguel), com um volume útil da albufeira de 260.000 m³.

A Figura 2.11 ilustra alguma das barragens já concluídas, todas na Ilha de Santiago.

(i)



(ii)



(iii)



(iv)



Figura 2.11 – (i) Barragem de Poilão, (ii) Barragem de Saquinho, (iii) Barragem de Faveta, (iv) Barragem de Salineiro.

3 CONCELHO DE SÃO SALVADOR DO MUNDO – SUAS INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS

3.1 Introdução

Neste capítulo, para além de uma breve caracterização do Concelho de São Salvador do Mundo, em estudo, pretende-se identificar e descrever as principais infra-estruturas hidráulicas existentes e em funcionamento. Conjuntamente com a identificação, localização espacial e quantificação da população beneficiada, foi possível e quantificar as carências e necessidades actuais de água no Concelho.

3.2 Principais Características Fisiográficas, Humanas e Hidrogeológicas

3.2.1 Localização e População

O Concelho de São Salvador do Mundo, com 28,7 km² e 8.643 habitantes, distribuída em 18 povoados, segundo INE (Censo 2010), conforme o Quadro 3.1 e Figura 3.1, é o menor em área e o segundo com a menor população dos nove municípios da Ilha de Santiago.

Quadro 3.1 – Distribuição da População no Conselho de S.S. Mundo.

Nome do Povoado	População (hab.)
Aboboreiro	532
Achada Leitão	1160
Babosa	183
Burbur	221
Cidade de Achada Igreja	986
Covão Grande	478
Degredo	148
Faveta	247
Jalalo Ramos	239
Leitão Grande	927
Leitãozinho	460
Manhanga	177
Mato Fortes	179
Mato Limão	134
Pico Freire	546
Picos Acima	1755
Purgueira	217
Rebelo Acima	54
	8.643

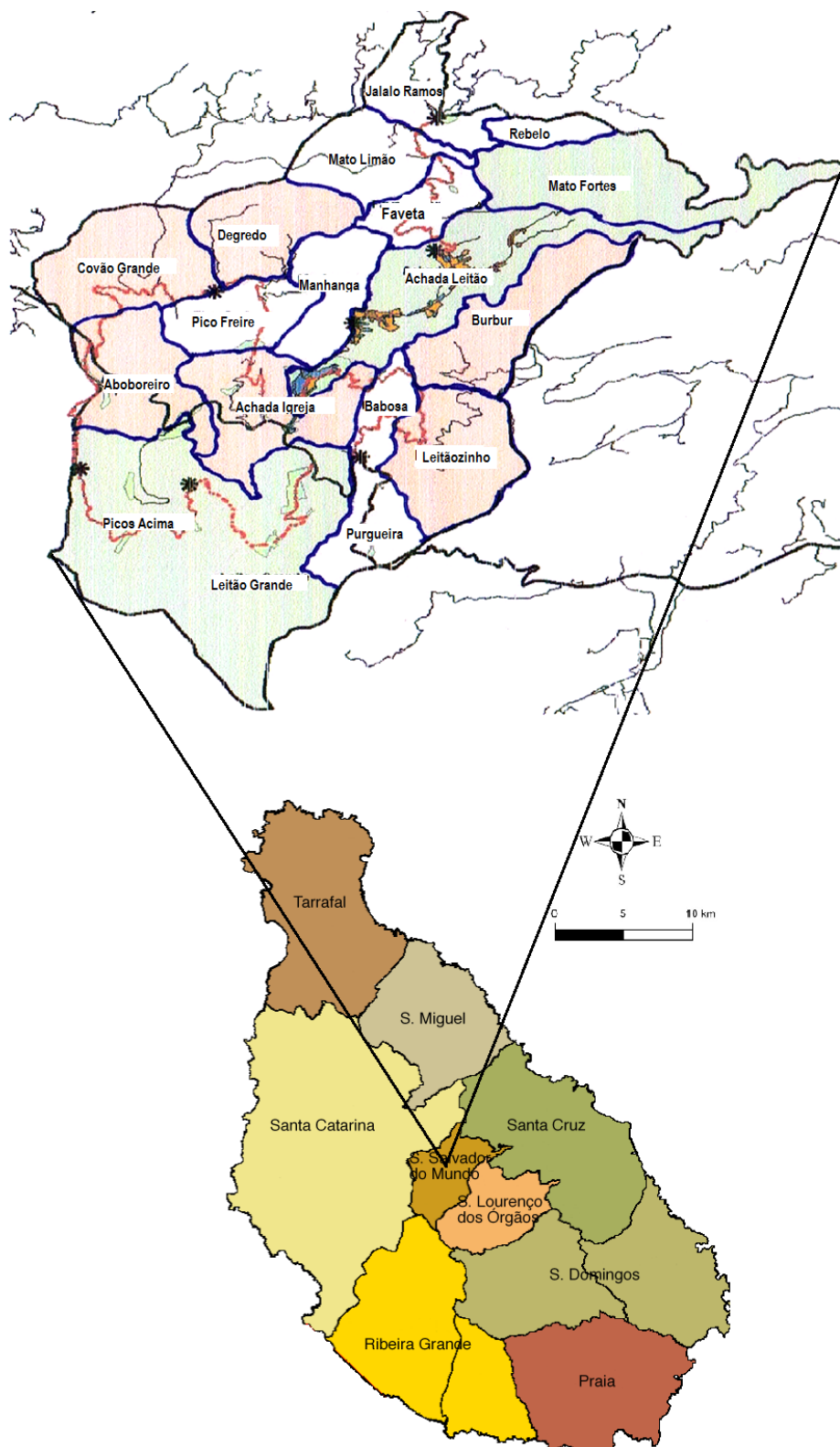


Figura 3.1 – Distribuição espacial dos povoados do Concelho de São Salvador do Mundo e respectiva localização na Ilha de Santiago.

Localiza-se no centro da ilha a 32 km da Cidade da Praia, capital do país, e ladeada de quatro municípios. Tem, a par do município vizinho de São Lourenço dos Órgãos uma condicionante importante de ser o único a não ser banhado pelo mar. A sede do Concelho, a cidade de Achada Igreja localiza-se mesmo ao lado da principal estrada da Ilha que liga a capital ao interior.

3.2.2 Recursos Hídricos e Vegetação

A Rede Hidrográfica do concelho é constituída nascentes e galerias que confluem na bacia hidrográfica dos Picos formada por várias ribeiras. Os poucos recursos hídricos existentes essencialmente subterrâneos tempo têm sido ao longo de décadas exaustivamente explorados tanto para a rega como para o abastecimento às populações, esgotando por vezes o limite de exploração.

O único posto udométrico do Concelho fica localizada no Povoado de Babosa. Com dados pluviométricos entre 1961 e 2013 fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia, apresenta-se no Quadro a seguir as precipitações médias mensais do posto udométrico que consideramos como representativas da região de S.S. do Mundo (Figura 3.2).

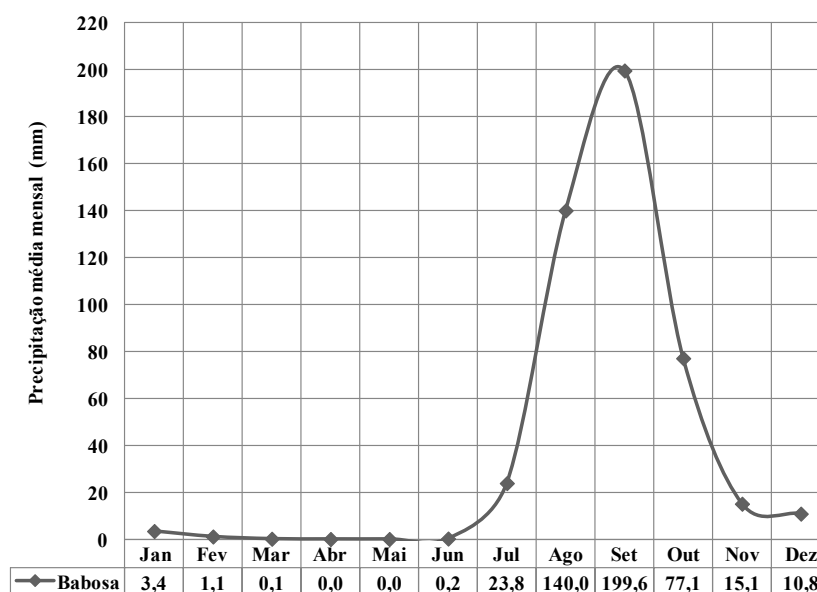


Figura 3.2 – Precipitação médias mensais na Estação de Babosa Picos para uma série de 53 anos.

Os recursos subterrâneos explorados resumem-se de momento a 12 furos, destinadas a rega e abastecimento à população, manifestamente insuficientes para as necessidades. A localização das infraestruturas de abastecimento de água do concelho estão descritos na Figura 3.3.

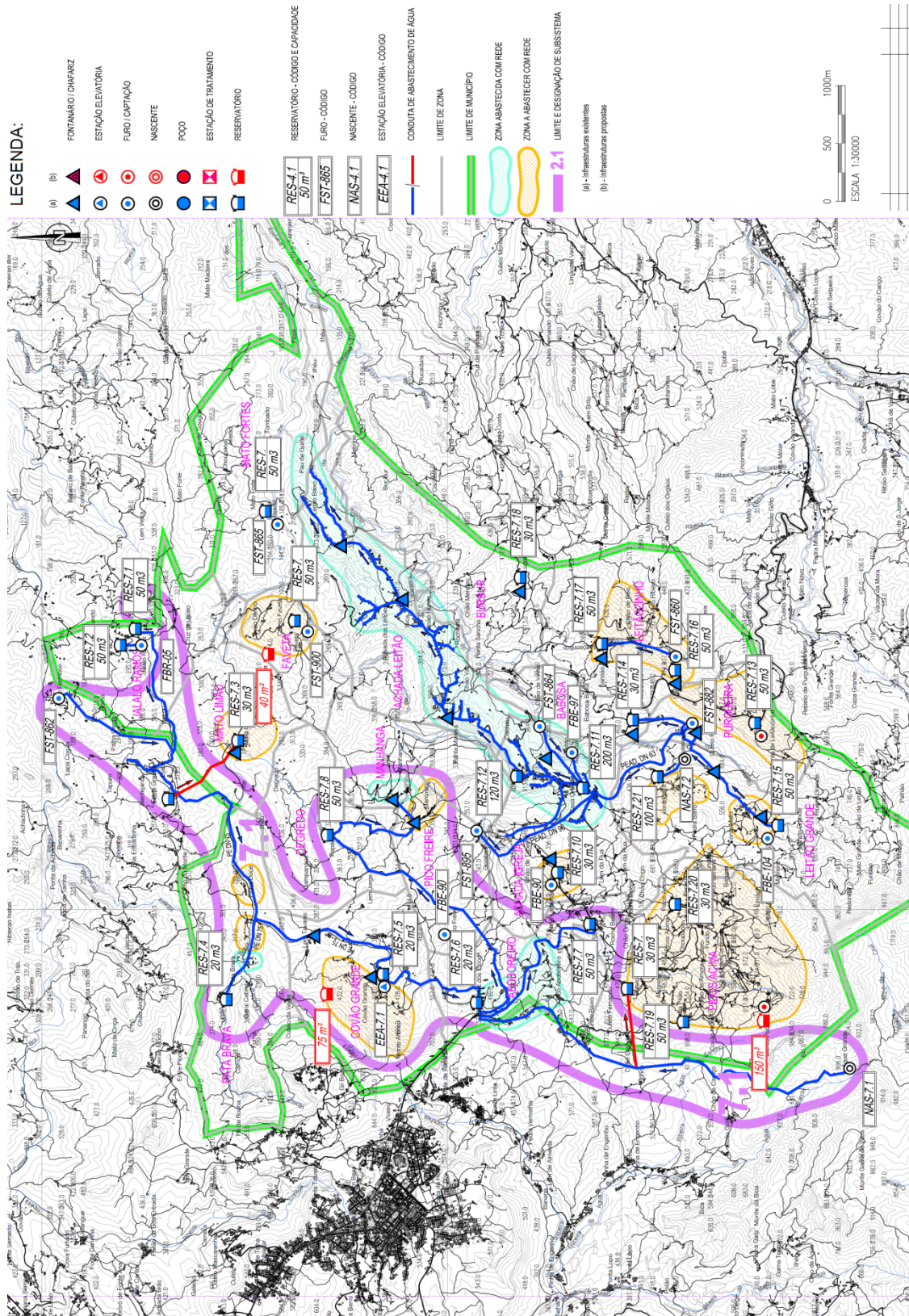


Figura 3.3 – Mapa com a localização e identificação das infraestruturas de abastecimento de água do Concelho.

A rede de distribuição de água existente no concelho, abastecida por 3 dos 12 furos explorados no concelho abastece somente as Localidades de Achada Igreja e Achada Leitão não chegando a 25% da População do Concelho com acesso direto a água potável que no entanto é abastecida em média duas a três horas por dia por causa da pouca capacidade de abastecimento dos furos. Existe a infraestrutura mas no entanto a água disponível é escassa.

Quanto aos recursos superficiais, apesar de em maior quantidade, só a partir de momento atual é que a sua exploração é real com a entrada em funcionamento da barragem da localidade de Faveta.

3.2.2.1 Vegetação

A vegetação do concelho, expeto na época de chuvas em que a ilha toda fica coberta por um manto de herbáceas e semilenhosas, e pratica-se a agricultura de sequeiro, é pouco abundante, sendo mais significativo na zona de Pico de Antónia, ponto mais alto do concelho. Nesta zona, a vegetação é composta por gramíneas de grande porte e espécies exóticas como *Eucalptus spp*, *Khaya senegalensis*, *Ceratonia Siliqua* (Alfarrobeira) e *Cupressus spp*, e outras espécies como *Andrapogon gayanus* (Touça), *Panicum maximum*, *Campanula jacabaea*, *Ziphus Mauritianus*, *Furcaraea gigantea*, *Lantana camara*, etc.

Noutras zonas do concelho, pode-se destacar a presença de espécies endémicas como o Poilão (*Ceiba Pentadra*) em Leitãozinho e a Acácia Americana (*prosopis juliflora*) que predomina sobre todas as outras, na generalidade dos povoados. A Figura 3.4 ilustra uma paisagem típica da região.



Figura 3.4 – Vegetação representativa da região. Predominância da *prosopis juliflora*.

3.3 Principais Infraestruturas Hidráulicas do Concelho

3.3.1 Barragem de Faveta e Aproveitamento Agrícola previsto.

3.3.1.1 Barragem de Faveta; Localização e Caracterização

A Barragem de Faveta situada na localidade donde lhe provêm o nome, é a mais importante infraestrutura do concelho. Tendo sido construído com a finalidade de captação e armazenamento de água para fins agrícolas, ficou concluída em Março de 2013, no mesmo ano recebeu as primeiras cheias tendo atingido a sua capacidade máxima de armazenamento na sua primeira época de chuvas.

A bacia hidrográfica que interessa à barragem é a sub-bacia hidrográfica de Picos sendo a área da bacia dominada pela barragem de 7,92 km². A Figura 3.5 ilustra a localização da bacia dominada e a barragem.

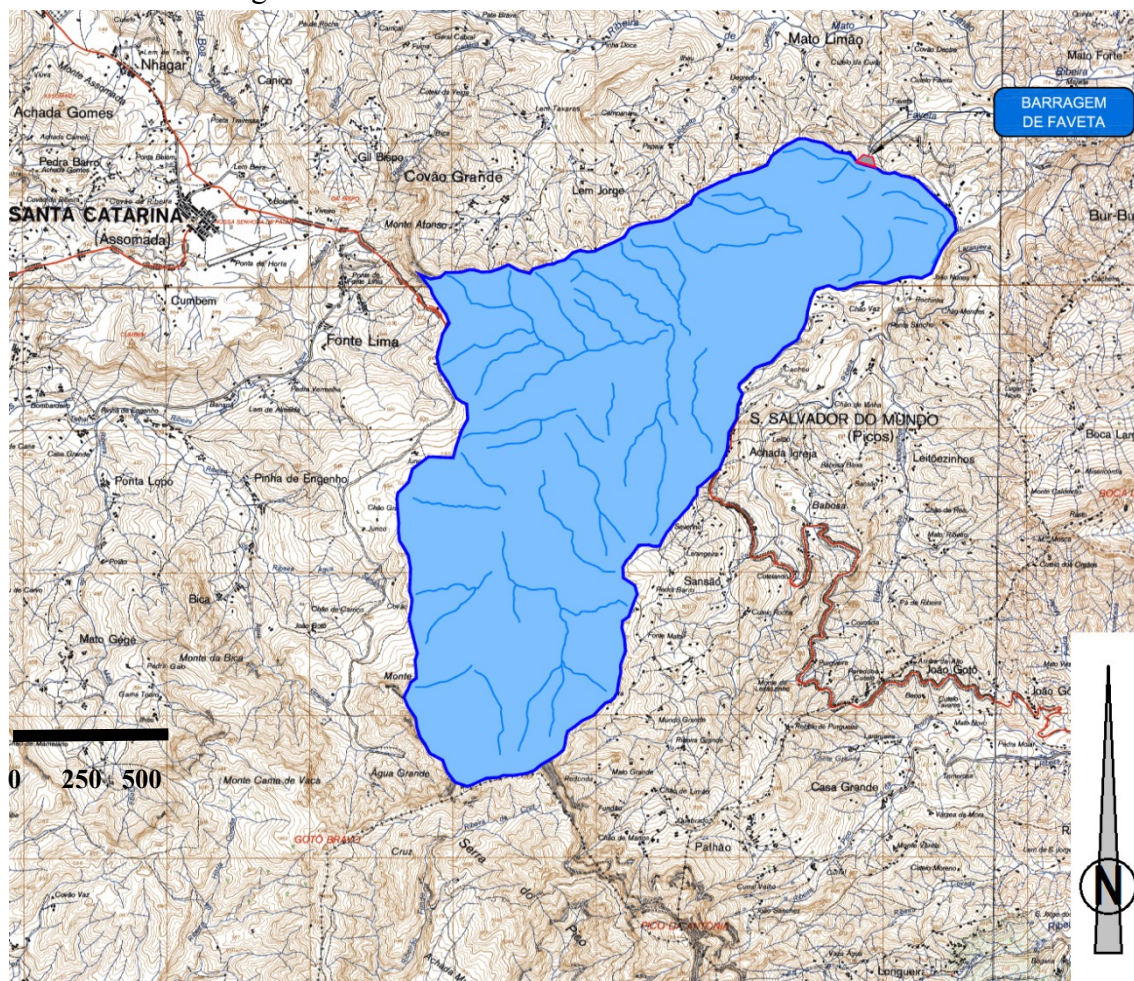


Figura 3.5 – Localização da Barragem de Faveta e Bacia Hidrográfica dominada, *in* (DGASP, 2011).

3.3.1.2 Barragem de Faveta; Pormenores de Projecto.

A barragem é do tipo gravidade e tem corpo em alvenaria de pedra implantada ao longo de um alinhamento reto (Figura 3.6), de 100 metros de comprimento. O paramento do montante é vertical e a jusante com uma inclinação 1,0V:0,8H (DGASP, 2011).



Figura 3.6 – Barragem de Faveta. Paramentos da montante e jusante.

Apresenta-se nas Figuras 3.7 e 3.8 uma planta e um corte esquemático da barragem. Resumidamente, a barragem tem as seguintes características (DGASP, 2011):

a) Hidrologia (bacia dominada pela barragem)

- Área da bacia hidrográfica dominada: 7,92 km².
- Caudal afluyente da cheia de projecto do descarregador de cheias (T =1.000 anos): 192,3 m³/s.
- Caudal efluente da cheia de projecto do descarregador de cheias (T =1.000 anos): 186,6 m³/s.

b) Albufeira

- Volume morto: 136.964 m³.
- Volume útil: 568.873 m³.
- Volume total: 705.837 m³.
- Nível mínimo de exploração (NME): 216,00 m.
- Nível de pleno armazenamento (NPA): 234,50 m.
- Nível de máxima cheia (NMC): 237,10 m.
- Área inundada à cota do NPA: 7,06 ha.

c) Barragem

- Tipo: Alvenaria.
- Cota do coroamento: 238,20 m.
- Cota do ponto mais baixo da fundação: 199,50m.
- Altura máxima acima da fundação: 38,7 m.
- Desenvolvimento do coroamento: 100,60 m:
- Largura do tabuleiro pedonal sobre o coroamento: 4,0 m.

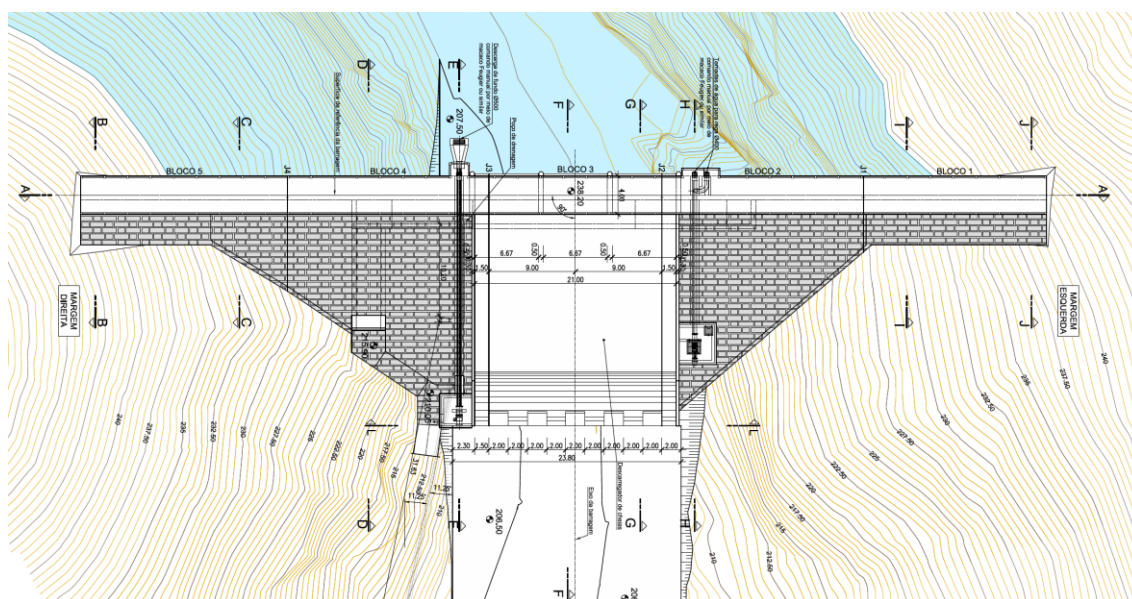


Figura 3.7 – Planta da Barragem de Faveta (DGASP, 2011).

d) Órgãos Hidráulicos

a. Descarregador de cheias

- Tipo: soleira descarregadora Creager livre, seguida de um canal inclinado a 1V:0,8H sobre o coroamento da barragem, terminando num trampolim em salto de esqui.
- Cota da crista da soleira descarregadora: 234,50.
- Número de vãos: 3.
- Larguras de cada vão: 6,67 m.

b. Descarga de Fundo

- Constituição: Estrutura de tomada de água na albufeira, saliente em relação ao paramento de montante da barragem e equipada com uma grelha metálica de 1,25x1,25 m² e seguida de conduta de conduta de PEAD DN500 envolvida em betão no corpo da barragem e terminando numa válvula de borboleta DN500.
- Controle do caudal a jusante: Válvula de borboleta DN500, com comando manual.
- Órgão de guarda a montante: Válvula de guilhotina DN500 com comando manual, a partir do coroamento da barragem.
- Cota do eixo de entrada: 211,00.
- Cota do eixo de saída: 210,80.
- Capacidade máxima: 2,35 m³/s com o NPA na albufeira.
- Tempo de esvaziamento da albufeira: cerca de 4,3 dias.

c. Tomada de água para rega

- Constituição: Dois orifícios de entrada circular com 0,4 m de diâmetro, localizados no paramento de montante da barragem e protegidos por grelhas metálicas finas, seguidos de conduta de PEAD DN400 embebida no corpo da barragem e terminando numa válvula de isolamento DN400.
- Níveis de captação: 224,50 e 215,20.
- Órgãos de guarda a montante: Válvulas de guilhotina DN400, operadas manualmente por macacos Feugier, a partir do coroamento da barragem.
- Órgão de isolamento a jusante: Válvula de cunha DN400.
- Cota do eixo da conduta junto à válvula de cunha: 213,50 m.

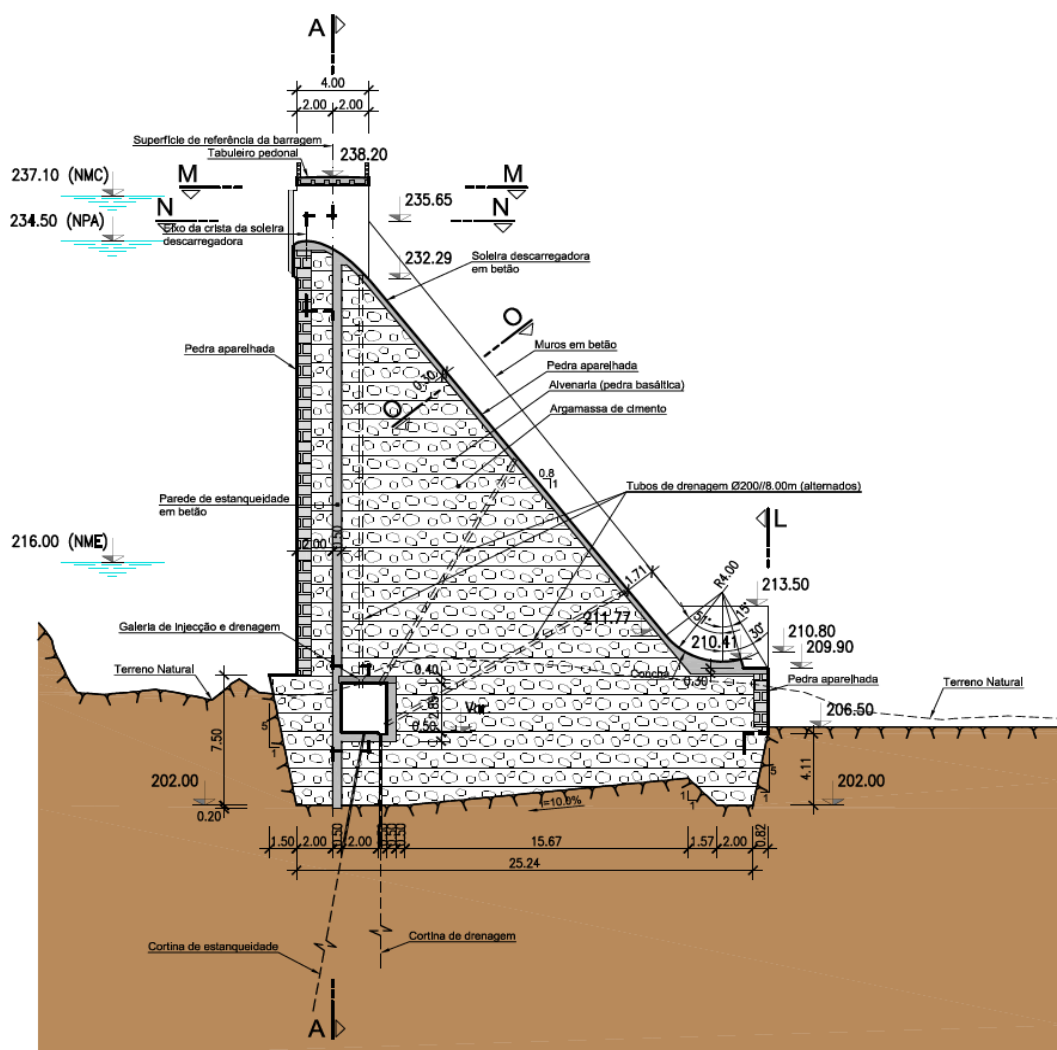


Figura 3.8 – Corte tranversal na zona do descarregador (DGASP, 2011).

O tempo de concentração adotados para os cálculos hidráulicos foi de 1,5 h e as características dos hidrogramas de cheia (DGASP, 2011) apresentam-se resumidos no Quadro a seguir:

Quadro 3.2– Dados de cálculo hidráulico da Barragem de Faveta (DGASP, 2011)

Período de Retorno (T)	Caudal de Ponta	Volume da albufeira
(anos)	m ³ /s	hm ³
5	69,30	0,80
10	90,40	1,05
20	108,80	1,28
100	144,50	1,74
1000	192,30	2,33

3.3.1.3 Aproveitamento Agrícola de Faveta

Breve Descrição

Para a água armazenada na barragem de Faveta, foi previsto um aproveitamento hidroagrícola para o qual já existe um projecto de execução.

Este aproveitamento inclui uma conduta de adução principal, partindo de uma tomada de água de rega da barragem, e desta sairão condutas adutoras que irão abastecer áreas agrícolas de três povoados do concelho, a Faveta, Mato Forte (a jusante) e Cacheu (a montante).

As zonas a jusante da barragem serão abastecidas por intermédio de uma conduta adutora de distribuição e zonas a montante da barragem, através de uma estação elevatória que irá bombear água para dois reservatórios (Ponta Moreira e Cacheu).

Pormenores do Projecto

Segundo o DGPOG – MDR (2013) o Aproveitamento Hidroagrícola da Faveta deverá ser constituído por três blocos de rega, de acordo com a Figura 3.9, a saber:

- Mato Forte: a conduta adutora de distribuição que sai directamente de uma das tomadas de água da barragem e fará a alimentação deste bloco de rega, com 19 hectares, distribuídos pelas zonas de Faveta, Lém Monteiro e Mato Forte.
- Manhanga: Estima-se que este bloco tenha uma área da ordem dos 30 hectares e que será alimentado a partir de um reservatório de 2000 m³, em Ponta Moreira, abrangendo as zonas de Manhanga e Pico Freire.
- Cacheu: O reservatório de 1000 m³ vai permitir irrigar o bloco mais a sul do aproveitamento, com 33 hectares de terras nas zonas de Achada Leitão, Achada Grande, Boa Esperança, Covada e Leitãozinho.

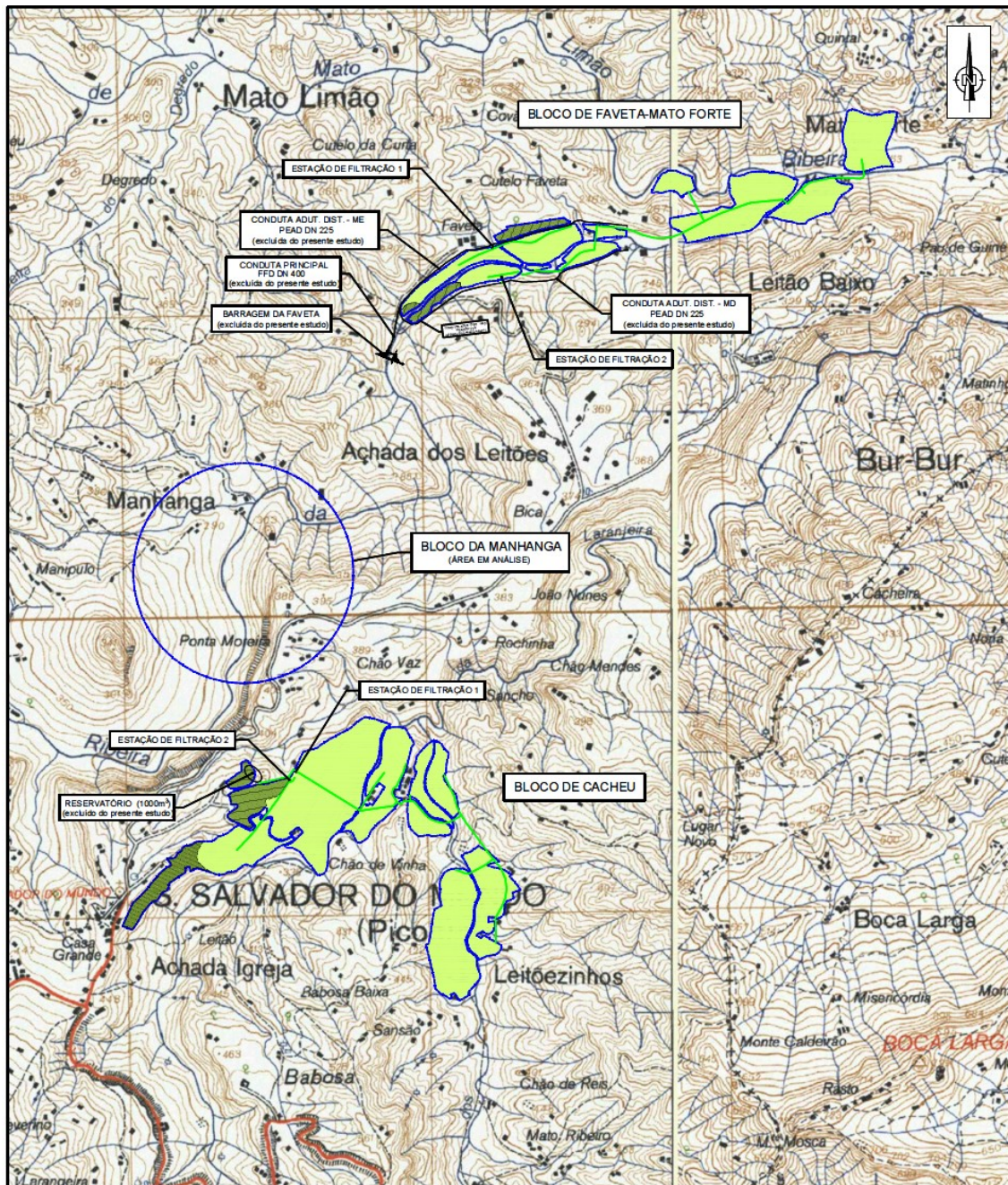


Figura 3.9 – Áreas previstas para serem beneficiadas pelo Aproveitamento Hidroagrícola de Faveta (DGPOG – MDR, 2013).

3.3.2 Rede de Abastecimento de Água às Localidades de Achada Igreja e Achada Leitão.

3.3.2.1 Localização e Breve Descrição

No âmbito do Programa de Investimentos do Governo de Cabo Verde para a construção e extensão das redes secundárias e terciárias dos sistemas de abastecimento de água potável de diversas localidades da Ilha de Santiago, em 2010 é lançado pelo INGRH, o concurso público para a execução da rede de abastecimento de água às localidades de Achada Igreja e Achada Leitão, principais povoados do concelho de São Salvador do Mundo. A rede existente na altura, já obsoleta, era alimentada através de uma adutora proveniente do concelho vizinho de Santa Catarina, alimentação esta muito irregular e manifestamente insuficiente para as necessidades.

A atual rede de distribuição, que foi inaugurada em Março de 2011, em virtude da orografia do terreno e distribuição das habitações é na generalidade ramificada. Para a distribuição de água potável, a rede de distribuição sai de um único novo reservatório a localizar-se nas imediações da localidade de Achada Igreja, a uma cota altimétrica em cerca de 25 metros superior à cota do ponto mais desfavorável da Localidade, atravessando esta localidade, seguindo depois para Achada Leitão. A Figura 3.10 ilustra a rede geral de abastecimento de água às duas localidades.

3.3.2.2 Pormenores do Projecto

O abastecimento em água potável é feita então a partir de um reservatório apoiado de 200 m³, e para a sua alimentação a INGRH após prévias operações de prospeção indicou três furos novos e um existente.

O furo (ref.^a 52-42 - INGRH) existente, localizado na Ribeira de Picos (denominado no projecto com Furo n.º 2) já está praticamente esgotado e estima-se para o mesmo uma capacidade aproximada de 1 a 2 m³/h segundo informações recolhidas junto ao INGRH.

Os ensaios de prospeção para um dos novos furos, (Furo ref.^a FBE-90) localizado na em Pico Freire), denominado no projecto de Furo n.º 4 deu resultados a rondar os 15 m³/h, outro novo (nas imediações da chamada Ponte Sansão) denominado no projecto de Furo n.º 3, deu resultados a rondar os 4 m³/h e um por último um outro na Ribeira de Picos – Furo n.º 1, com resultados a rondar também os 4 m³/h.

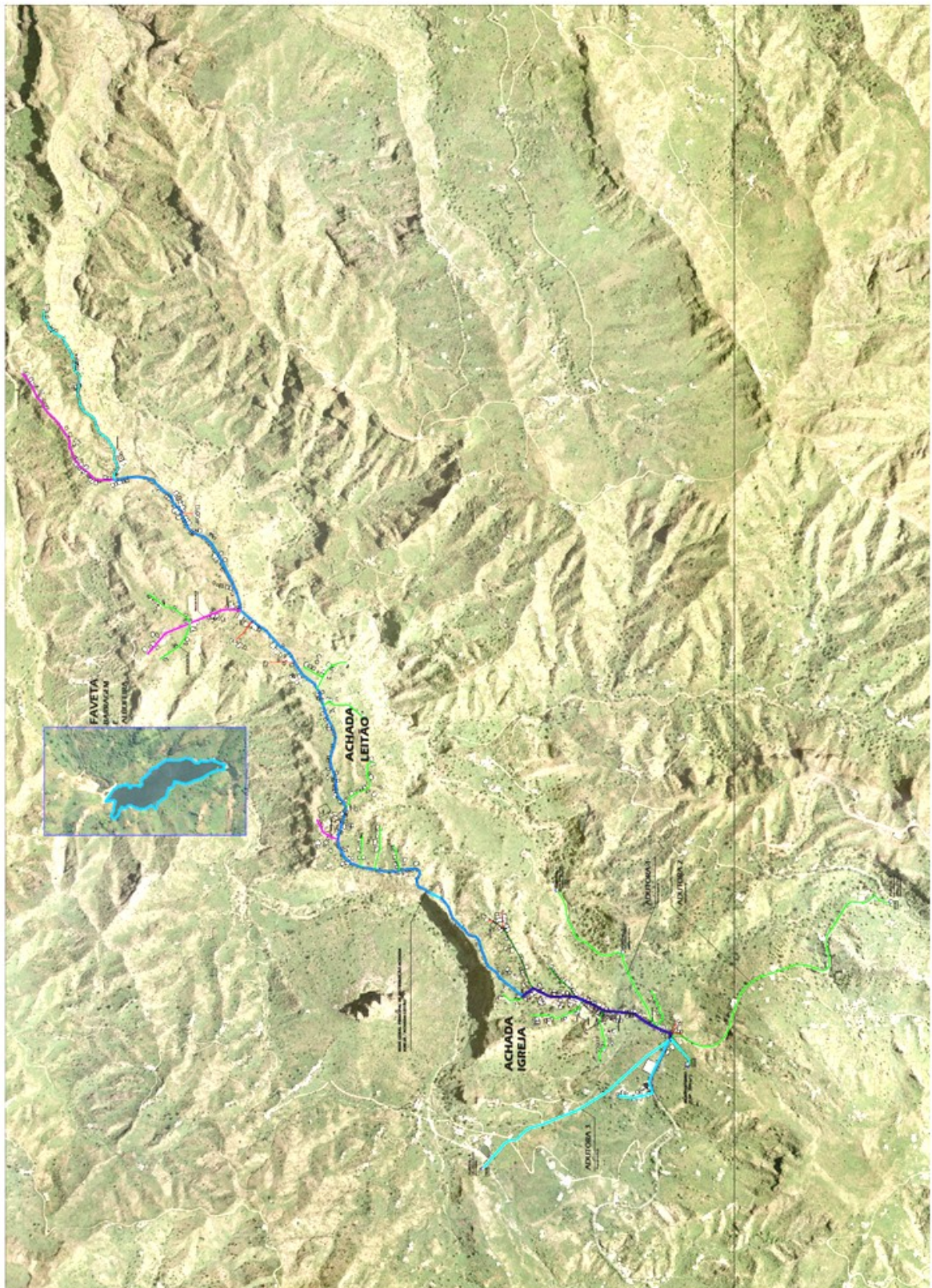


Figura 3.10– Rede de Distruição de água a Achada Igreja e Achada Leitão (adpatado de INGRH, 2010).

Estimou-se assim um caudal total horário máximo disponível para 25 m³/h. O tempo de adução considerado foi de 12 horas para o dimensionamento do reservatório.

O reservatório localiza-se nas imediações de Achada Igreja (numa encosta por cima do entroncamento denominado Cruz de Portal (cota 470,0 m) alimentando graviticamente as duas localidades referidas).

Apesar de recente e em perfeitas condições de funcionalidade, esta infraestrutura está no entanto subaproveitado, já que os caudais disponibilizados pelos furos são muito irregulares havendo épocas do ano em que a capacidade dos furos praticamente anula-se. Esta infraestrutura dimensionada para um funcionamento contínuo, na prática só faz a distribuição de água em média três horas por dia, não suprimindo as necessidades das localidades beneficiadas. Urge portanto encontra-se meios de aumentar a disponibilidade de água para otimizar o funcionamento desta rede.

4 METODOLOGIA

4.1 Introdução

Para atingir os objetivos propostos neste estudo foi necessário quantificar o mais rigorosamente possível a água disponibilizada através da infraestrutura hidráulica, quantificar as necessidades hídricas de abastecimento e de irrigação e, comparando os valores obtidos, aferir a viabilidade de utilização da água disponibilizada.

4.2 Descrição Metodológica.

O primeiro passo foi calcular o volume total anual de água disponibilizada pela bacia dominada pela barragem de Faveta que é uma sub-bacia de 7,92 km² integrada na bacia hidrográfica da Ribeira de Picos, bacia esta com uma superfície total 54,27 km², aproximadamente 5,4% da área total da Ilha de Santiago. Para este cálculo, recorreu-se à metodologia do balanço hídrico ao nível do solo proposto por Penman-Grindley, tendo-se calculado valores de excedente hídrico para cinco situações distintas de valores de precipitação:

- Ano Médio (em que foi utilizado a média das precipitações mensais dos últimos 53 anos para duas estações udométricas utilizadas neste estudo);
- Ano Seco, (foi utilizado a média das precipitações mensais no ano em que para os dois postos udométricos o valor médio da precipitação anual é o mais baixo);
- Ano Húmido, (foi utilizado a média das precipitações mensais no ano em que para os dois postos udométricos o valor médio da precipitação anual é o mais elevado);

e, para avaliar a viabilidade da utilização dos valores médios de precipitação anual para a definição do aproveitamento, calculou-se o desvio padrão (σ) da média dos valores totais anuais de precipitação da série de 53 anos dos dados de precipitação utilizados. Obtido o valor do desvio padrão, fez-se o balanço hídrico para dois dos anos da série com valores mais aproximados do Ano Médio subtraído do σ e do Ano Médio adicionado do σ , respetivamente os anos de 1983 e o anos de 2010.

A disponibilidade hídrica superficial é calculada a partir dos valores de excedente hídrico obtidos para cada situação, subtraído da infiltração. Por falta de dados precisos para o cálculo da taxa de infiltração, esta foi estimada a partir da média de valores obtidos de várias fórmulas empíricas sugeridas por alguns autores com estudos efetuados na Ilha de Santiago.

Obtidos os valores da disponibilidade hídrica superficial da barragem, calculou-se seguidamente as necessidades hídricas para o abastecimento de água aos aglomerados populacionais e de rega. As necessidades hídricas de rega foram estabelecidas para algumas culturas consideradas representativas da região, de modo a que no final deste estudo, caso fosse comprovado a viabilidade da utilização da água da barragem, se pudesse estabelecer um modelo de ocupação cultural ideal.

O método utilizado para o cálculo da necessidades brutas de irrigação foi o do balanço hídrico na camada superficial do solo. A grandeza fundamental para este cálculo, a evapotranspiração cultural foi calculado pelo método de Penman - Monteith, única recomendada pela FAO (1998).

Tendo-se chegado a valores de disponibilidade hídrica superficial e das necessidades hídricas para o abastecimento de água e para a rega, que se apresentam no próximo capítulo, fez-se então as análises comparativas dos resultados e tiraram-se conclusões sobre a viabilidade ou não da utilização da água da barragem para fins múltiplos, que são apresentados no capítulo 6 deste estudo.

5 APROVEITAMENTO DE FAVETA, ANÁLISE E SOLUÇÕES

5.1 Introdução

A avaliação dos recursos hídricos disponibilizados por uma bacia hidrográfica e a avaliação das necessidades hídricas da região envolvente é essencial para a definição objetiva do aproveitamento destes recursos. Em países de poucos recursos hídricos provenientes da precipitação como é o caso de Cabo Verde, mesmo com o máximo de aproveitamento dos recursos naturais disponibilizados, estes são manifestamente insuficientes para as necessidades, sendo obrigatório recorrer-se a meios alternativos, que normalmente exigem esforços económicos elevados como, por exemplo, a dessalinização. É pois imperioso o aproveitamento máximo dos recursos provenientes da precipitação atmosférica.

Para a avaliação e quantificação e aproveitamento da água disponibilizada anualmente pela barragem de Faveta, deve-se fazer uma avaliação mais a rigorosa possível dos recursos hídricos disponibilizados pela bacia hidrográfica dominada pela barragem. Caberá depois aos serviços de gestão da infraestrutura o aproveitamento máximo dos recursos, criando condições de armazenamento para os possíveis excedentes de água, de modo a que se tire o máximo proveito possível da água disponível.

A avaliação dos recursos hídricos da barragem de Faveta fez-se, recorrendo à metodologia do balanço hídrico sequencial mensal para a bacia. Para a avaliação das necessidades hídricas da região, identificadas neste estudo como água para abastecimento às populações e água para a irrigação, fez-se:

- um estudo das capitações para estimar as necessidades hídricas de consumo para os aglomerados populacionais e;
- recorreu-se à metodologia do balanço hídrico na camada superficial do solo para as necessidades brutas de irrigação. Para estas avaliações recorreu-se às grandezas climáticas como precipitação, temperatura, humidade, insolação, velocidade do vento e evapotranspiração obtidas após um estudo hidroclimatológico da região.

5.2 Caracterização Fisiográfica: Geologia, Hidrogeologia e Ocupação do Solo

A bacia hidrográfica dominada pela Barragem de Faveta está localizada numa região onde aflora a Formação Geológica dos Flamengos, segundo a carta geológica de Serralheiro (1976). Esta formação de origem submarina, sobrepõe de forma discordante sobre o

Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA) ocorrendo essencialmente no centro norte e sul da ilha a altitudes superiores a 250 metros.

A região é dominada por mantos basálticos, piroclastos e tufos intercalados dispostos uniformemente por grandes extensões. As rochas existentes são limburgitos, basanitos e basanitóides muito alterados para zeólitos e carbonatos. É uma região que hidrogeologicamente tem fraca produtividade (*e.g.*, Pina, 2009).

Está inserida numa zona dominada por solos com pouca profundidade, característicos de zonas de relevo muito acentuado, com declives superiores a 60%, onde predomina a agricultura de sequeiro com a cultura do milho e feijões. Esta situação, associada à intensidade das chuvas por vezes intensas, à fraca predominância de estruturas de conservação do solo e à pouca expressiva cobertura vegetal, são os principais fatores que têm promovido a erosão dos solos.

A agricultura de regadio é normalmente praticada no fundo dos vales e a tecnologia de rega utilizada ainda é pouco desenvolvida, baseada essencialmente no alagamento. Encontram-se, ainda de forma dispersa, diferentes espécies de árvores de fruto, nos terrenos cultivados em regime de sequeiro.

5.3 Caracterização Hidroclimatológica

5.3.1 Precipitação

Os dados climáticos disponíveis para a região são muito escassos. Na Ilha de Santiago, até 2004, ainda estavam em funcionamento seis estações meteorológicas espalhadas pela ilha. De momento só funciona uma Estação Meteorológica situada na cidade da Praia e de resto só existem postos udométricos em alguns pontos na ilha.

Para o presente estudo foram utilizados dados pluviométricos de dois postos udométricos localizados em zonas vizinhas: o de Babosa, a uma altitude de 454m, sendo o mais próximo da bacia hidrográfica em estudo, e o de Assomada, concelho de Santa Catarina, vizinha do de São Salvador do Mundo a uma altitude de 462 m que, embora não estando inserido na bacia hidrográfica em estudo, está relativamente próximo (cerca de dois quilómetros) e as condições altimétricas são similares à bacia em estudo.

Para o cálculo dos valores médios da precipitação na bacia hidrográfica, o ideal seria o cálculo pelos métodos dos polígonos de Thiessen ou das isoietas. No entanto a escassez dos

postos udométricos e inexistência de cartas isoietas obrigou a que para o cálculo da precipitação média anual de referência para a bacia em estudo se optasse pela média das precipitações médias anuais dos postos de Assomada e de Babosa. Foram utilizados os dados pluviométricos de 53 anos (1961-2013) para os dois postos udométricos, respeitando largamente os valores limites da Organização Mundial da Meteorologia, que estabelece o valor de 30 anos para a análise de dados para Zonas Semiáridas (Lencastre et al., 2010). De referir que os dados da precipitação fornecidos apesentam algumas omissões pelo que teve de se recorrer a correlações entre os dados udométricos de cinco postos udométricos para os completar os dados mensais omissos. O Quadro. 5.1 apresenta um resumo das correlações efetuadas para os dados omissos dos dois postos udométricos.

Quadro 5.1– Calculo dos dados pluviométricos omissos das estações udométricas de Babosa Picos e Assomada, utilizando correlação linear entre cinco estações udométricas.

Local	Altitude	Precipitações											
		Ago-66	Set-66	Out-66	Nov-66	Set-67	Set-74	Out-74	Set-77	Jul-80	Ago-80	Set-80	Out-80
Assomada	462	141,8	242,9	392,1	269,5	705,5		90,2	7,0				
S. Jorge	310	145,8	195,5	247,6	157,5	401,2	230,6	79,5	8,3	5,4	205,2	89,5	26,4
Ponte Ferro	230						133,9	63,5		0,0	78,4		
Babosa Picos	454									5,9	201,5	109,1	32,7
Telhal	335		211,5	316,7	158,2	545,1	280					80,5	
Correlação Linear, $y=ax+b$													
Cof. Correlação (R^2)		1,0000	0,9665	0,8860	0,9781	0,8898	0,9882	0,9175	1	0,6713	0,5724	0,79	1
a		-0,0263	0,2908	0,8346	0,7822	1,7618	1,3469	0,1092	-0,0086	0,0236	0,481	0,1689	0,0438
b		153,96	109,31	10,816	-93,562	-99,505	-178,01	41,255	10,951	-4,0572	2,3350	31,1480	12,8370
x (Atitude Assomada)		462,0											
x (Atitude Babosa Picos)		454,0											
y - Precipitação (Assomada)							444,3			6,8	224,6	109,2	33,1
y - Precipitação (B.Picos)		142,0	241,3	389,7	261,6	700,4	433,5	90,8	7,0				

A Figura 5.1 ilustra a precipitação anual entre os anos de 1961 e 2013 para os postos udométricos considerados e curiosamente os dois últimos anos, 2012 e 2013, são, respetivamente para Assomada e Babosa, anos em que os postos apesentam os maiores valores de precipitação nos últimos 40 anos.

Relativamente às precipitações médias mensais, tal como ocorre para a generalidade do país, entre Dezembro e Junho, as precipitações são praticamente nulas e as precipitações atingem o seu máximo no mês de Setembro. Os meses mais chuvosos são os de Agosto, Setembro e Outubro, como médias de precipitação mensal respetivamente de 150, 219 e 2 mm para Assomada e 140, 200 e 77 mm para Babosa.

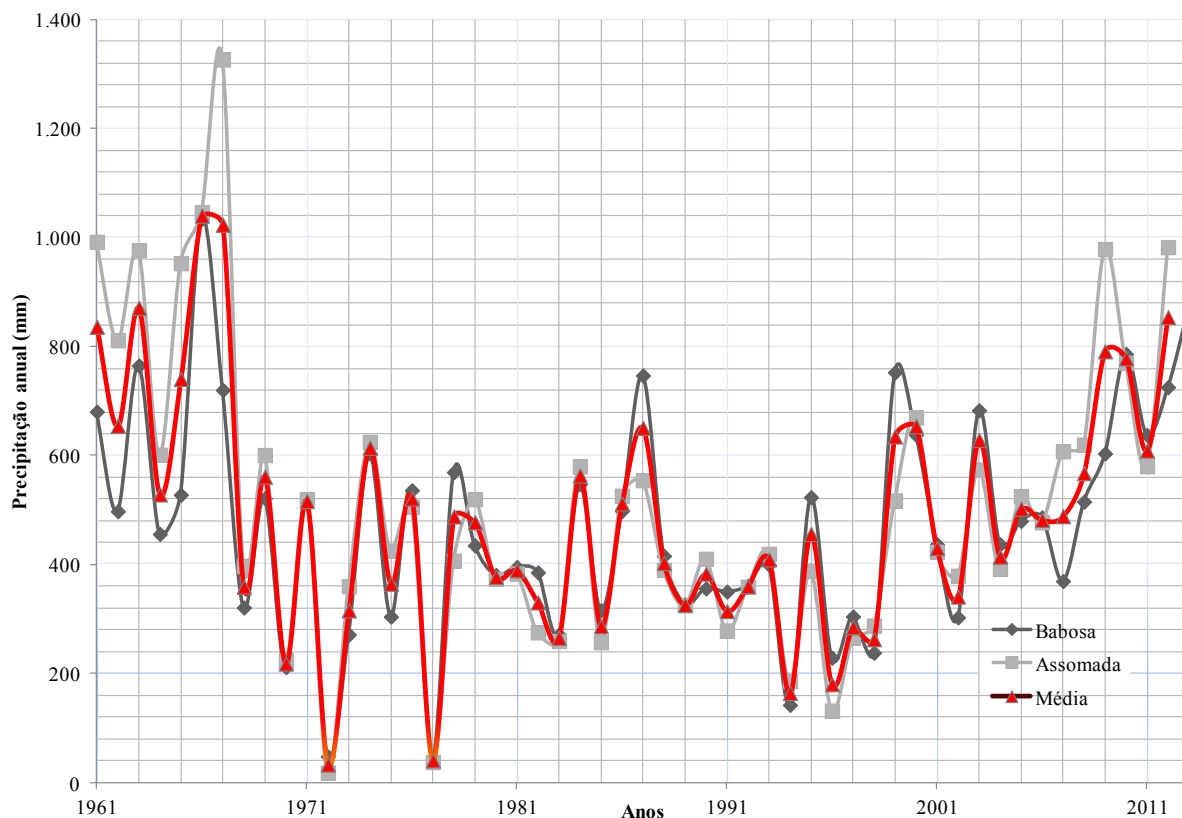


Figura 5.1 – Precipitações anuais para os postos de Assomada e Babosa entre 1961 e 2013. Fonte: INMG (2013).

A Figura 5.2 apresenta a média das precipitações mensais dos dois postos udométricos e da média, utilizada para a caracterização da bacia para a série considerada de 53 anos.

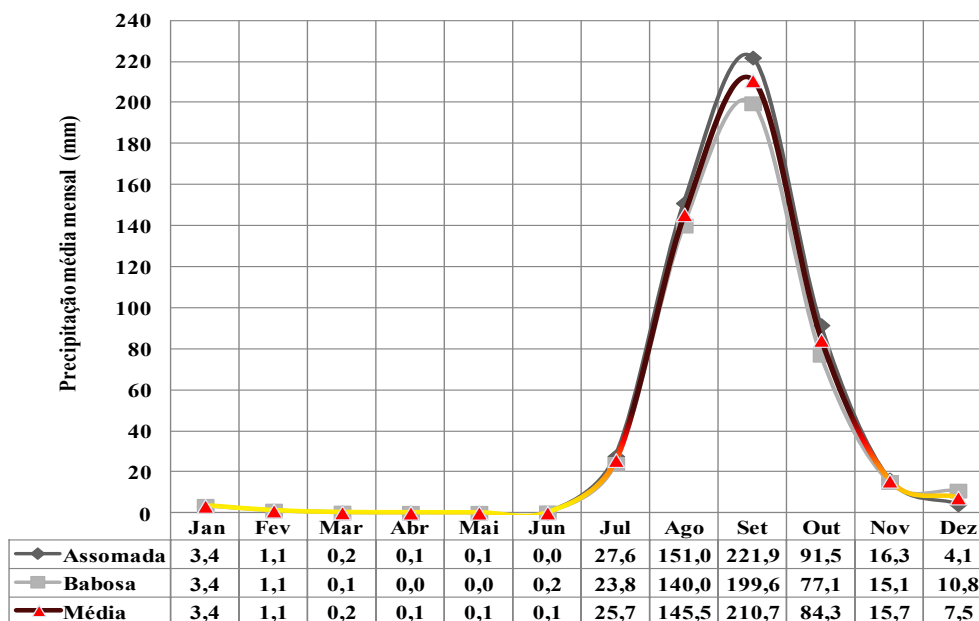


Figura 5.2 – Precipitações médias mensais para os postos de Assomada e Babosa para a série de 53 anos. Fonte: INMG (2013).

5.3.2 Temperatura, Humidade, Vento, e Insolação

Não existem registos de dados climatéricos para a sub-bacia em estudo, pelo que teve-se de recorrer a dados de estações meteorológicas próximas, de altitude e relevo semelhantes à região em estudo, para estimar os valores médios mensais para a temperatura, humidade, vento a 2 metros e Insolação.

Os dados utilizados foram da estação meteorológica da Assomada com dados disponíveis entre 1988 e 2004, data em que a estação foi encerrada e o de São Jorge dos Órgãos, com dados disponíveis entre 1981 e 2004, data em que esta foi encerrada. Apresentam-se nas Figuras 5.3 a 5.6 a evolução ao longo do ano das diferentes grandezas climatéricas para as duas estações, e a média utilizada para a caracterização da bacia hidrográfica em estudo.

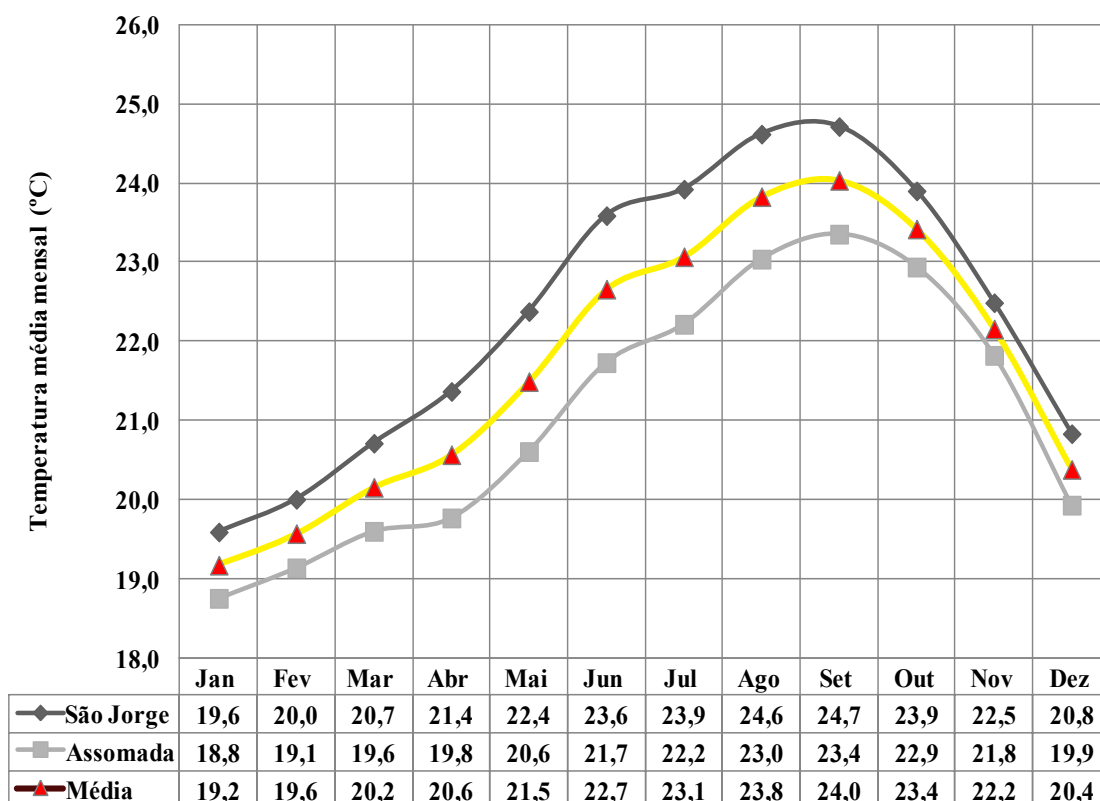


Figura 5.3 – Temperaturas médias mensais para os postos de Assomada e Jorge. Fonte: INMG (2013).

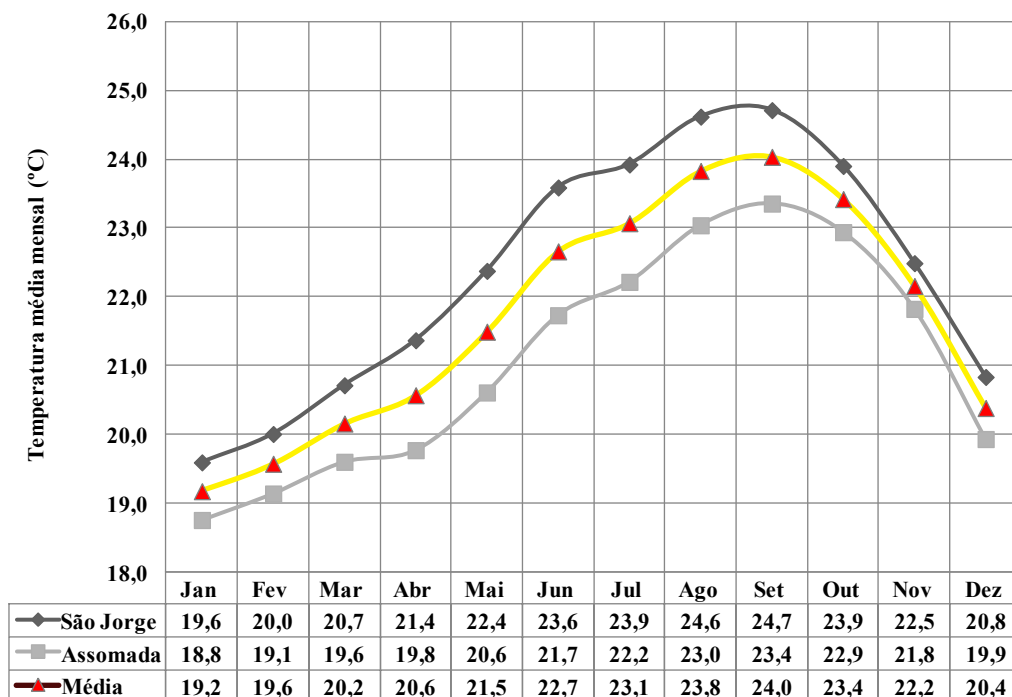


Figura 5.4 – Valores médios mensais de temperatura para os postos de Assomada e Jorge. Fonte: INMG, (2013).

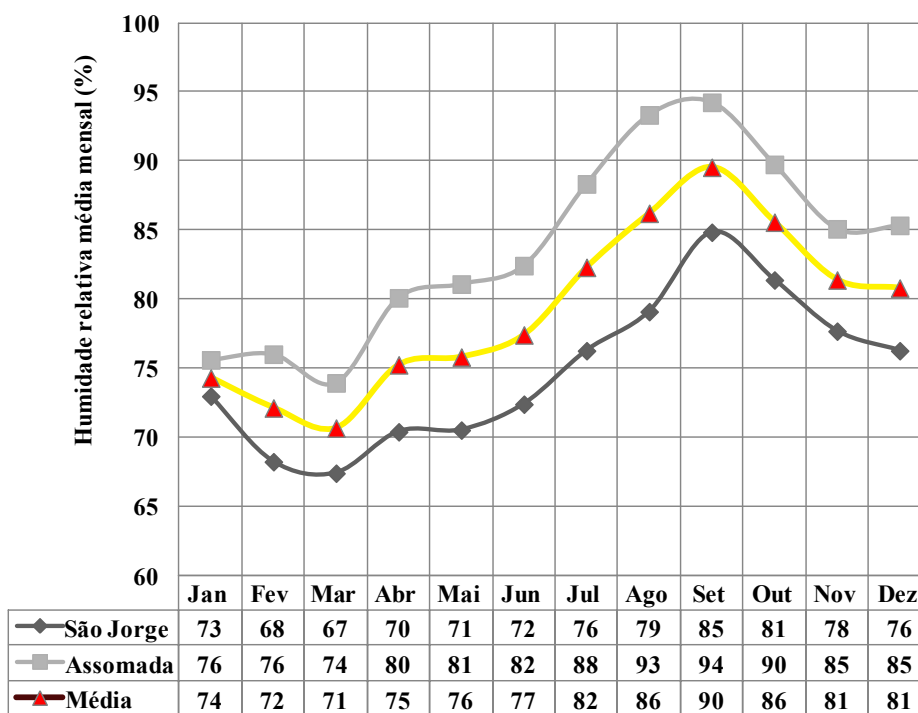


Figura 5.5 – Valores médios mensais da humidade relativa do ar para os postos de Assomada e Jorge. Fonte: INMG (2013).

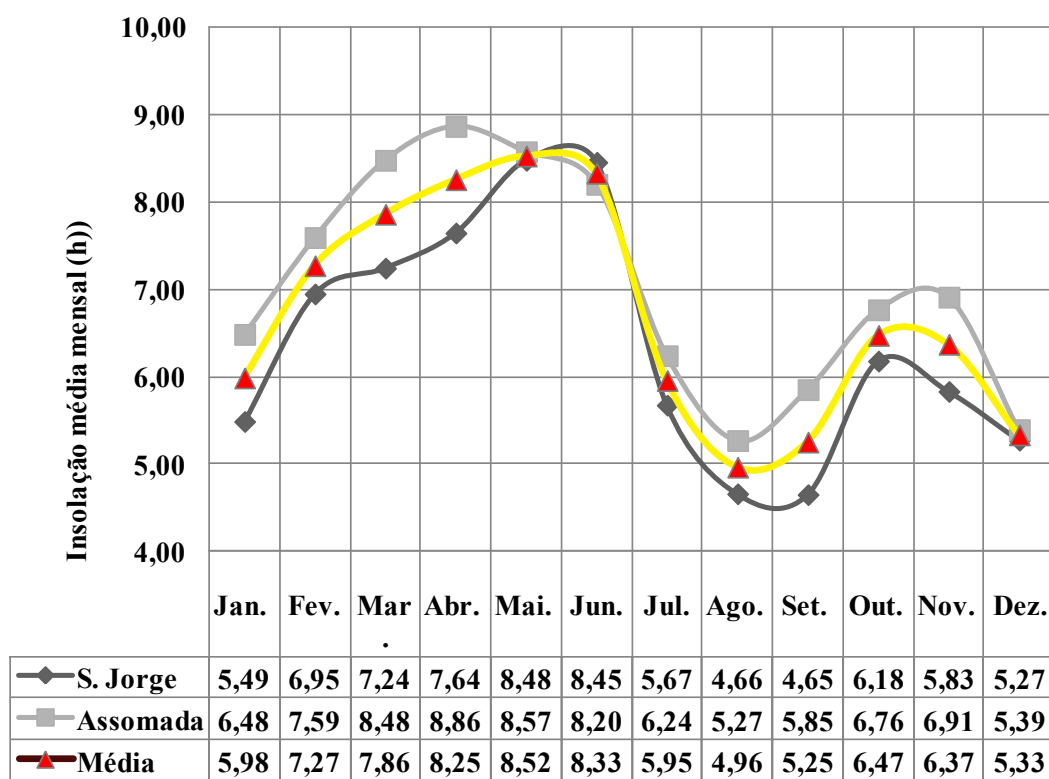


Figura 5.6 – Valores médios mensais da Insolação para os postos de Assomada e Jorge. Fonte: INMG (2013).

5.3.3 Evapotranspiração

5.3.3.1 Evapotranspiração Potencial e Evapotranspiração Real

A evapotranspiração (ET), evaporação do solo, massas de água e transpiração das plantas é essencial, para o cálculo do balanço hídrico.

O conceito de evapotranspiração potencial (ETP) foi introduzido em 1948 por Thornthwaite, definindo-a como a evapotranspiração que ocorreria ao longo do tempo, se nas mesmas condições meteorológicas e energia radiante nunca houvesse deficiência de água no solo para a vegetação que o reveste (*e.g.*, Hipólito e Vaz, 2013). Para a distinguir da evaporação que efetivamente ocorre (ET), esta última é designada de evapotranspiração real. Este conceito tem sofrido algumas alterações e correções de precisão e Penman (1956) sugeriu que esta modificação fosse alterada por forma que fosse incluída o tipo de vegetação que reveste o solo e que deveria ser relva rasteira com altura uniforme cobrindo totalmente o solo (*e.g.*, Hipólito e Vaz, 2013), a que se denominou evapotranspiração de referência (ET_0).

Evapotranspiração Potencial; Métodos de Penman e de Thornthwaite

Método de Penman

Pina (2009) na sua tese de doutoramento apresentou um estudo da evapotranspiração potencial da Ilha de Santiago pelo método de Penman, dividindo a Ilha em três zonas climáticas, segundo a altitude: zona árida e semi-árida para altitudes inferiores a 400 metros, zona semi-húmidas entre os 400 e os 600 metros e zonas húmidas para altitudes superiores a 600 metros.

Utilizou dados de precipitação, temperatura, velocidade do vento, insolação e humidade na estação meteorológica considerada representativa de cada zona climática. Considerou a estação meteorológica da Praia como pertencente à zona árida e semiárida, a de S. Jorge dos Órgãos à zona semi-húmida e da Serra Malagueta à zona húmida. Os resultados deste estudo apresentam-se no Quadro 5.2:

Quadro 5.2 – Valores da evapotranspiração potencial para a Ilha de Santiago pelo método de Penman (in Pina, 2009).

Zona Climática	Evapotranspiração Potencial, ETP											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Árida e Semi-árida (0 a 400 m de altitude)	83,3	85,9	122,4	123,2	145,3	128,7	117,3	117,4	103,4	110,3	83,1	77,9
Semi-húmida (400 a 600 m de altitude)	34,9	39,9	60	64,7	79,6	81,6	79,1	75,6	60,9	62,7	40,4	34,7
Húmida (superior a 600 m de altitude)	45,5	51	72	76,8	89,8	89,8	81	79,7	70,2	69,4	46,2	41,1

Para o balanço hídrico da bacia dominada pela barragem de Faveta, utilizou-se valores da evapotranspiração obtidos por Pina (2009), considerando-a enquadrada na zona semi-húmida. Em alternativa e para uma análise comparativa de resultados, utilizou-se também valores de evapotranspiração potencial obtidos pelo autor deste estudo, utilizando o método de Thornthwaite, apresentado no parágrafo a seguir.

Método de Thornthwaite

A fórmula proposta pelo Thornthwaite para o cálculo da evaporação potencial para regiões em que a temperatura média é positiva (*e.g.*, Hipólito e Vaz, 2013) apresenta-se a seguir:

$$ETP_m = 16N_m \left(\frac{\bar{T}_m}{I} \right)^a \quad (5.1)$$

com:

- ETP_m , a evapotranspiração potencial no mês m (mm);
- N_m , um factor de ajustamento em função do número de dias do mês e da insolação astronómica média diária do mês (-);
- T_m , a temperatura média mensal no mês m , em (°C);
- I , o índice térmico anual;
- a , um expoente função do índice térmico anual.

sendo

- N_m (-), dada pela expressão:

$$N_m = \frac{H_{0m} D_m}{360}$$

com

- D_m , o n.º médio de dias do mês m (d);
- H_{0m} , a insolação astronómica média diária no mês m (h).

- I , dado pela expressão:

$$I = \sum_{i=1}^{12} i_m$$

com

- i_m , o índice térmico mensal, dada pela expressão:

$$i_m = \left(\frac{T_m}{5} \right)^{1,5}$$

e

- a , dada pela expressão

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-7} I^2 + 1,792 \times 10^{-2} I + 0,4239$$

A partir das temperaturas médias estimadas no parágrafo anterior calculam-se os valores da evapotranspiração potencial pelo método de Thornthwaite que são apresentadas no Quadro 5.3.

Quadro 5.3 – Cálculo da evapotranspiração potencial para a sub-bacia de Faveta, utilizando o Método de Thornthwaite.

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
T_m (°C)	19,2	19,6	20,2	20,6	21,5	22,7	22,6	23,3	24,0	23,4	22,2	20,4
H_{om} (horas) (*)	11,2	11,5	11,9	12,3	12,7	12,9	12,8	12,5	12,1	11,6	11,3	11,1
D_m (dias)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
N_m	0,964	0,894	1,025	1,025	1,094	1,075	1,102	1,076	1,008	0,999	0,942	0,956
i_m	7,51	7,74	8,09	8,34	8,91	9,65	9,59	10,07	10,54	10,14	9,33	8,23
I						108,14						
a						2,3823						
ETP (mm)	60,37	58,81	72,27	75,85	89,86	100,19	101,77	107,38	108,13	100,71	83,19	69,22

(*) Extraído de Quadro 6.3 - Insolação astronómica média diária *in* Hipólito e Vaz, 2013 - ANEXO C

Analisando os valores de evapotranspiração obtidos pelos dois métodos, conclui-se que método de Thornthwaite conduz a valores mais elevados do que os obtidos pelo método de Penman. E comparando os valores da ETP com o da precipitação média mensal, claramente consegue-se concluir que durante o ano todo, só entre os meses de Agosto, Setembro e Outubro a precipitação é superior a evapotranspiração potencial. A Figura 5.7 espelha as diferenças de valores da ETP entre os dois métodos que se acentuam a partir do mês de Julho, comprando-os com a os valores médios da precipitação.

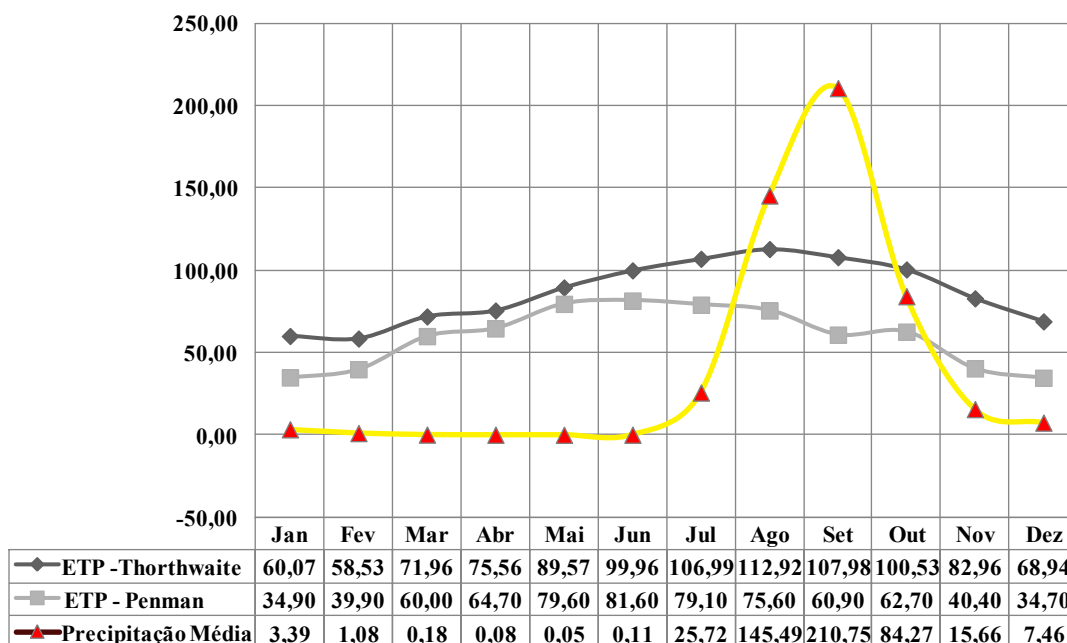


Figura 5.7 – Evolução ao longo do ano da evapotranspiração potencial média calculadas pelos métodos de Penman e Thornthwaite e da precipitação média para a bacia dominada pela barragem de Faveta.

5.4 Avaliação de Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica dominada pela Barragem de Faveta

5.4.1 Balanço Hídrico da bacia hidrográfica dominada pela Barragem de Faveta

Segundo Abbott *et al.*(1986), os processos hidrológicos de movimento da água são modelados ou por representações de diferenças finitas das equações diferenciais parciais de massa, momento e conservação de energia, ou por equações empíricas derivados da pesquisa experimental independente. Neste estudo vai-se optar pela segunda opção referindo-se entretanto à fiabilidade da primeira opção demonstrada já em alguns estudos, nomeadamente por Corrêa *et al.* (2004), no estudo "Métodos de Diferenças Finitas de Direcções Alternadas Implícitos para Modelagem de Aguas Subterrâneas".

Genericamente, a equação do balanço hídrico para uma determinada região (*e.g.*, Hipólito e Vaz, 2013) é dada pela expressão

$$(P + Q_1 + G_1) - (Q_2 + G_2 + E + ET) = \Delta S \quad (5.2)$$

com os valores em mm, onde ΔS representa a variação do volume armazenado e

- P, a precipitação;
- Q_1 , Q_2 , escoamento superficial que entra e sai da região;
- G_1 , G_2 , escoamento subterrâneo que entra e sai na região;
- E, evaporação de águas superficiais;
- ET, Evaporação do solo e transpiração das plantas.

Os valores dos parâmetros hidrológicos subterrâneos podem ser estimados, recorrendo-se a variadas metodologias que Scanlon *et al.* (2002) subdividem em três grupos consoante a origem dos dados obtidos, nomeadamente a partir de água superficial, da zona não saturada ou da zona saturada (Alencão *et al.*, 2012).

Neste estudo, vai-se utilizar o método físico clássico de Penman-Grindley para o balanço hídrico ao nível da zona saturada, método convencional utilizado com frequência para estimar recargas dos aquíferos. Neste método, a equação do balanço hídrico é dada por:

$$P = ET + R + \Delta S \quad (5.3)$$

com os valores em mm, onde ΔS representa a variação do volume armazenado no solo e

- P, a precipitação;
- ET, a evapotranspiração real;
- R, o escoamento superficial;

O balanço hídrico ao nível do solo, determinado com base na comparação entre a evapotranspiração potencial (ETP) e a quantidade de água disponível no solo, permite determinar se há excesso (EXC) ou déficit (DEF) hídrico no solo. No primeiro caso, a evapotranspiração real (ET) será igual à ETP e o volume de água que sobrar contribuirá para a recarga do aquífero e para o escoamento superficial. No segundo caso, a ET será condicionada pelo volume de água disponível no solo e não haverá escorrência superficial nem recarga subterrânea.

Para a bacia em estudo, fez-se o balanço hídrico para várias situações possíveis de precipitação, de modo a que o aproveitamento de fins múltiplos que viesse a ser adotado fosse baseado em dados consistentes. Considerou-se então:

- O Ano Médio (com a precipitação anual de 494 mm);
- O Ano Seco (1972, com a precipitação total anual de 40 mm);
- O Ano Húmido (2013, com a precipitação total anual de 890 mm);
- O Ano Médio subtraído do desvio padrão (σ) da média dos valores totais anuais de precipitação da série de 53 anos – o desvio padrão encontrado foi de 226,5 (cerca de 50% do valor médio da precipitação anual, o que demonstra uma certa irregularidade na precipitação na bacia em estudo) – sendo o valor da precipitação encontrado para esta situação de 268 mm. Adotou-se os valores pluviométricos do ano de 1983, cujo valor total da precipitação foi de 266 mm.
- O Ano Médio adicionado de σ . O valor da precipitação encontrado para esta situação foi de 762 mm pelo que adotou-se os valores pluviométricos de 2010 cujo valor total da precipitação foi de 779 mm.

A Figura 5.8 demonstra que numa série de 53 anos, só em 5 anos se verificam situações de ocorrência de precipitações anuais inferiores ao da média subtraída do desvio padrão ou seja, a possibilidade de ocorrência de precipitações inferiores ao da média subtraída do desvio padrão é inferior a 10%. Situação idêntica para a ocorrência de precipitações anuais superiores à media adicionada do desvio padrão.

Para o cálculo do balanço hídrico sequencial da bacia, considerou-se como capacidade máxima de retenção de água pelo solo, o valor de 50 mm dado às características dos solos na região que se apresentam pouco espessos MDR–DGPOG (2013). Foi considerado o início do ano hidrológico no mês de Julho, a coincidir com o fim da estiagem e com o início das primeiras chuvas.

Os balanços estão descritos nos Quadros 5.4 a 5.8.

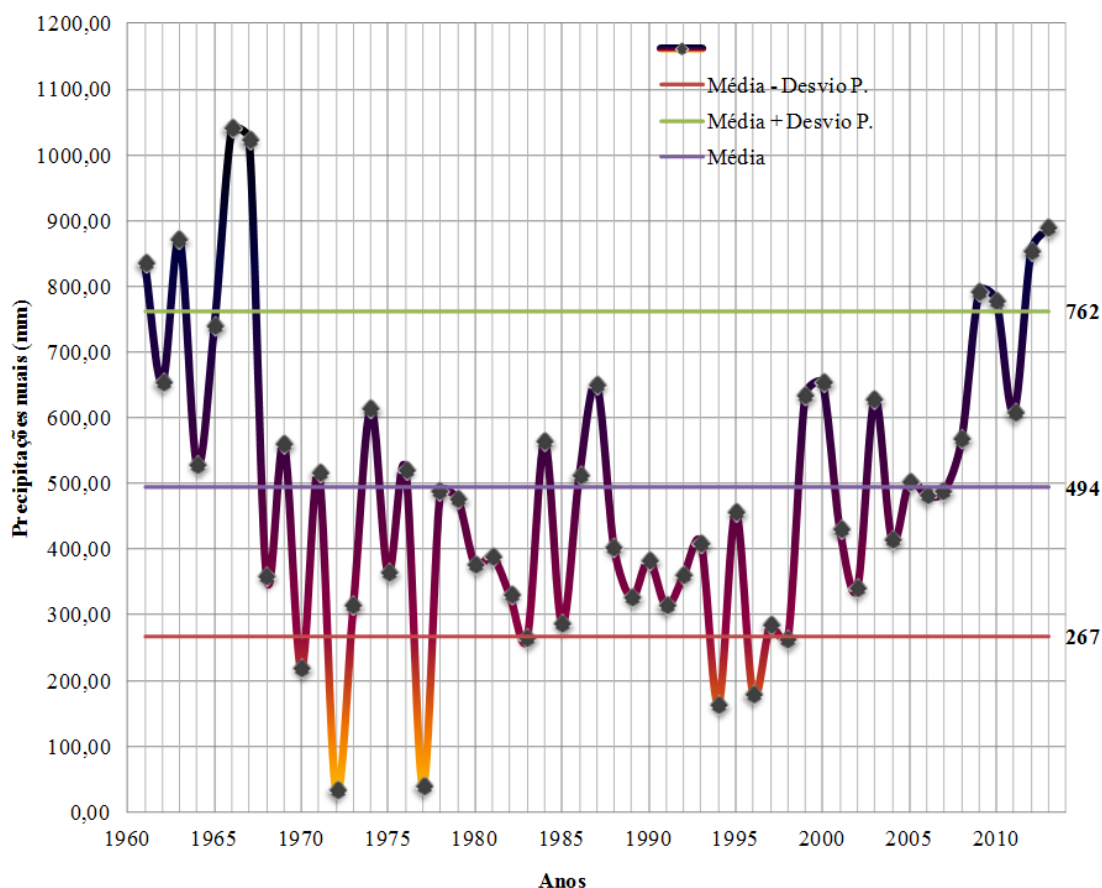


Figura 5.8 – Evolução anual da precipitação e os limites máximos e mínimos da precipitação levando em conta o desvio padrão dos valores anuais da precipitação numa série de 53 anos.

Quadro 5.4 – Balanço Hídrico sequencial mensal da Bacia hidrográfica em estudo para o Ano Médio (ΔS - Variação da reserva, EXC - Excedentes, DEF - Défices).

ANO MÉDIO													
<i>valores em mm</i>													
Meses	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Total
Precipitação	25,72	145,49	210,75	84,27	15,66	7,46	3,39	1,08	0,18	0,08	0,05	0,11	494,26
<i>Balanço Hídrico (utilizando o Método de Thornthwaite para o cálculo da ETP)</i>													
ETP	106,99	112,92	107,98	100,53	82,96	68,94	60,07	58,53	71,96	75,56	89,57	99,96	1035,95
P-ETP	-81,26	32,57	102,77	-16,26	-67,30	-61,48	-56,67	-57,44	-71,77	-75,47	-89,52	-99,85	
ΔS	0,00	32,57	17,43	-16,26	-33,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ET	25,72	112,92	107,98	100,53	49,40	7,46	3,39	1,08	0,18	0,08	0,05	0,11	408,92
EXC	0,00	0,00	85,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	85,34
DEF	81,26	0,00	0,00	0,00	33,56	61,48	56,67	57,44	71,77	75,47	89,52	99,85	627,03
<i>Balanço Hídrico (utilizando o Método de Penman para o cálculo da ETP)</i>													
ETP	79,10	75,60	60,90	62,70	40,40	34,70	34,90	39,90	60,00	64,70	79,60	81,60	714,10
P-ETP	-53,38	69,89	149,85	21,57	-24,74	-27,24	-31,51	-38,82	-59,82	-64,62	-79,55	-81,49	
ΔS	0,00	50,00	0,00	0,00	-24,74	-25,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ET	25,72	75,60	60,90	62,70	40,40	32,72	3,39	1,08	0,18	0,08	0,05	0,11	302,95
EXC	0,00	19,89	149,85	21,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	191,31
DEF	53,38	0,00	0,00	0,00	0,00	1,98	31,51	38,82	59,82	64,62	79,55	81,49	411,15

Quadro 5.5 – Balanço hídrico sequencial mensal da bacia hidrográfica em estudo para o Ano Seco.

													ANO SECO (1972)	
													<i>valores em mm</i>	
Meses	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Total	
Precipitação	0,00	10,40	5,50	1,25	5,30	5,25	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	4,60	32,90	
<i>Balanço Hídrico (utilizando o Método de Thornthwaite para o cálculo da ETP)</i>														
ETP	106,99	112,92	107,98	100,53	82,96	68,94	60,07	58,53	71,96	75,56	89,57	99,96	1035,95	
P-ETP	-106,99	-102,52	-102,48	-99,28	-77,66	-63,69	-60,07	-58,53	-71,36	-75,56	-89,57	-95,36		
ΔS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
ET	0,00	10,40	5,50	1,25	5,30	5,25	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	4,60	32,90	
EXC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
DEF	106,99	0,00	0,00	0,00	77,66	63,69	60,07	58,53	71,36	75,56	89,57	95,36	698,77	
<i>Balanço Hídrico (utilizando o Método de Penman para o cálculo da ETP)</i>														
ETP	79,10	75,60	60,90	62,70	40,40	34,70	34,90	39,90	60,00	64,70	79,60	81,60	714,10	
P-ETP	-79,10	-65,20	-55,40	-61,45	-35,10	-29,45	-34,90	-39,90	-59,40	-64,70	-79,60	-77,00		
ΔS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
ET	0,00	10,40	5,50	1,25	5,30	5,25	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	4,60	32,90	
EXC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
DEF	79,10	0,00	0,00	0,00	0,00	29,45	34,90	39,90	59,40	64,70	79,60	77,00	464,05	

Quadro 5.6 – Balanço hídrico sequencial mensal da bacia hidrográfica em estudo para o Ano Húmido.

													ANO HÚMIDO (2013)	
													<i>valores em mm</i>	
Meses	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Total	
Precipitação	10,90	111,35	567,75	0,00	74,55	125,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	889,70	
<i>Balanço Hídrico (utilizando o Método de Thornthwaite para o cálculo da ETP)</i>														
ETP	106,99	112,92	107,98	100,53	82,96	68,94	60,07	58,53	71,96	75,56	89,57	99,96	1035,95	
P-ETP	-96,09	-1,57	459,77	-100,53	-8,41	56,21	-60,07	-58,53	-71,96	-75,56	-89,57	-99,96		
ΔS	0,00	-1,57	51,57	-50,00	0,00	50,00	-50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
ET	10,90	112,92	107,98	50,00	74,55	68,94	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	475,29	
EXC	0,00	0,00	408,20	0,00	0,00	6,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	414,41	
DEF	96,09	0,00	0,00	50,53	8,41	0,00	10,07	58,53	71,96	75,56	89,57	99,96	560,66	
<i>Balanço Hídrico (utilizando o Método de Penman para o cálculo da ETP)</i>														
ETP	79,10	75,60	60,90	62,70	40,40	34,70	34,90	39,90	60,00	64,70	79,60	81,60	714,10	
P-ETP	-68,20	35,75	506,85	-62,70	34,15	90,45	-34,90	-39,90	-60,00	-64,70	-79,60	-81,60		
ΔS	0,00	35,75	14,25	-50,00	34,15	15,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
ET	10,90	75,60	60,90	50,00	40,40	34,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	272,50	
EXC	0,00	0,00	492,60	0,00	0,00	74,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	567,20	
DEF	68,20	0,00	0,00	12,70	0,00	0,00	34,90	39,90	60,00	64,70	79,60	81,60	441,60	

Quadro 5.7 – Balanço hídrico sequencial mensal da bacia hidrográfica em estudo para o Ano Médio - σ.

													ANO MÉDIO - σ (e.g. 1983)	
													<i>valores em mm</i>	
Meses	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Total	
Precipitação	0,00	98,60	166,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	265,55	
<i>Balanço Hídrico (utilizando o Método de Thornthwaite para o cálculo da ETP)</i>														
ETP	106,99	112,92	107,98	100,53	82,96	68,94	60,07	58,53	71,96	75,56	89,57	99,96	1035,95	
P-ETP	-106,99	-14,32	58,97	-100,53	-82,96	-68,94	-60,07	-58,53	-71,96	-75,56	-89,57	-99,96		
ΔS	0,00	0,00	50,00	-50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
ET	0,00	98,60	107,98	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	256,58	
EXC	0,00	0,00	8,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,97	
DEF	106,99	14,32	0,00	50,53	82,96	68,94	60,07	58,53	71,96	75,56	89,57	99,96	779,37	
<i>Balanço Hídrico (utilizando o Método de Penman para o cálculo da ETP)</i>														
ETP	79,10	75,60	60,90	62,70	40,40	34,70	34,90	39,90	60,00	64,70	79,60	81,60	714,10	
P-ETP	-79,10	23,00	106,05	-62,70	-40,40	-34,70	-34,90	-39,90	-60,00	-64,70	-79,60	-81,60		
ΔS	0,00	23,00	27,00	-50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
ET	0,00	75,60	60,90	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	186,50	
EXC	0,00	0,00	79,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	79,05	
DEF	79,10	0,00	0,00	12,70	40,40	34,70	34,90	39,90	60,00	64,70	79,60	81,60	527,60	

Quadro 5.8 – Balanço hídrico sequencial mensal da bacia hidrográfica em estudo para o Ano Médio+ σ .

ANO MÉDIO + σ (e.g. 2010)													
valores em mm													
Meses	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Total
Precipitação	0,00	195,50	319,90	263,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	778,45
Balanço Hídrico (utilizando o Método de Thornthwaite para o cálculo da ETP)													
ETP	106,99	112,92	107,98	100,53	82,96	68,94	60,07	58,53	71,96	75,56	89,57	99,96	1035,95
P-ETP	-106,99	82,58	211,92	162,52	-82,96	-68,94	-60,07	-58,53	-71,96	-75,56	-89,57	-99,96	
ΔS	0,00	50,00	0,00	0,00	-50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ET	0,00	112,92	107,98	100,53	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	371,43
EXC	0,00	32,58	211,92	100,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	345,03
DEF	106,99	0,00	0,00	0,00	32,96	68,94	60,07	58,53	71,96	75,56	89,57	99,96	664,52
Balanço Hídrico (utilizando o Método de Penman para o cálculo da ETP)													
ETP	79,10	75,60	60,90	62,70	40,40	34,70	34,90	39,90	60,00	64,70	79,60	81,60	714,10
P-ETP	-79,10	119,90	259,00	200,35	-40,40	-34,70	-34,90	-39,90	-60,00	-64,70	-79,60	-81,60	
ΔS	0,00	50,00	0,00	0,00	-40,40	-9,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ET	0,00	75,60	60,90	62,70	40,40	9,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	249,20
EXC	0,00	69,90	259,00	200,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	529,25
DEF	79,10	0,00	0,00	0,00	0,00	25,10	34,90	39,90	60,00	64,70	79,60	81,60	464,90

Fazendo um análise aos resultado obtidos, depreende-se que:

- Para **Ano Seco (1972)**, não existem condições para haver excedentes hídricos independentemente do método utilizado para o cálculo da ETP.
- Para o **Ano Médio**, e pelo método de Thornthwaite, só há condições para excedentes hídricos no mês de Setembro o que na prática não se verifica, já que a ocorrência de cheias nos meses de Agosto são frequentes na região, verificando-se pelo menos de dois em dois anos. Já utilizando-se o método de Penman, verificam-se excedentes significativos para os meses de Agosto, Setembro e Outubro, o que se assemelha ao que na prática acontece.
- Para o **Ano Médio subtraído o valor do desvio padrão (σ)** tendo sido considerado o ano de 1983 para o balanço hídrico, pelo método de Thornthwaite encontramos (só no mês de Setembro) valores baixos de excedentes hídricos e utilizando o método de Penman o valor do excedente embora também só mês de Setembro, hídrico tem valores significativos.
- Para o **Ano Húmido**, o ano recente de 2013, encontramos valores de excedentes hídricos significativos somente no mês de Setembro, utilizando o método de Thornthwaite para o cálculo da ETP e excedentes hídricos nos meses de Setembro e Dezembro utilizando o método de Penman. O autor do presente estudo pode assim comprovar *in loco* a maior fiabilidade do método de Penman, pelo facto de neste ano (2013), ter chovido intensamente entre os dias 17 e 18 de Dezembro na ilha de Santiago o que não tinha acontecido de forma significativa desde 1995. Esta situação fê-lo deslocar-se à zona em estudo e comprovou ter havido cheias significativas durante os dois dias de chuva intensa.

Esta análise permite concluir que o método de Thornthwaite conduziu, para este estudo, a valores pouco realistas para a região, sendo por isso preterido.

5.4.2 Disponibilidade Hídrica na bacia dominada pela Barragem de Faveta

Multiplicando o valor do excedente hídrico obtido pelo balanço hidrológico sequencial de água no solo para a bacia em estudo pela área desta, obtém-se a disponibilidade hídrica total (em escoamento superficial e subterrâneo).

Interessa para este estudo a disponibilidade de escoamento superficial que é efetivamente acumulado na barragem. No entanto, desconhece-se com precisão a taxa de infiltração de água no solo. O valor da taxa de infiltração de água no solo, depende o do tipo e ocupação de solo, natureza do subsolo, actividade biológica, cobertura vegetal, profundidade da zona saturada, etc. Os diversos estudos efetuados na Ilha de Santiago espelhados no Quadro 5.9 apontam para valores tão dispares de infiltração (I) que vão entre 1 a 50%, do valor de precipitação.

Quadro 5.9 – Valores da infiltração da Ilha de Santiago segundo alguns autores
(I, infiltração em mm e P, precipitação em mm).

Fórmula Empírica	Autor e data
$I = (0,1 \text{ a } 0,17) \times P$	Fernandopulé (1979)
$I = (0,15 \text{ a } 0,5) \times P$	BURGEAP (1974)
$I = (0,03 \text{ a } 0,18) \times P$	PNUD (1992)

Fazendo uma média ponderada dos valores estimados de infiltração chega-se a um valor aproximado de 19% para a taxa de infiltração, valor que foi adotado para presente estudo.

O Quadro 5.10 indica os valores encontrados para a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica dominada pela barragem de Faveta, considerando, por apresentar valores mais realistas, o métodos de Penman para cálculo de ETP, para as diferentes situações consideradas.

Quadro 5.10 – Disponibilidade hídrica da Bacia hidrográfica dominada pela Barragem de Faveta.

	Ano Médio	Ano Seco	Ano Húmido	Ano Médio - σ	Ano Médio + σ
Precipitação Total (mm)	494,26	32,90	854,10	265,55	778,45
Excedente (mm)	191,31	0,00	568,80	79,05	529,25
Área da Bacia (m ²)	7.920.000				
Volume Disponibilizado Total (m ³)	1.515.175	0	4.504.896	626.076	4.191.660
Taxa de Infiltração (%)	19,00				
Disponibilidade hídrica subterrânea (m ³)	287.883	0	855.930	118.954	796.415
Disponibilidade hídrica Superficial (m³)	1.227.292	0	3.648.966	507.122	3.395.245

5.5 Avaliação das Necessidades Hídricas do Concelho de São Salvador do Mundo

5.5.1 Necessidade Hídricas para o Abastecimento Público de Água

Um sistema de abastecimento de água é caracterizada pela extração da água do meio recetor, seu tratamento, transporte até aos aglomerados e fornecimento à população em quantidade compatível com as suas necessidades. Um sistema de abastecimento de água pode ser concebido para servir pequenas povoações ou grandes cidades, variando nas características e dimensão das suas instalações (*e.g.*, ARH Centro, 2012).

O censo de 2010 apontava uma cobertura de 6% de ligação domiciliária de água potável para o concelho. Apesar de se ter inaugurado em 2011 o sistema de abastecimento de água a dois importantes aglomerados populacionais do concelho – as localidades de Achada Igreja e Achada Leitão, tendo-se aumentado a taxa de cobertura para cerca de 25 % – o facto desta ser alimentada por furos com caudais irregulares ao longo de ano não permite o funcionamento em pleno da rede. Urge pois encontrar-se soluções que permitam maior disponibilidade de água para esta recente rede.

Capitações

A estimativa dos valores de capitação de consumo doméstico forma estimados atendendo à dimensão e características dos aglomerados, ao nível de vida da população e seus hábitos higiénicos e às condições climáticas locais.

Levando em conta os valores médios de capitação utilizados no país para os aglomerados de carácter essencialmente rural, o regulamento adotado no país, o RGSPPDADAR (Regulamentado pelo Dec. Lei 23/95, Portugal), que estabelece os valores mínimos de capitações a considerar conforme o numero de habitantes) e considerando um utilizador rural, com hábitos de poupança de água e pouco equipado em termos de máquinas de lavar roupa ou louça, estabeleceu-se uma capitação de 110 litros/habitante/dia. As capitações correspondentes aos consumos comerciais e serviços foram incorporados nos valores médios da capitação global. Calcularam-se os consumos totais de água para os diversos aglomerados populacionais, descritos no Quadro 5.11.

Refira-se que apesar de no momento a indústria ser inexistente no concelho, é altamente provável que se venha a desenvolver mesmo que em pequena escala, com água disponível de qualidade. O fabrico de queijo, doçarias, aguardente., etc., são potenciais actividade, que de

momento só se praticam de forma artesanal. Estas são actividades podem vir a ser industrializados, com maior disponibilidade de água de qualidade. O consumo turístico, não foi considerado, pelo facto de São Salvador do Mundo não ser um concelho onde este sector tenha um peso significativo ou com potencialidades para tal (concelho interior).

Quadro 5.11– Capitações e Consumos médios anuais para os aglomerados do concelho de S.S. Mundo.

Nome do Povoado	População (hab.)	Capitação (l/hab./dia)	Consumo anual	Perdas (%)	Consumos Comerciais (%)	Consumos Industriais (%)	Consumos
			Médio por hab. (m ³)				Totais Anuais (m ³)
Aboboreiro	532		21.360				25.098
Achada Leitão	1.160		46.574				54.724
Babosa	183		7.347				8.633
Burbur	221		8.873				10.426
Cidade de Achada Igreja	986		39.588				46.516
Covão Grande	478		19.192				22.550
Degredo	148		5.942				6.982
Faveta	247		9.917				11.653
Jalalo Ramos	239	110	9.596	10%	5%	2,5%	11.275
Leitão Grande	927		37.219				43.732
Leitãozinho	460		18.469				21.701
Manhanga	177		7.107				8.350
Mato Fortes	179		7.187				8.445
Mato Limão	134		5.380				6.322
Pico Freire	546		21.922				25.758
Picos Acima	1.755		70.463				82.794
Purgueira	217		8.713				10.237
Rebello Acima	54		2.168				2.548
Totais	8.643		347.016				407.744

5.5.2 Necessidades Hídricas de Rega

5.5.2.1 Dados de Base

As necessidades globais hídricas de rega numa região dependem do modelo de ocupação cultural pretendido. Conforme já referido, as entidades governamentais responsáveis pela barragem de Faveta estipularam um aproveitamento hidroagrícola para o dispositivo, beneficiando algumas zonas do concelho próximas da barragem. O que se fez na primeira fase deste estudo, foi calcular para algumas culturas praticadas na região em regime de regadio e com maior taxa de escoamento no mercado de consumo³, as suas necessidades hídricas anuais (dotações anuais de rega).

³Inquirições locais e pesquisas efetuadas no mercado pelo autor do estudo em Outubro de 2013.

O cálculo da necessidade líquida de irrigação para um dado intervalo de tempo é obtida pela expressão que traduz a equação do balanço hídrico na camada superficial do solo (*e.g.*, Hipólito e Vaz, 2013):

$$IR_n = ET_c - (P_e + S_s) + L, \quad (5.4)$$

em que as variáveis (com os valores em mm) são:

- IR_n – necessidade líquida de irrigação;
- ET_c – evapotranspiração cultural;
- P_e – precipitação efetiva;
- S_s – água armazenada no solo no início do período, disponível para as plantas;
- L – necessidade de água de lixiviação do solo.

A evapotranspiração cultural ET_c que corresponde à necessidade de água da cultura é calculada pela expressão:

$$ET_c = ET_0 \times K_c, \quad (5.5)$$

em que ET_0 é a evapotranspiração cultural de referencia, definida como a evapotranspiração de uma superfície extensa de relva verde, com altura uniforme entre 8 a 15 cm, crescendo sem limitações de água (Doorembos e Pruitt 1992, *in* Hipólito e Vaz, 2013), dependendo exclusivamente de fatores climáticos e K_c , o coeficiente cultural que varia conforme a cultura e com o estado de desenvolvimento da planta. Conhecendo-se as durações das várias fases de crescimento de uma cultura, estabelecem-se os coeficientes culturais $K_{c\ ini}$, $K_{c\ mid}$ e $K_{c\ end}$, correspondentes às fases iniciais, intermédias e finais.

Estabelecem-se os valores médios de ET_c em cada intervalo de tempo através da expressão:

$$ET_{c,i} = ET_{0,i} \times K_{c,i}$$

e a soma de cada parcela $ET_{c,i}$ para os intervalos de tempo i , corresponde ao valor total das necessidades de água da cultura.

A precipitação efetiva (P_e), parcela da precipitação total que contribui para satisfazer parcialmente as necessidades de água da cultura é calculada neste estudo pelo método da Soil Conservation Service (SCS) do USDA, EUA, a partir dos valores da evapotranspiração cultural e da precipitação média mensal. Por ser baseado numa capacidade de armazenamento

do solo na zona das raízes de 75mm, o valor encontrado deve ser afetado por um fator corretivo se a zona em estudo não tiver capacidade de armazenamento similar.

A água armazenada disponível para as plantas (S_s) para zonas de climas mais secos, como é o caso, este valor é muito baixo, pelo que vai ser considerada nula.

A água para a lavagem do solo (L), que leva em conta a necessidade de limitar a salinidade das raízes (Savva *et al.*, 2002, in Hipólito e Vaz, 2013) é dada pela expressão:

$$L = \frac{ET_c}{1 - LR} - ET_c$$

Sendo

➤ LR , a fração de água aplicada que passa pela zona das raízes e desloca-se para zonas mais profundas, dada pela expressão (Hipólito e Vaz, 2013):

$$LR = \frac{EC_w}{5EC_e - EC_w} \frac{1}{L_c}$$

com:

- EC_w , a condutividade elétrica da água de irrigação e EC_e , a condutividade elétrica do solo saturado em dS/m
- L_c , a eficiência de lavagem.

ET₀ - Evapotranspiração cultural de referência

Vários autores estabeleceram fórmulas para o cálculo da ET_0 . De entre eles, a fórmula de Penman - Monteith, da FAO (1998), apresentada na equação 5.6, é atualmente recomendada como único método padrão para o cálculo da ET_0 .

$$ET_0 = \frac{\Delta(R'_n - G') + \gamma \frac{90}{T_2} v_{x2} [e_{sw}(T_2) - e_2]}{\Delta + \gamma (1 + 0,34v_{x2})} \quad (5.6)$$

com:

- ET_0 , a evapotranspiração cultural de referência (mm d^{-1});
- R'_n , a evaporação equivalente ao balanço da energia radiante (mm d^{-1});
- G' , a evaporação equivalente ao fluxo de energia para o solo (mm d^{-1});

- T_2 , a temperatura média do ar a 2m de superfície evaporante (K);
- v_{x2} , a velocidade média do ar ($m s^{-1}$);
- $e_{sw}(T_2)$, a tensão de saturação do vapor de água à temperatura T_2 (hPa);
- e_2 , tensão de vapor de água à altura que se mede a velocidade do ar (hPa);
- Δ , a razão incremental da tensão de saturação do vapor de água com a temperatura sobre a superfície ($hPa K^{-1}$);
- γ , constante psicrométrica ou constante de Browen ($hPa K^{-1}$);

sendo:

- R'_n (evaporação equivalente ao balanço da energia radiante em $mm d^{-1}$), (FAO, 1998), dada pela equação

$$R'_n = \frac{1}{l_{wv}} [0,77 (a + br_H)I_0 - \sigma T_2^4 (0,34 - 0,044\sqrt{e_2})(0,1 + 0,9r_H)] \quad (5.7)$$

com

- l_{wv} , o calor latente de vaporização ($2,45MJ kg^{-1}$);
- a e b , coeficientes de Angstrom que relacionam os valores mensais da radiação global à superfície do globo (I'_g) e a radiação no topo da atmosfera (I_0) em função da razão de insolação (r_H);
- I_0 , radiação no topo da atmosfera ($MJ m^{-2} d^{-1}$);
- r_H , a razão de insolação que representa a razão entre a insolação medida no heliógrafo e a insolação astronómica média diária;
- σ , a constante de Stefan-Boltzman ($5,670 \times 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4}$);

- G' (evaporação equivalente ao fluxo de energia para o solo em $mm d^{-1}$), FAO (1998), dada pela equação 5.8:

$$G' = \frac{c_s}{l_{wv}} \frac{T_i - T_{i-1}}{\Delta_t} \Delta_z \quad (5.8)$$

com

- c_s , a capacidade térmica volúmica do solo ($MJm^{-3}K^{-1}$);
- T_i e T_{i-1} , temperatura nos instantes limites do intervalo de tempo (K);
- Δ_t , intervalo de tempo considerado (d);
- Δ_z , profundidade do solo afetada pela variação da temperatura (m).

- $e_{sw}(T)$ (tensão de saturação do vapor de água à temperatura T em hPa), FAO (1998), dada pela expressão:

$$e_{sw}(T) = 6,112 \exp \left[\frac{17,67(T - 273,15)}{T - 29,6} \right]$$

- e_2 (tensão de vapor de água à altura que se mede a velocidade do ar em hPa), FAO (1998), dada pela expressão:

$$e_2 = U \times e_{sw}(T_2)$$

com

- U, a Humidade atmosférica do ar (%).

- Δ (razão incremental da tensão de saturação do vapor de água com a temperatura sobre a superfície em hPa K⁻¹), FAO (1998) dada pela expressão:

$$\Delta = \frac{4304}{(T_2 - 29,6)^2} e_{sw}(T_2)$$

e

- γ (constante psicométrica hPa K⁻¹) dada pela expressão:

$$\gamma = 0,665 \times 10^{-3} \times pa$$

com

pa, a pressão atmosférica (hPa).

A falta de dados climáticos para a região em estudo é uma entrave para um cálculo mais rigoroso de algumas grandezas hidrológicas necessárias para este estudo, obrigando à utilização de dados de duas estações meteorológicas próximas e utilizando-se a média dos valores das duas estações para os cálculos subsequentes. Seguindo-se a recomendação da FAO (1998), adotando-se o método de Penman-Monteith para o efeito, fez-se cálculo sequencial das diferentes grandezas precisas para o cálculo da evapotranspiração cultural de referência (ET_0) e o cálculo desta grandeza climatérica para a região em estudo é apresentada a seguir no Quadro 5.12.

Quadro 5.12– Cálculo sequencial da Evapotranspiração cultural de referência (ET_0).

Abr.	Designação	un	Meses											
			Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
T (°C)	Temperaturas médias em Graus Celcius	°C	19,17	19,57	20,16	20,57	21,49	22,66	23,07	23,83	24,03	23,42	22,16	20,38
T(K)	Temperatura médias absolutas	K	292,32	292,72	293,31	293,72	294,64	295,81	296,22	296,98	297,18	296,57	295,31	293,53
U	Humidade Relativa	%	74,27	72,10	70,65	75,23	75,79	77,40	82,29	86,21	89,54	85,56	81,38	80,79
v_{x2}	Velocidade média do ar	m s ⁻¹	2,19	2,47	2,22	2,55	2,32	1,97	1,35	1,39	1,46	1,66	1,55	2,38
i	Insolação Média	h	5,98	7,27	7,86	8,25	8,52	8,33	5,95	4,96	5,25	6,47	6,37	5,33
l_{wv}	Calor latente de Vap.	MJ kg ⁻¹	2,45											
a	Coefficiente de Angstrom ¹		0,26											
b	Coefficiente de Angstrom ¹		0,50											
H_{om}	Insolação astronómica diária ²	h	11,20	11,50	11,90	12,30	12,70	12,90	12,80	12,50	12,10	11,60	11,30	11,10
Γ_H	Razão de Insolação		0,53	0,63	0,66	0,67	0,67	0,65	0,47	0,40	0,43	0,56	0,56	0,48
σ	Constante de Stefan-Boltzman	MJ d ⁻¹ m ⁻² K ⁻⁴	4,898880000E-09											
I₀	Radiação solar no topo da atmosfera ³	MJ m ⁻² d ⁻¹	29,32	32,31	35,55	37,61	38,11	37,96	37,89	37,57	36,04	33,07	29,84	28,24
e_{sw}(T₂)	Tensão de Saturação de vapor de água	hPa	22,19	22,75	23,59	24,20	25,61	27,50	28,19	29,52	29,88	28,80	26,67	23,92
e₂	Tensão de Vapor de água	hPa	16,48	16,40	16,67	18,20	19,41	21,29	23,20	25,45	26,76	24,64	21,70	19,33
R'n	Evaporação Equivalente ao balanço da energia Radiante (diário)	mm d ⁻¹	1,41	2,61	3,41	3,95	4,07	3,86	2,32	1,70	1,84	2,38	1,80	0,92
c_s	Capacidade Térmica Volumica do solo	MJ m ⁻³ K ⁻¹	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
T_i-T_{i-1}	Diferença de temperatura entre os instantes limites de intervalo de tempo	K	-1,21	0,40	0,58	0,41	0,92	1,17	0,41	0,76	0,21	-0,61	-1,26	-1,77
Δt	Intervalo de tempo considerado	d	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00
Δz	Profundidade do solo afectado pela Variação de temp.	m	2,00											
G'	Evaporação Equivalente ao fluxo de energia para o Solo	mm d ⁻¹	-0,07	0,02	0,03	0,02	0,05	0,07	0,02	0,04	0,01	-0,03	-0,07	-0,10
p_a	Pressão Atmosférica ⁴	hPa	1013,250											
Δ	Razão incremental da tensão de saturação do vapor de água com a temperatura sobre a superfície	hPa K ⁻¹	1,384	1,414	1,460	1,493	1,569	1,670	1,707	1,777	1,796	1,739	1,626	1,478
γ	Constante psicométrica	hPa K ⁻¹	0,674											
ET₀	Evapotranspiração cultural de Referência (diário)	mm d ⁻¹	1,81	2,60	3,07	3,28	3,34	3,17	1,97	1,48	1,50	2,00	1,74	1,40
ET₀	Evapotranspiração cultural de Referência (mensal)	mm	56,13	72,84	95,09	98,27	103,49	95,00	61,18	45,99	45,09	62,15	52,34	43,29

¹ Extraído de Quadro 5.5 - Coeficientes da Equação de Angstrom *in* Hipólito e Vaz (2013) - ANEXO C.

² Extraído de Quadro 6.3 - Insolação astronómica média diária *in* Hipólito e Vaz (2013) - ANEXO C.

³ Extraído de Quadro 6.2 - Radiação Solar média no topo da atmosfera *in* Hipólito e Vaz (2013) - ANEXO C.

⁴ Considerou-se a Pressão atmosférica igual a um valor constante 1 atm, dado a falta de dados disponíveis.

Os cálculos apresentados foram baseadas nas indicações do documento eletrónico da FAO (1998) "*Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56*" publicado no seu site oficial. Os dados climatéricos utilizados são os valores médios encontrados para a região, apresentadas no subcapítulo 3.

É contudo oportuno referir-se à processos alternativos para o cálculo da ET_0 , nomeadamente Holmana *et al.*(2012).

5.5.2.2 Evapotranspiração cultural (ET_c) e necessidades brutas de Rega (IR_{bn})

Com os valores médios mensais da evapotranspiração cultural de referência, e conhecendo-se os coeficientes culturais, calculou-se, a evapotranspiração cultural para o tomate (ciclo curto), considerada representativas de culturas anuais e a banana (ciclo cultural longo), considerada representativa de culturas permanentes.

Segundo o INIDA (2012), o ciclo produtivo a ser considerado para o tomate em Cabo Verde é 140 dias e pode ser cultivado durante todo o ano. Considerou-se assim dois ciclos produtivos, de 140 dias uma com início no mês de Fevereiro e o outro no mês de Agosto. Já para a para a banana, o ciclo produtivo é único e de 365 dias.

Para o cálculo da evapotranspiração cultural (ET_c), considerou-se o valor de ET_0 para intervalos parciais de dez dias ao longo do ciclo produtivo da planta, afectado-os com os valores dos coeficientes culturais para cada uma das três fases consideradas do desenvolvimento. A soma dos valores parcelares do produto $ET_{0,i}$ e $K_{c,i}$, no mês, corresponde ao valor da ET_c , no mês, valor necessário para o cálculo sequencial do balanço hídrico ao nível superficial do solo.

Conhecendo-se a evapotranspiração cultural, através da equação do balanço hídrico na camada superficial do solo, calcularam-se as necessidades brutas de rega das duas culturas (tomate e banana) estão descritas respetivamente nos Quadros 5.13 e 5.14.

Quadro 5.13 – Cálculo sequencial das necessidades brutas de irrigação para o Tomate (IR_b_n).

TOMATE	CICLO PRODUTIVO 1												CICLO PRODUTIVO 2													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
ET _p	56,13	72,84	95,09	98,27	103,49	95,00	61,18	45,09	45,09	62,15	52,34	43,29	830,85	56,13	72,84	95,09	98,27	103,49	95,00	61,18	45,09	45,09	62,15	52,34	43,29	830,85
ET ₀ (Parcelado - 1/3 mês)	18,71	24,28	31,70	32,76	34,50	31,67	20,39	15,33	15,03	20,72	17,45	14,43		18,71	24,28	31,70	32,76	34,50	31,67	20,39	15,33	15,03	20,72	17,45	14,43	
K _{c,ini} ⁽¹⁾		0,60													0,60											
ET _{c,ini}		14,57													14,57											
K _{c,med} ⁽¹⁾		1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15		1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	
ET _{c,med}		36,45	36,45	37,67	39,67	39,67	39,67	39,67	39,67	39,67	39,67	39,67	39,67		36,45	36,45	37,67	39,67	39,67	39,67	39,67	39,67	39,67	39,67	39,67	39,67
K _{c,end} ⁽¹⁾			0,80													0,80										
ET _{c,end}			27,60													27,60										
ET _c		43,70	109,36	113,01	94,86	25,33		27,59	51,85	71,47	47,98	11,54	596,70		43,70	109,36	113,01	94,86	25,33		27,59	51,85	71,47	47,98	11,54	596,70
P	3,39	1,08	0,18	0,08	0,05	0,11	25,72	145,49	210,75	84,27	15,66	7,46		3,39	1,08	0,18	0,08	0,05	0,11	25,72	145,49	210,75	84,27	15,66	7,46	
P _e ⁽²⁾	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,59	51,85	56,00	8,00	7,46		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,59	51,85	56,00	8,00	7,46	
P ⁽³⁾							0,93													0,93						
P _e (corr.)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,66	48,22	52,08	7,44	6,94	140,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,66	48,22	52,08	7,44	6,94	140,34
S _s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E _{rec} ⁽⁴⁾							2,30														2,30					
E _{cc} ⁽⁴⁾							3,50														3,50					
I _c ⁽⁵⁾							80%														80%					
LR							19%														19%					
L							10,19														10,19					
IR _n		53,90	119,55	123,20	105,06	35,53		12,13	13,82	29,59	50,73	14,80			53,90	119,55	123,20	105,06	35,53		12,13	13,82	29,59	50,73	14,80	
e _{irr} ⁽⁶⁾		90%	90%	90%	90%	90%		90%	90%	90%	90%	90%			90%	90%	90%	90%	90%		90%	90%	90%	90%	90%	
IR _b		59,89	132,84	136,89	116,73	39,48		13,47	15,36	32,87	56,37	16,45	620,35		59,89	132,84	136,89	116,73	39,48		13,47	15,36	32,87	56,37	16,45	620,35

(1) Extraído de Quadro 13.2 - Valores de K_{c,ini}, K_{c,med} e K_{c,end} para diversas culturas in Hipólito e Vaz (2013) - ANEXO C.

(2) Extraído de Quadro 13.3 - Método do SCS para determinação da precipitação efectiva in Hipólito e Vaz (2013) - ANEXO C.

(3) Extraído de Quadro 13.4 - Factor de correção da precipitação efectiva in Hipólito Vaz (2013) - para o tomate, a capacidade de armazenamento do solo foi considerada de 50 mm - ANEXO C.

(4) Extraído de Quadro 13.5 - Tolerância de algumas culturas à salinidade do solo e da água in Hipólito Vaz (2013) - ANEXO C.

(5) Eficiência de Lavagem do solo - adoptou-se o valor de 80%, considerando solos relativamente bem drenados.

(6) Eficiência de Irrigação - adoptou-se o valor de 90% dado à fiabilidade dos sistemas gota a gota que se prevê utilizar no aproveitamento agrícola.

Quadro 5.14 – Cálculo sequencial das necessidades brutas de irrigação para a banana (IR_b).

BANANA													
CICLO PRODUTIVO ÚNICO													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
E _{T0}	56,13	72,84	95,09	98,27	103,49	95,00	61,18	45,99	45,09	62,15	52,34	43,29	830,85
E _{T0} (Parcelado - mm 1/3 mês)	18,71 18,71 18,71	24,28 24,28 24,28	31,70 31,70 31,70	32,76 32,76 32,76	34,50 34,50 34,50	31,67 31,67 31,67	20,39 20,39 20,39	15,33 15,33 15,33	15,03 15,03 15,03	20,72 20,72 20,72	17,45 17,45 17,45	14,43 14,43 14,43	
K _{c,ini} ⁽¹⁾		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
E _{T,ini}		24,28	24,28	24,28	24,28	31,70	31,70	32,76	32,76	34,50	34,50	34,50	
K _{c,mid} ⁽¹⁾	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
E _{T,mid}	22,45	22,45	22,45	22,45	22,45	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00
K _{c,end} ⁽¹⁾		1,10											
E _{T,end}	20,58												
E_{T,c}	65,48	72,84	95,09	98,27	103,49	114,00	73,41	55,18	54,10	74,58	62,81	51,95	921,21
P	3,39	1,08	0,18	0,08	0,05	0,11	25,72	145,49	210,75	84,27	15,66	7,46	
P_c⁽²⁾	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,00	55,18	54,10	74,58	8,00	7,46	
p⁽³⁾							1,02						
P_c(corr)	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,36	56,29	55,18	76,07	8,16	7,61	222,18
S_c	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
F_{ew}⁽⁴⁾						2,30							
F_{oc}⁽⁴⁾						3,40							
L_c⁽⁵⁾						80%							
LR						20%							
L						17,71							
IR_u	82,68	90,55	112,80	115,98	121,20	131,71	72,76	16,61	16,63	16,22	72,36	62,05	
e_{ir}⁽⁶⁾	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	
IR_b	91,87	100,61	125,34	128,86	134,66	146,35	80,84	18,45	18,47	18,02	80,40	68,94	1012,82

⁽¹⁾ Extraído de Quadro 13.2 - Valores de K_{c,ini}, K_{c,mid} e K_{c,end} para diversas culturas in Hipólito e Vaz (2013) - ANEXO C.

⁽²⁾ Extraído de Quadro 13.3 - Método do SCS para determinação da precipitação efectiva in Hipólito e Vaz (2013) - ANEXO C.

⁽³⁾ Extraído de Quadro 13.4 - Factor de correção da precipitação efectiva in Hipólito Vaz (2013) - para a banana a capacidade de armazenamento do solo foi considerada de 95 mm - ANEXO C.

⁽⁴⁾ Extraído de Quadro 13.5 - Tolerância de algumas culturas à salinidade do solo e da água in Hipólito Vaz (2013) - ANEXO C.

⁽⁵⁾ Eficiência de Lavagem do solo - adoptou-se o valor de 80%, considerando solos relativamente bem drenados.

⁽⁶⁾ Eficiência de Irrigação - adoptou-se o valor de 90% dado à fiabilidade dos sistemas gota a gota que se prevê utilizar no aproveitamento agrícola.

O resumo dos resultados encontrados para o estudo são apresentados, de forma resumida, no Quadro 5.15.

Quadro 5.15– Quadro Resumo da avaliação dos recursos hídricos e seu aproveitamento da Bacia hidrográfica dominada pela barragem de Faveta.

Disponibilidade Hídrica Anual da Bacia Hidrográfica		m³
	Ano Médio	1.227.292
	Ano Médio - σ	507.122
	Ano Médio + σ	3.395.245
	Ano Húmido	3.648.966
Necessidades Hídricas de Abastecimento de Água Potável		m³
		407.744
Aboboreiro	m ³	25.098
Achada Leitão	m ³	54.724
Babosa	m ³	8.633
Burbur	m ³	10.426
Cidade de Achada Igreja	m ³	46.516
Covão Grande	m ³	22.550
Degredo	m ³	6.982
Faveta	m ³	11.653
Jakalo Ramos	m ³	11.275
Leitão Grande	m ³	43.732
Leitãozinho	m ³	21.701
Manhanga	m ³	8.350
Mato Fortes	m ³	8.445
Mato Limão	m ³	6.322
Pico Freire	m ³	25.758
Picos Acima	m ³	82.794
Purgueira	m ³	10.237
Rebello Acima	m ³	2.548
Necessidade Brutas de Irrigação Anuais		
Tomate	mm	620
Banana	mm	1.013
Área de irrigação aprox.	m ²	800.000
Necessidades Hídricas Anuais de Irrigação		
Considerando 50% de ocupação cultural para cada cultura (a)	m ³	653.266
Considerando 100% de ocupação cultural pelo tomate (b)	m ³	496.276
Considerando 100% de ocupação cultural pela banana (c)	m ³	810.256
Necessidades Hídricas Totais Anuais		
Abastecimento + Irrigação (a)	m ³	1.061.010
Abastecimento + Irrigação (b)	m ³	904.020
Abastecimento + Irrigação (c)	m ³	1.218.001
BALANÇOS (Diferenças entre a disponibilidades e necessidades)		
ANO MÉDIO		
Disponibilidade Hídrica – Necessidades Hídricas (a)	m ³	166.281
Disponibilidade Hídrica – Necessidades Hídricas (b)	m ³	323.271
Disponibilidade Hídrica – Necessidades Hídricas (c)	m ³	9.291
ANO MÉDIO - σ		
Disponibilidade Hídrica – Necessidades Hídricas (a)	m ³	-553.889
Disponibilidade Hídrica – Necessidades Hídricas (b)	m ³	-396.899
Disponibilidade Hídrica – Necessidades Hídricas (c)	m ³	-710.879
ANO Médio + σ		
Disponibilidade Hídrica – Necessidades Hídricas (a)	m ³	2.334.234
Disponibilidade Hídrica – Necessidades Hídricas (b)	m ³	2.491.224
Disponibilidade Hídrica – Necessidades Hídricas (c)	m ³	2.177.244
ANO HÚMIDO		
Disponibilidade Hídrica – Necessidades Hídricas (a)	m ³	2.587.955
Disponibilidade Hídrica – Necessidades Hídricas (b)	m ³	2.744.945
Disponibilidade Hídrica – Necessidades Hídricas (c)	m ³	2.430.965

6 CONCLUSÕES

6.1 Conclusões

O objetivo principal do presente estudo, perante à enorme carência de recursos hídricos de algumas localidades em Cabo Verde e face à construção de barragens em diversas localidades e ilhas – infraestruturas hidráulicas até então inexistentes no país, foi aferir a viabilidade de utilização de água armazenada de barragens para fins múltiplos. O foco do estudo foi a barragem de Faveta, localizada no concelho com maiores problemas de abastecimento de água potável no país.

Do trabalho efetuado conclui-se que:

- Dado à irregularidade das chuvas que caracteriza a generalidade do arquipélago e especificamente a bacia em estudo, o volume anual de água disponibilizado pela bacia hidrográfica e viabilizada pela barragem pode variar entre valores nulos a valores na ordem dos três milhões de metros cúbicos;
- Num ano médio a água disponibilizada seria sempre suficiente para satisfazer as necessidades de abastecimento de água às populações e de irrigação, embora com algumas reservas, caso se optasse para uma ocupação agrícola exclusivamente de características permanentes como é o caso da banana ou cana sacarina;
- Considerando uma precipitação anual cuja probabilidade de ser atingido é de cerca de 84% (valor médio da precipitação, subtraído do desvio padrão, segundo a lei de Gauss) e fazendo o balanço hídrico para esse ano, estar-se-ia numa situação de deficit, já que a disponibilidade hídrica iria suprir cerca de 47% das necessidades hídricas numa situação de ocupação cultural repartida entre as duas culturas representativas da região, agravando-se nas restantes situações de ocupação cultural.

Que opção tomar?

Tendo em conta o alto valor do desvio padrão para o conjunto dos valores das precipitações anuais verificados na bacia nos últimos 53 anos, levando a dados muito variados dos excedentes hídricos para a bacia, utilizar exclusivamente os valores médios para estabelecer um aproveitamento hídrico para a barragem de Faveta seria questionável. Utilizar o valor de disponibilidade hídrica obtido a partir do valor médio da precipitação anual subtraído do desvio padrão, apesar de ser uma opção mais "confortável" para quem decide, para um arquipélago com poucos recursos hídricos como Cabo Verde significa estar-se perante uma possibilidade de anualmente desperdiçar muitos milhares de metros cúbicos de um bem considerado muito precioso no país.

Para o autor deste estudo, uma opção viável seria optar-se pela média dos valores encontrados para as duas hipóteses referidas e estabelecer um aproveitamento múltiplo em que se deveria optar por um aproveitamento agrícola com uma ocupação cultural maioritariamente ocupada por culturas com menor consumo de água como o tomate, em detrimento de outros mais exigentes como a banana, fixando para estes tipo de culturas mais exigentes uma ocupação cultural máxima de 20%. Tal opção resultaria no suprimento total da necessidades hídricas de abastecimento e rega estabelecidas e ainda com um ligeiro excedente na ordem dos 5% do valor total da disponibilidade hídrica considerada.

Relativamente ao abastecimento de água aos aglomerados populacionais, a opção é sempre viável, com as restrições económicas que se impõem. A utilização de águas superficiais para o abastecimento público – mesmo para a situação que atualmente ocorre numa grande parte dos aglomerados populacionais rurais do país em que a água é fornecida em autotanques – implica um investimento prévio em sistemas de tratamento e purificação para posterior distribuição. No entanto, para este caso ou casos similares de concelhos em zonas do interior sem litoral, este investimento será sempre inferior para a outra opção possível de obtenção de água potável que é a dessalinização, em que para além dos elevados custos de investimento inicial e exploração envolvidos, soma-se os investimentos obrigatórios no transporte da água dessalinizada. Para o concelhos de São Salgado do Mundo teria que se levar em conta pelo menos 20 quilómetros de condutas, que é o mínimo de distância que o concelho tem da orla marítima mais próxima.

6.2 Trabalhos futuros

Face às limitações encontradas no estudo e às especificidades intrínsecas, sugere-se para trabalhos futuros:

- Levar em consideração as variações climáticas e demográficas no estabelecimento dos dados de base para os cálculos;
- Estudar as opções viáveis e mais económicas de tratamento de águas superficiais captadas pela barragem;
- Estudar opções viáveis de adução e distribuição da água da barragem;
- Estudar opções alternativas de obtenção de águas para os mesmos fins estabelecidos neste estudo e uma análise comparativa das soluções.

Apesar das limitações apontadas, o estudo apresentado pode servir de base para estudos similares para outras barragens em Cabo Verde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbott, M. B., Bathurst, J. C., Cunge, J.A., O'Connell, P. E. and Rasmussen, J. (1986). "An introduction to the European Hydrological System – Systeme Hydrologique Europeen, "SHE", 2: Structure of a physically-based, distributed modelling system". Journal of Hydrology, Vol., Issues 1–2, pp. 61–77.

Alencão, A. M. P. e Pacheco, F.A.L. (2010). " Estimativa de parâmetros hidrológicos: dois modelos, um caso de estudo". Revista Recursos Hídricos - APRH, Vol. 31, Nº 1, pp. 15-23.

Alves, C. A. M., Macedo, J. R., Silva, L. C., Serralheiro, A. e Faria, A. F .P. (1979). "Estudo Geológico, Petrológico e Vulcanológico da Ilha de Santiago (Cabo Verde)". Garcia de Orta, Sér. Geol., Vol. 3 (1-2), p 47-74. Lisboa.

ARH Centro (2012). "Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas dos rios Vouga, Mondego e Lis Integradas na Região Hidrográfica 4. Parte 2 – Caracterização Geral e Diagnóstico 1.7 – Usos e Necessidades de Água", Portugal. p 15.

BURGEAP (1974). "La Mise en Valeur des Eaux Souterraines dans l'Archipel du Cap Vert, Rapport de Fin de Mission". Praia.

Camara Municipal de São Salvador do Mundo (2011). "Plano Director Municipal de São Salvador do Mundo", Cabo Verde.

Corrêa, M. R., Loula, A. F. D e Garcia, E. L. M. (2004). "Métodos de Diferenças Finitas de Direções Alternadas Implícitos para Modelagem de Aguas Subterrâneas". TEMA Tend. Mat. Apl. Comput., Vol. 5, No. 1, pp. 65-76.

de Lima, M. I. P. and de Lima J. L. M. P. (2009). "Multifractality of precipitation in Madeira". Nonlinear Processes in Geophysics., Vol 16, pp. 299–311.

de Pina, A. F. L. (2009). " Hidroquímica e qualidade das águas subterrâneas da ilha de Santiago - Cabo Verde". Dissertação de Doutoramento, Ramo de Geociências, Universidade de Aveiro, 231 p.

DGASP (2005). "Projet D' Amenagement et de Valorisation des Bassins Versants de Picos et Engenhos dans l'Ile de Santiago-Bassin Versant de Engenhos: Phase I- Etudes d'avant Projet Détaillé". Tunisie.

DGASP (2011). "Construção de 3 Barragens na Ilha de Santiago - Lote 3 - Barragem de Faveta e Rede de Adução", Cabo Verde.

DGPOG – MDR (2013). "Estudos e Projectos de Aproveitamento Agrícola nas Áreas de Influência das Barragens de Salineiro, Faveta, Saquinho, Figueira Gorda, Canto Cagarra e Banca Furada - Etapa I - Produto 2, Componente 2 – Projectos Dos Aproveitamentos Hidroagrícolas. Aproveitamento Hidroagrícola da Faveta ", Cabo Verde.

FAO (1998). "Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56 - Chapter 3 - Meteorological data". Natural Resources Management and Environment Department.

Hipólito, J. R. e Vaz, A. C. (2013). "Hidrologia e Recursos Hídricos". 2.^a Edição. IST Press - Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Holmana, D., Mohan, S., Gowdaci, P., Porter, D., Mareke, T., Howelle and T., Moorhead, J. (2012). "Gaussian process models for reference ET estimation from alternative meteorological data sources". Journal of Hydrology, Vol. 517, No. 19, pp. 28–35.

INECV (2012). Recenseamento Geral da População e Habitação de Cabo Verde 2010. Disponível em <http://www.ine.cv/censo/censo2010.aspx>.

INGRH (2010). "Plano de Acção Nacional para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (PAGIRE)", Cabo Verde.

INGRH (2010). "Rede de Abastecimento de águas às Localidades de Achada Igreja e Achada Leitão, Concelho de São Salvador do Mundo", Cabo Verde.

INIDA (2012). "Lista de Variedades Hortícolas Recomendadas em Cabo Verde", Cabo Verde, 29 p.

MAAP–DGA (2004). "Livro Branco sobre o Estado do Ambiente em Cabo Verde", Cabo Verde.

Manzanares, A. A. (2004). "Aproveitamentos Hidráulicos de Fins Múltiplos no Vale do Zambeze". Colectânea de publicações fac-similadas – IST, Vol. 33, p. 5.

Marques, M. M. (1990). "Caracterização das Grandes Unidades Geomorfológicas da Ilha de Santiago (República de Cabo Verde). Contribuição para o Estudo da Compartimentação da Paisagem". Centro de Estudos de Pedologia (IICT), Lisboa.

MDHOT (2010). "Esquema Regional de Ordenamento do Território (EROT) – Santiago", Cabo Verde.

Monteiro, R. D. (2013). "Avaliação de Recursos Hídricos e Viabilidade da Recarga Artificial de Aquíferos na Bacia Hidrográfica dos Engenhos na Ilha de Santiago - Cabo Verde". Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão da Água, Universidade Nova de Lisboa.

MOPTC (1995). "Regulamento Geral de Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas Residuais". Diário da República - I Série B. N.º 194-23-08-1995, p. 5286.

Mota Gomes, A. (2007). "Hidrogeologia e Recursos Hídricos da Ilha de Santiago (Cabo Verde)". Dissertação de Doutoramento, Ramo de Geociências, Universidade de Aveiro, 296 p.

Mota Gomes, A. e de Pina, A. F. L. (2003). "Problemas de Recursos Hídricos em Ilhas: Exemplo da Ilha de Santiago, Caso da Bacia Hidrográfica da Ribeira Grande da Cidade Velha e da Ribeira Seca". 6º SILUSBA - Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa. Cidade da Praia, Cabo Verde. Disponível em http://www.aprh.pt/6_silusba/vol3_APRH_LF_697_750.pdf.

PANA (2004). "Vegetação de Cabo-Verde cresceu para mais de 85 mil hectares". Disponível em <http://www.panapress.com/Vegetacao-de-Cabo-Verde-cresceu-para-mais-de-85-mil-hectares--3-393542-41-lang4-index.html>.

Pinto, M. M. S. C. (2010). "Cartografia geoquímica da ilha de Santiago com uma densidade de amostragem média/baixa". Dissertação de Doutoramento, Ramo de Geociências, Universidade de Aveiro, 436 p.

ANEXO A - DADOS DE POSTOS PLUVIOMÉTRICOS E DADOS DE ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS

PLUVIMETRIA (mm)												
POSTO: BABOSA PICOS												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1961	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,5	216,4	411,0	8,0	0,7	0,0
1962	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	14,0	194,5	164,0	86,4	38,5	0,0
1963	1,2	3,9	0,0	0,0	0,0	0,1	69,0	392,5	177,2	121,5	0,0	0,0
1964	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	137,9	83,2	234,9	0,0	0,0	0,0
1965	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	230,9	297,2	0,0	0,0
1966	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	142,0	241,3	389,7	261,6	0,0
1967	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	700,4	0,0	0,0	0,0
1968	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,3	227,0	19,0	8,5	25,3
1969	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	86,6	81,7	279,6	72,4	1,4	0,0
1970	0,0	11,7	0,4	0,0	0,3	0,5	17,1	84,5	75,0	13,2	8,3	0,7
1971	0,0	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	415,3	47,5	25,6	7,5	0,0
1972	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	9,2	0,0	11,4	9,8	2,5	5,5	8,1
1973	0,0	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	129,2	110,0	21,5	0,0	0,0
1974	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	79,4	433,5	90,8	0,0	0,0
1975	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	107,2	193,3	0,0	0,0	0,0
1976	0,5	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,0	468,0	0,0	3,8	21,9
1977	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	29,3	7,0	0,0	0,0	0,0
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	141,2	257,0	155,4	1,1	14,7
1979	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,8	80,4	55,7	246,9	0,0	1,3
1980	1,4	0,0	1,2	1,1	0,0	1,7	5,9	201,5	109,1	32,7	26,1	0,0
1981	11,2	14,1	2,0	0,0	1,1	0,1	33,6	64,2	150,3	0,0	0,0	118,8
1982	48,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,6	185,4	25,2	94,9	7,1	5,5
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	97,5	173,9	0,0	0,0	0,0
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	82,7	51,0	292,0	10,0	85,4	26,1
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,9	71,3	174,0	0,0	5,5	24,4
1986	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,4	207,8	169,4	100,7	0,0	0,0
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	343,6	135,2	268,2	0,0	0,0
1988	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,9	257,0	72,7	15,0	57,3	0,0
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	215,4	71,9	39,6	0,0	0,0
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,0	43,4	174,6	93,1	0,0	0,0
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	79,6	238,2	32,5	0,0	0,0
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	72,3	40,2	83,5	149,0	16,1	0,0
1993	65,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,2	180,4	132,9	0,0	0,0	0,0
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,0	81,1	4,2	0,0	0,0
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,3	141,4	166,6	75,5	0,0	112,9
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	135,9	78,3	0,0	11,2	0,0
1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	222,1	82,5	0,0	0,0	0,0
1998	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	11,3	78,1	146,2	0,0	0,0	0,0
1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	77,9	165,9	245,3	263,6	0,0	0,0
2000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,6	182,9	232,3	200,1	0,0	0,0
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,2	157,4	114,6	55,0	78,0	0,0
2002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80,2	154,6	68,2	0,0	0,0
2003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,2	159,8	308,5	176,6	0,0	0,0
2004	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	171,7	169,9	32,5	50,8	0,0
2005	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	89,0	110,7	171,5	86,3	0,0	0,0
2006	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	190,3	264,0	15,1	0,0	0,0
2007	23,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,5	190,4	75,8	64,0	0,0	0,0
2008	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	96,3	186,3	140,7	92,1	0,0	0,0
2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	216,3	296,8	87,7	0,0	0,0
2010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	199,0	337,3	250,1	0,0	0,0
2011	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	240,3	199,4	188,0	0,0	0,0
2012	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,9	134,9	490,2	38,9	15,7	35,0
2013	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	73,7	497,5	0,0	108,1	179,3

Fonte : INMG.

Dados Sombreados: Não disponíveis e estimados por correlação entre os 5 Postos Pluviométricos apresentados neste ANEXO.

PLUVIMETRIA (mm)												
POSTO: ASSOMADA												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1961	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,6	407,9	479,4	4,2	0,0	0,0
1962	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	322,7	279,8	131,1	73,6	0,0
1963	0,0	37,3	0,0	0,0	0,0	0,0	59,6	485,6	211,1	175,3	0,0	8,2
1964	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	168,6	127,1	305,8	0,0	0,0	0,0
1965	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	244,6	185,1	365,2	154,7	0,0
1966	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	141,8	242,9	392,1	269,5	0,0
1967	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	69,2	705,5	514,1	38,2	0,0
1968	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	56,9	288,0	18,8	7,3	22,4
1969	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	114,2	92,5	287,9	106,3	0,0	0,0
1970	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,1	123,3	80,3	8,2	0,0	0,0
1971	0,0	13,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	436,9	47,7	22,4	0,0	0,0
1972	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	1,2	0,0	5,1	2,4
1973	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	201,0	112,0	41,0	0,0	0,0
1974	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,5	52,9	444,3	90,2	0,0	0,0
1975	21,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	157,5	245,8	0,0	0,0	0,0
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	72,9	433,2	0,0	0,0	0,0
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,5	7,0	0,0	0,0	0,0
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,5	172,7	158,0	45,0	0,0
1979	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	122,0	77,0	271,0	0,0	0,0
1980	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	224,6	109,2	33,1	0,0	0,0
1981	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,0	55,0	153,5	110,0	0,0	0,0
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	164,9	56,7	54,0	0,0	0,0
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,7	160,0	0,0	0,0	0,0
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	104,0	160,0	187,0	76,0	53,0	0,0
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,4	76,6	123,0	0,0	0,0	10,5
1986	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	224,2	189,6	100,2	0,0	0,0
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	220,4	90,2	243,2	0,0	0,0
1988	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	238,5	84,6	8,1	50,7	0,0
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	237,8	56,1	7,8	23,6	0,0
1990	31,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,0	43,4	221,5	81,8	0,0	0,0
1991	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	25,3	237,9	11,6	0,0	0,0
1992	0,0	0,0	0,0	4,1	4,1		66,3	34,4	130,6	115,7	3,9	0,0
1993	48,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,1	201,5	138,4	0,0	0,0	0,0
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	76,0	106,4	1,6	0,0	0,0
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,7	135,1	142,6	17,0	0,0	57,1
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	69,9	33,9	13,7	7,9	0,0
1997	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	137,9	103,9	7,8	0,0	0,0
1998	0,0	0,0	12,2	0,0	0,0	0,0	20,1	78,7	175,6	1,2	0,0	0,0
1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	21,2	292,2	189,1	0,0	0,0
2000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	178,4	309,8	164,8	0,0	0,0
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7	164,7	129,4	62,0	42,4	0,0
2002	19,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80,0	181,1	98,9	0,0	0,0
2003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	59,8	120,8	288,0	105,8	0,0	0,0
2004	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	92,8	217,5	43,7	38,0	0,0
2005	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	91,2	120,0	183,7	105,0	0,0	0,0
2006	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	156,0	304,0	17,5	0,0	0,0
2007	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5	164,0	289,5	115,0	0,0	0,0
2008	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	168,5	229,5	180,0	42,0	0,0	0,0
2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	243,0	468,0	251,0	0,0	0,0
2010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	192,0	302,5	276,0	0,0	0,0
2011	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	229,0	155,0	169,5	0,0	0,0
2012	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	171,5	714,0	28,1	8,0	45,0
2013	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	149,0	638,0	0,0	41,0	71,0

Fonte : INMG.

Dados Sombreados: Não disponíveis e estimados por correlação entre os 5 Postos Pluviométricos apresentados neste ANEXO.

PLUVIMETRIA (mm)												
POSTO: SÃO JORGE												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1961	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,4	101,5	261,8	2,4	7,2	0,0
1962	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	1,7	4,5	208,3	156,0	64,4	28,0	1,0
1963	1,8	27,7	0,0	0,0	0,8	0,0	25,7	320,4	107,4	124,1	0,0	0,8
1964	0,4	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	176,0	56,2	193,6	0,0	0,0	0,0
1965	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	14,3	190,5	288,6	260,0	99,5	0,0
1966	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	145,8	195,5	247,6	157,5	0,0
1967	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	2,7	2,5	127,2	401,2	314,5	23,2	0,0
1968	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	64,0	268,5	0,0	13,5	18,0
1969	6,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	101,5	63,0	180,5	40,5	0,0	2,0
1970	0,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	69,3	121,0	3,5	6,0	1,0
1971	0,0	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	219,0	32,1	20,0	3,8	0,0
1972	0,6	0,0	2,4	0,0	0,0	2,6	0,0	11,3	6,5	3,6	7,2	11,3
1973	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	141,9	102,4	6,5	0,0	0,0
1974	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	68,0	230,6	79,5	0,0	0,0
1975	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	126,6	149,9	163,9	13,2	0,0	0,0
1976	1,5	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	64,2	312,4	29,9	0,0	34,0
1977	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,3	8,3	1,8	0,0	0,0
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76,2	236,5	105,0	0,0	23,2
1979	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,0	90,6	30,2	148,8	0,0	0,0
1980	0,0	2,2	0,4	0,0	0,0	1,7	5,4	205,2	89,5	26,4	22,2	123,3
1981	12,4	7,0	0,5	0,0	0,0	0,0	33,1	67,8	75,1	0,0	0,0	8,0
1982	43,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	148,6	35,6	78,9	4,9	0,8
1983	2,6	0,0	0,0	0,4	0,0	0,4	1,3	98,3	149,9	1,0	0,0	1,1
1984	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	1,2	58,0	29,0	347,3	2,5	74,7	25,3
1985	0,8	0,4	1,2	0,0	0,0	0,0	42,1	80,0	388,6	0,1	2,4	36,8
1986	8,6	6,4	0,1	0,7	4,0	0,0	23,1	159,1	513,5	125,1	0,8	0,3
1987	0,3	4,2	0,4	0,0	0,0	0,2	2,5	320,5	103,7	199,4	1,6	1,8
1988	4,6	46,7	4,1	0,0	0,0	0,1	15,2	266,1	79,6	6,8	99,5	1,3
1989	0,0	0,0	0,3	0,8	0,0	0,0	5,3	224,9	48,0	50,2	3,5	35,5
1990	31,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	51,2	55,0	142,0	109,2	3,4	0,2
1991	0,3	4,6	0,0	0,2	0,0	0,0	1,9	78,1	119,8	18,7	0,2	5,4
1992	48,4	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	60,6	39,9	99,4	156,0	28,4	0,1
1993	48,4	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	22,2	180,0	127,4	2,4	5,1	0,2
1994	2,4	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	4,2	74,8	76,7	15,3	0,0	0,0
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,9	138,0	201,6	30,9	1,2	38,8
1996	10,7	1,5	3,0	0,0	0,0	0,7	5,7	169,3	65,5	10,1	13,4	2,3
1997	11,8	0,0	0,0	0,2	0,0	1,9	9,6	237,6	75,4	4,6	0,1	0,0
1998	4,6	0,0	2,6	2,6	0,0	0,0	17,2	76,9	185,3	3,8	0,5	4,0
1999	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	77,2	151,5	232,9	192,6	5,5	1,4
2000	1,9	0,1	0,0	0,6	0,0	0,6	29,9	107,1	223,0	175,7	4,9	1,2
2001	0,8	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	54,8	163,3	81,3	48,4	82,5	2,6
2002	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	72,7	119,1	49,7	0,2	0,0
2003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	49,2	169,4	381,3	112,3	0,0	0,0
2004	1,4	0,7	0,3	0,8	0,0	0,0	32,7	87,4	187,1	55,3	42,2	0,4
2005	18,7	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	48,9	93,5	167,6	72,9	0,0	0,0

Fonte : INMG , **Dados não disponíveis.

PLUVIMETRIA (mm)

POSTO: TELHAL

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1963	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	131,0	118,7	88,0	0,0	0,2
1965	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	129,6	139,3	280,4	102,1	0,0
1966	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	129,9	211,5	316,7	158,2	0,0
1967	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,2	545,1	212,4	0,0	0,0
1968	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,5	175,4	13,2	0,0	16,6
1969	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	79,4	63,9	**	**	**	**
1970	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	55,3	58,0	28,4	0,0	0,0
1971	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	274,2	20,8	0,0	0,0	0,0
1973	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	82,8	85,4	0,0	0,0	0,0
1974	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	280,0	**	0,0	0,0
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	69,7	224,2	0,0	0,0	0,0
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6	**	70,5	0,0	0,0
1979	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,6	77,0	50,6	196,8	0,0	0,0
1980	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80,5	0,0	10,7	0,0
1981	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,7	70,8	132,6	0,0	0,0	0,0
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,1	198,9	0,2	0,1	0,2
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,4	26,6	313,4	34,9	39,0	24,5
1985	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	69,8	59,2	94,6	0,0	3,3	8,4
1986	2,2	6,7	0,0	0,2	1,6	0,0	3,1	153,5	243,4	191,4	0,0	0,0
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	265,8	81,7	266,2	0,0	0,0
1988	3,0	42,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	207,9	51,3	15,4	41,0	0,0
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	205,7	95,2	13,7	0,0	6,4
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,5	12,0	225,0	63,8	0,0	0,0
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,1	217,9	2,2	0,0	0,0
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,4	58,9	101,1	166,5	0,0	4,8
1993	40,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,1	217,5	50,5	0,0	0,0	0,0
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66,3	95,1	0,0	0,0	0,0
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,2	158,4	178,7	76,2	0,0	41,2
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	88,8	33,5	41,0	8,0	0,0
1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	216,6	34,9	6,5	0,0	0,0
1998	0,0	0,0	6,1	0,8	0,0	0,0	17,9	104,2	151,5	0,0	0,0	0,0
1999	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,5	127,5	194,5	223,2	0,0	0,0
2000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	145,8	234,1	104,9	0,0	0,0
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	102,0	110,2	56,0	37,0	0,0
2002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,0	149,6	57,0	0,0	0,0
2003	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
2004	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,0	169,0	32,0	**	0,0

Fonte : INMG , **Dados não disponíveis.

PLUVIMETRIA (mm)

POSTO: PONTE FERRO

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1971	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	82,5	35,4	0,0	0,0	0,0
1972	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	5,9	**	4,0	7,0	9,0
1973	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,2	54,5	13,5	0,0	0,0
1974	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	43,4	133,9	63,5	0,0	0,0
1975	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**	**	**	**	0,0	0,0
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,5	467,6	6,7	0,0	34,5
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	104,1	182,2	77,5	0,0	11,2
1979	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,4	129,0	42,0	154,4	0,0	0,0
1980	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	78,4	0,0	0,0	0,0	0,0
1981	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,8	45,2	70,3	0,0	0,0	0,0
1982	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	91,4	15,0	80,1	0,0	0,0
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	85,9	117,3	0,0	0,0	0,0
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,5	22,0	284,3	0,0	85,0	22,0
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	49,4	86,3	0,0	0,0	22,0
1986	0,0	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	192,4	216,8	99,0	0,0	0,0
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	188,8	72,3	75,0	0,0	0,0
1988	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	240,3	71,1	0,0	122,0	0,0
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	162,8	0,0	41,0	0,0	0,0
1990	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	20,0	137,0	45,0	0,0	0,0
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	111,0	15,0	0,0	0,0
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,1	24,3	66,3	115,0	21,8	0,0
1993	44,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	79,2	90,0	0,0	0,0	0,0
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	83,8	68,0	0,0	0,0	0,0
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	87,0	111,0	24,0	0,0	29,0
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	146,5	47,5	0,0	0,0	0,0
1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	181,3	116,0	0,0	0,0	0,0
1998	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,7	119,7	0,0	0,0	0,0
1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,0	51,0	**	193,0	0,0	0,0
2000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	108,5	184,5	164,0	0,0	0,0
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,1	162,0	93,0	45,0	99,0	0,0
2002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,0	111,6	42,0	0,0	0,0
2003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,5	129,6	207,0	68,7	0,0	0,0
2004	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,0	141,2	45,0	36,0	0,0
2005	21,0	0,0	0,0	0,0	0,0	49,0	68,0	125,0	58,0	0,0	0,0	0,0

Fonte : INMG , **Dados não disponíveis.

TEMPERATURA (°C)												
ESTAÇÃO: SÃO JORGE												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1981	19,60	19,30	21,60	21,80	22,60	24,10	23,80	24,60	24,80	24,40	23,20	21,70
1982	20,80	19,60	20,40	21,00	21,80	23,40	23,50	23,60	24,20	23,50	21,70	20,30
1983	20,00	21,10	22,30	21,50	22,50	23,70	23,70	24,30	24,50	24,30	23,20	20,80
1984	19,00	20,00	19,40	20,80	22,10	23,30	23,90	24,50	24,30	23,60	21,80	19,70
1985	18,70	19,20	19,50	19,90	20,70	23,40	23,70	24,30	24,60	24,30	22,70	20,80
1986	18,40	18,50	19,00	20,80	22,30	22,10	23,00	24,80	24,60	23,50	21,70	19,60
1987	19,00	19,40	21,80	23,30	23,80	24,20	24,40	24,90	24,90	23,50	22,70	21,00
1988	18,80	19,50	21,00	21,50	22,20	22,90	24,20	23,80	24,70	23,20	21,70	19,80
1989	18,60	19,00	19,70	19,80	22,60	24,50	24,40	24,80	24,70	24,10	22,10	21,10
1990	19,10	21,00	22,30	20,80	22,70	22,70	23,80	25,30	24,90	24,00	22,30	20,90
1991	19,60	19,00	19,30	21,00	21,20	22,90	23,50	24,20	25,20	23,90	23,20	21,30
1992	20,40	20,20	20,80	21,50	23,10	23,70	23,60	24,10	24,30	23,10	21,80	20,10
1993	18,90	19,50	20,30	21,10	22,60	23,20	23,80	24,70	24,40	23,20	21,30	20,10
1994	18,60	19,50	19,30	21,50	21,70	23,50	23,70	24,60	24,50	23,70	23,00	21,40
1995	20,20	20,70	19,70	20,70	23,10	24,40	24,30	25,50	24,70	24,30	23,60	21,20
1996	20,90	20,30	20,70	22,50	23,40	24,30	24,70	24,90	24,50	24,60	22,80	21,40
1997	21,00	22,60	21,70	21,70	23,60	24,40	24,00	24,70	24,70	23,90	22,90	20,70
1998	20,60	22,70	22,60	22,10	22,30	23,90	24,60	25,40	25,10	24,60	23,80	21,40
1999	19,20	18,70	19,10	21,50	23,00	24,40	23,80	24,30	24,50	23,90	22,00	20,80
2000	19,00	19,70	22,10	22,10	21,20	23,20	23,60	24,70	24,80	23,30	21,20	19,90
2001	19,20	20,50	21,80	21,60	21,60	23,50	24,20	24,70	25,10	24,20	22,50	22,10
2002	21,20	21,40	21,10	21,40	22,20	23,30	23,40	24,50	24,90	24,40	22,80	21,30
2003	20,20	19,00	21,40	22,20	22,70	23,40	**	**	25,00	24,10	22,40	20,60
2004	19,20	19,70	20,20	20,70	22,00	23,70	24,60	25,00	25,20	24,00	23,30	22,00
Média	19,59	20,00	20,71	21,37	22,38	23,59	23,92	24,62	24,71	23,90	22,49	20,83

Fonte : INMG, **Dados não disponíveis.

TEMPERATURA (°C)												
ESTAÇÃO: ASSOMADA												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1988	18,80	18,10	20,80	20,20	20,70	21,20	22,40	22,50	23,50	22,60	21,00	19,10
1989	17,90	17,60	17,80	18,00	20,90	22,50	22,10	22,10	23,30	22,70	21,00	20,10
1990	17,30	20,60	21,30	19,30	20,80	20,60	22,20	23,80	23,60	23,10	21,30	19,80
1991	18,10	17,40	17,60	19,40	19,70	20,90	21,50	22,40	23,40	22,60	22,10	19,80
1992	19,20	18,10	19,00	19,30	20,40	21,20	21,30	22,10	22,70	21,70	21,10	18,60
1993	17,70	17,90	18,50	19,50	20,40	21,20	22,10	23,10	23,00	22,20	20,00	19,10
1994	17,30	18,40	17,70	19,80	19,80	21,30	22,00	22,70	22,80	22,40	22,20	20,20
1995	18,90	19,20	17,80	18,60	21,20	22,50	22,50	23,70	23,50	23,70	23,40	20,40
1996	20,10	18,70	19,30	20,70	21,60	22,20	22,80	23,40	23,10	23,60	22,00	20,20
1997	19,60	21,20	20,40	20,60	21,60	22,50	22,00	23,00	23,30	23,30	22,40	19,90
1998	19,90	22,00	21,30	20,20	20,40	22,10	22,90	23,70	23,70	24,00	23,30	20,00
2000	19,80	19,30	21,90	20,60	19,90	22,10	22,30	23,30	23,70	22,40	21,40	20,10
2001	19,20	20,30	21,40	20,80	20,50	22,20	22,70	23,70	24,00	23,90	22,50	21,80
Média	18,75	19,14	19,60	19,77	20,61	21,73	22,22	23,04	23,35	22,94	21,82	19,93

Fonte : INMG

HUMIDADE RELATIVA (%)												
ESTAÇÃO: SÃO JORGE												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1981	90	86	87	90	89	90	92	91	92	91	90	90
1982	84	89	85	84	87	84	80	82	82	83	72	73
1983	65	58	62	67	65	68	82	83	84	74	74	77
1984	72	49	74	75	70	71	80	81	82	77	81	83
1985	80	74	72	75	76	73	84	86	86	75	74	70
1986	67	71	68	67	69	73	79	79	87	88	80	76
1987	72	75	55	65	63	70	76	83	86	86	79	74
1988	75	77	61	69	71	75	79	87	87	81	84	80
1989	68	71	70	71	67	65	77	81	84	80	79	75
1990	77	58	60	71	67	74	87	83	87	84	80	73
1991	73	70	72	69	71	73	77	81	82	84	80	81
1992	71	77	64	65	65	65	77	81	85	83	71	75
1993	75	71	73	73	64	75	79	82	84	83	81	73
1994	67	54	72	69	71	70	77	80	82	79	69	72
1995	66	64	72	72	70	71	80	82	83	77	70	79
1996	72	77	71	62	68	70	77	81	81	73	71	71
1997	67	55	56	64	68	66	73	78	80	74	74	70
1998	70	59	62	73	73	71	77	79	85	78	72	73
1999	71	69	69	63	62	68	82	85	88	87	81	76
2000	75	64	55	69	75	75	78	84	86	86	79	76
2001	72	57	61	68	70	72	80	85	86	80	80	82
2002	74	67	67	70	72	73	77	80	85	81	78	74
2003	72	74	60	64	70	75	**	**	85	87	83	77
2004	76	71	69	74	69	70	80	84	87	82	82	80
Média	73	68	67	70	71	72	76	79	85	81	78	76

Fonte : INMG, **Dados não disponíveis.

HUMIDADE RELATIVA (%)												
ESTAÇÃO: ASSOMADA												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1987	**	**	**	**	**	**	81	**	90	90	87	85
1988	84	90	64	78	77	81	85	92	90	83	86	84
1989	76	77	78	82	74	69	83	88	88	86	84	80
1990	82	60	59	73	72	79	81	85	88	85	82	72
1991	75	75	76	71	76	79	80	84	86	84	73	82
1992	72	80	70	73	73	74	83	86	89	87	75	81
1993	77	74	77	79	72	79	83	86	87	85	82	78
1994	71	63	75	70	77	77	79	85	85	82	74	76
1995	73	66	77	75	72	73	85	88	88	80	74	81
1996	71	80	73	68	70	72	78	84	83	76	75	72
1997	71	57	56	70	75	74	81	84	87	80	78	74
1998	71	55	60	76	77	73	78	83	86	77	73	76
1999												
2000	**	71	61	76	82	80	83	88	88	89	84	83
2001	84	64	61	70	76	79	81	87	86	83	81	85
Média	76	76	74	80	81	82	88	93	94	90	85	85

Fonte : INMG, **Dados não disponíveis.

VENTO A 2 METROS (m/s)												
ESTAÇÃO: SÃO JORGE												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1982	1,1	1,4	1,1	1,4	1,2	1,3	1,3	1,3	1,1	1,1	1	1,4
1983	1,1	1,2	1,3	1,5	1,3	1,2	1,4	1,2	0,9	1	1	1,1
1984	1,3	1,2	1,5	1,5	1,4	1,2	1	0,9	1	0,8	1	0,9
1985	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,1	1,1	0,9	1	1	1,2	1,2
1986	1,4	1,2	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	0,9	0,8	1,3	1,1
1987	1,2	1,2	1,3	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	0,8	0,8	0,9	1,3
1988	1,4	1	1,2	1,3	1,3	1,2	1,1	0,8	0,7	1	0,8	1
1989	1,2	1,2	1,3	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2	0,9	1	1	1,4
1990	1,4	1,3	1,3	1,5	1,4	1,4	1,2	1	0,8	0,9	1,1	1,6
1991	1,1	1,4	1,5	1,5	1,5	1,3	1,7	1,2	1,1	1,1	1,2	1,1
1992	1,3	1,4	1,4	1,5	1,4	1,3	1,4	1,3	1	1,1	1,2	1,2
1993	1,1	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1	0,9	0,8	1	1
1994	1,6	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,3	1,1	0,9	1	1,1	1,1
1995	1,2	1,4	1,5	1,6	1,4	1,4	1,2	1,2	0,7	1	1,1	1
1996	1,2	1,2	1,17	1,4	1,4	1,4	1,3	1,1	0,8	1	1,1	1,2
1997	1,1	1,2	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,1	0,7	1	1,1	1,3
1998	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,3	1,3	1,2	1	0,9	1,1	1,4
1999	1,6	1,4	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	0,9	0,6	0,7	0,9	1,1
2000	1,2	1,1	1,3	1,4	1,5	1,3	1,3	1	0,8	0,6	1	1,1
2001	1,2	1,1	1,3	1,4	1,4	1,3	1,1	0,8	0,7	0,9	0,8	0,9
2002	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,4	1,4	1,2	0,9	0,9	1,1	1,2
2003	1,7	1,4	1,4	1,5	1,5	1,4	**	**	0,8	0,7	0,8	1
2004	1,1	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3	1,2	1	0,9	0,9	1	0,9
Média	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,1	0,9	0,9	1,0	1,2

Fonte : INMG, **Dados não disponíveis.

VENTO A 2 METROS (m/s)												
ESTAÇÃO: ASSOMADA												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1990	4,9	1,8	1,3	2,5	**	2,1	1,5	1,3	1,3	1,2	1	2,5
1991	2,4	3,4	3,4	2,8	2,8	2,8	1,7	1,3	2	1,9	1,7	2,3
1992	1,8	3,8	3,1	2,9	2,7	2,6	1,1	1,7	1,9	2,4	2,1	2,9
1993	3,7	3,3	**	2,7	3,9	2,8	**	2,4	2,9	2,3	3,6	3,8
1994	4,7	3,8	3,4	3,4	3,7	3,5	1,7	2,1	1,8	2,6	2,2	2,7
1995	3	3,4	2,4	2,7	1,7	1,6	1,4	1,6	0,9	1,2	0,7	1,4
1996	2,1	2,4	2,2	2,2	2,8	1,9	1	1,2	**	1,8	2,2	**
1997	**	2,9	2,3	**	2,5	2,4	1,6	1,2	2,5	2,1	1,9	2,7
1998	2,3	2,5	2,1	3,4	3	2,4	1,2	2	2,5	2,5	2,2	3,5
Média	3,1	3,7	3,1	3,7	3,3	2,6	1,4	1,7	2,1	2,4	2,1	3,6

Fonte : INMG, **Dados não disponíveis.

INSOLAÇÃO (h)												
ESTAÇÃO: SÃO JORGE												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1981	**	5,8	**	**	**	8,3	4,3	4,9	4,0	6,5	6,9	5,8
1982	6,7	**	6,6	7,4	6,9	8,2	6,0	2,8	4,0	4,8	5,8	3,6
1983	4,7	8,4	6,5	6,4	7,3	7,3	6,8	4,6	5,9	6,9	6,3	4,6
1984	4,9	5,7	7,0	7,7	7,6	7,0	5,7	4,5	4,5	6,2	4,7	4,1
1985	4,4	6,0	5,3	6,3	7,5	6,4	3,6	4,3	5,5	7,8	7,1	4,1
1986	3,6	7,1	7,9	3,9	9,3	9,3	6,2	5,3	4,2	4,8	4,3	3,8
1987	6,7	8,8	8,5	7,5	7,4	8,4	6,9	5,4	4,9	4,0	6,2	5,9
1988	5,0	5,3	6,9	8,8	8,3	8,0	4,7	3,1	4,4	6,3	4,3	4,9
1989	6,0	5,2	7,9	7,8	9,3	8,9	5,6	5,1	5,2	5,6	4,5	7,0
1990	2,9	8,0	7,0	6,1	9,1	8,1	6,1	5,8	4,6	6,6	5,1	5,8
1991	4,9	6,8	7,4	8,7	8,9	8,9	5,9	4,0	5,2	6,6	6,3	3,6
1992	6,4	5,0	7,1	6,7	8,0	8,7	5,5	5,0	4,7	6,0	6,1	5,3
1993	4,3	6,4	7,4	8,2	9,0	9,2	5,6	4,9	4,9	6,3	2,9	6,5
1994	5,4	8,3	7,6	9,1	7,4	9,0	5,9	4,9	5,0	5,9	6,8	5,5
1995	6,2	8,1	6,9	7,5	9,9	9,5	3,9	5,1	3,7	6,9	6,7	4,3
1996	6,4	5,8	6,6	8,7	8,9	8,6	6,9	4,5	4,9	7,4	6,6	5,6
1997	5,0	6,5	6,4	8,7	8,1	8,2	6,5	5,1	4,8	6,9	6,5	7,4
1998	6,0	9,4	6,7	7,2	8,7	8,6	6,6	5,1	3,8	7,9	7,4	5,1
1999	5,5	8,4	8,6	9,3	10,3	9,4	4,2	4,4	4,2	5,1	5,2	5,3
2000	6,2	6,6	8,6	8,2	8,0	8,7	6,1	4,5	4,7	4,0	6,7	6,6
2001	8,5	7,3	7,9	8,7	9,6	8,8	6,1	4,5	4,5	7,2	6,0	5,9
Média	5,5	6,9	7,2	7,6	8,5	8,5	5,7	4,7	4,6	6,2	5,8	5,3

Fonte : INMG, **Dados não disponíveis.

INSOLAÇÃO (h)												
ESTAÇÃO: ASSOMADA												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1987	**	**	**	**	**	**	**	**	6,0	4,7	6,6	7,1
1988	5,7	5,1	8,0	9,6	8,3	6,6	**	3,4	5,0	7,0	5,5	5,0
1989	6,5	3,9	8,5	7,7	9,1	8,3	6,1	5,2	6,0	6,6	6,5	8,0
1990	4,2	8,5	7,3	8,0	9,2	7,5	6,5	6,4	5,5	7,0	6,6	7,5
1991	6,4	8,2	8,9	9,8	9,2	8,4	5,8	5,1	6,4	7,7	7,2	4,4
1992	8,4	6,8	8,6	7,8	7,8	8,3	5,9	6,1	5,8	3,7	7,1	7,2
1993	4,7	7,8	**	**	8,3	8,7	5,6	4,8	5,6	7,3	5,3	5,0
1994	6,9	9,2	**	**	7,6	8,6	6,5	5,3	5,6	7,4	8,0	4,2
1995	7,6	9,0	8,4	9,0	9,8	8,9	**	**	**	7,8	7,8	3,6
1996	8,1	7,7	**	9,2	9,1	8,9	7,6	5,3	6,8	7,7	7,2	4,9
1997	5,7	7,0	8,3	9,8	8,1	7,8	5,9	5,8	5,8	7,5	7,2	5,0
1998	7,1	10,3	9,8	**	7,8	**	**	**	**	**	7,9	2,8
Média	6,5	7,6	8,5	8,9	8,6	8,2	6,2	5,3	5,9	6,8	6,9	5,4

Fonte : INMG, **Dados não disponíveis.

ANEXO B - QUADRO RESUMO DAS PRECIPITAÇÕES DE CÁLCULO

Quadro B. 1– Quadro resumo das precipitações

Ano	Precipitações Anuais (mm)		Precipitação Média das 2
	Babosa	Assomada	Estações (mm)
1961	680,6	992,1	836,35
1962	497,7	811,7	654,70
1963	765,4	977,1	871,25
1964	456,0	601,5	528,75
1965	528,1	953,1	740,60
1966	1034,6	1046,3	1040,47
1967	720,4	1327,0	1023,68
1968	321,1	397,5	359,30
1969	521,7	600,9	561,30
1970	211,7	224,9	218,30
1971	512,8	520,2	516,50
1972	47,7	18,1	32,90
1973	271,5	360,2	315,85
1974	603,7	624,9	614,29
1975	304,4	425,1	364,75
1976	536,2	506,1	521,15
1977	43,8	37,5	40,67
1978	569,5	407,2	488,35
1979	435,1	520,0	477,55
1980	380,7	373,7	377,18
1981	395,4	383,5	389,45
1982	385,5	275,6	330,55
1983	271,4	259,7	265,55
1984	547,2	580,0	563,60
1985	316,1	257,5	286,80
1986	498,3	526,2	512,25
1987	747,0	554,8	650,90
1988	415,9	390,2	403,05
1989	326,9	325,3	326,10
1990	356,1	410,5	383,30
1991	350,3	278,9	314,60
1992	361,1	359,1	360,10
1993	399,3	419,6	409,45
1994	142,3	186,4	164,35
1995	523,7	388,5	456,10
1996	228,9	131,8	180,35
1997	304,6	265,4	285,00
1998	238,1	287,8	262,95
1999	752,7	517,5	635,10
2000	637,9	670,0	653,95
2001	437,2	423,2	430,20
2002	303,0	379,4	341,20
2003	683,1	574,4	628,75
2004	437,1	392,0	414,55
2005	480,0	524,9	502,45
2006	486,5	477,5	482,00
2007	369,6	608,0	488,80
2008	515,4	620,0	567,70
2009	603,8	979,0	791,40
2010	786,4	770,5	778,45
2011	637,7	580,5	609,10
2012	725,6	982,6	854,10
2013	873,4	906,0	889,70
		Média	494,26
		Desvio Padrão (σ)	226,49
		Média - σ	267,77
		Média + σ	762,03

ANEXO C - QUADROS UTILIZADOS PARA EXTRACÇÃO DE DADOS PARA O CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO CULTURAL DE REFERÊNCIA E DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO CULTURAL.

Quadro 5.5: Coeficientes da equação de Ångström (Quintela, 1986).

Latitude*		Valor médio		
Intervalo	Valor médio	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a + b</i>
49° – 65°	54°	0,21	0,55	0,76
34° – 43°	36°	0,23	0,53	0,76
18° – 30°	24°	0,28	0,49	0,77
7° – 16°	13°	0,26	0,50	0,76
0° – 6°	3°	0,25	0,49	0,74

* Norte ou sul, com excepção do primeiro intervalo em que se trata apenas de latitude norte.

Figura C. 1 – Coeficientes de Equação de Angstrom, *in* (Hipólito e Vaz, 2012)

Quadro 6.2: Radiação solar média diária no topo da atmosfera ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$).

Lat	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
60	3,48	8,29	16,82	27,36	36,31	40,55	38,33	30,51	20,17	10,60	4,43	2,26
55	6,18	11,29	19,65	29,39	37,25	40,83	38,94	32,14	22,76	13,58	7,21	4,77
50	9,09	14,3	22,34	31,24	38,10	41,11	39,50	33,63	25,19	16,51	10,15	7,58
45	12,11	17,26	24,87	32,89	38,79	41,28	39,93	34,92	27,42	19,35	13,16	10,56
40	15,15	20,15	27,21	34,32	39,28	41,29	40,17	35,99	29,46	22,08	16,16	13,61
35	18,18	22,91	29,35	35,5	39,54	41,09	40,20	36,82	31,27	24,65	19,13	16,68
30	21,14	25,54	31,26	36,43	39,57	40,66	39,99	37,40	32,84	27,06	22,00	19,71
25	24,00	27,99	32,95	37,09	39,34	40,00	39,54	37,72	34,17	29,28	24,77	22,67
20	26,74	30,25	34,38	37,49	38,85	39,10	38,84	37,78	35,24	31,29	27,39	25,52
15	29,32	32,31	35,55	37,61	38,11	37,96	37,89	37,57	36,04	33,07	29,84	28,24
10	31,72	34,13	36,46	37,46	37,11	36,58	36,70	37,09	36,57	34,60	32,11	30,80
5	33,92	35,71	37,09	37,02	35,86	34,97	35,27	36,34	36,83	35,89	34,16	33,18
0	35,91	37,04	37,43	36,32	34,36	33,14	33,6	35,33	36,80	36,91	35,99	35,36
-5	37,66	38,10	37,50	35,35	32,64	31,10	31,72	34,07	36,50	37,66	37,58	37,31
-10	39,17	38,89	37,28	34,12	30,70	28,87	29,64	32,56	35,92	38,14	38,91	39,03
-15	40,41	39,40	36,78	32,63	28,56	26,47	27,37	30,83	35,06	38,33	39,98	40,51
-20	41,4	39,63	36,00	30,91	26,24	23,93	24,94	28,87	33,94	38,25	40,79	41,73
-25	42,12	39,57	34,95	28,97	23,76	21,25	22,36	26,72	32,57	37,88	41,33	42,69
-30	42,57	39,24	33,63	26,81	21,13	18,48	19,67	24,38	30,95	37,24	41,60	43,40
-35	42,76	38,63	32,07	24,47	18,40	15,64	16,88	21,89	29,09	36,33	41,60	43,86
-40	42,71	37,76	30,26	21,95	15,58	12,77	14,04	19,25	27,02	35,16	41,35	44,07
-45	42,42	36,64	28,22	19,29	12,72	9,91	11,19	16,50	24,74	33,75	40,86	44,07
-50	41,93	35,29	25,97	16,51	9,85	7,12	8,36	13,68	22,28	32,1	40,17	43,89
-55	41,29	33,74	23,53	13,63	7,04	4,48	5,64	10,81	19,66	30,25	39,31	43,59
-60	40,60	32,03	20,93	10,70	4,37	2,12	3,13	7,95	16,89	28,23	38,36	43,30

Figura C. 2 – Radiação solar média no topo da atmosfera, *in* (Hipólito e Vaz, 2012)

Quadro 6.3: Insolação astronómica média diária (h).

Lat	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
60	6,5	8,8	11,5	14,3	16,9	18,3	17,6	15,2	12,4	9,6	7,1	5,6
55	7,6	9,4	11,6	13,9	15,9	17,0	16,5	14,6	12,4	10,1	8,0	7,0
50	8,4	9,8	11,6	13,6	15,2	16,1	15,6	14,2	12,3	10,4	8,7	7,9
45	9,0	10,2	11,7	13,3	14,7	15,4	15,0	13,8	12,3	10,6	9,3	8,6
40	9,5	10,5	11,7	13,1	14,2	14,8	14,5	13,5	12,2	10,9	9,7	9,2
35	9,9	10,7	11,8	12,9	13,8	14,3	14,1	13,3	12,2	11,1	10,1	9,7
30	10,3	11,0	11,8	12,7	13,5	13,9	13,7	13,0	12,1	11,2	10,5	10,1
25	10,6	11,2	11,9	12,6	13,2	13,5	13,4	12,8	12,1	11,4	10,8	10,5
20	10,9	11,3	11,9	12,5	13,0	13,2	13,1	12,7	12,1	11,5	11,0	10,8
15	11,2	11,5	11,9	12,3	12,7	12,9	12,8	12,5	12,1	11,6	11,3	11,1
10	11,5	11,7	11,9	12,2	12,5	12,6	12,5	12,3	12,0	11,8	11,5	11,4
5	11,7	11,8	12,0	12,1	12,2	12,3	12,3	12,2	12,0	11,9	11,8	11,7
0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
-5	12,3	12,2	12,0	11,9	11,8	11,7	11,7	11,8	12,0	12,1	12,2	12,3
-10	12,5	12,3	12,1	11,8	11,5	11,4	11,5	11,7	12,0	12,2	12,5	12,6
-15	12,8	12,5	12,1	11,7	11,3	11,1	11,2	11,5	11,9	12,4	12,7	12,9
-20	13,1	12,7	12,1	11,5	11,0	10,8	10,9	11,3	11,9	12,5	13,0	13,2
-25	13,4	12,8	12,1	11,4	10,8	10,5	10,6	11,2	11,9	12,6	13,2	13,5
-30	13,7	13,0	12,2	11,3	10,5	10,1	10,3	11,0	11,9	12,8	13,5	13,9
-35	14,1	13,3	12,2	11,1	10,2	9,7	9,9	10,7	11,8	12,9	13,9	14,3
-40	14,5	13,5	12,3	10,9	9,8	9,2	9,5	10,5	11,8	13,1	14,3	14,8
-45	15,0	13,8	12,3	10,7	9,3	8,6	9,0	10,2	11,7	13,4	14,7	15,4
-50	15,6	14,2	12,4	10,4	8,8	7,9	8,4	9,8	11,7	13,6	15,3	16,1
-55	16,4	14,6	12,4	10,1	8,1	7,0	7,5	9,4	11,6	13,9	16,0	17,0
-60	17,5	15,2	12,5	9,7	7,1	5,7	6,4	8,8	11,6	14,4	16,9	18,4

Figura C. 3 – Insolação astronómica diária, *in* (Hipólito e Vaz, 2012)

Quadro 13.1: Duração das fases para diversas culturas (dias).

Cultura	Região	Plantio	Inicial	Desenv.	Intermédio	Maduro	TOTAL
Genoura	Árida	Out-Jan	20	30	30-50	20	100-120
Genoura	Mediterr.	Fev-Mar	30	40	60	20	150
Aipo	Semi-árida	Out	25	40	95	20	180
Aipo	Mediterr.	Abr	25	40	45	15	125
Alface	Árida	Out-Nov	25	35	30	10	100
Alface	Mediterr.	Abr	20	30	15	10	75
Cebola	Árida	Out	20	45	20	10	95
Cebola	Mediterr.	Abr-Mai	25	30	10	5	70
Espinafre	Árida	Nov	20	30	40	10	100
Espinafre	Mediterr.	Abr; Set-Out	20	20	15-25	5	60-70
Beringela	Árida	Out	30	40	40	20	130
Beringela	Mediterr.	Mai-Jun	30	45	40	25	140
Tomate	Árida	Out-Nov	35	45	70	30	180
Tomate	Mediterr.	Abr-Mai	30	40	45	30	145
Mandioca	Tropical	Período de chuvas	20	40	90	60	210
Batata	Semiárida	Jan, Nov	25	30	30-45	30	115-130
Batata	Europa	Abr	30	35	50	30	145
Batata-doce	Tropical	Período de chuvas	15	30	50	30	125
Batata-doce	Mediterr.	Abr	20	30	60	40	150
Beterraba	Árida	Nov	35	60	70	40	205
Beterraba	Mediterr.	Mai	25	35	50	50	160
Soja	Tropical	Dez	15	15	40	15	85
Algodão	Egipto	Mar-Mai	30	50	60	55	195
Linho	Europa	Abr	25	35	50	40	150
Girassol	Mediterr.	Abr-Mai	25	35	45	25	130
Trigo	Lat. 35°-45°	Mar-Abr	20	25	60	30	135
Milho	Árida	Dez-Jan	25	40	45	30	140
Arroz	Tropical	Dez-Mai	30	30	60	30	150
Arroz	Mediterr.	Dez-Mai	30	30	60	30	150
Cana-de-açúcar inic.	Tropical		50	70	220	140	480
Cana-de-açúcar seg.	Tropical		30	50	180	60	320
Banana	Mediterr.	Fev	120	60	180	5	365
Cítrinos	Mediterr.	Jan	60	90	120	95	365

Figura C. 4 – Duração das fases para diferentes culturas, *in* (Hipólito e Vaz, 2012)

Quadro 13.2: Valores de $K_{c\ ini}$, $K_{c\ mid}$ e $K_{c\ end}$ para diversas culturas.

Cultura	$K_{c\ ini}$	$K_{c\ mid}$	$K_{c\ end}$
Cenoura	0,7	1,05	0,95
Aipo	0,7	1,05	1,00
Alface	0,7	1,00	0,95
Cebola	0,7	1,00	1,00
Espinafre	0,7	1,00	0,95
Beringela	0,6	1,05	0,90
Tomate	0,6	1,15	0,70–0,90
Mandioca	0,3	1,10	0,50
Batata	0,5	1,15	0,75
Batata-doce	0,5	1,15	0,65
Beterraba	0,35	1,20	0,70
Soja	0,4	1,15	0,50
Algodão	0,35	1,15–1,20	0,50–0,70
Linho	0,35	1,10	0,25
Girassol	0,35	1,0–1,15	0,40
Trigo	0,7	1,15	0,25–0,40
Milho	0,3	1,20	0,60
Arroz	1,05	1,20	0,60–0,90
Cana-de-açúcar	0,4	1,25	0,75
Banana	1,0	1,20	1,10
Citrinos	0,7	0,65	0,70

Quadro 13.3: Método do SCS para determinação da precipitação efetiva.

Prec. mensal média, mm	Necessidade mensal de consumo de água, mm													
	25,0	50,0	75,0	100,0	125,0	150,0	175,0	200,0	225,0	250,0	275,0	300,0	325,0	350,0
	Precipitação mensal efetiva média, mm													
12,5	7,5	8,0	8,7	9,0	9,2	10,0	10,5	11,2	11,7	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
25,0	15,0	16,2	17,5	18,0	18,5	19,7	20,5	22,0	24,5	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
37,5	22,5	24,0	26,2	27,5	28,2	29,2	30,5	33,0	36,2	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5
50,0	25,0	32,2	34,5	35,7	36,7	39,0	40,5	43,7	47,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
62,5		39,7	42,5	44,5	46,0	48,5	50,5	53,7	57,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5
75,0		46,2	49,7	52,7	55,0	57,5	60,2	63,7	67,5	73,7	75,0	75,0	75,0	75,0
87,5		50,0	56,7	60,2	63,7	66,0	69,7	73,7	77,7	84,5	87,5	87,5	87,5	87,5
100,0			63,7	67,7	72,0	74,2	78,7	83,0	87,7	95,0	100,0	100,0	100,0	100,0
112,5			70,5	75,0	80,2	82,5	87,2	92,7	98,0	105,0	111,0	112,0	112,0	112,0
125			75,0	81,5	87,7	90,5	95,7	102,0	108,0	115,0	121,0	125,0	125,0	125,0
137,5				88,7	95,2	98,7	104,0	111,0	118,0	126,0	132,0	137,0	137,0	137,0
150,0				94,0	98,0	104,0	111,0	117,0	124,0	132,0	140,0	147,0	150,0	150,0

Quadro 13.4: Fator de correção da precipitação efetiva.

Capacidade, mm	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Fator	0,62	0,68	0,73	0,78	0,81	0,84	0,88	0,91	0,93
Capacidade, mm	70	75	80	95	100	125	150	175	200
Fator	0,99	1,00	1,01	1,02	1,02	1,04	1,06	1,07	1,08

Figura C. 5 – Método SCS para o cálculo da precipitação efetiva e Fator de correção da precipitação efetiva, *in* (Hipólito e Vaz, 2012)

Quadro 13.5: Tolerância de algumas culturas à salinidade do solo e da água.

RENDIMENTO POTENCIAL CULTURA	100%		90%		50%	
	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w
Algodão	7,7	5,1	9,6	6,4	17	12
Beterraba	7,0	4,7	8,7	5,8	15	10
Soja	5,0	3,3	5,5	3,7	7,5	5,0
Amendoim	3,2	2,1	3,5	2,4	4,9	3,3
Cana-de-açúcar	1,7	1,1	3,4	2,3	10	6,8
Milho	1,7	1,1	2,5	1,6	5,9	3,9
Feijão	1,0	0,7	1,5	1,0	3,6	2,4
Tomate	2,5	1,7	3,5	2,3	7,6	5,0
Batata	1,7	1,1	2,5	1,7	5,9	3,9
Cebola	1,2	0,8	1,8	1,2	4,3	2,9
Laranja	1,7	1,1	2,3	1,6	4,8	3,2
Morango	1,0	0,7	1,3	0,9	2,5	1,7

Figura C. 6 – Tolerância de algumas culturas à salinidade do solo e da água, *in* (Hipólito e Vaz, 2012).