



**INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE BRAGANÇA** Escola Superior Agrária

**Necessidades de rega e avaliação do desempenho do sistema de rega do Perímetro  
Irrigado do Mucoso (Angola)**

**Eládio Zacarias Mendes Fina**

*Relatório Final de Estágio apresentado à Escola Superior Agrária de Bragança para  
obtenção do Grau de Mestre em Agroecologia*

**Orientado por**

**Professor Doutor António Castro Ribeiro**

**Professora Doutora Paula Sofia Alves do Cabo**

**Bragança, 2018**



À minha esposa, Paula Faz Bem Campos Fina e à nossa filha.

Aos meus pais, irmãos e tios.

Aos meus amigos, João B. D. F. Da Costa, Aldair W. F.F. de Almeida, Abilson E. B. Quiteque e Aureliano da C. António.

## **Agradecimentos**

Ao meu Deus que, em Cristo, me susteve durante todos os dias destes dois longos anos. Desde o início da elaboração deste trabalho que inúmeras pessoas participaram, directamente ou indirectamente, portanto, antes de passar aos agradecimentos dirigidos, quero agradecer a todos, absolutamente todos, em quem vi um suporte para então chegar até ao fim, obrigado.

Dirijo os meus agradecimentos à minha esposa, Paula Faz Bem Campos Fina que, pacientemente, carinhosamente, amorosamente, intelectualmente me apoiou, me cuidou e me esperou. Obrigado minha “gazela africana”. Sabe a minha alma como me afligi durante estes dois anos pela distância física a qual estivemos sujeitos durante este tempo... obrigado. Recorro à uma bela figura de linguagem para tentar descrever a minha profunda gratidão por existires na minha vida: o campo semântico da língua portuguesa ficou tão reduzido quando procurei palavras para descrever o que desejo, para descrever a minha gratidão, por isso, apenas lhe digo, obrigado minha amada esposa, obrigado.

Dirijo os meus agradecimentos aos meus pais que, sem medidas, sem fadiga, sem limites, sem reservas, me apoiaram, a ponto de hoje estar a concluir este trabalho, obrigado meu caro pai, Zeferino Fina e minha cara mãe, Luzia Fina. A minha jornada até aqui começou em vocês, começou bem dentro de vocês. Com profundo respeito e profunda gratidão, meus pais, quero dizer: muito obrigado por tudo que fizeram e por tudo que vocês representaram (durante estes dois anos) e representam na minha vida.

Aos meus irmãos, que foram eu quando não pude ser, sou grato a vocês por tudo.

Aos meus orientadores, Professor Doutor António Castro Ribeiro e a Professora Doutora Paula Sofia Alves do Cabo, pela dedicação e paciência. Agradeço por todo ensino durante todo este tempo. Foram muito atenciosos, foram uns verdadeiros professores. Muito obrigado.

Aos meus novos irmãos (João B. D. F. Costa, Aldair W. F.F de Almeida, Abilson E. B. Quiteque, Aureliano A. Da Costa) por cada instante vivido, por cada partilha, por cada ombro amigo, obrigado. Meu profundo agradecimentos meus companheiros.

À mamã Laurita por todo apoio e por toda tempo dedicado, meu muito obrigado.

À Dr.<sup>a</sup> Clarisse Pais, pela sua disponibilidade e pelos pontuais e prestáveis esclarecimentos.

Aos funcionários do Perímetro irrigado do Mucoso por todo apoio prestado durante a pesquisa e elaboração do trabalho. Particular agradecimento à direcção do Perímetro pela abertura.

Ao Instituto Nacional dos Recursos Hídricos, pelo apoio que me deram, possibilitando o avanço da pesquisa e realização do trabalho.

À direcção do Instituto Superior Politécnico do Kwanza Sul, na pessoa do Sr. Director Manuel Octávio Spínola, pela porta que nos abriu.

Como referi acima, muitos são os que participaram desta caminhada, por isso, extensivamente, dirijo a vocês os meus agradecimentos.

## **Resumo**

Nas últimas décadas a população mundial cresceu rapidamente, tendo ultrapassado a fasquia dos 7 bilhões em 2017. As projeções apontam que em 2050, este número ascenderá para mais de 9 bilhões. Este aumento implicará em maior consumo de recursos, nomeadamente, hídricos e alimentar à escala planetária. É tarefa do sector agrícola, sobretudo a agricultura de regadio, responder a esta necessidade e produzir alimentos suficientes para atender a crescente demanda alimentar. É necessário, no entanto, garantir que o consumo de água pelo sector agrícola seja equilibrado. Para tal, é imprescindível que os sistemas de rega utilizados nas explorações agrícolas tenham uma alta uniformidade de aplicação de água, possibilitando uma elevada eficiência de rega e obtenção de níveis ótimos de produtividade das culturas.

O presente trabalho foi realizado nas parcelas do Perímetro Irrigado do Mucoso, localizado na província angolana do Kwanza Norte, no município de Cambambe-Dondo.

O objetivo do estágio consistiu na avaliação das necessidades de rega considerando a ocupação cultural atual e avaliar o desempenho dos sistemas de rega através da determinação de coeficientes de uniformidade de distribuição de água na parcela. No que foi possível avaliar, os coeficientes de uniformidade foram classificados como razoável, para a parcela de citrinos (81,6%), e mau, para a parcela de banana (69,4%). Os resultados apontam para a necessidade da realização periódica de avaliações da uniformidade de distribuição e de outros indicadores, para se evitar desperdícios de água, com prejuízos directos na planta e no ambiente e com efeitos na produtividade.

Os baixos níveis de uniformidade detetados resultam num maior consumo de água, o que implica um maior dispêndio associado à rega e prejudica o rendimento individual dos agricultores. Esta situação repercute-se de forma negativa também ao nível da oferta de água, na medida em que uma maior utilização de água implica maiores despesas de exploração do perímetro.

**Palavras-chave:** Coeficiente de uniformidade; eficiência de rega; necessidades de rega; Perímetro Irrigado do Mucoso; custo da rega; avaliação económica; sustentabilidade.

## **Abstract**

In recent decades, the world population grew rapidly, having exceeded the threshold of 7 billion in 2017. The projections indicate that in 2050, this number will reach more than 9 billion. This increase will result in greater consumption of resources, including water and food, to a planetary scale. It is the responsibility of the agricultural sector, especially irrigated agriculture, to respond to this need and produce enough food to meet growing food demand. However, it is necessary to ensure that water consumption by the agricultural sector will be balanced. For this, it is essential that irrigation systems used in agricultural holdings have a high uniformity of water application, allowing a high irrigation efficiency and optimum levels of crop productivity.

The present work was carried out in the plots of the Mucoso Irrigated Perimeter, located in the Angolan province of Kwanza Norte, Cambambe-Dondo municipality. The objective of the training was to evaluate irrigation needs considering the current cultural occupation and to evaluate the performance of irrigation systems by determining the coefficients of water distribution uniformity in the plot. In what could be evaluated, the coefficients of uniformity were classified as reasonable for the citrus plot (81.6%) and bad for the banana plot (69.4%). The results indicate the need for periodic evaluations of distribution uniformity and other indicators to avoid waste of water, with direct damages to the plant and the environment and with effects on productivity.

The low levels of uniformity detected result in increased water consumption, which implies a higher expenditure associated with the irrigation and impairs farmers' individual income. This situation also has a negative impact on the level of water supply, as greater water use leads to higher perimeter operating expenses.

**Key-words:** Uniformity Coefficient; irrigation efficiency; irrigation necessity; Mucoso Irrigated Perimeter; irrigation cost; economic evaluation; sustainability.

## **Abreviaturas e siglas**

AKZ - Angola Kwanza

ANA - Agencia Nacional de Águas (Brasil)

CA - Custo da água na óptica da oferta

CAExp - Custo Anual de exploração

CAMan - Custo Anual de manutenção

CEIC/UCAN - Centro de Estudos e Investigação Científica da Universidade Católica de

CU - Coeficiente de Uniformidade

CUA - Coeficiente de Uniformidade Absoluto

CUC - Coeficiente de Uniformidade de Christiansen

CUD/UD - Coeficiente de Uniformidade de Distribuição/Uniformidade de Distribuição

CUE - Coeficiente de Uniformidade Estatístico

CUH - Coeficiente de Uniformidade de Hart

DAP - Custo da água na óptica da procura

ET – Evapotranspiração (mm)

ETc - Evapotranspiração da cultura (mm)

ETo - Evapotranspiração de referência (mm)

FAO - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação

HR - Humidade Relativa (%)

Kc - Coeficiente cultura

MJ - Megajoules

NEPAD - Nova Parceria para o Desenvolvimento de África

OGE - Orçamento Geral do Estado

PIB - Produto Interno Bruto

PNA- Plano Nacional de Águas

PNEA - Programa Nacional Estratégico para Água

Índice	
Agradecimentos .....	ii
Resumo .....	iv
Abstract .....	v
Abreviaturas e siglas.....	vi
Índice de figuras .....	ix
Índice de tabelas .....	xi
1. Introdução .....	1
2. Revisão bibliográfica.....	3
2.1. Recursos hídricos a nível mundial.....	3
2.1.2. Importância da água .....	3
2.1.3 Disponibilidade de água.....	4
2.1.4 Utilização pelos diferentes sectores .....	6
2.1.5. Escassez dos recursos hídricos.....	9
2.2. Recursos hídricos em Angola .....	10
3. Caracterização dos Perímetros Irrigados de Angola .....	12
3.1. Perímetro Irrigado do Caxito.....	13
3.2. Perímetro Irrigado de Kikuxi .....	14
3.3 Perímetro Irrigado da Chibia (Ganjelas).....	14
3.4. Perímetro Irrigado da Cela.....	15
3.5. Perímetro Irrigado do Missombo.....	15
3.6. Perímetro Irrigado da Matala .....	16
3.7. Perímetro irrigado do Mucoso.....	16
4. Importância e benefícios da rega na produção e produtividade das culturas .....	18
5. Necessidades hídricas das culturas .....	21
6. Metodologia para avaliação do desempenho dos sistemas de rega.....	23
6.1. Indicadores de uniformidade de irrigação .....	24
6.2. Indicadores de eficiência de irrigação.....	26
7. Custo da água de rega .....	26

8. Caracterização geral do Perímetro Irrigado do Mucoso .....	29
8.1. Clima .....	33
8.2. Temperatura e precipitação.....	33
8.3. Radiação solar e insolação .....	34
8.4. Humidade relativa.....	35
8.5. Evapotranspiração de referência .....	36
8.6. Solo .....	37
8.7. Área total e divisão das parcelas.....	37
8.8. Principais culturas instaladas .....	38
8.9. Rede de distribuição .....	39
8.10. Caracterização das culturas instaladas no Perímetro do Mucoso .....	40
9. Material e métodos.....	52
9.1. Avaliação da uniformidade de rega no local de estudo .....	52
9.2. Balanço hídrico do solo e determinação das necessidades líquidas de rega das culturas .....	52
10. Resultados e discussão .....	53
10.1. Uniformidade de distribuição .....	53
10.2. Alguns aspectos a evitar na prática da rega no local em estudo .....	59
10.3. Determinação das necessidades de rega das culturas do perímetro do Mucoso.....	62
11. Conclusões .....	66
12. Bibliografia .....	67

## Índice de figuras

Figura 1 - Percentagem de extração de recursos hídricos renováveis (FAO, 2016).....	6
Figura 2 - Risco de escassez de água no mundo. Fonte: Jacobi & Grandisoli (2017).....	9
Figura 3 - Localização do Perímetro irrigado do Mucoso .....	17
Figura 4 - Produtividade de grãos em condições irrigadas e em sequeiro no Brasil. Adaptado de (ANA, 2017).....	19
Figura 5 - Repartição do investimento referente ao projeto de reabilitação do Perímetro irrigado do Mucoso .....	31
Figura 6 - Repartição das despesas mensais de funcionamento do Perímetro irrigado do Mucoso, conforme previsão ano 2015.....	32
Figura 7 - Temperatura e Precipitação da localidade do Mucoso, (Incatema Consulting, 2014) .....	34
Figura 8 - Radiação e insolação na localidade do Mucoso, (Incatema Consulting, 2014) .....	35
Figura 9 - Humidade relativa da localidade do Mucoso, (Incatema Consulting, 2014) .	35
Figura 10 - Velocidade do vento da localidade do Mucoso, (Incatema Consulting, 2014) .....	36
Figura 11 – Evapotranspiração de referencia da localidade do Mucoso, (Incatema Consulting, 2014).....	36
Figura 12 - Ordenamento das parcelas do Perímetro do Mucoso (Incatema Consulting, 2014) .....	37
Figura 13 - Mapa das parcelas e outras infra-estruturas do Perímetro irrigado do Mucoso. Fonte: <a href="https://earth.google.com/web/">https://earth.google.com/web/</a> .....	38
Figura 14 - Infraestrutura de captação de água no Rio Kwanza .....	39
Figura 15 - Bombas de eixo vertical no interior da infraestrutura de captação .....	39
Figura 16 - Esquema de metodologia de determinação da uniformidade em sistema de gota-a-gota, Keller e Karmeli (1975).....	52
Figura 17 - Excesso de gotejadores na planta de citrino.....	59
Figura 18 - Acumulação de água perto das plantas de citrinos.....	59
Figura 19 - Gotejadores correctamente colocados na planta da manga.....	60
Figura 20 - Gotejadores correctamente colocados na planta da manga.....	60
Figura 21 - Gestão adequada água de rega por formas a obter dela o máximo proveito, (Rodrigues G. , s/d).....	61

Figura 22 – Necessidades de rega médias mensais para os citrinos no perímetro irrigado do Mucoso.....	62
Figura 23 - Necessidades de rega médias mensais para o ananás no perímetro irrigado do Mucoso.....	62
Figura 24 - Necessidades de rega médias mensais para a manga no perímetro irrigado do Mucoso.....	62
Figura 25 - Necessidades de rega médias mensais para a banana no perímetro irrigado do Mucoso.....	62
Figura 26 - Necessidades de rega líquidas anuais de rega das culturas hortícolas, por hectare.....	63

## Índice de tabelas

Tabela 1 - Distribuição dos recursos hídricos no mundo, FAO (2002).....	4
Tabela 2 - Valores anuais médios de recursos hídricos renováveis por continente. Adaptado de Shiklomanov (1978), citado por (Hipólito & Vaz, 2017).....	5
Tabela 3 - Captação de água nas várias regiões (km <sup>3</sup> /ano). Adaptado de Gleik (2007), citado por (Hipólito & Vaz, 2017).....	7
Tabela 4 - Área irrigada mundial, ICID (2017).....	8
Tabela 5 - Bacias hidrográficas de Angola, adaptado de COBA (2010).....	11
Tabela 6 - Distribuição das necessidades de água pelos principais usos, 2012 e 2017, Vieira et al., (2014). .....	12
Tabela 7 - Culturas de eleição do perímetro do Mucoso, Angola, em 2018.....	38
Tabela 8 - Informações para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura da cebola, (Allen et al., 1998). .....	41
Tabela 9 - Informações para a avaliação das necessidades de água e para a condução da rega na cultura do tomate, (Allen et al., 1998). .....	42
Tabela 10 - Informações para a avaliação das necessidades de água e para a condução da rega na cultura da beringela (Allen et al., 1998). .....	43
Tabela 11 - Informações para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura do pepino, (Allen et al., 1998) .....	44
Tabela 12 - Informações para a avaliação das necessidades de água e para a condução da rega na cultura do melão, (Allen et al., 1998). .....	45
Tabela 13 - Informações para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura da melancia, (Allen et al., 1998).....	46
Tabela 14 - Informações para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura do repolho, (Allen et al., 1998) .....	47
Tabela 15 - Informações para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura da couve (Allen et al., 1998). .....	47
Tabela 16 - Informações para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura dos citrinos, adaptado de Allen et al. (1998) e Doorenbos e Pruitt(1975) citados por Shahidian (2012). .....	48
Tabela 17 - Informações para a avaliação das necessidades de água e para a condução da rega na cultura da banana, adaptado de Allen at al. (1998) e Doorenbos e Pruitt (1975).....	49

Tabela 18 - Informações para a avaliação das necessidades de água e para a condução da rega na cultura do ananás, adaptado de Allen et al.(1998); Doorenbos e Pruitt(1977) e FAO (s.d).....	50
Tabela 19 - Informações para a avaliação das necessidades de água e para a condução da rega na cultura da manga, adaptado de COBA (2010) .....	51
Tabela 20 – Valores recomendados para avaliação do coeficiente de uniformidade, adaptado de Merriam e Keller (1978) e Bernardo et al. (2006), citados por Silva et al. (2015).....	53
Tabela 21 - Valores indicativos das eficiências de aplicação da rega localizada em ótimas condições (bem projetadas e bem mantidas), (Pereira, 2004). .....	54
Tabela 22 - Resultados dos coeficientes de uniformidade obtidos nas parcelas estudadas do Perímetro Irrigado do Mucoso .....	54
Tabela 23 - Necessidades de rega por área instalada de banana (9 ha) com eficiência de rega (UD) simulada.....	56
Tabela 24 - Necessidades de rega por área instalada dos citrinos (74 ha) com eficiência de rega (UD) simulada .....	56
Tabela 25 - Potenciais elementos presentes na água susceptíveis de entupir os gotejadores, (Keller e Bliesner,1990).....	58
Tabela 26 - Resumo das necessidades líquidas de rega das culturas instaladas no Perímetro Irrigado do Mucoso, em m <sup>3</sup> .....	64

## **1. Introdução**

A vida, assim como o desenvolvimento sustentável das sociedades, dependem inteiramente do recurso água, que é um fator sine qua non na produção agrícola (Hipólito & Vaz, 2017). É possível compreender melhor hoje que a água é um recurso, além de renovável, finito, pelo que é responsabilidade das nações aperfeiçoarem as técnicas de gestão deste precioso líquido. Tendo em conta que a disponibilidade deste recurso varia completamente em função ao uso e das diferentes características climáticas de cada região, é impreterível garantir a sustentabilidade da sua utilização. A necessidade do uso sustentável é ainda mais evidente atualmente, tendo em conta o maior risco de escassez, dado pela realidade das alterações climáticas e pelo aumento da população mundial que requer maior consumo para satisfazer as crescentes necessidades bem como pela demanda de água por parte dos sectores da indústria e habitação. Assim, a compreensão da ocorrência, circulação e distribuição da água nas diferentes partes da Terra possibilita ao homem fazer uso racional deste recurso (Hipólito & Vaz, 2017).

Um dos grandes desafios do Governo de Angola é combater a fome e a pobreza, por via da agricultura, além de outros projectos estruturantes, garantindo assim a segurança alimentar no País. Tendo em conta a sua enorme disponibilidade hídrica, a criação de Perímetros Irrigados foi uma aposta do Governo, pois estes, funcionando em pleno, podem ajudar a reduzir os níveis de escassez de alimentos e aumentar a oferta laboral. Contudo, não basta apenas ter os Perímetros Irrigados, é necessário garantir a sua operacionalização, pois só assim poderão ser alcançados os níveis de produção pretendidos. Tendo em conta ainda que os sistemas de rega dos Perímetros são projectados e operados para, sem desperdícios, atender às necessidades de água das culturas (Silva et al., 2002), é necessário garantir que estes tenham níveis de desempenho satisfatórios, para tal, é preciso fazer manutenções constantes, garantindo assim níveis óptimos de eficiência de rega.

O objectivo deste trabalho é avaliar o desempenho do sistema de rega instalado no Perímetro Irrigado do Mucoso, e compreender as implicações económicas que resultam da uniformidade de rega. Pretende-se ainda propor soluções que motivem a melhorar os níveis de eficiência do sistema de rega em causa.

O trabalho está estruturado em dez pontos principais. No primeiro ponto apresenta-se a revisão bibliográfica, onde são discutidos a situação atualmente dos recursos hídricos no

mundo e em Angola, bem como, os principais sectores consumidores dos recursos hídricos disponíveis. O segundo ponto é reservado para descrever e caraterizar alguns Perímetros Irrigados existentes em Angola, bem como, a principal vocação destes. Na terceira parte aborda-se a importância e os benefícios provenientes da utilização da rega em sistemas agrícolas. Na quarta e quinta partes são feitas descrições das principais metodologias existentes para estimar as necessidades hídricas das culturas, assim como as metodologias para avaliar o desempenho dos sistemas de rega. Na sexta parte é feita a avaliação económica dos custos da água de rega no Perímetro Irrigado do Mucoso. No ponto sete é feito, em separado, a caraterização mais específica do Perímetro Irrigado do Mucoso. Na oitava parte descreve-se os materiais e métodos da componente prática do trabalho. Nos dois últimos pontos apresentam-se os principais resultados e as discussões, comparando-os com outros apresentados pela ampla literatura consultada, e apresentam-se as conclusões.

## **2. Revisão bibliográfica**

### **2.1. Recursos hídricos a nível mundial**

Cerca de três quartos da superfície de toda terra é ocupada por água, sendo ela mesma um recurso propiciador da vida. O homem vem utilizando a água para atender às suas próprias necessidades (produção agrícola, comercial e industrial) atribuindo assim à água uma valorização económica (Mello & Olivo, 2016). Portanto, as economias mundiais dependem deste recurso para se desenvolver.

Assim, quanto mais compreendermos sobre a água, melhor e mais consciente será o uso que daremos a este recurso.

#### **2.1.2. Importância da água**

A água é um componente essencial das economias locais e nacionais, sendo necessária para criar e manter empregos em todos os setores da economia. Metade da força de trabalho mundial está empregada em oito setores dependentes de recursos hídricos e naturais: agricultura, silvicultura, pesca, energia, manufatura com uso intensivo de recursos, reciclagem, construção e transporte, sendo que estes dois últimos não requerem quantidades significativas como o sector agrícola (FAO, 2016).

Além destes, há outros sectores que são também dependentes dos recursos hídricos para o seu funcionamento, como a aquicultura, saneamento, mineração e extração (FAO, 2016).

Em síntese, de acordo com dados da *Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação – FAO* (2016), 1,4 bilhão de empregos (42% do total da mão-de-obra mundial) são altamente dependentes dos recursos hídricos e 1,2 bilhão de empregos (36% da mão-de-obra mundial) são moderadamente dependentes dos recursos hídricos. No geral, 78% dos empregos que constituem a mão-de-obra mundial dependem dos recursos hídricos. Por essa razão, se negligenciarmos as questões relacionadas à água, é alto o risco que se corre e maior ainda o efeito dos impactos negativos nas economias, nos meios de subsistência e nas populações, com resultados potencialmente catastróficos e dispendiosos. A gestão insustentável dos recursos hídricos e de outros recursos naturais pode causar graves danos às economias e à sociedade, invertendo significativamente os benefícios conquistados na luta pela redução da pobreza, criação de empregos e desenvolvimento (FAO, 2016).

A importância dos recursos hídricos está espelhada nos sectores que dele dependem, portanto, a gestão adequada deste recurso é uma tarefa hercúlea que diz respeito a todas as pessoas.

### 2.1.3. Disponibilidade de água

Estima-se que existam no mundo cerca de 1.400 milhões km<sup>3</sup> de água, dos quais apenas 35 milhões (2,5 por cento) são água doce. A maior parte da água doce das calotas polares, glaciares e aquíferos profundos não é utilizável. A água doce que pode ser usada procede essencialmente do escoamento superficial da água da chuva, gerada no ciclo da água.

A precipitação média anual na terra chega a 119 000 km<sup>3</sup>, dos quais cerca de 74 000 km<sup>3</sup> evapora-se para a atmosfera. Os restantes 45 000 km<sup>3</sup> fluem para os lagos, reservatórios de água, ou infiltram-se no solo para reabastecer os aquíferos. A gestão da água pelo Homem é um fator que determina grandemente a forma como ela regressa a algumas partes do seu ciclo, ou seja, para que as fontes não sejam poluídas, é necessário fazer um adequado uso da água.

Este volume de água que retorna ao seu ponto de origem é convencionalmente chamado de recursos hídricos. Nem todos os recursos são utilizados, é o caso dos fluxos de água em rios distantes e durante as inundações sazonais. Apenas entre 9 000 a 14 000 Km<sup>3</sup> são economicamente utilizáveis pelo homem, volume irrisório em comparação com a quantidade total de água no planeta (FAO, 2002). A tabela 1 apresenta a forma como estão distribuídos os recursos hídricos no planeta.

Tabela 1 - Distribuição dos recursos hídricos no mundo, FAO (2002)

	Volume de água (milhões km <sup>3</sup> )	Em percentagem de água doce	Em percentagem do total de água
Água doce	35	100	2,53
Glaciares e capas polares	24,4	69,7	1,76
Água subterrânea	10,5	30	0,76
Lagos, rios e atmosfera	0,1	0,3	0,01
Água salina	1 351		97,47
Total	1 386		100

Impõe-se uma breve discussão sobre alguns pontos importantes: da percentagem total de água doce disponível (que representa 2,53% do total de água), pois é sobre ela que recai a nossa preocupação, apenas uma parte muito reduzida está acessível, ou seja, apenas 0,3% (que representa 0,01% do total de água) pode ser usada pelo homem com poucas limitações.

Na Tabela 2 apresentam-se os valores anuais de recursos hídricos renováveis ao nível dos continentes. É conveniente fazer outra reflexão importante aqui: os dados atuais da população mundial indicam que esta é de cerca de 7,2 bilhões, dos quais cerca de 1,2 bilhão está em África, o que o torna um dos continentes mais populosos (UN DESA, 2017). Por outro lado, de acordo com a Tabela 2, o continente africano é o segundo maior em extensão. O paradoxo é visível quando olhamos para os recursos hídricos renováveis do continente, comparando-o com outros que até são menores em extensão e em população.

Tabela 2 - Valores anuais médios de recursos hídricos renováveis por continente. Adaptado de Shiklomanov (1978), citado por (Hipólito & Vaz, 2017)

<b>Continente</b>	<b>Área (10<sup>6</sup> Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Recursos hídricos renováveis (km<sup>3</sup>/ano)</b>
África	30,1	4.050
América do Norte	24,3	7.890
América do Sul	17,9	12.030
Ásia	43,5	13.510
Europa	10,5	2.900
Oceânia	8,9	2.405
Total	135,2	42.785

Barbosa et al., (2017) referem que a parte da água disponível para agricultura irrigada terá redução em 40% até 2050. Portanto, a preocupação sobre a uso de mecanismos de gestão mais eficientes, principalmente neste sector, que é o maior destino da água acessível, é um fator decisivo para se garantir a manutenção das fontes de água, sobretudo no continente africano, que conta com um número populacional bastante elevado e por ser o continente com maior escassez de recursos hídricos (Hipólito & Vaz, 2017). É necessário que os países africanos – cuja modernização da agricultura é uma meta a atingir nos próximos anos, – conforme refere a Comissão da União Africana (2015), adotem as melhores e mais sustentáveis práticas de irrigação. A Figura 1 mostra a percentagem de extração de recursos hídricos renováveis a nível mundial.

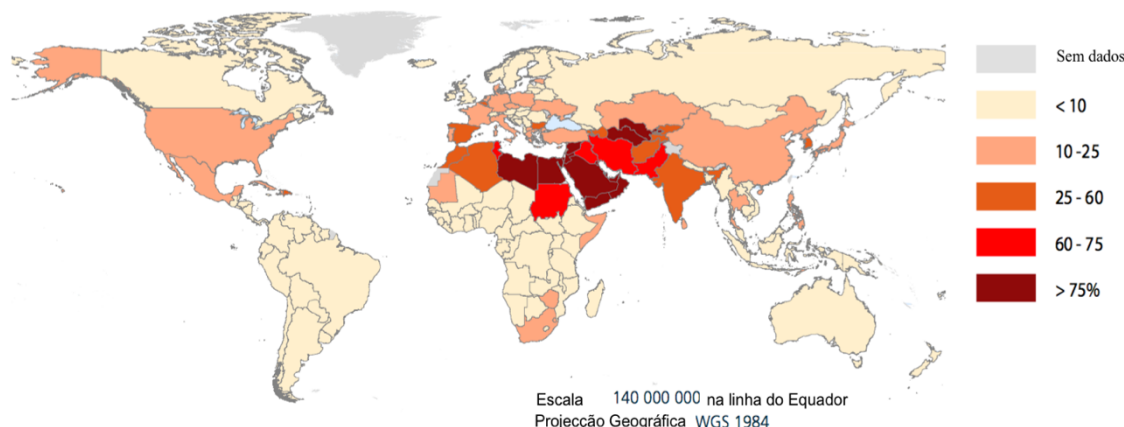


Figura 1 - Percentagem de extração de recursos hídricos renováveis (FAO, 2016)

A Figura 1 evidencia o nível de pressão humana sobre os recursos hídricos mundiais. A avaliação foi feita com base na soma do total de água retirada pelos três sectores que mais consomem (agricultura, município e indústria), dividido pela quantidade de recursos hídricos renováveis (FAO, 2016). África apresenta, no global, menores taxas de captação dos seus recursos hídricos, quando comparada com a Europa (Tabela 3).

Atualmente, esta pressão sobre os recursos hídricos não diminuiu, sendo que o relatório mais recente da FAO refere que ao longo do último meio século, a agricultura se expandiu e intensificou para atender à crescente demanda alimentar provocada principalmente pelo crescimento da população e pelas mudanças na dieta humana (FAO, 2017).

#### 2.1.4. Utilização pelos diferentes sectores

Quando se pensa na água como recurso natural, diversos tipos de utilização podem ser considerados e categorizados (Hipólito & Vaz, 2017):

- utilização para fins indispensáveis à vida, saúde e bem-estar das pessoas, tal como beber, cozinhar, higienização pessoal e outros consumos em ambientes domésticos;
- utilização de consumo público – escolas, hospitais, comércio e serviços, bombeiros e outros;
- utilização para fins económicos, ou seja, como fator no processo de produção;
- utilização em tarefas de conservação ambiental.

É então possível congregiar estas utilizações em três grandes grupos: industrial, doméstico e agrícola.

Na Tabela 3 apresentam-se valores de captações estimados para o ano 2000 para as várias regiões do mundo, segundo o grupo de utilização.

Tabela 3 - Captação de água nas várias regiões (km<sup>3</sup>/ano). Adaptado de Gleik (2007), citado por (Hipólito & Vaz, 2017)

Região	Captação							
	Total		Doméstico		Industrial		Irrigação	
	km <sup>3</sup> a <sup>-1</sup>	km <sup>3</sup> a <sup>-1</sup>	%	km <sup>3</sup> a <sup>-1</sup>	%	km <sup>3</sup> a <sup>-1</sup>	%	
África	214	22	10	9	4	183	86	
América do Norte	622	89	14	257	41	276	45	
América do Sul	164	28	17	21	12	116	71	
Ásia	2294	169	7	249	11	1876	82	
Europa	392	63	16	203	52	126	32	
Oceânia	26	5	18	3	10	19	72	
<b>Total</b>	<b>3712</b>	<b>375</b>	<b>10</b>	<b>741</b>	<b>20</b>	<b>2596</b>	<b>70</b>	

A quantidade de água captada e utilizada pelos diferentes países varia muito dependendo do sector no qual se investe mais e isso determina o perfil do uso da água de cada país ou região. Por exemplo, a Ásia consome cerca de 82% dos recursos hídricos no sector agrícola e apenas 11% é atribuído à indústria, enquanto que, na Europa, acontece o inverso, ou seja, a maior parte da água é consumida pelo sector da indústria, seguida pela agricultura (Florke, et al., 2012; Hipólito & Vaz, 2017).

Abu Zeid (1995), citado por Kanber (1999) refere que a demanda de recursos hídricos nos últimos três séculos aumentou 35 vezes. Esta tendência mantém-se, sendo que, de acordo com a base de dados AQUASTAT (FAO, 2010), 3.856 km<sup>3</sup> de água doce foram retiradas das fontes e consumidas globalmente pelos sectores da agricultura, indústria e sector público, em 2003 (Kanber, 1999; Hipólito & Vaz, 2017). Tal como já foi referido, a tendência de consumo é crescente, pelo a FAO estimou um aumento de 11% na demanda de água pela agricultura irrigada no período entre 2008 e 2050 (FAO, 2017).

O crescimento da população, sobretudo a urbana, causa um aumento adicional na procura de água potável. As projeções das Nações Unidas para 2050 apontam para uma população

mundial de 9,5 bilhões, sendo esperados maiores consumos de água. Durante o último século verificou-se um constante aumento do consumo de água pelos diferentes sectores de atividade. Todavia, à escala global, o protagonismo do sector agrícola é evidente e a agricultura mantém-se como o sector que mais utiliza os recursos hídricos, sendo responsável pelo consumo de 70% dos mesmos (Kanber, 1999; Chen et al., 2015). Tal deve-se ao aumento das áreas irrigadas. Por exemplo, nos países em desenvolvimento verificou-se um aumento de 22.204 Milhões de hectares (Mha) de novas áreas irrigadas durante 15 anos, de 1975 até 1990. Ao mesmo tempo, segundo Finkel (1982), citado por Kanber (1999), 45.000 Mha de áreas agrícolas destinadas a projectos de irrigação tinham sido reabilitados. Atualmente 299 Mha de terras aráveis e cultivadas permanentemente estão irrigadas, contribuindo com mais de 40% dos produtos que a agricultura mundial fornece, conforme refere Faures et al. (2007), citado por ICID (2017) e Ritzema (2016). Dados mais recentes indicam que a área equipada para irrigação mais do que duplicou, de cerca de 1,4 milhão de km<sup>2</sup> em 1961 para cerca de 3,2 milhões de km<sup>2</sup> em 2012 (FAO, 2017). A Tabela 4 apresenta a distribuição das áreas irrigadas em países com diferentes níveis de desenvolvimento.

Tabela 4 - Área irrigada mundial, ICID (2017)

<b>Região</b>	<b>Área irrigada (Mha)</b>	<b>Área irrigada (%)</b>
Países desenvolvidos	51. 756	16,8
Países em desenvolvimento	245. 873	79,8
Países menos desenvolvidos	10. 321	3,3
Total	307.955	100

Os países desenvolvidos possuem menores áreas irrigadas comparativamente com os países em desenvolvimento, pelo facto dos recursos hídricos dos países desenvolvidos estarem canalizados para o sector industrial, conforme ilustrado na Tabela 4.

Grande parte da irrigação que se faz no mundo está concentrada na Ásia: 60% do consumo de água, 75 % da área irrigada. Mais de metade da área irrigada do mundo está concentrada em quatro países: China, Índia, Paquistão e Bangladesh (Hipólito & Vaz, 2017).

### 2.1.5. Escassez dos recursos hídricos

A escassez hídrica pode classificar-se em dois tipos: económica, que ocorre quando há ausência de investimentos e caracteriza-se por haver carência ao nível das infraestruturas e problemas na distribuição; e escassez física, a qual ocorre quando a demanda para a população não é satisfatoriamente atendida (Cirilo, 2015).

A escassez de água é um problema à escala global, dada a universalidade dos efeitos nefastos que a carência deste recurso implica. Na opinião de vários especialistas, a escassez é um problema que certamente aumentará nos próximos anos caso os hábitos e práticas insustentáveis continuem (Distefano & Kelly, 2017; Jacobi & Grandisoli, 2017). A Figura 2 assinala as zonas afectadas pela escassez hídrica no planeta.

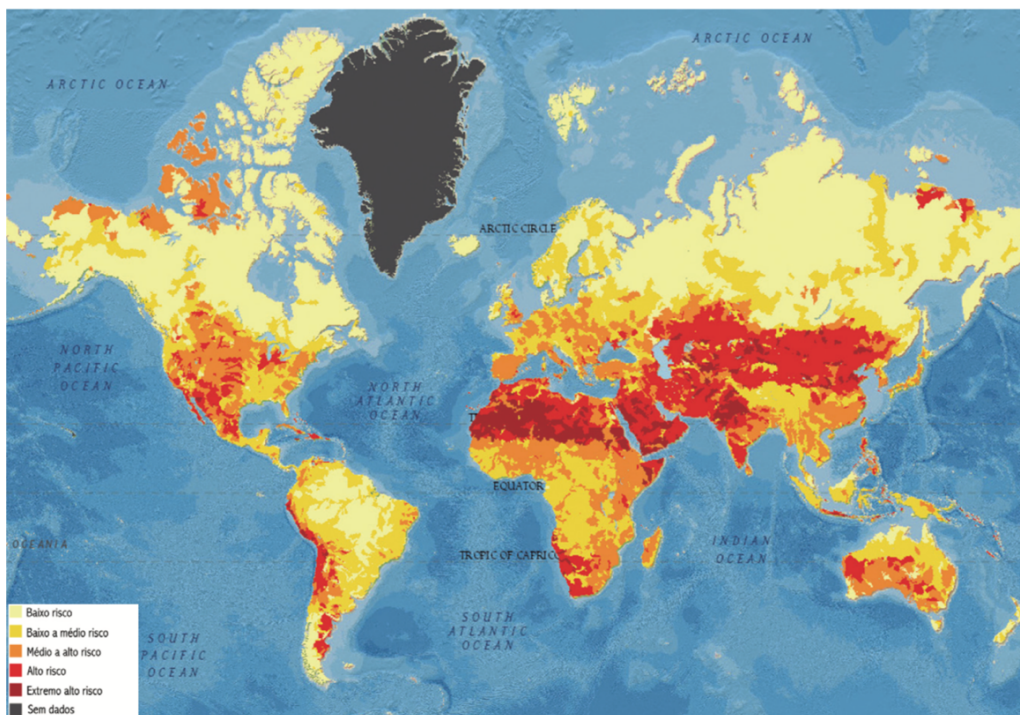


Figura 2 - Risco de escassez de água no mundo, (Jacobi & Grandisoli, 2017)

As estimativas de organizações internacionais indicam que cerca de 1,2 bilhão de pessoas, representando cerca de um quinto da população mundial, viva em zonas em que há um nível considerado de escassez hídrica – escassez física, e 500 milhões de pessoas estejam à beira de sofrer com o mesmo problema. Outros 1,6 bilhão de pessoas, representando cerca de um quarto da população mundial, enfrenta escassez hídrica – escassez económica, portanto, cerca de 2,8 bilhões de pessoas no mundo estão em regiões que se

sente o impacto da escassez de recursos hídricos. As previsões mostram um aumento do número de indivíduos sofrendo os efeitos da escassez hídrica, caso o atualmente quadro de utilização se mantenha (UN DESA, 2014; World Resources Institute, s.d.).

Biswas (1992), citado por Kanber (1999) atribuiu a escassez de água a várias razões. O rápido crescimento da população mundial é a primeira. Espera-se que a população mundial cresça, atingindo, no ano de 2025, os 8,5 bilhões e 9,5 bilhões, em 2050. A procura de água potável para ser usada na agricultura, indústria e municípios vai aumentar ainda mais, e a escassez de recursos hídricos será frequente. A área irrigada é também um agravante do problema de escassez.

## **2.2. Recursos hídricos em Angola**

Tal como as outras nações do mundo, Angola também está preocupada com a questão da gestão dos seus recursos hídricos. Tal gestão passa necessariamente pelo aumento da eficiência do uso da água.

Assim, é necessário compreender, em primeiro lugar, a disponibilidade dos seus recursos hídricos.

Segundo o Plano Nacional Director de Irrigação, as precipitações atingem 1800 mm ou mais no interior de Cabinda (no Norte de Angola) e reduz-se rapidamente ao longo do litoral, caindo para menos de 100 mm no Sul do País (Província do Namibe). Maiores precipitações são verificadas nas regiões montanhosas mais altas do País, com ênfase nas províncias do Huambo, Lunda e Uíge, apresentando precipitações superiores a 1500 mm (MINADERP, 2014).

No *Plano Nacional da Água – PNA* (elaborado em 2014 e aprovado em 2017, pelo Decreto Presidencial nº 126/17) é dito que Angola possui uma rede hidrográfica bastante densa, predominando rios com rápidos, de escoamento impetuoso. A maioria dos rios de Angola tem origem nas montanhas centrais de Angola, e distribui-se por cinco principais vertentes de drenagem: Oceano Atlântico (com os rios Kwanza, Cunene, Bengo, Longa, Queve, Catumbela, entre outros), o rio Zaire (com os rios Cuango e Kuito e os afluentes da margem esquerda do Kassai), o rio Zambeze (com os rios Cuando, Lungué-Bungo, Luanguinga, entre outros), os pântanos do Okavango (com os rios Cuito, Kubango, entre outros) e o lago Etosha, com o rio Cuvelai. O rio Zambeze é o único rio que não nasce no território angolano, pois possui a sua nascente junto à fronteira em território zambiano,

mas a maior parte do troço inicial da bacia localiza-se na região leste do País (COBA, 2011).

Ainda segundo o PNA, setenta e sete bacias hidrográficas compõem a rede hidrográfica de Angola, das quais quarenta e sete são consideradas de grande e média dimensão e trinta de pequena dimensão. Essa abundância de recursos hídricos faz de Angola o segundo maior detentor de disponibilidade hídrica na região austral, sendo apenas ultrapassada pela República Democrática do Congo, conforme refere Jerónimo et al. (2016)

Estas bacias drenam directamente para o oceano Atlântico. Para facilitar e melhorar a gestão dos recursos hídricos angolanos, foram definidas para o País onze regiões hidrográficas: Cabinda, Congo, Noroeste, Kwanza, Centro-Oeste, Cunene, Zambeze, Sudoeste, Cuvelai, Cubango e Cuando (COBA, 2011). A Tabela 5 apresenta a distribuição das bacias hidrográficas de Angola, bem como, as suas respectivas áreas.

Tabela 5 - Bacias hidrográficas de Angola, adaptado de COBA (2010a)

<b>Região hidrográfica</b>	<b>Áreas (km<sup>2</sup>)</b>
Bacia do Zaire* <sup>1</sup>	289.206
Bacia do Cubango*	156.122
Bacia do Kwanza	152.520
Bacia do Zambeze*	148.377
Bacia do Cuando	96.360
Bacia do Cunene*	92.400
Bacias do Centro Oeste	89.496
Bacias do Sudoeste	84.327
Bacias do Noroeste	76.732
Bacia do Cuvelai*	52.158
Bacias de Cabinda	7.283

### **2.1.1. Área irrigada**

Em relação às áreas irrigadas, Angola possuía, em 2014, cerca de 7.427.073 ha de terra com um grande potencial para a prática de irrigação. Desta área 5.900.802 ha (79,5%) correspondiam a um nível de aptidão elevada a moderada. Apesar do elevado potencial para irrigação, apenas cerca 80.000 ha correspondiam à área total irrigada do País, o que era claramente insuficiente para garantir a segurança alimentar do País, conforme refere Vieira et al. (2014).

---

<sup>1</sup> \* Bacias Internacionais

As áreas irrigadas foram subdivididas em duas grandes vertentes: Perímetros Irrigados e Núcleos de Povoamento Agrário (Núcleos Instaladores). Em 2014, aproximadamente 438.000 ha de terras correspondiam a área total de perímetros de rega já existentes (224.000 ha) e previstos (214.000). Desta área total de perímetros de rega existentes apenas cerca de 78.000 ha correspondiam efectivamente a área equipada. Quanto aos Núcleos de Povoamento Agrário, existiam, em 2014, cerca de 514.000 ha de terras destinadas a projectos desta natureza (Vieira et al., 2014).

### 2.1.2. Uso da água pelos diferentes sectores em Angola

Quanto ao uso da água pelos diferentes sectores, segundo o *Programa Nacional Estratégico para a Água – PNEA 2013-2017* citado por (Vieira, et al., 2014), foram estimados maiores consumos pelo sector agrícola, tal como acontece em outras partes do mundo. Na Tabela 6 são apresentadas projecções de consumo para os anos de 2012 e 2017, tendo se estimado um aumento do consumo pelo sector agrícola, em 2017.

Tabela 6 - Distribuição das necessidades de água pelos principais usos, 2012 e 2017, Vieira et al., (2014).

Sectores de consumo	Consumo em 2012 (%)	Consumo em 2017 (%)
Abastecimento público	25	12
Indústria	15	18
Pecuária	9	10
Irrigação	38	55
Transferências transfronteiriças	13	5

Estas projecções apontavam para maiores consumos no sector agrícola. Este aumento pode ser explicado pela necessidade que o País tem de aumentar significativamente a sua produção e produtividade agrícola para garantir maior oferta alimentar às populações.

### 3. Caraterização dos Perímetros Irrigados de Angola

Antes de se fazer a caraterização dos Perímetros Irrigados, é conveniente discorrer algumas considerações sobre a contribuição da agricultura angolana à sua própria economia, bem como, algumas projecções do Governo angolano no sentido de aumentar a participação do sector agrícola na produção de riqueza nacional, para então se compreender a importância que os grandes projectos de irrigação têm para o País.

Segundo o Relatório Económico de Angola 2016, elaborado pelo *Centro de Estudos e Investigação Científica da Universidade Católica de Angola – CEIC/UCAN* (2017), a agricultura, em conjunto com a pecuária e florestas, contribuiu para o PIB de Angola com valores médios percentuais na ordem dos 0,37%, em 2015, e 0,35%, em 2016. São números que, na prática, pouco agregam à economia nacional de Angola, isto apesar dos esforços do Governo angolano em fazer da agricultura um sector cuja contribuição gere receitas satisfatórias para economia nacional. Tais esforços estão espelhados nos relatórios de fundamentação do *Orçamento Geral do Estado – OGE* de 2016, o qual reviu em baixa a previsão de crescimento para o sector da agricultura (6,7% contra 11,3%) tendo em conta os fatores adversos a este crescimento, particularmente, o nível tecnológico da agricultura nacional e a grande contribuição da agricultura familiar, tornando-o muito dependente das oscilações climáticas e da distribuição de inputs, tais como, sementes, utensílios de produção e fertilizantes. Estes condicionantes afectaram consideravelmente os resultados apurados, bem como, as projecções efetuadas no relatório de fundamentação do OGE de 2018, com uma taxa de crescimento do sector agrícola na ordem dos 5,9%. Esta previsão tem por base uma aposta forte nos produtos mais directamente ligados à dieta alimentar das populações angolanas, principalmente, os cereais, leguminosas e oleaginosas, raízes e tubérculos, carne, café, palma e mel (MINFIN, 2016; MINFIN, 2017).

O CEIC/UCAN (2017) refere que historicamente, a agricultura tem constituído a base do desenvolvimento socioeconómico da província que possui amplas terras aráveis e uma diversificada base de recursos naturais. Nesta perspectiva, os perímetros irrigados são uma grande valia para Angola, já que estes têm a competência, face ao volume de investimentos que comportam, de aumentar significativamente a oferta de produtos agrícolas.

### **3.1. Perímetro Irrigado do Caxito**

O perímetro irrigado do Caxito situa-se na Província do Bengo, Município de Caxito, e está inserido num clima húmido durante todo o ano. O relevo da zona é semi-plano. Este perímetro apresenta uma área total de 5.000 ha, dos quais 2.500 ha correspondem à área equipada. A origem de água deste perímetro é o açude de Caxito no rio Dande, a partir do qual existe um canal de secção trapezoidal revestido com betão com uma extensão aproximada de 23 km, com 20 tomadas de água, dotado de órgãos de regulação e

segurança, e de um sistema de irrigação parcelar. Foi reabilitado para a irrigação por aspersão e por microaspersão, com implementação de uma rede eléctrica, uma rede viária e uma rede de drenagem aptas para o tipo de agricultura familiar e empresarial. O tipo de sistema de irrigação (aspersão e microaspersão) apresenta uma rede “on farm” dado que a área beneficiada foi dividida em lotes, os quais são beneficiados por Unidades de Bombagem do Lote (COBA, 2010).

As principais culturas praticadas neste perímetro são a banana, horticultura, manga, citrinos, mamoeiros e uvas (CaxitoRega, s.d.).

### **3.2. Perímetro Irrigado de Kikuxi**

O perímetro irrigado de Kikuxi localiza-se na Província de Luanda, no Município de Viana. Segundo o Ministério da Agricultura de Angola, citado por COBA (2010) a área potencial é de 7.000 ha.

De acordo com a *Nova Parceria para o Desenvolvimento de África – NEPAD* e a FAO (2005), citados por COBA (2010) este perímetro irrigado, em funcionamento desde 2000, apresentava duas fases de implementação, sendo que a primeira contemplava uma área equipada de cerca de 500 ha, e a segunda relativa a uma expansão dessa mesma área para 5.000 ha. A 1ª fase contemplou a reabilitação do perímetro e do canal de Cassaqui (22 km). Para além destas infra-estruturas existe ainda uma estação elevatória (de Kapiápiá). A origem de água deste perímetro é o rio Kwanza e as principais culturas são as hortícolas, frutícolas e feijão (COBA, 2010).

### **3.3. Perímetro Irrigado da Chibia (Ganjelas)**

O perímetro irrigado da Chibia localiza-se a 45 km a sudeste da cidade do Lubango, no Município da Chibia, Província da Huíla. Compreende 6.620 ha, dos quais 1.992 ha de superfície agrícola útil. Este perímetro desenvolve-se na margem direita e esquerda do rio Tchimpumpunhime e dos seus principais afluentes e está inserido numa transição entre o clima sub-húmido seco e o clima semi-árido, onde predominam os arenossolos e lixissolos. Este perímetro tem como origem de água a barragem das Ganjelas no rio Tchimpumpunhime, a qual tem uma capacidade útil de 2,1 hm<sup>3</sup>. Como infra-estruturas de irrigação apresenta um açude de derivação, quatro canais de secção trapezoidal revestidos com betão, uma estação elevatória para o bloco piloto, um reservatório de regulação,

unidades sobreprensoras e rede de condutas em pressão com os respectivos hidrantes. A irrigação por gravidade e a irrigação por aspersão/microaspersão no bloco piloto (400 ha) são as metodologias de irrigação utilizadas neste perímetro (COBA, 2010).

O milho, feijão, hortícolas, citrinos, mangueiras, batata rena e floricultura representam a vocação agrícola deste perímetro.

#### **3.4. Perímetro Irrigado da Cela**

O perímetro irrigado da Cela, com uma área potencial de 9.800 ha e uma área equipada de 1.000 ha, localiza-se no Município do Wako Kungo, na Província do Kwanza Sul. Sendo um aproveitamento reabilitado e em operação. O rio Keve é a origem de água deste perímetro, apresentando como infra-estruturas de irrigação, um dique de protecção da tomada de água, uma estação elevatória principal e duas estações elevatórias secundárias e uma rede de canais (principal com uma extensão de 11,85 km e secundário com 18,96 km), apresentando também um sistema parcelar. A rega por aspersão e a microaspersão são os sistemas de irrigação utilizados e tanto o sistema de drenagem e a rede viária encontram-se reabilitados (COBA, 2010).

As principais culturas deste perímetro são os cereais, hortícolas, fruteiras, tubérculos e raízes, floricultura, pastos e culturas forrageiras.

#### **3.5. Perímetro Irrigado do Missombo**

Com uma localização junto ao antigo Núcleo de Povoamento Agrário do Missombo, o perímetro irrigado do Missombo, na Província do Cuando Cubango, com uma área potencial de 3.000 ha, apresenta 730 ha de área equipada, após reabilitação já concluída, iniciada em 2010. A área é destinada ao cultivo de hortofrutícolas, em que a distribuição da água é feita a partir do sifão invertido, em canal de betão, para a condução da água pelo campo, através do reservatório, tendo-se perspectivado o uso de tubos PVC com diâmetro de 250 mm e 100 mm. A distribuição da água nos lotes é feita por hidrantes (COBA, 2010).

As culturas principais deste perímetro são o milho, batata rena e horticultura diversa.

### **3.6. Perímetro Irrigado da Matala**

O Perímetro Irrigado da Matala localiza-se no município da Matala, 200 km a Este da cidade do Lubango, capital da província da Huíla, na margem direita do rio Cunene. Tem uma área total de 10.732 ha, sendo 6.831 ha destinados a atividades agrícolas, dos quais 1.050 para agricultura irrigada e 3.901 ha para atividades pecuárias. Os métodos de irrigação usados são o gota-a-gota, aspersão e de superfície (Silva, 2015).

A rede de rega compreende um canal que se origina na barragem da Matala, cuja capacidade de transporte é de 4,6 m<sup>3</sup>/s.

As principais culturas ali praticadas são o milho, feijão, batata rena, alho, couve, cebola, tomate, citrinos, peras, pêssegos, morangos, maracujá, ameixas, soja, ginguba (amendoim), girassol. Quanto à pecuária, destaca-se a exploração de gado bovino para produção de leite e de carne.

### **3.7. Perímetro irrigado do Mucoso**

O Perímetro Irrigado do Mucoso está localizado na Província do Cuanza Norte, Município de Cambambe-Dondo, Comuna de Massangano, localidade do Mucoso, na margem direita do rio Kwanza, à cerca de 6 km da cidade do Dondo, com as seguintes coordenadas geográficas: Longitude 14.38° E, Latitude 9.676° S e Altitude 29 metros.

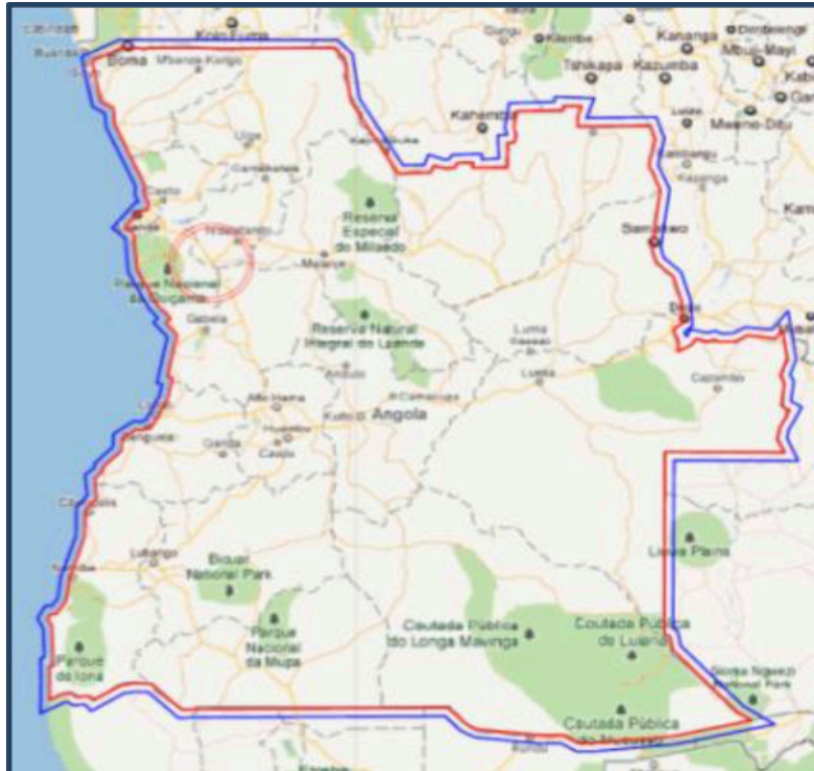


Figura 3 - Localização do Perímetro irrigado do Mucoso

Muito embora este não seja dos maiores perímetros de rega do País, porém, dada a sua localização (perto dos maiores mercados de Luanda), pode ser uma grande valia para a população local, ao nível de oferta de trabalho e maior disponibilidade (quantidade) de produtos, conforme já referido. Este perímetro é o objecto do nosso estudo, pelo que se encontra mais desenvolvido no ponto 8.

Em suma, apesar de Angola possuir um grande potencial para a agricultura devido à abundância de recursos hídricos, boas condições climáticas, à aptidão das suas terras para a prática agrícola, e à estrutura social, com uma elevada percentagem de população rural, (37%, ou seja, 9.635.027 habitantes), de acordo com dados do Instituto Nacional de Estatísticas – INE angolano, ainda assim, a produtividade agrícola angolana é bastante baixa, existindo grandes zonas infra-utilizadas. Neste contexto, a aposta em regadio surge, conforme já foi referido, como meio para impulsionar a agricultura produtiva e instrumento de ordenação do território, diversificando e assegurando a produção de alimentos, consolidando o emprego da região (em particular onde se encontra o Perímetro em estudo) e conseguindo manter a povoação no meio rural (Incatema Consulting, 2014; INE, 2016).

#### **4. Importância e benefícios da rega na produção e produtividade das culturas**

Um vasto conjunto de literatura atesta a evidência empírica relativa à importância da irrigação na produção e produtividade agrícola. Silva et al. (2001), no seu artigo sobre o mamoeiro, chegaram à conclusão que a produtividade, o peso médio dos frutos e o número de frutos por planta, comercial e total, cresceram linearmente com a lâmina de água aplicada. A maior produção potencial foi obtida também nessa condição. Referem ainda que o comportamento da produtividade do mamoeiro foi semelhante, nos turnos de rega de três e cinco dias, quando foram aplicadas as maiores lâminas de água. Todavia, a maior produtividade foi encontrada no turno de rega de cinco dias, com uma reposição de 120% da evapotranspiração (Silva et al., 2001).

Spreer *et al.* (2009) no seu artigo sobre a cultura da manga, referem que a irrigação das plantações de manga é necessária para assegurar rendimentos elevados da fruta e uma distribuição favorável do tamanho da fruta. A reposição da água, em 100%, consumida pela evapotranspiração, deve ser garantida para possibilitar níveis de produção satisfatórios.

Também, as produtividades de dois regimes de rega foram comparadas na cultura da mangueira no Brasil, com significativas diferenças nos resultados. Em regime de sequeiro, o autor aponta que a produção média pode variar de 8 a 12 t ha<sup>-1</sup>, enquanto nos pomares irrigados pode se alcançar produtividades de até 40 t ha<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2009). Importa ressaltar ainda que, na cultura da manga, a rega tem efeito não apenas na produção total, mas também ao nível do aspecto qualitativo do próprio fruto, tal como peso, diâmetro, proteínas solúveis e acidez (Wei et al., 2017).

Indicadores de produtividade de três culturas (arroz, feijão e trigo) foram apresentados pela *Agência Nacional de Águas – ANA do Brasil*. Estas produtividades foram obtidas em condições irrigadas e não irrigadas. A Figura 4 aponta maiores produtividades nas culturas praticadas sob irrigação.

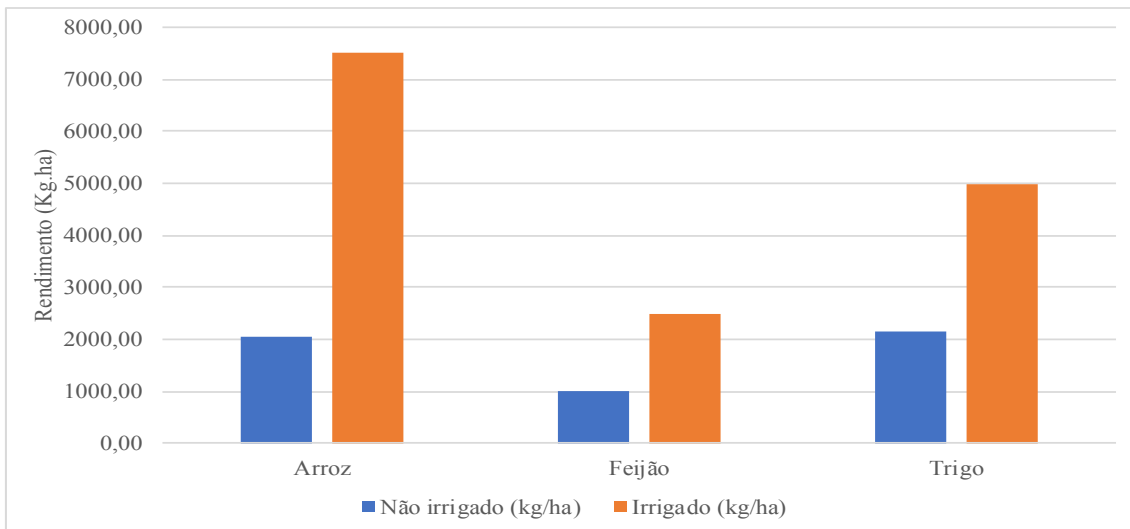


Figura 4 - Produtividade de grãos em condições irrigadas e em sequeiro no Brasil.

Adaptado de ANA (2017).

Segundo ANA (2017) foram comparadas produções de dois anos, 2004 e 2015, em condições irrigadas e em sequeiro. Os resultados apurados permitiram concluir que as produções em áreas irrigadas foram 3,6, 2,5 e 2,2 vezes superiores às produções das áreas de sequeiro.

Portanto, vários são os benefícios para os agricultores quando optam por utilizar a irrigação nos seus sistemas produtivos. Os principais benefícios resultantes do uso da irrigação podem ser agrupados da seguinte maneira (Testezlaf, 2017):

- garantia de produção com relação às necessidades hídricas e redução dos riscos de quebra de produção/colheita por causa dos efeitos da seca;
- aumento de produtividade das culturas;
- melhoria na qualidade do produto final;
- aumento do número de colheitas e colheitas de produtos em épocas de baixa pluviometria;
- criação e aumento na oferta de emprego;
- e redução de mecanização e outras oportunidades económicas.

Daker (1988) refere que a característica básica da produção é o fator económico, assim como subentende-se por produção económica produzir o máximo, o melhor, na menor área, no menor espaço de tempo e pelo mínimo custo (Daker, 1988). Todavia, no contexto atualmente, a característica básica da produção não se restringe apenas ao fator económico. Face aos desafios que as alterações climáticas nos apresentam hoje, precisamos associar

ao fator económico a dimensão da sustentabilidade, ou seja, precisamos não somente produzir o máximo, o melhor, na menor área, no menor espaço de tempo e mínimo custo, mas precisamos sobretudo garantir sustentabilidade do uso da terra, não contaminando o solo e o ambiente. O valor ambiental dos recursos hídricos é um dos princípios básicos para uma utilização mais sustentável dos recursos hídricos (Avillez & Silva, 2011).

Precisamos, atualmente, de produzir olhando para gerações vindouras, pois a forma como utilizamos os recursos que nos estão disponíveis hoje pode comprometer o amanhã.

Assim, salvaguardando a sustentabilidade ambiental da produção não basta que a semente seja óptima, que o terreno seja rico e que se processe um perfeito combate a pragas e doenças, a fim de que a produção satisfaça o ponto de vista económico. Para produzir economicamente, torna-se igualmente essencial satisfazer a fisiologia do vegetal, fornecendo à planta, no momento preciso, a quantidade de água necessária para que ela se desenvolva normalmente e produza o máximo de seu rendimento (Daker, 1988).

Daker (1988) aborda as vantagens da irrigação para uma determinada região onde foram implantados projectos de irrigação. O autor refere que as vantagens poderiam ser assim sintetizadas:

1. Introdução de tecnologia avançada na região, pois a irrigação, garantindo e melhorando o retorno económico, induz o agricultor a tecnicizar a sua agricultura;
2. Aquisição de equipamentos de irrigação, agrícolas e congéneres, como bombas, motores, redes eléctricas, tubagens, equipamentos de aspersão e gotejamento, tractores e implementos, colhedoras, máquinas de beneficiamento etc., desenvolvendo o parque industrial do País;
3. Aquisição em grande escala de sementes seleccionadas, fertilizantes, herbicidas, defensivos e outros insumos agrícolas, desenvolvendo as indústrias e atividades de apoio à agricultura;
4. Maior produtividade e produção, promovendo a melhoria da infraestrutura de armazenagem, de transporte e de comercialização;
5. Incremento da receita com impostos directos e indirectos, o qual geralmente cobre, em tempo relativamente curto, os subsídios do governo à irrigação privada ou o investimento básico nos projectos públicos;
6. Substituição de importações (economia de divisas), geração de excedentes exportáveis (geração de divisas) e regularização da oferta de produtos agrícolas;

7. Incorporação de áreas sub ou não aproveitadas economicamente à agricultura e sua utilização durante todo o ano (Daker, 1988).

Todavia, o anunciado nos pontos 2 e 3 será apenas válido se estes inputs forem comprados na região, pois os recursos financeiros gastos na aquisição ficariam na respectiva região. De outra forma, será o País originário desses inputs de produção a beneficiar. Portanto, é essencial que os países tenham as suas próprias indústrias, em menor ou em maior grau de desenvolvimento, pois só assim é possível desenvolver na prática um parque industrial. O Banco Mundial (2008) citado por especialistas do Zimbabwe, refere que a agricultura irrigada representa o meio mais viável para se reduzir o fracasso das colheitas, a fome e má nutrição que ainda se verifica em muitos países africanos, bem como, uma forma efectiva de aperfeiçoar a competitividade da agricultura baseada em pequenas explorações nestes países (Mutambara & Munodawafa, 2014).

Portanto, face as evidências empíricas apresentadas por diversos autores, atestando os efeitos positivos da utilização da irrigação na agricultura, permitindo obter maiores produtividades, pode dizer-se que essa utilização representa uma mais valia para o Homem e para as regiões onde ainda não se usa a irrigação à escala nacional, representa um incentivo para a rápida melhoria da produtividade, sobretudo naquelas regiões de maior carência alimentar, como é o caso de muitos países africanos e asiáticos.

## **5. Necessidades hídricas das culturas**

As plantas obtêm praticamente toda água de que necessitam através do sistema radicular. Da água absorvida, a planta não retém mais que 2%, sendo o restante transferido para a atmosfera pela transpiração, após vários processos fisiológicos. A água pode-se perder também directamente na atmosfera pela evaporação do solo e da superfície vegetal molhada. A esse processo de perda conjunta de água do solo e da planta na atmosfera, que ocorre numa cultura específica e num determinado instante do seu desenvolvimento, dá-se o nome de *evapotranspiração da cultura – ETc*, e é influenciada pelo estágio do ciclo da cultura, pela quantidade e frequência do humedecimento da superfície do solo e pelas condições ambientais (radiação solar, temperatura, humidade relativa do ar e velocidade do vento) e de gestão (Marouelli et al., 1996; Oliveira, 2011).

Allen *et al.* (1998) definem a *evapotranspiração de referência – ETo* como sendo a taxa de evapotranspiração de uma cultura de referência hipotética, para a qual se assume uma altura de 0,12 m, uma resistência de superfície constante de 70 s/m e um albedo de 0,23,

semelhante à evapotranspiração de um extenso coberto de relva verde de altura uniforme, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo e bem abastecida de água.

O último conceito importante é o do *Coefficiente cultural* –  $K_c$ , que, segundo Oliveira (2011), representa a relação entre  $ET_c$  e  $ET_o$ . Incorpora os efeitos da cultura, do seu estágio de desenvolvimento cultural, densidade das plantas, bem como, outros fatores que afectam a ET.

Bernardo *et al.* (2013) referem que a água necessária é a quantidade de água requerida pela cultura, em determinado período de tempo, de modo a não limitar o seu crescimento e produção nas condições climáticas locais, ou seja, é a quantidade de água necessária para atender à  $ET_c$  e à lixiviação dos sais do solo. Pela própria definição de água necessária à cultura, a evapotranspiração da cultura constitui a maior e mais importante parte.

Vários métodos são utilizados para estimar a evapotranspiração da cultura, podendo ser divididos em métodos directos e indirectos. Entre os métodos directos, têm-se o balanço hídrico do solo, que inclui lisímetros, câmaras portáteis, medição de fluxo de calor e outros. Indirectamente, a evapotranspiração da cultura pode ser estimada com base no balanço de energia, com o uso de evaporímetros e equações ou fórmulas (Marouelli et al, 1996).

A determinação da quantidade de água necessária para a irrigação é um dos principais parâmetros para o correcto planeamento, dimensionamento e gestão de qualquer sistema de irrigação, bem como, para a avaliação dos recursos hídricos. Quando a quantidade de rega for sobrestimada, tem-se como consequências sistemas de rega sobredimensionados. Isso encarece o custo da irrigação por unidade de área, o que leva à aplicação de água em excesso, provocando muitas vezes elevação do lençol freático, salinização do solo e lixiviação dos nutrientes. Por outro lado, quando a quantidade de rega necessária for subestimada, tem-se sub-dimensionamento do sistema de rega e como consequência obtêm-se produções não muito elevadas ou, como é mais frequente, a incapacidade do sistema de irrigar toda área do projecto, ou seja, redução da área a ser irrigada (Bernardo et al., 2013).

O conhecimento do balanço hídrico do solo na zona explorada pelas raízes é fundamental para uma boa gestão da água em regadio. Na condução da rega é necessário responder a três questões: quando, quanto e como regar. A resposta dependerá do grau de conhecimento dos processos ligados às transferências hídricas na zona de enraizamento

da cultura regada entre as plantas, o solo e a atmosfera (Pereira, 2004). A produção agrícola atualmente deve ser feita de forma sustentável, pelo que a dimensão ecológica deverá estar sempre presente. Tendo isto em atenção, a cultura é o nosso objecto de interesse, segundo Pereira (2004), pelo que as manifestações fisiológicas das plantas devidas à carências hídricas deverão servir como indicadores padrão para determinar quando regar.

Estes indicadores fisiológicos podem ter carácter empírico, como os relativos ao aspecto vegetativo da cultura - cor, verdor, turgescência, enrolamento das folhas - ou constituir métodos científicos como os relativos ao potencial da água nas folhas e à temperatura do copado. Por outro lado, poderão servir de padrão para a calibração prática de métodos baseados na medição de processos que ocorrem no meio onde a cultura se desenvolve - a atmosfera e o solo. São exemplos, a medição do fluxo de seiva para estimar a taxa de transpiração da cultura, a utilização de medições de variáveis meteorológicas para estimar a ETc, a observação da taxa do teor de água no solo (por métodos como o gravimétrico, o da sonda de neutrões ou *Reflectometria no Domínio do Tempo - TDR*) ou do potencial da água no solo (usando tensiómetros). Em todos os casos, as variáveis observadas permitem otimizar a decisão relativa à oportunidade da rega desde que os métodos estejam calibrados ou validados para a cultura e o ambiente em que esta se desenvolve (Pereira, 2004).

A gestão da rega pode ser feita através de diversos métodos. De uma maneira geral, os métodos existentes baseiam-se na medição da demanda de água em um ou mais componentes do sistema solo-planta-atmosfera. Desta forma, a definição de quando e quanto regar para suprir as necessidades de rega da cultura pode ser feita por meio de medidas no solo, na planta ou de parâmetros climáticos (Simão et al., 2017).

## **6. Metodologia para avaliação do desempenho dos sistemas de rega**

Bos et al. (1994) citado por Lima et al. (2012) referem que desde que o homem começou a controlar a água para aumentar a produção, os indicadores de desempenho sempre estiveram bem presentes na sua mente, pelo que tal controlo da água se traduzia em boas práticas de irrigação. Isto é visto na prática dos antigos egípcios quando monitoravam o nível de água do Rio Nilo, sabendo assim que áreas poderiam ser irrigadas de modo a evitar enchentes, bem como, se precaver da falta de alimentos (Lima et al., 2012).

Com a modernização dos sistemas de irrigação e com o aumento de responsabilidade repassada à agricultura irrigada no fornecimento de alimentos à população crescente, o estabelecimento de indicadores de desempenho óptimo de sistemas de rega, em parcelas ou em projectos de irrigação, é atualmente preocupação de técnicos de todo mundo (Neto & Farias, 2013).

Sacson (2017) refere que práticas de irrigação mais eficientes permitem reduzir a água aplicada aos campos agrícolas entre 30-70%, e em simultâneo aumentar a produtividade agrícola em cerca de 20-90% (Saccon, 2017)

Para que a irrigação seja eficiente, é imperativo que os sistemas apresentem alta uniformidade de aplicação da água. Uma vez instalado um projecto de irrigação é necessário verificar se as condições previstas inicialmente se confirmam em campo. Para tanto, deve-se avaliar as condições de pressão, vazão e lâminas de água aplicadas. Bernardo (1995) recomenda, na rega gota-a-gota, que se avalie a uniformidade a cada dois anos logo após a instalação do sistema (Silva & Silva, 2005).

Um sistema de rega deve possibilitar a gestão da água com a máxima eficácia. Para tal, é necessário avaliar o desempenho do sistema em operação. Segundo Frizzone (1992), citado por Neto e Farias (2013), os parâmetros que expressam a qualidade da irrigação devem ser entendidos como componentes decisórios do processo de planeamento e de operação dos sistemas de irrigação e a escolha do indicador vai depender do objectivo da pesquisa. Os indicadores usados na avaliação de desempenho têm como objectivo verificar, antecipadamente, quando estes se aproximam de limites comprometedores ou indesejáveis, para que se possa sugerir intervenções que os ajustem a determinada faixa de limites previamente determinados (Neto & Farias, 2013).

Heinemann *et al.* (1998) enfatizam que a uniformidade de aplicação de água e a eficiência de irrigação são os parâmetros mais usados para caracterizar o comportamento da rega ao nível da parcela.

### **6.1. Indicadores de uniformidade de rega**

Com a avaliação dos sistemas de rega tem-se o conhecimento da qualidade com que a rega está a ser realizada, a partir de uma gama de coeficientes de uniformidade de aplicação de água, os quais expressam a variabilidade de distribuição aplicada pelo sistema de rega (Paulino et al., 2009).

Para a avaliação da uniformidade de aplicação da água vários coeficientes podem ser utilizados, tais como, o *Coefficiente de Uniformidade de Christiansen – CUC*, o Coeficiente de Uniformidade Estatístico – CUE, o Coeficiente de Uniformidade Absoluto – CUA, o Coeficiente de Uniformidade de Hart – CUH e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição – CUD (Cunha et al., 2014).

Segundo Frizzone (1992), citado por Neto e Farias (2013), as medidas de uniformidade expressam a variabilidade da lâmina de irrigação aplicada na superfície do solo. Uma forma usual de obtê-las é por medida de dispersão, expressando-se de forma adimensional, pela comparação com o valor médio.

O CUC (Christiansen, 1942) foi o primeiro índice proposto e o mais usado para quantificar a Uniformidade de Distribuição de água em rega pressurizada (Neto & Farias, 2013).

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n X_i - X_m}{nX_m}\right) \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

em que:

- n - número de colectores usados na análise de dados
- i - número designado para identificar um colector em particular
- $X_i$  - caudal de cada emissor,  $L h^{-1}$
- $X_m$  - média dos caudais,  $L h^{-1}$

Outra medida de uniformidade, ainda citada pelos autores, é a razão entre a média dos 25% dos menores valores de lâminas de irrigação e lâmina média aplicada na superfície do solo. Kruse (1998) denomina esta medida de Uniformidade de Distribuição - UD, representada pela seguinte fórmula (Neto & Farias, 2013):

$$UD = \frac{\bar{x}}{\bar{X}} * 100 \quad \text{Equação 2}$$

em que:

- x - média dos ¼ dos caudais com menores valores,  $L h^{-1}$
- X - média dos caudais dos emissores amostrados,  $L h^{-1}$

## **6.2. Indicadores de eficiência de rega**

A eficiência de irrigação é uma medida importante do desempenho da irrigação em termos de necessidades hídricas para regar uma parcela agrícola. A eficiência de irrigação pode ser definida em termos de três aspectos fundamentais: o desempenho do sistema de rega, a uniformidade da aplicação de água e a resposta da cultura à água aplicada. Estes três aspectos estão inter-relacionados e variam com a escala e o tempo (Howell, 2003).

Teoricamente, a eficiência de rega é a relação entre o volume de água realmente utilizado pela planta e o volume extraído da fonte de suprimento. Na prática pode ser considerada como sendo a relação entre o volume de água utilizado pela planta (transpiração e água de constituição, esta última não significativa) somado às perdas inevitáveis do solo (evaporação) e o volume extraído da fonte de suprimento (Daker, 1988). Como facilmente se percebe, nem toda água (tirada ou bombeada de um curso de água, ou outra fonte de suprimento), consegue ser absorvida pela planta ou evaporada normalmente pelo solo. Parte é perdida por infiltração e percolação ao longo dos canais, sulcos de irrigação e do próprio terreno; parte é perdida por evaporação, havendo ainda perdas extras, como no rompimento de canais, perda por escoamento superficial, etc. (Daker, 1988).

Neto e Farias (2013) referem que a eficiência de irrigação pode ser definida como a relação entre a quantidade de rega requerida pela cultura e a quantidade total aplicada pelo sistema, para suprir essa necessidade. As medidas de eficiência quantificam, fisicamente, a qualidade da rega, por incorporarem algumas consequências da rega.

Frizzone (1992), citado por Neto e Farias (2013), menciona que as medidas de uniformidade dependem somente do grau de dispersão com que a água é aplicada, enquanto as medidas de eficiência dependem tanto da uniformidade como da forma com que o sistema de rega é operado. Portanto, a eficiência de irrigação pode ser expressa como a razão entre a quantidade de água efectivamente usada pela cultura e a quantidade retirada da fonte (Neto & Farias, 2013).

## **7. Custo da água de rega**

A água, desde tempos primitivos, constituiu um fator de desenvolvimento das civilizações, sendo o seu apogeu normalmente associado ao domínio de uma melhor gestão desse bem essencial à vida. Com frequência a sua pertença e exploração têm sido motivo de disputas e mesmo de guerras. Em muitos casos o declínio de sociedades e civilizações tem resultado da inabilidade desses povos em dominar a sua utilização, pelo

que a água, seu uso e gestão, constituem preocupação constante e crescente dos decisores políticos (Instituto Nacional Estatístico português, 2011). Enquanto fator que garante maior e melhor qualidade da produção agrícola e enquanto recurso escasso, a água precisa ser utilizada de forma sustentável. Assim, com vista a garantir o bom uso deste recurso, Avillez e Silva (2011) apontam três princípios básicos para o uso sustentável dos recursos hídricos:

- O princípio do valor social da água, reconhecendo a água como um bem de consumo essencial, ao qual todos devem ter acesso;
- O princípio do valor ambiental da água, que determina que a água é um recurso cuja sustentabilidade ambiental deve ser assegurada, de formas a não colocar em causa o próprio princípio do valor social;
- O princípio do valor económico da água, que evidencia que a água é um recurso escasso, cuja utilização deve ser economicamente eficiente, ou seja, em que os benefícios resultantes da utilização devem ser capazes de compensar a totalidade dos custos inerentes ao seu uso.

Avillez e Silva (2011) referem que a valorização económica da água para rega, tendo sempre em vista que é um recurso escasso cuja utilização deve ser sustentável, deverá ser determinada com base no seu preço, resultante da conjugação de três fatores importantes:

- dos custos totais que decorrem das componentes social, ambiental e económica, isto é, do custo da água na óptica da oferta (CA). A componente económica engloba as diferentes componentes de custo associadas à captação, armazenamento e distribuição da água de rega até à entrada da parcela e é expressa pela seguinte fórmula:

$$CA(\text{€/m}^3) = [CEA + CAMan + CAExp](1 + a + e) \quad \text{Equação 3}$$

em que:

CEA - Custo Económico da Água

CAMan - Custo anual de manutenção

CAExp - Custo anual de exploração

a - Coeficiente ambiental

e - Coeficiente de escassez.

- do benefício gerado pela água na óptica da procura - a disposição a pagar (DAP) pela água de rega por parte de quem a utiliza é função do benefício que os utilizadores da água de rega (produtores agrícolas de regadio) esperam poder vir a alcançar no âmbito das atividades de produção em que a água é utilizada. A determinação da DAP resulta da ponderação do rendimento da água de rega utilizada (obtido pela diferença entre as receitas totais e os custos relativos ao pagamento de fatores intermédios ou primários da produção), pelo volume de água utilizado para rega.
- das políticas públicas que, visando objectivos bem definidos, regulem as condições de oferta e procura de água de rega, isto é, das intervenções que possam interferir na relação entre a procura e oferta.

Assim, a fixação de um preço para a água na agricultura é considerado um requisito para o uso sustentável dos recursos hídricos, sobretudo nos países em desenvolvimento, pois, como tem acontecido em diversas partes do mundo, a distribuição gratuita de água tem estimulado o uso irracional deste recurso, conforme referido por Banco Mundial (1993), citado por (Jerónimo et al., 2016).

Carramaschi *et al.* (2000) referem que a cobrança pela utilização da água é um elemento que motiva o uso racional dos recursos hídricos, o aumento da sua produtividade e eficiência, possibilita a redistribuição dos custos sociais da sua utilização e permite uma melhor gestão da demanda por parte dos principais utilizadores.

Por outro lado, a literatura demonstra que há uma clara relação entre o custo da água de rega e a área cultivada. Tal como demonstrado por Huang et al.(2006), num estudo realizado na China, onde referem que a fixação de preços altos para água de rega, apesar de ter grandes benefícios ambientais, tem, por outro lado, um forte impacto na área explorada pelos agricultores. Às mesmas conclusões chegaram Franco-Crespo e Viñas (2017), num estudo realizado no Equador, onde se pretendia medir os efeitos das políticas de preços da água na agricultura irrigada em fazendas agroalimentares. Os autores concluíram que um aumento exponencial do preço da água podia se traduzir numa diminuição das áreas cultivadas.

Jerónimo *et al.* (2016), fazendo a análise dos impactes económicos, sociais e ambientais de políticas de preço da água numa exploração agrícola em Angola, tendo testado três cenários relativos a políticas de tarifação de água - tarifa volumétrica simples, tarifa

volumétrica variável e tarifa fixa por superfície, concluíram que, embora cada método tenha apresentado aspectos negativos e positivos, o método de tarifação volumétrica variável, em que quanto maior a quantidade de água recebida, maior o preço a pagar por unidade, afectou mais rapidamente as áreas cultivadas, tendo se verificado uma redução acentuada daquelas áreas com culturas mais consumidoras de água, como é o caso da banana.

Por sua vez, além do preço da água, a desuniformidade de rega é outro condicionador do retorno económico nas áreas irrigadas. Ortega et al. (2004), citado por Rodrigues et al. (2013), referem que a desuniformidade de aplicação de água dos sistemas de rega é um dos responsáveis pela redução do retorno económico que se poderia obter em áreas irrigadas, além de aumentar negativamente o impacto dessa atividade no ambiente, pois causa redução na produtividade das culturas irrigadas e dos desperdícios de água, energia e fertilizantes.

## **8. Caracterização geral do Perímetro Irrigado do Mucoso**

O atual Perímetro Irrigado do Mucoso resulta da reabilitação de uma quinta cujo aproveitamento agrícola mediante rega havia já sido explorado comercialmente, nos anos 70, do século passado, tendo sido abandonado posteriormente (Incatema Consulting, 2014).

Aquela reabilitação visava retomar a exploração comercial da quinta do Mucoso para a produção de hortícolas e outros cultivos herbáceos alimentares de grande demanda na região e nos mercados de Luanda, em regadio, mediante o aproveitamento dos abundantes recursos hídricos do Rio Kwanza para a valorização das terras. Por outro lado, pretendia-se que a geração de riqueza e emprego resultantes fosse repartida entre um número elevado de beneficiários. Para tal, procurou-se o envolvimento da povoação local na exploração do projeto, sendo a gestão do perímetro exercida pela Sociedade de Gestão e Desenvolvimento de Perímetros Irrigados de Angola (Sopir, SA), esta representada por um Núcleo de Gestão. O projeto surgiu, assim, como um veículo para incrementar as rendas locais, fomentar a difusão de técnicas agrícolas de grande produtividade e favorecer a criação de emprego, assegurando, assim, tanto a fixação da povoação como a sua viabilidade social. Para tal, na sua execução procurou-se atender às seguintes condicionantes (Incatema Consulting, 2014):

- Sistema de irrigação moderno e eficiente, com um uso racional dos recursos e que permita sistemas produtivos agrícolas de grande rendimento, bem como, fácil de operar e fácil de manter, com técnicas de rega de manejo simples por trabalhadores locais pouco qualificados, permitindo à povoação local introduzir-se nas modernas técnicas de produção agrária;
- Material de parcela polivalente e adaptável a diferentes cultivos e técnicas, orientado fundamentalmente para o cultivo de hortícolas e milho;
- Organização da produção agrícola da quinta orientada para um abastecimento de produtos hortícolas variados;
- Parcelamento da quinta em unidades independentes de tamanho familiar, sendo parcela designada a um agricultor beneficiário, o qual ficará encarregado da sua exploração, respeitando as consignas de produção e as diretrizes técnicas da oficina de extensão agrária.

O projeto, cuja reabilitação teve início em 2011 e ficou concluída em 2015, foi orçado em mais de 16,8 milhões de euros, (equivalente a mais de 2 bilhões de Kwanzas)<sup>2</sup>, contemplou as seguintes atuações (Figura 5):

- reabilitação de nave de captação e galeria de aspiração, do depósito de água potável, dos edifícios da oficina central do perímetro e da cozinha, bem como, a reparação de 8 vivendas anexas ao perímetro e do caminho de acesso à exploração e restantes de caminhos principais e secundários;
- construção de dois depósitos de regulação e duas naves de rebombagem (hortícola e arvoredos) e da nave-armazém-oficina, bem como, uma estufa, um jango e uma lavandaria;
- instalação da rede de rega e de água potável;
- fornecimento de maquinaria agrícola;
- e criação de parcelas demonstrativas.

---

<sup>2</sup> Valores com base no câmbio oficial do Banco Nacional de Angola, datada de 01 de Janeiro de 2015, ano de início do funcionamento do Perímetro. O mesmo câmbio é aplicado também aos valores que se seguem.

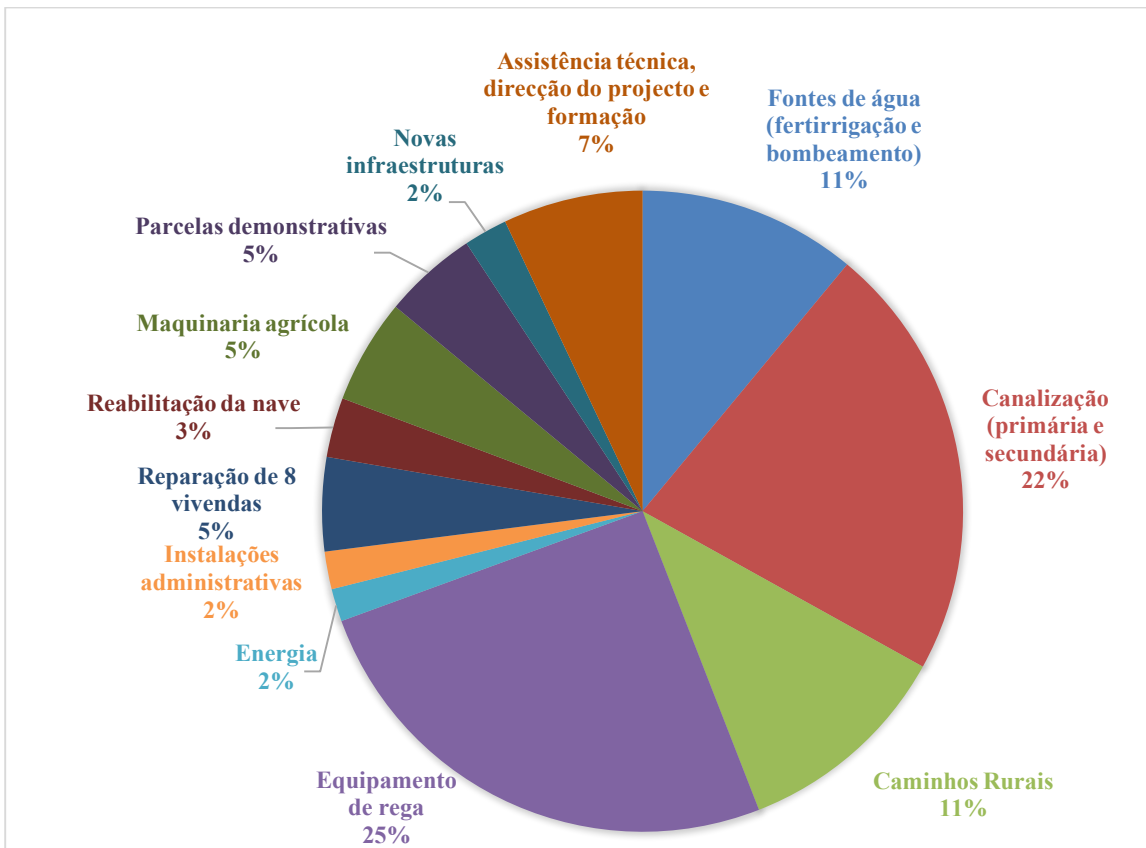


Figura 5 - Repartição do investimento referente ao projeto de reabilitação do Perímetro irrigado do Mucoso

Tendo por base os dados previsionais do projecto, na óptica da oferta, o Custo da Água (CA) no Perímetro Irrigado do Mucoso será composto por:

- CEA relativo a componente de amortização do investimento, resulta do valor total gasto no empreendimento, ponderado pelos diferentes anos de vida útil previstos para cada item (RCA, 2016), ou seja,  $CEA = 1\,189\,604,29\text{€/ano}$
- CAMan resulta do valor anual com encargos de conservação e manutenção, enquanto CAExp dependerá da gestão do consumo de energia, da mão-de-obra e apoio administrativo. O valor previsto para os encargos anuais de manutenção e exploração do Perímetro Irrigado do Mucoso foram 43.295.239 Akz (valor estimado com base na programação financeira para os meses de agosto a dezembro de 2015), repartidos conforme ilustrado na Figura 6.

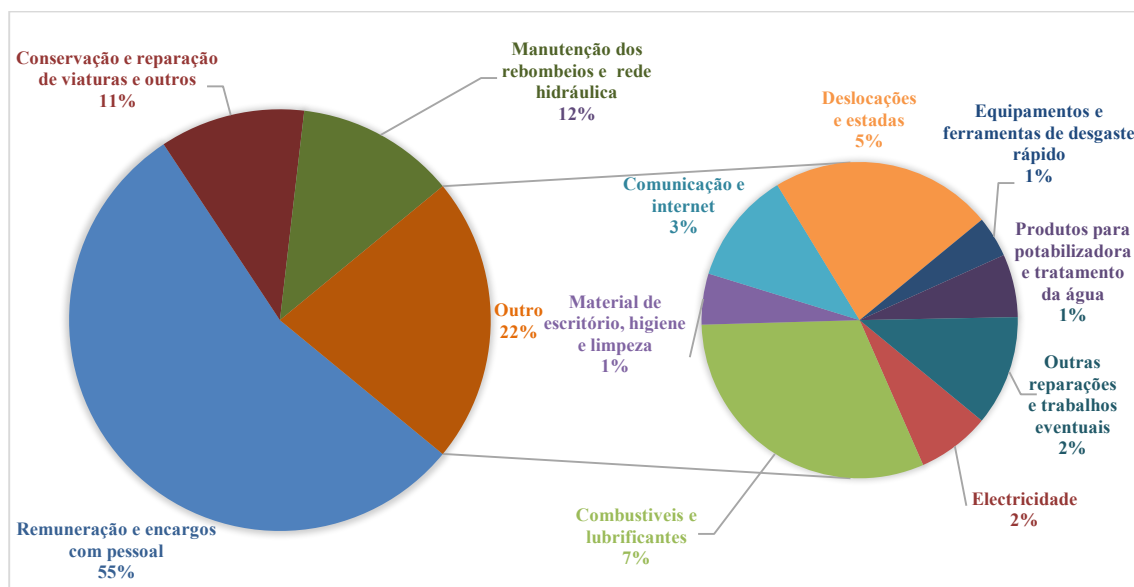


Figura 6 - Repartição das despesas mensais de funcionamento do Perímetro irrigado do Mucoso, conforme previsão ano 2015.

Seguindo as linhas orientadoras do projeto, a atribuição das parcelas aos potenciais arrendatários é feita na modalidade “chave na mão”, ou seja, as parcelas são entregues com o sistema de rega gota-a-gota montado e, no caso das culturas permanentes, com os respetivos pomares instalados. Tendo sido possível observar *in loco* que os pomares de citrinos e manga instalados em 2015 estavam já em produção na corrente campanha. As parcelas a arrendar são disponibilizadas por um período de 25 anos (para as fruteiras), mediante o pagamento inicial do valor contratual de implantação das parcelas de 2.400.000 Akz e 1.900.000 Akz (equivalente a 19.145,93€ e 15.157,20€)<sup>3</sup>, por parcela de 3,11 ha, no caso dos citrinos e manga, respetivamente.

As políticas de preços da água devem constituir incentivo adequado para uma utilização eficiente dos recursos hídricos, devendo, no entanto, ponderar-se, na sua fixação, as consequências sociais, ambientais e económicas que a recuperação de custos possa trazer, bem como, as condições geográficas e climáticas das regiões em causa (Cruz, 2010). Obedecendo este princípio, a fixação de tarifas de utilização nos aproveitamentos hidroagrícolas visa promover a utilização eficiente da água, bem como, assegurar a recuperação dos custos associados à prestação do serviço, incluindo dos investimentos

<sup>3</sup> Ao câmbio de 2015.

realizados na reabilitação do perímetro, e os restantes custos de conservação, exploração e gestão do empreendimento.

No caso do Perímetro Irrigado do Mucoso, os cessionários (arrendatários) estão obrigados ao pagamento das seguintes tarifas: (a) taxa anual de beneficiação das terras - componente fixa simples por hectare de área beneficiada de 31.000 Akz ha<sup>-1</sup> (equivalente a 247,30€ ha<sup>-1</sup>, ou seja, cerca de 769,103€ por parcela)<sup>4</sup>, e (b) tarifa de água para rega - taxa adicional de 2,18 Akz (equivalente a 0,0171€), por metro cúbico de água consumida na rega. Os regantes beneficiam também de assistência técnica agrícola. Em 2015, as estimativas com base nas diferentes culturas instaladas<sup>5</sup> e tendo em conta as necessidades líquidas de rega anual (Tabela 26) apontam para valores arrecadados com a cobrança das taxas de água<sup>6</sup> e beneficiação de terras de 4.141.802 Akz, valor que cobre pouco mais de metade da parcela anual relativa à CAExp, estimada em mais de 8 milhões de Kwanzas, sem incluir os gastos com mão-de-obra.

## **8.1. Clima**

A região do Mucoso é caracterizada como tendo um típico clima subtropical húmido com temperatura e humidade altas, relativamente constante e uma estação seca acentuada com duração de quatro meses – junho a setembro (Incatema Consulting, 2014).

Segundo a classificação de Koppen e Geiger, enquadra-se no tipo de clima Aw (clima tropical cujo inverno tem uma estação seca).

## **8.2. Temperatura e precipitação**

Em Angola verificam-se temperaturas altas praticamente ao longo do ano. As temperaturas mais baixas são verificadas nos meses de maio e junho.

Na Figura 7 é apresentada as médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média referente à zona de estudo. A região é caracterizada por longos meses de altas temperaturas, seguindo praticamente o padrão nacional, com temperaturas máximas de

---

4 Ao câmbio de 2015.

5 Área total: 116,7ha, distribuídos 12 ha de manga; 52,9 ha de citrinos; 3 ha de ananás; 9 ha de banana; 1,5 ha de melão; 1 ha de melancia e 37,3 ha de hortícolas.

6 Referente ao consumo estimado de 240.414 m<sup>3</sup>.

28,2 °C nos meses de fevereiro, março e abril e as mínimas a atingirem os 14 °C em julho e agosto. A temperatura média anual é de 22,3°C.

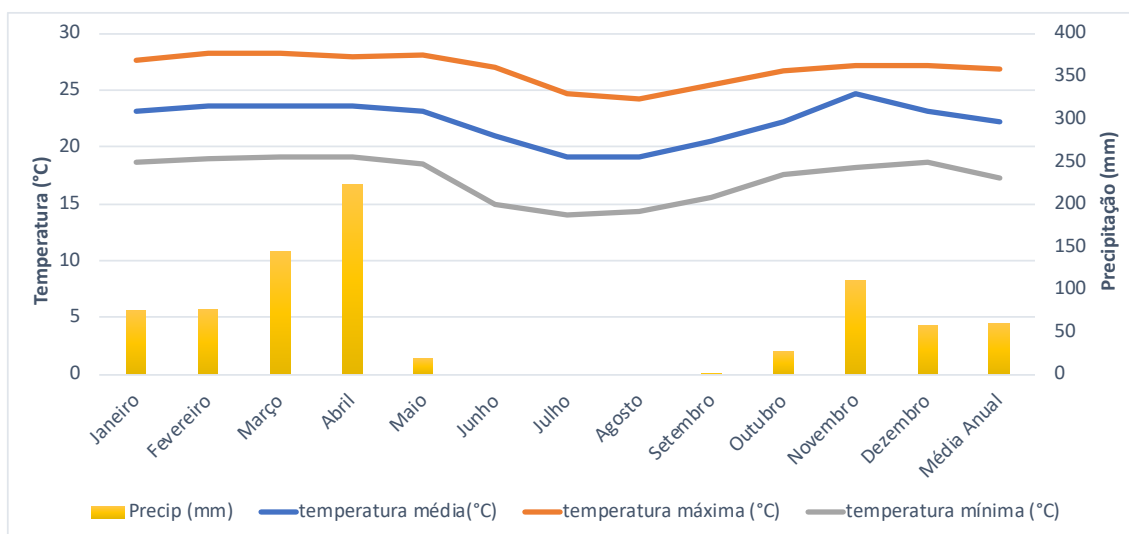


Figura 7 - Temperatura e Precipitação da localidade do Mucoso, (Incatema Consulting, 2014)

A precipitação total anual na região do Mucoso é de 736 mm. Cerca 65% desta precipitação concentra-se nos meses de março, abril e novembro. Entre junho a setembro a precipitação é praticamente nula. A ausência de precipitação verifica-se exatamente nos meses de menor temperatura.

### 8.3. Radiação solar e insolação

O Perímetro irrigado do Mucoso está localizado numa região bastante insolada, com um total de 2.155 horas de sol anual. Maio, junho, julho e agosto são os meses com maior insolação, concentrando cerca de 43% do total de horas de sol da região. Os meses de fevereiro, junho, agosto e setembro são os meses com maior radiação solar. A média anual é de 17,5 MJ.m<sup>-2</sup>. dia<sup>-1</sup>.

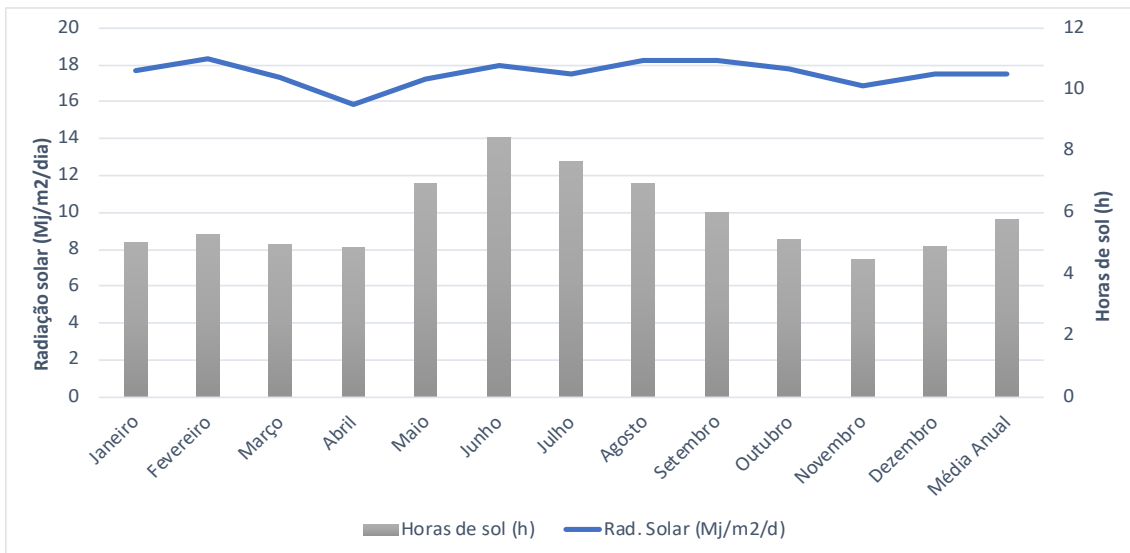


Figura 8 - Radiação e insolação na localidade do Mucoso, (Incatema Consulting, 2014)

#### 8.4. Humidade relativa

Em termos de humidade relativa, esta é mais ou menos constante ao longo do ano, com pequenas variações. O mês de abril é o mais húmido com valores de 86%, enquanto o mês de junho apresenta menor valor, sendo o mês mais seco do ano, com 73%.

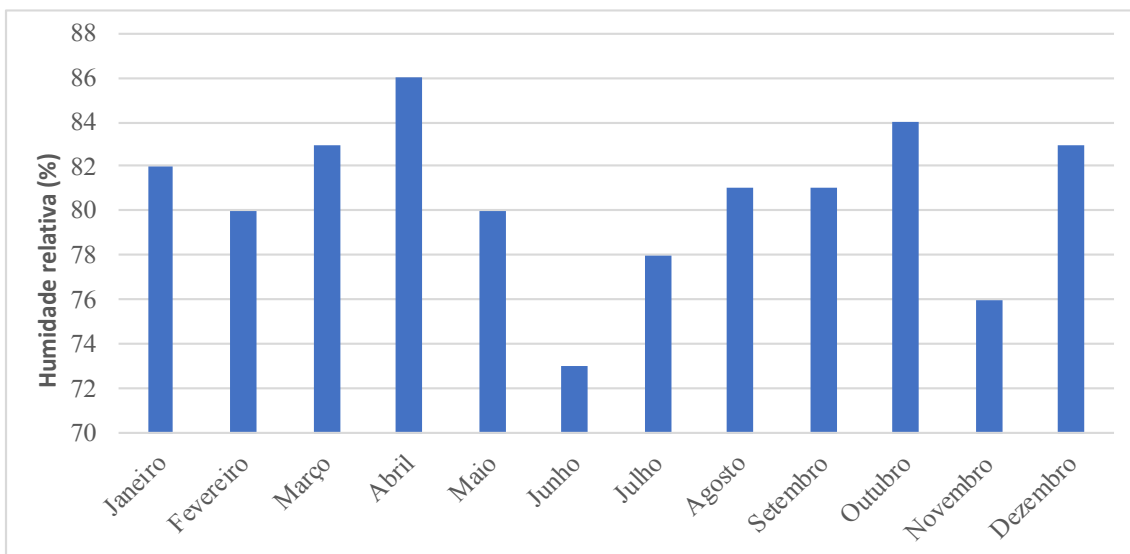


Figura 9 - Humidade relativa da localidade do Mucoso, (Incatema Consulting, 2014)

#### 8.5. Velocidade do vento

É uma zona calma, em que se regista uma velocidade máxima anual de 5,3 km/h. Agosto e setembro são os meses com maior intensidade dos ventos, com valores de 6,12 km/h, enquanto os meses de março e abril apresentam menores valores, 4,32 km/h.

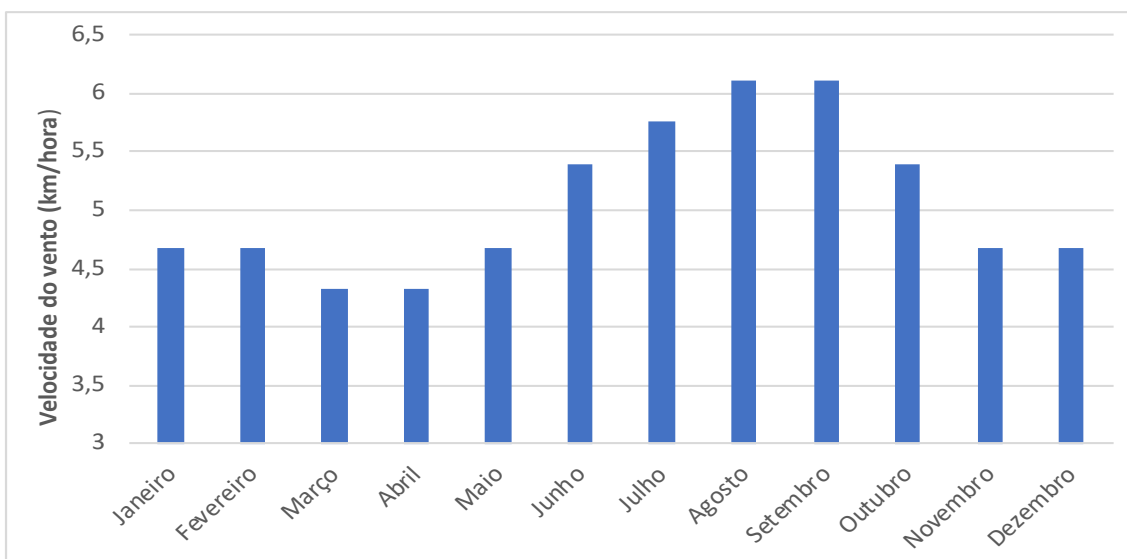


Figura 10 - Velocidade do vento da localidade do Mucoso, (Incatema Consulting, 2014)

### 8.5. Evapotranspiração de referência

A variação anual da ETo na região é baixa, mantendo-se na ordem dos 3 mm/dia ao longo dos meses, com alguma exceção em novembro, em que se regista a maior taxa de ETo. Isto pode ser justificado pelo facto de a média de temperatura anual neste mês ser a mais elevada. A ETo anual no Mucoso é de 1.335,6 mm.

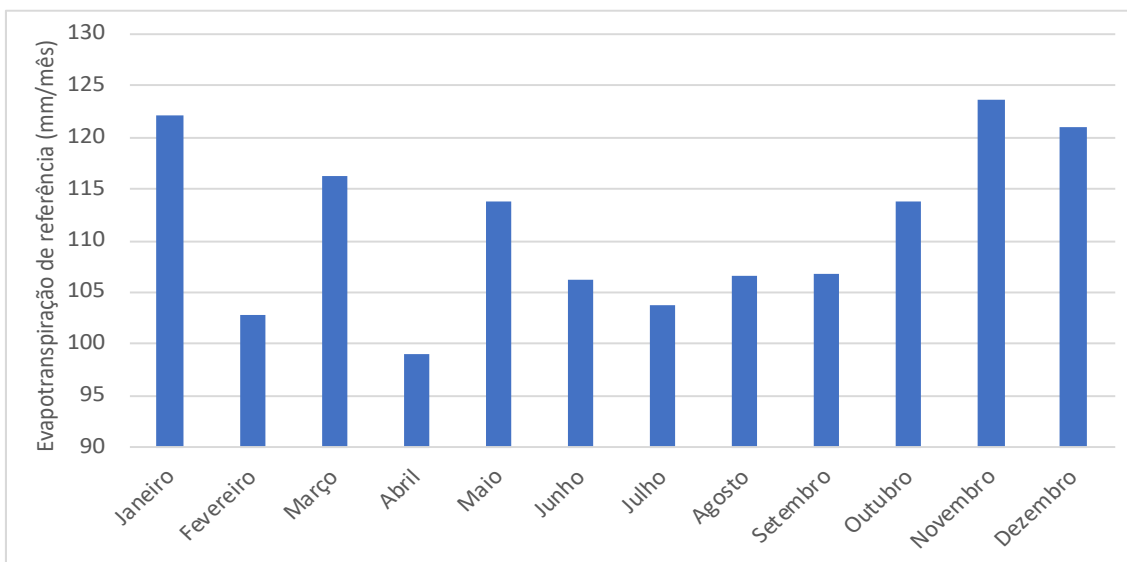


Figura 11 – Evapotranspiração de referencia da localidade do Mucoso, (Incatema Consulting, 2014)

## 8.6. Solo

Os solos na região em estudo classificam-se, genericamente, como sendo solos franco-arenosos, profundos, com textura média a grosseira e excelente drenagem em todo o seu perfil, sem problemas de salinidade.

Podemos afirmar que são solos que se adaptam bem às culturas instaladas no local, pois não há fatores considerados extremos que limitem fortemente o crescimento radicular nem a disponibilidade de água para as plantas.

## 8.7. Área total e divisão das parcelas

O Perímetro Irrigado do Mucoso está subdividido em 160 parcelas, tendo cada uma 3,11 ha, o que totaliza 497,6 ha. Na Figura 12 pode se observar o esquema da divisão das parcelas, sendo que 54 estavam destinadas ao cultivo de citrinos, 36 parcelas para o cultivo de manga, 36 para o cultivo de ananás e 34 parcelas destinadas ao cultivo de hortícolas.

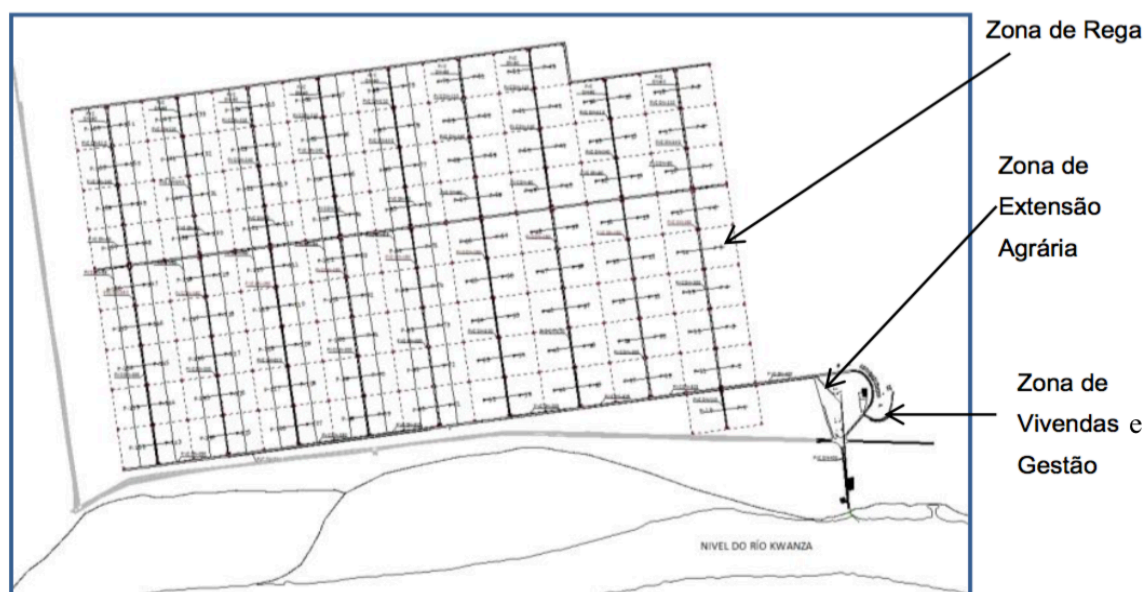


Figura 12 - Ordenamento das parcelas do Perímetro do Mucoso, (Incatema Consulting, 2014)

Além das parcelas agrícolas, há ainda outras infraestruturas de apoio à produção e aos produtores, tais como residências para funcionários, centro administrativo, centros de tratamento de água para posterior distribuição, tanques reservatórios, oficinas e câmaras

de conservação de produtos oriundos dos campos agrícolas, tal como se ilustra na Figura 13.



Figura 13 - Mapa das parcelas e outras infraestruturas do Perímetro irrigado do Mucoso.

Fonte: elaboração própria em <https://earth.google.com/web/>

### 8.8. Principais culturas instaladas

Na Tabela 7 apresentam-se as principais culturas que estão instaladas no perímetro do Mucoso, em 2018.

Tabela 7 - Culturas de eleição do perímetro do Mucoso, Angola, em 2018

Cultura	Área (ha)
Manga	30
Citrinos	74
Ananás	3,11
Banana	9,0

## 8.9. Rede de distribuição

Nas infraestruturas de rega do Mucoso, cabe distinguir duas partes:

- Captação e abastecimento – formada por quatro bombas de eixo vertical com 90 kw de potência e duas tubagens independentes, em PVC DN-400 PN-0,6 MPa (Figura 14 e 15). Estas duas bombas captam água do rio Kwanza e abastecem através das duas tubagens independentes os depósitos cilíndricos.
- Distribuição para rega localizada – formada por dois depósitos cilíndricos de chapa metálica ondulada galvanizada de 1.500 m<sup>3</sup>/unidade; duas estações de rebombagem – em cada uma três bombas de 75 kw, uma bomba de 15 kw, equipamento de filtragem de anéis automático, sistemas de fertirrigação de três depósitos de uma bomba injectora e rede de tubagens. As estações de rebombagem filtram, fertilizam e impulsionam a água desde cada depósito e mediante uma rede de tubagens de PVC (com diâmetros de 125 até 400 mm PN-0,6 Mpas) distribuem a água às diversas parcelas. Cada estação de rebombagem abastece água de maneira independente a cada zona de rega.



Figura 14 - Infraestrutura de captação de água no Rio Kwanza



Figura 15 - Bombas de eixo vertical no interior da infraestrutura de captação

O dimensionamento do sistema foi adaptado para cada cultura, ou seja, para as hortícolas, o sistema<sup>7</sup> foi montado para fornecer um caudal de 1,0 litro/hora, com uma distância entre os gotejadores de 0,30 metros. Para a cultura da manga, foram instaladas duas linhas de tubagens com gotejadores sobre a linha cujo caudal nominal é de 2,2 litros/hora e a

<sup>7</sup> Gotejadores integrados turbulentos

distância entre os gotejadores de 0,75 metros. Para os citrinos, 2,2 litros/hora de caudal nominal e distância entre gotejadores de 0,50 metros.

É desta forma que foram projectados. Portanto, a manutenção constante dos sistemas é uma tarefa imperiosa, pois diversos fatores, tais como, a danificação dos tubos resultante de lavouras, o entupimento de tubos e/ou gotejadores, podem levar ao mau funcionamento dos equipamentos de rega comprometendo assim a uniformidade de rega, o que afeta a produção e produtividade das culturas.

#### **8.10. Caraterização das culturas instaladas no Perímetro do Mucoso**

Neste ponto fez-se uma caraterização das diferentes culturas instaladas no perímetro do Mucoso, com ênfase nas necessidades hídricas.

##### Cebola

A morfologia do sistema radicular e a fisiologia estomática atuam em conjunto para fazerem da cebola uma cultura muito sensível às condições hídricas. A planta tem grandes dificuldades em regular o potencial hídrico das folhas em consequência das variações do potencial hídrico do solo. Como resultado, pequenas diminuições do potencial da água do solo (devido à seca ou à salinidade) resultam em decréscimo da transpiração e da fotossíntese, impossibilitando o crescimento da planta e a maximização da produtividade. Na Tabela 8 resumem-se as principais variáveis para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura da cebola. A cultura é relativamente resistente à seca: não cresce, mas não morre. Devido ao enraizamento superficial, a cebola tem uma reduzida capacidade de aproveitar a água do solo. A disponibilidade de água deve ser abundante na fase de crescimento das folhas e fase inicial de crescimento do bolbo. A rega ou disponibilidade excessiva de água no final do ciclo cultural atrasa a maturação dos bolbos (Almeida , 2006).

Tabela 8 - Informações para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura da cebola, (Allen et al., 1998).

Variáveis	Cebola seca	Cebola verde
Coeficientes culturais médios (Kc)		
Kc inicial	0,5-0,7	0,5-0,7
Kc intermédio	1,05	1,00
Kc final	0,75	1,00
Duração do período de desenvolvimento (L)		
L inicial (dias)	15-20	20-30
L desenvolvimento (dias)	25-35	30-45
L intermédio (dias)	70-110	10-20
L final (dias)	40-45	5-10
Total (dias)	150-210	65-105
Altura máxima das plantas (m)	0,4	0,3
Profundidade radicular máxima (m)	0,3-0,6	0,3-0,6
Classificação da profundidade do sistema radicular	Superficial	Superficial
Fracção p (coeficiente facilmente utilizável)	0,3	0,3

### Tomate

A disponibilidade de água é o principal fator determinante da produtividade do tomate para a indústria. A condução da rega tem também um efeito determinante na qualidade. Os efeitos do défice hídrico são variáveis, dependendo do estado de desenvolvimento da cultura. Na fase de floração e vingamento dos frutos, o défice hídrico produz uma diminuição do número de frutos, enquanto nas fases de crescimento e maturação dos frutos provoca uma redução do seu peso unitário, mas um aumento do teor em sólidos solúveis (Almeida, 2006).

Na Tabela 9 resumem-se as principais variáveis para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura do tomate. A cultura deve dispor da água que é perdida pela ETc, ou ligeiramente menos. Um excesso de água em relação à ETc durante a fase final da maturação pode aumentar ligeiramente o rendimento, mas diminui a concentração de sólidos solúveis, o que implica maiores custos de rega, de transporte de matéria prima e na evaporação para o fabrico do concentrado. Um ligeiro défice hídrico (85% da ETc) permite um bom equilíbrio entre a produtividade e a qualidade.

A rega superficial por sulcos caiu em desuso. Atualmente, a cultura é irrigada por aspersão ou por sistemas de gota-a-gota, com recurso a fita de rega (Almeida, 2006).

Tabela 9 - Informações para a avaliação das necessidades de água e para a condução da rega na cultura do tomate, (Allen et al., 1998)

Variáveis	Tomate
Coeficientes culturais médios (Kc)	
Kc inicial	0,60
Kc intermédio	1,15
Kc final	0,70-0,90
Duração do período de desenvolvimento (L)	
L inicial (dias)	30
L desenvolvimento (dias)	40
L intermédio (dias)	45
L final (dias)	30
Total (dias)	145
Altura máxima das plantas (m)	0,6
Profundidade radicular máxima (m)	0,7-1,5
Classificação da profundidade do sistema radicular	Profundo
Fracção p (coeficiente facilmente utilizável)	0,40

### Beringela

A beringela possui um sistema radicular que pode atingir 90 a 120 cm de profundidade, embora a absorção de água e nutrientes se efectue predominantemente na parte superficial do solo, até aos 40 cm de profundidade. Na Tabela 9 resumem-se as principais variáveis para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura da beringela.

Tabela 10 - Informações para a avaliação das necessidades de água e para a condução da rega na cultura da beringela (Allen et al., 1998)

Variáveis	Beringela
Coeficientes culturais médios (Kc)	
Kc inicial	0,60
Kc intermédio	1,05
Kc final	0,90
Duração do período de desenvolvimento (L)	
L inicial (dias)	30
L desenvolvimento (dias)	40
L intermédio (dias)	40
L final (dias)	20
Total (dias)	130
Altura máxima das plantas (m)	0,80
Profundidade radicular máxima (m)	0,7-1,2
Classificação da profundidade do sistema radicular	Moderado
Fracção p (coeficiente facilmente utilizável)	0,45

O período crítico de falta de água é a floração, vingamento e floração dos frutos. Se a cultura for feita com cobertura do solo com filme de polietileno, o sistema de rega deve ser o gota-a-gota (Almeida, 2006).

### Pepino

Para garantir elevadas produtividades é necessário que a planta não sofra de défice hídrico. Ao ar livre, em condições de regadio deficiente, pode suspender-se a rega até à ocorrência das primeiras flores, de forma a promover o desenvolvimento do sistema radicular. Devido ao elevado teor em água dos frutos e às elevadas taxas de crescimento, o défice hídrico é muito prejudicial nas fases de floração, vingamento e crescimento dos frutos. Quando o teor de água no solo atinge 50% da sua capacidade utilizável (leitura tensiométrica de -45 cbar), deve ser imediatamente regado (Almeida, 2006). Na Tabela 10 resumem-se as principais variáveis para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura do pepino.

Tabela 11 - Informações para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura do pepino, (Allen et al., 1998)

Variáveis	Pepino fresco
Coeficientes culturais médios (Kc)	
Kc inicial	0,60
Kc intermédio	1,00
Kc final	0,75
Duração do período de desenvolvimento (L)	
L inicial (dias)	20
L desenvolvimento (dias)	30
L intermédio (dias)	40
L final(dias)	15
Total (dias)	105
Altura máxima das plantas (m)	0,3
Profundidade radicular máxima (m)	0,7-1,2
Classificação da profundidade do sistema radicular	Moderado
Fracção p (coeficiente facilmente utilizável)	0,50

### Melão e Meloa

Por falta de dados referentes a cultura da meloa, serão aqui adotados os referentes à cultura do melão.

A cultura do melão é relativamente resistente à seca, todavia a sua produtividade fica gravemente comprometida em condições de sequeiro. Sendo uma cultura sensível a condições de fraco arejamento do solo, deve-se, contudo, evitar regas excessivas em condições que conduzam ao encharcamento. O vingamento e crescimento são as fases críticas, em que o défice hídrico compromete a produção (Almeida, 2006). Na Tabela 11 resumem-se as principais variáveis para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura destas culturas.

Tabela 12 - Informações para a avaliação das necessidades de água e para a condução da rega na cultura do melão, (Allen et al., 1998)

Variáveis	Melão
Coeficientes culturais médios (Kc)	
Kc inicial	0,50
Kc intermédio	1,05
Kc final	0,75
Duração do período de desenvolvimento (L)	
L inicial (dias)	25
L desenvolvimento (dias)	35
L intermédio (dias)	40
L final (dias)	20
Total (dias)	120
Altura máxima das plantas (m)	0,4
Profundidade radicular máxima (m)	0,8-1,5
Classificação da profundidade do sistema radicular	Moderado
Fracção p (coeficiente facilmente utilizável)	0,40

### Melancia

A melancia é uma cultura resistente à seca, mas as melhores produtividades obtêm-se em regadio. Esta cultura apresenta um grande desenvolvimento vegetativo, pelo que a ETc pode ser muito elevada. A fase crítica em que o défice hídrico mais prejudica o rendimento da cultura é a fase do desenvolvimento dos frutos (do vingamento ao amadurecimento). Quando o défice hídrico ocorre na fase do vingamento e crescimento dos frutos, estes ficam pequenos e susceptíveis de sofrer necrose apical. No início do crescimento vegetativo, um défice hídrico moderado favorece o desenvolvimento do sistema radicular e pode ser benéfico em condições de regadio deficiente. As temperaturas baixas (10-15 °C) restringem a taxa de absorção de água. O excesso de humidade no solo favorece o aparecimento de podridões e rachamento dos frutos. Assim, a rega nos dias próximos da primeira colheita e durante o período de colheita deve ser feita criteriosamente e, se necessário, interrompida, a fim de evitar podridões, rachamentos, atrasos na colheita e redução do teor de sólidos solúveis dos frutos (Almeida, 2006).

Na Tabela 13 resumem-se as principais variáveis para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura do tomate.

Tabela 13 - Informações para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura da melancia, (Allen et al., 1998)

Variáveis	Melancia
Coeficientes culturais médios (Kc)	
Kc inicial	0,40
Kc intermédio	1,00
Kc final	0,75
Duração do período de desenvolvimento (L)	
L inicial (dias)	20
L desenvolvimento (dias)	30
L intermédio (dias)	30
L final (dias)	30
Total (dias)	110
Altura máxima das plantas (m)	0,4
Profundidade radicular máxima (m)	0,8-1,5
Classificação da profundidade do sistema radicular	Profundo
Fracção p (coeficiente facilmente utilizável)	0,4

### Repolho e couves

Na cultura do repolho (Tabela 14) deve-se assegurar um abundante fornecimento de água, sobretudo na fase de germinação e na fase de transplante, bem como, manter o terreno constantemente fresco durante todo o ciclo (Castañer & Castañer, 1984).

As couves são relativamente tolerantes à seca, devido às características das suas ceras epicuticulares, mas exigem abundante disponibilidade de água para uma boa produtividade. Devido a uma reduzida profundidade radical útil, as couves são pouco eficazes na utilização da água do solo. A formação de repolho é a fase crítica em termos de exigências hídricas. Se houver condições de rega deficiente e variações grandes na disponibilidade hídrica, os repolhos podem fendilhar.

A rega por aspersão, largamente utilizada na cultura das couves, favorece a dispersão e desenvolvimento de doenças, em particular a podridão negra das brássicas (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*) (Almeida, 2006).

Tabela 14 - Informações para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura do repolho, (Allen et al., 1998)

Variáveis	Repolho
Coeficientes culturais médios (Kc)	
Kc inicial	0,7
Kc intermédio	1,05
Kc final	0,95
Duração do período de desenvolvimento (L)	
L inicial (dias)	40
L desenvolvimento (dias)	60
L intermédio(dias)	50
L final (dias)	15
Total (dias)	165
Altura máxima das plantas (m)	0,4
Profundidade radicular máxima (m)	0,5-0,8
Classificação da profundidade do sistema radicular	Moderado
Fracção p (coeficiente facilmente utilizável)	0,45

Na Tabela 15 resumem-se as principais variáveis para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura da couve.

Tabela 15 - Informações para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura da couve (Allen et al., 1998).

Variáveis	Couves repolho
Coeficientes culturais médios (Kc)	
Kc inicial	0,70
Kc intermédio	1,05
Kc final	0,95
Duração do período de desenvolvimento (L)	
L inicial (dias)	20-30
L desenvolvimento (dias)	30-35
L intermédio (dias)	20-90
L final (dias)	10-40
Total (dias)	80-195
Altura máxima das plantas (m)	0,4
Profundidade radicular máxima (m)	0,4-0,6
Classificação da profundidade do sistema radicular	Superficial
Fracção p (coeficiente facilmente utilizável)	0,40

## Citrinos

Todas as culturas dos citrinos são exigentes em água. O desenvolvimento do seu sistema radicular depende muito da quantidade de água aplicada na zona de exploração das raízes. Isso quer dizer que os citrinos têm o seu sistema radicular bem desenvolvidos em zonas cujos solos são profundos e com boa pluviosidade. Duas coisas devem ser evitadas nesta cultura, o encharcamento do solo e molhar o tronco, por isso, o sistema de rega mais adequado é o gota-a-gota (Duarte, 2012). Na Tabela 16 resumem-se as principais variáveis para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura dos citrinos.

São plantas que conservam bem a água dentro do seu sistema, graças à uma combinação de fatores fisiológicos e anatómicos que limitam o movimento da água no interior da planta (Davies & Aldbrigo, 1994).

Tabela 16 - Informações para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura dos citrinos, adaptado de Allen et al. (1998) e Doorenbos e Pruitt(1975) citados por Shahidian (2012).

Condições de cobertura	Variáveis		
	Coefficientes culturais (Kc)	Coefficientes culturais (Kc)	Coefficientes culturais (Kc)
Solo descoberto			
70%	0,70	0,65	0,70
50%	0,65	0,60	0,65
20%	0,50	0,45	0,50
Solo coberto			
70%	0,75	0,70	0,75
50%	0,80	0,80	0,80
20%	0,85	0,85	0,85
Duração do período de desenvolvimento (L)			
L inicial (dias)		60	
L desenvolvimento (dias)		90	
L intermédio (dias)		120	
L final (dias)		95	
L total (dias)		365	
Altura máxima das plantas (m)		1,2-1,5	
Classificação do sistema radicular (m)		Profundo	
Fracção p (coeficiente facilmente utilizável)		0,5	

Apesar de possuir estas características, a ausência de rega nos citrinos causa sérios prejuízos ao desenvolvimento e qualidade do fruto, prejudica a robustez física da planta, afecta o desenvolvimento radicular e pode causar a queda de frutos verdes. Portanto, a produção dos citrinos é fortemente comprometida na ausência de rega nos períodos de maior carência (Amaral, 1994).

### Banana

As necessidades hídricas desta cultura são muito elevadas. A título de exemplo, num caso específico (Ilhas Canarias, Espanha) foram calculadas, para plantações de 1.800-2.000 plantas por ha, necessidades de água na ordem dos 10.000-12.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.ano em sistemas de rega localizado. O enrolamento das folhas é uma característica básica da carência de água. Se esse período de carência for muito prolongado, o pecíolo dobra-se e cai, as folhas ficam amarelados e secam (Agustí, 2010).

Tabela 17 - Informações para a avaliação das necessidades de água e para a condução da rega na cultura da banana, adaptado de Allen et al. (1998) e Doorenbos e Pruitt (1975)

Variáveis	1º ano	2º ano
Coeficientes culturais médios (Kc)		
Kc inicial	0,50	1,00
Kc intermédio	1,10	1,20
Kc final	1,00	1,10
Duração do período de desenvolvimento (L)		
L inicial (dias)	120	120
L desenvolvimento (dias)	90	60
L intermédio (dias)	120	180
L final (dias)	60	5
L total (dias)	390	365
Altura máxima das plantas (m)	3	4
Profundidade radicular máxima (m)	0,5-0,9	0,5-0,9
Classificação da profundidade do sistema radicular	Moderado	Moderado
Fracção p (coeficiente facilmente utilizável)	0,35	0,35

### Ananás

É uma cultura com necessidades hídricas reduzidas, quando comparadas com outras culturas. Adapta-se bem a condições de deficiência hídrica, decorrente da sua característica morfológica e fenológica (capacidade de armazenar água na hipoderme das folhas;

capacidade de colectar água eficientemente, incluindo o orvalho, dado o formato das suas folhas; capacidade de reduzir consideravelmente as perdas de água (transpiração) por meio de vários mecanismos) (Almeida, 2000).

Py et al. (1987) citado por Almeida et al. (2002) referem que, em geral, esta cultura (em cultivo comercial) requer mensalmente precipitação mínima na ordem dos 80-100 mm mês<sup>-1</sup>. Almeida e Reinhardt (1999) citados por Carr (2012) referem que, nas zonas com pluviosidade anual inferior a 500 mm mês<sup>-1</sup>, o ananás só pode ser cultivado sob irrigação. Para as regiões cuja pluviosidade anual exceda 500 mm mês<sup>-1</sup>, a irrigação é necessária apenas em caso de haver três meses consecutivos com precipitações inferiores a 15 mm mês<sup>-1</sup>, ou quatro meses seguidos com pluviosidades inferiores a 25 mm mês<sup>-1</sup> ou ainda no caso de haver cinco meses seguidos cujas precipitações sejam inferiores a 40 mm mês<sup>-1</sup>. Na Tabela 18 resumem-se as principais variáveis para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura do ananás.

Tabela 18 - Informações para a avaliação das necessidades de água e para a condução da rega na cultura do ananás, adaptado de Allen et al. (1998); Doorenbos e Pruitt (1977)

Variáveis	Solo com cobertura	Solo sem cobertura
Coeficientes culturais médios (Kc)		
Kc inicial	0,50	0,50
Kc intermédio	0,50	0,30
Kc final	0,50	0,30
Duração do período de desenvolvimento (L)		
L inicial (dias)	60	60
L desenvolvimento (dias)	120	120
L intermédio (dias)	600	600
L final (dias)	10	10
Total (dias)	790	790
Altura máxima das plantas (m)	0,6-1,2	0,6-1,2
Profundidade radicular máxima (m)	0,5-0,9	0,5-0,9
Classificação da profundidade do sistema radicular	Moderado	Moderado
Fracção p (coeficiente facilmente utilizável)	0,50	0,50

### Manga

Carr (2014) citado por Souza et al. (2016) ressalta que a disponibilidade hídrica tem um efeito directo na cultura da manga pois o seu crescimento e produtividade são limitados pela escassez hídrica. As necessidades hídricas desta cultura variam de acordo com a

idade do pomar e suas fases fenológicas. Nas regiões tropicais, o déficit hídrico é necessário para o início da floração, tal fator é consequência do fim das chuvas ou pela suspensão da rega (Souza et al., 2016). A fase crítica do ciclo reprodutivo da manga compreende de quatro a seis semanas após o estabelecimento dos frutos (Coelho et al., 2007). Na Tabela 19 resumem-se as principais variáveis para a avaliação das necessidades de água e condução da rega na cultura da manga.

Tabela 19 - Informações para a avaliação das necessidades de água e para a condução da rega na cultura da manga, adaptado de COBA (2010)

Variáveis	Manga
Coeficientes culturais médios (Kc)	
Kc inicial	0,9
Kc intermédio	1,05
Kc final	0,9
Duração do período de desenvolvimento (L)	
L inicial (dias)	81
L desenvolvimento (dias)	100
L intermédio (dias)	90
L final (dias)	94
Total (dias)	365
Altura máxima das plantas (m)	
Profundidade radicular máxima (m)	1,5
Classificação da profundidade do sistema radicular	Profundo
Fracção p (coeficiente facilmente utilizável)	0,5

## 9. Material e métodos

### 9.1. Avaliação da uniformidade de rega no local de estudo

Para a avaliação da uniformidade de rega fez-se a recolha de água em duas parcelas: citrinos, cujo compasso é 3 x 6m, e banana, cujo compasso é de 2 x 2m. Para tal, os recipientes foram colocados no início da linha, a um terço, a dois terços e no fim, conforme esquema proposto por Keller e Karmeli (1975) citados Silva e Silva (2005).

Foram avaliados 16 gotejadores nos sectores, o que perfaz um total de 32 amostras colectadas.

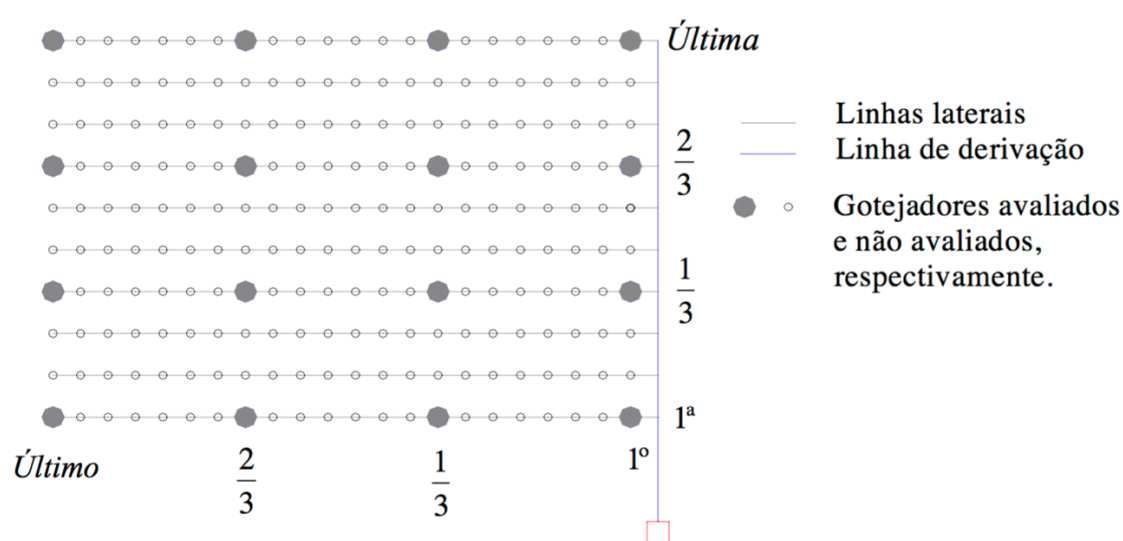


Figura 16 - Esquema de metodologia de determinação da uniformidade em sistema de gota-a-gota, Keller e Karmeli (1975)

### 9.2. Balanço hídrico do solo e determinação das necessidades líquidas de rega das culturas

Para determinar o balanço hídrico do solo e as necessidades líquidas de rega das culturas recorreu-se ao programa CropWat 8.0 da FAO. A determinação das necessidades líquidas de rega foi feita tendo em conta os valores de evapotranspiração da cultura e a precipitação no local.

Os valores Kc e da duração das fases das culturas para a região em estudo, disponibilizados na literatura existente foram ajustados com base nas informações obtidas no perímetro.

## 10. Resultados e discussão

Este capítulo é dedicado à análise e discussão dos resultados, ou seja, são apresentados e discutidos os coeficientes de uniformidade do sistema de rega estudado, bem como, os fatores que influenciam a uniformidade de rega. Inclui ainda a discussão de alguns aspectos críticos na gestão da rega do Perímetro Irrigado do Mucoso, constatados aquando da realização do estágio.

### 10.1. Uniformidade de distribuição

A gestão e eficiência da rega são fortemente afectadas pela forma como a água é distribuída ao longo da parcela. A uniformidade de distribuição de água, sendo um indicador da uniformidade de aplicação, é responsável pela quantidade de água que as plantas irão receber (Santos et al., 2017). Vilas Boas (2016), citado por Morais (2017) refere que a baixa uniformidade se traduz na disponibilização irregular de água para as plantas, podendo estas receber água em excesso ou em deficit.

Para melhor compreensão da classificação do coeficiente de uniformidade de aplicação de água dos sistemas de rega nas parcelas estudadas, apresenta-se, na Tabela 20, os parâmetros que qualificam o coeficiente de uniformidade, conforme proposto por Bernardo et al. (2013) citados por (Silva et al., 2015).

Tabela 20 – Valores recomendados para avaliação do coeficiente de uniformidade, adaptado de Merriam e Keller (1978) e Bernardo et al. (2006), citados por Silva et al. (2015)

Coeficiente de uniformidade (%)	Classificação
90 a 100	Excelente
80 a 90	Boa
70 a 80	Regular
<70	Má

Na Tabela 21 apresentam-se os valores de referência da eficiência que os sistemas de rega localizada podem atingir quando são bem dimensionados. São valores referenciais para estes sistemas de rega.

Tabela 21 - Valores indicativos das eficiências de aplicação da rega localizada em óptimas condições (bem projetadas e bem mantidas), (Pereira, 2004).

Rega localizada	Eficiência (%)
Gotejadores, $\approx$ 3 emissores por planta	85 - 95
Gotejadores, $<$ 3 emissores por planta	80 - 90
Microaspersores e bubblers	85 - 95
Linha contínua de emissores gota-a-gota	70 - 90

Os valores indicativos expostos nas Tabelas 20 e 21 servem de base à análise de resultados que se apresentam na Tabela 22. Tal permite-nos concluir que há uma falha na uniformidade de distribuição de água na parcela de banana, enquanto que na parcela de citrinos os valores desta uniformidade encontram-se dentro dos limites que Bernardo e Mantovani (2009) consideraram aceitáveis (80%). Porém, Zocoler (2005) citado por Silva et al. (2005) e Morais (2017) refere que, para sistemas de rega por gotejamento, o ideal é que o coeficiente de uniformidade (CUC) atinja um valor de superior a 90% e a uniformidade de distribuição (UD) se situe entre 85 a 90%. Tendo em conta os limites propostos por estes autores, os valores de uniformidade das duas parcelas estudadas encontram-se abaixo dos valores considerados aceitáveis.

Tabela 22 - Resultados dos coeficientes de uniformidade obtidos nas parcelas estudadas do Perímetro Irrigado do Mucoso

	<b>Citrinos</b>	<b>Banana</b>
Volume médio (ml)	47,5	54,7
Caudal médio (L h <sup>-1</sup> )	1,4	1,6
Volume quartil mínimo (ml)	38,7	38
Caudal médio no quartil inferior (L h <sup>-1</sup> )	1,2	1,14
Uniformidade de distribuição (UD) (%)	81,6	69,4
Coefficiente de Uniformidade	88,9	87,5

Pimentel et al. (2012), avaliando a uniformidade de distribuição em irrigação por gotejamento na cultura do cumaru, verificaram que o sistema apresentava um valor de 90%, o que, de acordo com a classificação de Merriam e Keller (1978), está dentro do considerado excelente.

Silva et al. (2011) fizeram a avaliação da uniformidade de distribuição em irrigação localizada com sistemas de aeração, decantação e filtração, cuja colecta de dados dos

gotejadores foi feita conforme a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), tendo verificado valores de uniformidade de distribuição de 88,9 e 97,1 %, classificando desta forma a uniformidade do sistema como sendo excelente.

Estudando a uniformidade de distribuição em irrigação por gotejamento na cultura do milho, Santos *et al.* (2017) concluíram que o sistema apresentou valores de uniformidade de distribuição de 97,2%, tendo classificado a uniformidade como sendo excelente.

Resultados excelentes foram também obtidos por Vidal *et al.* (2012) quando calculavam a uniformidade de sistemas de irrigação por gotejamento. Os autores obtiveram valores de uniformidade de 97 e 93%, tendo classificado a uniformidade do sistema, de acordo com Merriam e Keller (1978) como excelente.

Medindo a uniformidade de irrigação na cultura do milho e fava, Rodrigues *et al.* (2017) obtiveram valores do coeficiente de uniformidade superiores a 90%, o que, de acordo com a classificação de Christiansen é excelente (Rodrigues *et al.*, 2017).

Os altos valores de uniformidade apresentados por estes autores permitem compreender melhor, quando contrastados com os valores calculados para a zona em estudo, o baixo desempenho do sistema nos locais analisados e, conseqüentemente, a necessidade de haver melhorias na forma como se gere a rega e chamando, portanto, atenção para necessidade de manutenção constante.

Assim, tendo em conta os valores calculados nas parcelas estudadas, pode-se classificar a uniformidade do sistema de rega como sendo regular, nas parcelas de citrinos, e mau, na parcela de banana. As Tabelas 23 e 24 apresentam as conseqüências em termos de acréscimo no consumo de água em conseqüência dos baixos níveis de UD avaliados. Foram tidas em conta os valores de UD avaliados e aqueles considerados excelentes para sistemas de rega gota-a-gota (95%).

Tabela 23 - Necessidades de rega por área instalada de banana (9 ha) com eficiência de rega (UD) simulada

Mês	Necessidades líquidas de rega para o ciclo ( $m^3 ha^{-1}$ )	Consumo total da cultura ( $m^3$ )	Necessidades reais de rega ( $m^3$ )		Acréscimo no consumo de água resultante da baixa UD ( $m^3$ )
			UD a 69,4%	UD a 95%	
Jan	683	5.040	7.262,2	5.305,3	1.957
Fev	560	3.258	4.694,5	3.429,5	1.265,1
Mar	362	441	635,4	464,2	171,2
Abr	49	0	0	0	0
Mai	0	10.773	15.523,1	11.340	4.183,1
Jun	1.197	12.474	17.974,1	13.130,5	4.843,5
Jul	1.386	12.357	17.805,5	13.007,4	4.798,1
Ago	1.373	12.564	18.103,7	13.225,3	4.878,5
Set	1.396	12.393	17.857,3	13.045,3	4.812,1
Out	1.377	11.223	16.171,5	11.813,7	4.357,8
Nov	1.247	6.048	8.714,7	6.366,3	2.348,4
Dez	672	6145	8.857,3	6.470,5	2.386,8
<b>Anual</b>	<b>10.302</b>	<b>92.718</b>	<b>133.599,4</b>	<b>97.597,9</b>	<b>36.001,5</b>

O baixo valor da UD verificado tem como consequência um maior dispêndio no consumo de água, pelo que, no presente caso, um cessionário pagaria por hectare de pomar de banana arrendado com a UD a 69,4% o valor de 32.361 Akz  $ha^{-1}$ , enquanto que se o UD fosse de 95% pagar-se-ia apenas 23.640 Akz  $ha^{-1}$ , ou seja, verifica-se um acréscimo no valor anual da tarifa da água para rega de 8. 720 Kwanzas por hectare, reduzindo assim o retorno obtido pela atividade.

Tabela 24 - Necessidades de rega por área instalada dos citrinos (74 ha) com eficiência de rega (UD) simulada.

Mês	Necessidades líquidas de rega para o ciclo ( $m^3 ha^{-1}$ )	Consumo total da cultura ( $m^3$ )	Necessidades reais de rega ( $m^3$ )		Acréscimo no consumo de água resultante da baixa UD ( $m^3$ )
			UD a 81,6%	UD a 95%	
Jan	196	14.504	17.774,5	15.267,4	2.507,1
Fev	181	13.394	16.414,2	14.098,9	2.315,3
Mar	0	0	0,0	0,0	0,0
Abr	0	0	0,0	0,0	0,0
Mai	571	42.254	51.781,9	44.477,9	7.304,0
Jun	690	51.060	62.573,5	53.747,4	8.826,2
Jul	682	50.468	61.848,0	53.124,2	8.723,8
Ago	694	51.356	62.936,3	54.058,9	8.877,3
Set	674	49.876	61.122,5	52.501,1	8.621,5
Out	546	40.404	49.514,7	42.530,5	6.984,2
Nov	16	1.184	1.451,0	1.246,3	204,7
Dez	317	23.458	28.747,5	24.692,6	4.054,9
<b>Anual</b>	<b>4.567</b>	<b>337.958</b>	<b>414.164,2</b>	<b>355.745,2</b>	<b>58.419</b>

O baixo valor da UD verificado tem como consequência um maior dispêndio no consumo de água, pelo que, no presente caso, um cessionário pagaria por hectare de pomar de

citrinos arrendado com a UD a 81,6% o valor de 12.201 Akz ha<sup>-1</sup>, enquanto que se o UD fosse de 95% pagar-se-ia apenas 10.480 Akz ha<sup>-1</sup>, ou seja, o menor valor do UD implica um acréscimo no valor anual da tarifa da água para rega de 1.721 Kwanzas por hectare, reduzindo assim o retorno obtido pela atividade.

Um outro aspecto que precisa ser analisado é o caudal médio calculado. Por exemplo, nas parcelas dos citrinos, o caudal calculado foi inferior àquele projectado aquando da instalação inicial do projecto, ou seja, a rede de rega do perímetro do Mucoso foi dimensionada para atender às necessidades das culturas que viriam a ser instaladas (Incatema Consulting, 2014), no caso dos citrinos, na área experimental, foi instalada uma linha de tubagem lateral com gotejadores integrados turbulentos cujo caudal nominal é de 2,2 L h<sup>-1</sup>. O caudal calculado nesta parcela é de 1,4 L h<sup>-1</sup> (Tabela 22), inferior ao que foi projectado. Isso implica que o tempo de rega deverá ser maior, pois só assim se atenderá à demanda hídrica desta cultura. Outra implicação é o aumento do consumo de combustível, pois as máquinas precisarão funcionar mais tempo, já que mais horas de rega serão requeridas.

### **10.1.2. Fatores que influenciam a uniformidade.**

Guerra (2004), citado por Silva e Silva (2005) refere que o principal elemento que condiciona a qualidade de uniformidade de rega é o comportamento inadequado dos agricultores ao não fazerem a manutenção regular dos equipamentos (revisão da motobomba ou substituição de reguladores de pressão), de forma a garantir que estes distribuam a água de forma mais uniforme. Esta falta de manutenção regular resulta na diminuição da produção nas áreas irrigadas.

Nunes et al. (2003) classificaram em dois grupos os fatores que influenciam a uniformidade de rega: fatores que ocorrem ao nível da execução do projecto – pressão no emissor; variação da pressão no sistema; característica do emissor (caudal e pressão); susceptibilidade do emissor à variação do caudal; coeficiente de variação tecnológica do emissor; susceptibilidade do emissor ao entupimento; adequação da filtragem e os fatores que correm ao nível da gestão da rega – manutenção do sistema, que envolve a limpeza dos filtros, a reparação de fugas e a substituição de gotejadores avariados. Também Keller e Bliesner (1990) referem que o entupimento dos emissores é um dos principais problemas encontrados na operação dos sistemas de rega localizada, sendo difíceis de detectar e a limpeza ou substituição acarreta para os agricultores custos adicionais. Tais

dificuldades e custos adicionais implicados na manutenção podem ser a razão de os agricultores não darem a devida atenção à manutenção dos equipamentos.

É importante lembrar que um sistema de rega localizada, adequadamente projectado, permite ao agricultor obter uniformidade de aplicação de água superiores a 90% (rever Tabela 21), o que é ideal para este sistema. Porém, Teixeira (2006), citado por Oliveira et al. (2015) afirma que o uso intensivo dos sistemas de rega implica a diminuição da uniformidade de emissão de água, o que resulta no aumento do coeficiente de variação de vazão ao longo do tempo. Resende *et al.* (2000) e Coelho (2007) citados pelo mesmo autor referem que tais disfunções (desuniformidade) do sistema ao longo do tempo se devem à qualidade da água utilizada na rega, a qual, quando apresenta má qualidade (quantidade de partícula suspensa, composição química e população microbiana) obstruem os gotejadores pela presença de elementos na água que podem causar entupimento, conforme alude a Tabela 25.

Tabela 25 - Potenciais elementos presentes na água susceptíveis de entupir os gotejadores, (Keller e Bliesner, 1990)

Natureza do problema	Pouca	Média	Severa
<b>Física</b>			
Sólidos suspensos (ppm máximo)	<50	50-100	>100
<b>Química</b>			
pH	<7,0	7,0 – 8,0	>8,0
Sólidos dissolvidos (ppm máximo)	<500	500 - 2.000	>2.000
Manganês (ppm máximo)	<0,1	0,1 - 1,5	>1,5
Ferro (ppm máximo)	<0,1	0,1 - 1,5	>1,5
Sulfato de hidrogênio (ppm máximo)	<0,5	0,5 - 2,0	>2,0
<b>Biológica</b>			
População bacteriana (nº máximo/mL)	<10.000	10.000 - 50.000	>50.000

Para evitar que estes constrangimentos afectem a uniformidade de aplicação, é aconselhável efectuar manutenções preventivas, por forma a evitar entupimentos dos gotejadores, e correctivas, com o objectivo de remover os elementos já presentes e que estejam a obstruir os gotejadores (Netafim, 2014).

No caso da área em estudo, os valores de UD obtido pode ser justificado, nas parcelas de citrinos, pelos mais de três anos que já se passaram desde a sua montagem e uma eventual deficiência na manutenção dos mesmos. No caso da parcela de banana, apesar de ser

jovem, a classificação obtida (má) poderá ser resultado do mau dimensionamento do sistema naquela parcela.

### **10.2. Alguns aspectos a evitar na prática da rega no local em estudo**

A agricultura irrigada demanda conhecimentos específicos dos processos que intervêm na produção, sobretudo quando se pretendem obter elevadas produtividades. Mutambara e Munodawafa (2014) citados por Moyo et al. (2017) estudaram as principais barreiras que influenciavam a sustentabilidade das pequenas explorações irrigadas no Zimbábue. Os autores referiram que o nível educacional dos pequenos agricultores limitava o seu acesso à informação, o que, de certa maneira, os colocava alheios aos conhecimentos específicos sobre as práticas mais adequadas.

Portanto, tratando-se da agricultura irrigada à escala nacional, que demanda conhecimentos específicos dos processos que, directa e indirectamente, afetam a produção, a eficiência da rega e a qualidade do solo, é imperioso que os principais intervenientes da rega neste perímetro possam evitar as más práticas cujos efeitos aceleram os processos de degradação dos sistemas de rega e do próprio solo (Figuras 17 e 18). Assim, é importante assegurar que todos os gotejadores estejam colocados em números que possam garantir que a planta tenha disponível água na sua zona radicular sem necessariamente comprometer o solo (Figuras 19 e 20).



Figura 17 - Excesso de gotejadores na planta de citrino



Figura 18 - Acumulação de água perto das plantas de citrinos



Figura 19 - Gotejadores correctamente colocados na planta da manga



Figura 20 - Gotejadores correctamente colocados na planta da manga

O segundo aspecto é a preservação do solo. Os solos do perímetro são classificados, genericamente, como sendo de textura franco-arenosa. São solos que possuem um maior equilíbrio entre os seus componentes, apresentam boa drenagem e aeração. Compreende o estado ideal de solo para prática agrícola (Blanquer et al., 2010). Apesar destas valências, é necessário tomar as devidas precauções, pois há riscos inerentes à própria prática de irrigação (Santos, 2015). Tais riscos são tanto mais elevados quanto maior for a exposição do solo à humidade, num período prolongado de temperatura favoráveis, podendo estimular processos de mineralização da matéria orgânica do solo, originando assim a produção mais ou menos elevada de nitratos<sup>8</sup> no solo. Da má distribuição (dimensionamento) dos gotejadores (Figura 17) resultam ainda perdas de água por percolação e há o risco de salinização do solo.

O terceiro aspecto importante para a gestão da rega é a sua programação. Steduto et al. (2012) citado por (Ribeiro, 2017) referem que a programação da rega é uma metodologia que permite decidir quando regar e que dotação de rega aplicar para cumprir um ou vários objetivos como, por exemplo, maximizar o rendimento, aumentar a produtividade da água, otimizar a qualidade do fruto ou contribuir para o controlo de pragas e doenças.

---

<sup>8</sup> Boink & Speijers (2001) citados por Lopes (2014), referem que cerca de 5 a 10% dos nitratos ingeridos são convertidos na saliva e no trato digestivo em nitritos. Estes são tóxicos, impedindo o normal fornecimento de oxigênio aos tecidos.

Ribeiro (2017) refere que os métodos mais utilizados para programação da rega incluem monitorização do teor de água no solo (através da colheita de amostras de solo); do potencial de água no solo (com a utilização de tensiómetros) e do estado hídrico da planta (através da medição do potencial hídrico foliar e da medição da temperatura da folha). Com estas avaliações frequentes, é possível então satisfazer as necessidades de água das plantas, evitando que elas entrem no estado de stress hídrico, o que pode comprometer a produção.

No local em estudo, a rega é feita com base no conhecimento empírico. Segundo informações recolhidas in loco, a rega é feita num período de cerca de 8h/dia, havendo variações dependendo da época do ano (quando há precipitação ou não), ajustando-se assim o tempo de rega às condições atmosféricas. Esta é uma medida que, na ausência de equipamentos específicos para determinar as reais necessidade líquidas de água das culturas, pode ser adotada, porém, tal prática é muito imprecisa, em particular quando se pretende tirar o máximo proveito da utilização de sistema de rega de alta precisão, como é o caso do sistema de rega gota-a-gota. Esta prática é imprecisa porque não tem em conta as reais necessidades de rega das culturas, o que pode gerar dotações de água desmedida. A Figura 21 apresenta um esquema que reflete a melhor forma de gestão da água de rega, podendo ser aplicado e proposto para a zona em estudo

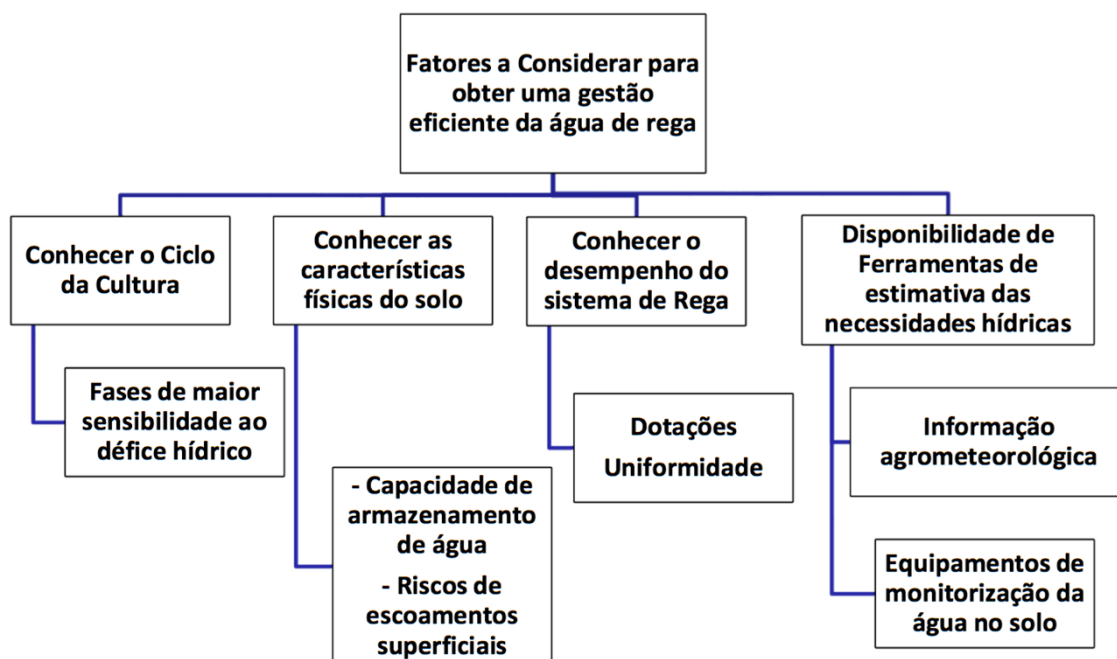


Figura 21 - Gestão adequada água de rega por formas a obter dela o máximo proveito, (Rodrigues G. , s/d)

Da aplicação prática deste esquema no Perímetro irrigado do Mucoso, espera-se que resulte num melhor aproveitamento da água e se alcance óptimas performances do sistema de rega.

### 10.3. Determinação das necessidades de rega das culturas do perímetro do Mucoso

Neste ponto apresentam-se os valores mensais de necessidades líquidas de rega para as diferentes culturas instaladas no Perímetro Irrigado do Mucoso. Os meses de março e abril correspondem ao período de menor necessidade líquidas de rega, pois é nestes meses que há maior quantidade de precipitação (rever Figura 7).

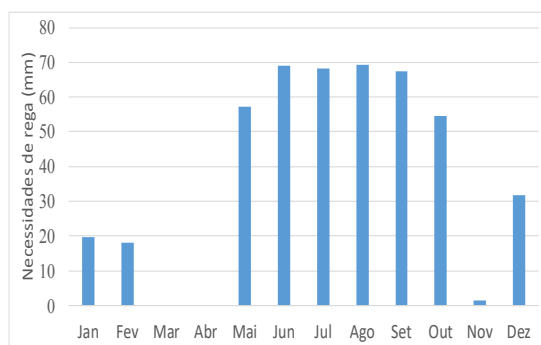


Figura 22 – Necessidades de rega médias mensais para os citrinos no perímetro irrigado do Mucoso

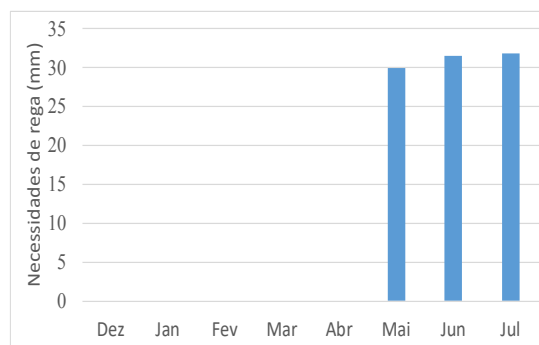


Figura 23 - Necessidades de rega médias mensais para o ananás no perímetro irrigado do Mucoso

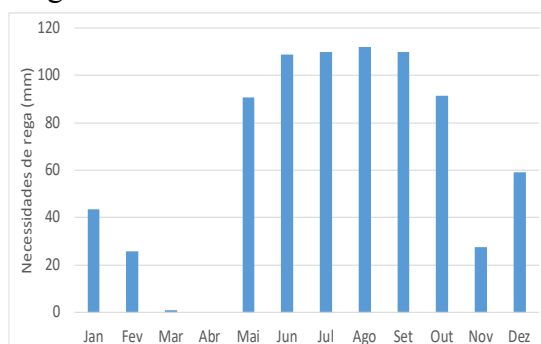


Figura 24 - Necessidades de rega médias mensais para a manga no perímetro irrigado do Mucoso

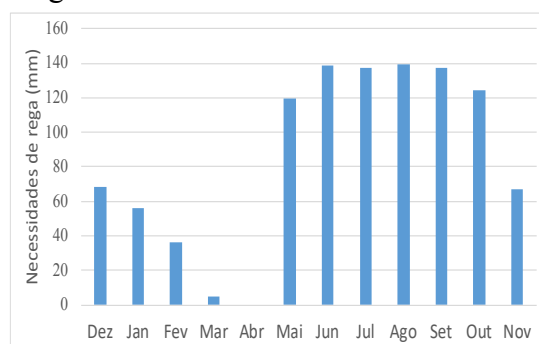


Figura 25 - Necessidades de rega médias mensais para a banana no perímetro irrigado do Mucoso

Foram estimadas também as necessidades líquidas anuais de rega. Para os citrinos, as necessidades estimadas foram de  $4.567 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ , para o ananás, cultura que é pouco exigente em água, foram estimadas necessidades na ordem dos  $934 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ , para a manga  $7.803 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$  e para a cultura da banana que é muito exigente em água foram

estimadas necessidades líquidas de  $10.302 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ . O período de menores necessidade líquidas de rega para quase todas as culturas compreende os meses de junho, julho e agosto, quando há maior precipitação na região. Na Figura 26 apresenta-se as necessidades de rega líquidas anuais das culturas hortícolas, a instalar.

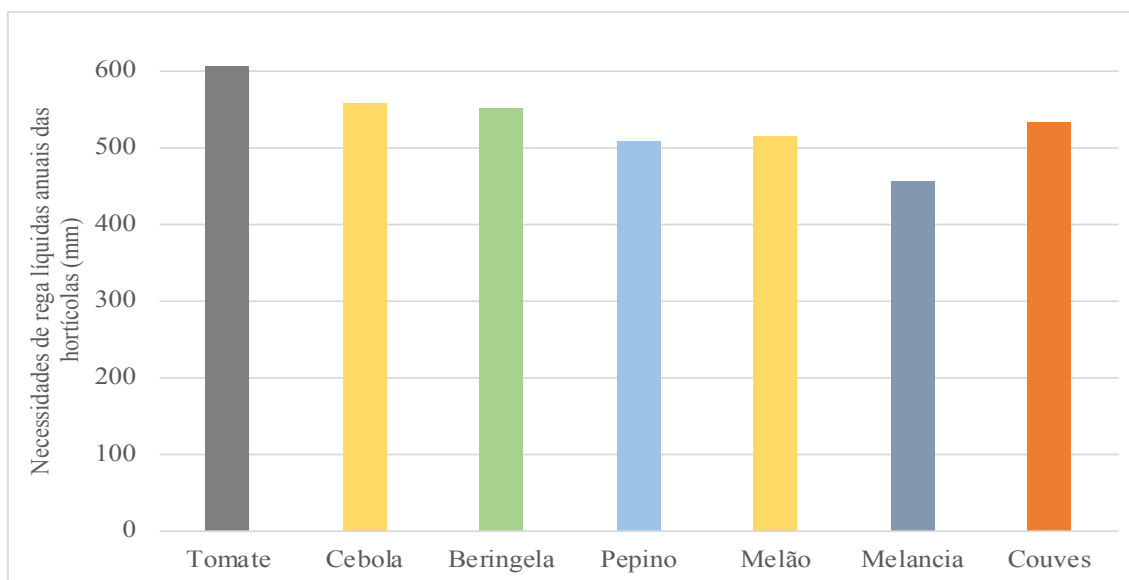


Figura 26 - Necessidades de rega líquidas anuais, em mm, das culturas hortícolas para o perímetro do Mucoso.

Apresenta-se na Tabela 26 um resumo das necessidades de rega das culturas instaladas e a instalar no perímetro irrigado do Mucoso. Para as hortícolas, tendo em conta as características climáticas de Angola, os valores apresentados são referentes a três ciclos culturais.

Tabela 26 - Resumo das necessidades líquidas de rega das culturas instaladas no Perímetro Irrigado do Mucoso, em m<sup>3</sup>

<b>Culturas*</b>	<b>Duração das fases (dias)</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Anual</b>
Tomate	90	138	499	203		536	1.204	127		668	1.042	508		4.925
Cebola	90	13	464	122		515	1.163	1.165		643	1.000	381		5.466
Beringela	90	119	374	151		519	1.078	1.244		654	906	478		5.523
Pepino	90	114	319	87		513	1.021	1.161		659	846	380		5.100
Melão e Meloa	90	51	388	127		423	1.091	1.189		560	919	413		5.161
Melancia	90	69	38,3	6,5		41	108,3	92,5		51,8	91,1	20		5.18,5
Couves (repolho)	90	207	332	136		601	1.036	1.065		733	864	369		5.343
Citrinos		196	181	0	0	571	690	682	694	674	546	16	317	4.567
Ananás	270	0	0	0	0	300	316	318	0	0	0	0	0	934
Manga		437	259	11	0	906	1.089	1.100	1.120	1.100	915	275	591	7.803
Banana		560	362	49	0	1.197	1.386	1.373	1.396	1.377	1.247	672	683	1.030
														2

\* As informações referentes as hortícolas são em m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> enquanto as informações referentes as fruteiras são apresentadas para as áreas totais que elas ocupam, ou seja, citrinos 74 ha, manga 12 ha, ananás 3,11 ha e para a banana, 9 ha.



## **11. Conclusões**

A avaliação do desempenho dos sistemas de rega, efetuada através da determinação de coeficientes de uniformidade de distribuição de água na parcela, permitiu constatar que o desempenho dos sistemas está longe do desejado, nomeadamente, tendo em consideração os valores relatados em grande parte da literatura, classificados como excelentes para este sistema de rega. Estes resultados apontam para a necessidade da realização periódica de avaliações do UD e de outros indicadores, para se evitar desperdícios de água, com prejuízos directos na planta e no ambiente, com efeitos na produção e na produtividade da água.

Os baixos níveis de uniformidade detetados resultam num maior consumo de água, o que implica um maior dispêndio associado à rega e prejudica o rendimento individual dos agricultores. Esta situação repercute-se de forma negativa também ao nível da oferta de água, na medida em que uma maior utilização de água implica maiores despesas de exploração do perímetro.

De facto, a nível económico, os números apresentados são esclarecedores. As receitas próprias geradas pela gestão corrente do Perímetro, no período avaliado, são insuficientes para fazer face às despesas suportadas, o que prejudica a sustentabilidade económica do projecto, que se pretendia que fosse rentável para a região.

Para se alcançar a produção desejada pelo Núcleo de Gestão, o que concorreria para um aumento da oferta de produtos nacionais, é necessário estabelecer-se um equilíbrio entre o uso da água e o que dela se obtém em termos de produção, ou seja, as receitas geradas pela cobrança de taxas anuais (tarifa de água, valor de implantação das parcelas e beneficiação de terras) precisam compensar os custos de investimento e funcionamento ao longo dos anos, pois só assim seria possível falar em sustentabilidade económica do Perímetro irrigado.

As conclusões deste trabalho não são de carácter definitivo. É necessário dar continuidade aos trabalhos de avaliação dos sistemas de rega, com regularidade, no sentido de identificar os constrangimentos e atuar de forma a manter os valores de UD em níveis considerados excelentes.

## 12. Bibliografia

- Agustí, M. (2010). Fruticultura. Madri: Ediciones Mundi-Prensa.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Roma: FAO.
- Almeida, D. (2006). Manual de Culturas Hortícolas (Vol. I e II). Lisboa: Presença.
- Almeida, O. A. (2000). Irrigação. Em EMBRAPA, Abacaxi. Produção. Aspectos técnicos (pp. 35-40). Brasília-DF: EMBRAPA.
- Almeida, O. A., Souza, F. L., Reinhardt, D. H., & Caldas, R. C. (2002). Influência da irrigação no ciclo do abacaxizeiro C.V pérola em área de tabuleiro costeiro da Bahia. Revista brasileira de fruticultura, 24(2), 431-435.
- Amaral, J. D. (1994). Os citrinos. Clássica Editora.
- ANA. (2017). Atlas Irrigação. Uso da água na agricultura. Brasília - DF, Brasil: ANA.
- Aviliez, F., & Silva, F. G. (2011). Custos de disponibilização e disposição a pagar pela água de rega: metodologia de análise. Lisboa: INE.
- Barbosa, M. A., Paz, V. P., Gonçalves, K. S., Alves, L. S., & Almeida, E. K. (2017). Produtividade da água na bataticultura de Ibicoara na Chapada Diamantina, Bahia. Revista Verde de Agronegócio e Desenvolvimento Sustentável, 12(1), 172-176.
- Bernardo, S., Soares, A. A., & Mantovani, E. C. (2013). Manual de Irrigação (8ª ed.). Viçosa, Brasil: UFV.
- Blanquer, J. M., Ibáñez, S. A., & Ramón, H. M. (2010). Researchgate. Obtido em 19 de Março de 2018, de <https://www.researchgate.net/publication/50839531>
- Borrego, J. V. (2000). Horticultura Herbacea Especial. Madrid, Espanha: Mundi-Prensa.
- Carr, M. K. (2012). The water relations and irrigation requirements of pineapple (*Ananas comosus* var. *comosus*): A REVIEW. Experimental Agriculture, 1-14.

- Carramaschi, E. C., Neto, O. M., & Nogueira, J. M. (2000). O preço da água para irrigação: um estudo comparativo de métodos de valoração económica contingente e dose-resposta. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, 17(3), 59-81.
- Castañer, M. A., & Castañer, J. A. (1984). *Horticultura- Guia Prático*. Lerida, Espanha: Dialogra s.a.
- CaxitoRega, S. ((s.d.). Relatório de Progresso sobre a Produção Do Perímetro Irrigado de Caxito. CAXitoRega S.A. Bengo-Angola: CAXitoRega S.A.
- CEIC/UCAN. (2017). Relatório económico de Angola 2016. Luanda: Universidade Católica de Angola.
- Chen, J., Shi, H., Sivakumar, B., & Peart, M. R. (2015). (Elsevier, Ed.) Obtido em 8 de Fevereiro de 2018, de <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.043>
- Christofídis, D. (2013). Água, irrigação e agropecuária sustentável. pp. 115-116.
- Cirilo, J. A. (2015). Crise hídrica - Desafios e superação. (106), 45-58. São Paulo: Revista USP.
- COBA. (2010). Equadramento ambiental. Em COBA, Plano Nacional de Irrigação (PLANIRRIGA). Luanda: COBA.
- COBA. (2010). Plano Nacional Director de Irrigação. Relatório de Progresso nº 2 Sistema de Informação Geográfica. Identificação e Caraterização dos Perímetros Irrigados. Em COBA, Plano Nacional Director de Irrigação (PLANIRRIGA). Luanda-Angola.
- COBA. (2010). Plano Nacional Director de Irrigação. Relatório de Progresso nº 2. Tomo 4. Volume VIII. Necessidades de água das Culturas Irrigadas. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Angola: MINADRP.
- COBA. (2011). Plano Nacional da Água (PNA). Vol.I. Caraterização da Situação de Referência. Avaliação das Disponibilidades Hídricas Superficiais. Em COBA, Plano Nacional Director de Irrigação (PLAIRRIGA) (pp. 1-49). Angola: COBA.

- Coelho, E. F., Filho, M. A., & Silva, A. J. (2007). Irrigação da mangueira nas condições semi-áridas do Nordeste. 10-33. Cruz das Almas, Bahia, Brasil: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical.
- Comissão da União Africana. (2015). Agenda 2063. A África que queremos. Addis Abeba, Etiópia: União Africana.
- Cruz, J. M. (2010). Tarifários do Serviço de Abastecimento de Água para Utilizadores Domésticos: Aplicação a um Conjunto de Entidades Gestoras da Região Centro. Coimbra: Universidade de Coimbra.
- Cunha, F. N., Silva, N. F., Teixeira, M. B., Carvalho, J. J., Moura, L. M., & Santos, C. C. (2014). Coeficiente de Uniformidade em Sistema de Irrigação por Gotejamento. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, 6(6), 444-454.
- Daker, A. (1988). Irrigação e Drenagem. A Água na Agricultura (7ª ed., Vol. III). Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos.
- Davies, F. S., & Aldbrigo, L. G. (1994). Citrus. Florida: CAB INTERNATIONAL.
- Distefano, T., & Kelly, S. (2017). Ecological Economics . Obtido em 9 de Fevereiro de 2018, de [www.elsevier.com/locate/ecocon](http://www.elsevier.com/locate/ecocon): <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.019>
- Doorenbos, J., Pruitt, W. O., & FAO. (1975). Guidelines for predicting crop water requirements. Roma: FAO.
- Duarte, A. M. (2012). Breves Notas sobre a citricultura portuguesa. Obtido em 06 de Março de 2018, de <http://www.agrotec.pt>: <http://hdl.handle.net/10316.2/25692>
- EMBRAPA. (2009). Adubando para alta produtividade e qualidade. Fruteiras tropicais do Brasil. Fortaleza, CE: Embrapa e IPP.
- FAO. (2002). Agua y cultivos. Logrando el uso óptimo del agua en la agricultura. Roma: FAO.
- FAO. (2011). The State of the world's land and water resources for food and agriculture: Managing systems at risk. London: FAO and Earthscan.
- FAO. (2016). Água e Emprego. Resumo executivo. Itália: FAO e Unesco.

- FAO. (2016). Water and Jobs. Facts and Figures. The United Nations World Water Development Report 2016. Italia: UN Water e UNESCO.
- FAO. (2017). WasteWater. The Untapped Resources. UN WATER. Paris: FAO e UNESCO.
- Florke, M., Kynast, E., Barlund, I., Eisner, S., Wimmer, F., & Alcamo, J. (2012). Domestic and industrial water uses of the past 60 years as a mirror of socio-economic development: A global simulation study. Obtido em 07 de Fevereiro de 2018, de <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.10.018>
- Franco-Crespo, C., & Viñas, J. M. (2017). The Impact of Pricing Policies on Irrigation Water for Agro-Food Farms in Ecuador. *MPDI-Sustainability*, 9, 1-18.
- Griesbach, J. (2003). Mango growing in Kenya. Nairobi, Kenya: World Agroforestry Centre.
- Heinemann, A. B., Frizzone, J. A., Pinto, J. M., & Filho, J. C. (1998). Influência da altura do emissor na uniformidade de distribuição da água de um sistema pivô central. pp. 1487-1491.
- Hipólito, J. R., & Vaz, A. C. (2017). Hidrologia e Recursos Hídricos (Vol. III). Lisboa: IST Press.
- Howell, T. A. (2003). Obtido em 09 de Março de 2018, de [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net): <https://www.researchgate.net/publication/43256707>
- Huang, Q., Rozelle, S., Howitt, R., Wang, J., & Jikun, H. (2006). Irrigation Water Pricing Policy in Rural China . Long Beach, California, EUA.
- ICID. (2017). (International Commission on Irrigation and Drainage) Obtido em 08 de Fevereiro de 2018, de [www.icid.org](http://www.icid.org): [http://www.icid.org/icid\\_data.html](http://www.icid.org/icid_data.html)
- Illescas, E. S., & Vesperinas, E. S. (1989). Tratado de Horticultura Herbácea. Hortalizas de Flor y de Fruto. (Vol. I). Barcelona: Aedos Barcelona.
- Incatema Consulting. (2014). Projecto de Reabilitação do Perímetro Irrigado do Mucoso. Angola.

- INE. (2011). *Uso da água na agricultura (2011)*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, IP.
- INE. (2016). *Resultados definitivos. Recenseamento geral da população e habitação 2014*. Luanda, Angola: Instituto Nacional de Estatística.
- Júnior, J. F., & Gonçalves, F. N. (1995). *Citricultura. Guia Ilustrado (Vol. I)*. Algarve, Portugal: Topografia Comercial-Artes Gráficas.
- Jacobi, P. R., & Grandisoli, E. (2017). *Água e Sustentabilidade - desafios, perspectivas e soluções*. São Paulo: USP e Reconnectta.
- Jerónimo, J. A., Henriques, P. D., & Carvalho, M. L. (2016). Impactes do Preço da Água na Agricultura no Perímetro Irrigado do Vale de Caxito. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 53(4), 699-714.
- Kanber, R. (1999). *Agricultural Water Demand Management Guideline*. Em A. Hamdy, C. Lacirignola, O. Tekinel, & A. Yazar, *Advanced Short Course on Integrated Ruaral Water Maganement: Agricultural Water Demands* (pp. 127-160). Adana-Turkey, Turkey.
- Keller, J., & Bliesner, R. D. (1990). *Sprinkle and Trickle Irrigation*. Nova Yorke, EUA: Chapman & Hall.
- Lima, S. C., Frizonne, J. A., Mateos, L., & Fernandes, M. S. (2012). Estimativa da Produtividade da Água em uma Área Irrigada no Sul da Espanha. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 6(1), 51-60.
- Lopes, H. G. (2014). *Avaliação do estado nutricional e do teor em metais pesados de plantas cultivadas nas hortas sociais do Instituto Politécnico de Bragança*. Bragança, Bragança, Portugal. Obtido em 29 de Março de 2018, de <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/11444?mode=full>: <http://hdl.handle.net/10198/11444>
- Marouelli, W. A., Silva, W. L., & Silva, H. R. (1996). *Manejo da irrigação em hortaliças*. Brasília: EMBRAPA.
- Mello, F. d., & Olivo, A. d. (2016). Recursos hídricos: Poluição, escassez, qualidade microbiológica e química da água. *Colloquium Vitae*, 8, 36-42.

- MINADERP. (2014). Plano Nacional Director de Irrigação (PLANIRRIGA). Angola: COBA.
- MINFIN. (2016). Orçamento Geral do Estado Revisto 2016. Relatório de Fundamentação. Luanda: MinFin.
- MINFIN. (2017). Relatório de Fundamentação. Proposta de Orçamento Geral do Estado 2018. Luanda: MinFin.
- Morais, J. (2017). Obtido em 14 de Março de 2018, de <http://tede.unioeste.br/handle/tede/3275>
- Moyo, M., Rooyen, A. v., Moyo, M., Chivenge, P., & Bjornlund, H. (2017). Irrigation development in Zimbabwe: understanding productivity and opportunities at Mkoba and Silalatshani irrigation schemes. *International Journal of Water Resources Development*, 33:5, 740-754. Obtido em 16 de Março de 2018, de : <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/07900627.2016.1175339?needAccess=true>
- Mutambara, S., & Munodawafa, A. (2014). Production challenges and sustainability of smallholder irrigation schemes in Zimbabwe. *Journal of biology, agriculture and healthcare*, 4(15), 87-96.
- Nelson, S. C., Ploetz, R. C., & Kepler, A. K. (2006). *Musa species (banana and plantain). Musaceae (banana family)*. 2-33. Hawai, EUA.
- Netafim. (2014). Drip irrigation system. Maintenance handbook. Netafim.
- Neto, J. D., & Farias, M. S. (2013). Indicadores de Desempenho como Instrumento de Gestão em Projectos de Irrigação. Em A. d. Netto, & E. A. Bastos, *Princípios Agronômicos da Irrigação* (pp. 219-243). Brasília, DF: EMBRAPA.
- Nunes, F., Oliveira, I., & Fabião, M. (2003). Guia de rega. Avaliação de sistemas de rega. Considerações gerais. Lisboa: COTR.
- Odet, J. (1985). *Le Melon*. Paris, França: Ctifl.

- Oliveira, E. V., Silva, J. L., Palácio, H. A., Souza, J. A., & Miranda, E. P. (2015). Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento. Fortaleza, Ceará, Brasil.
- Oliveira, I. (2011). Técnicas de regadio. Teoria e Prática (Vol. I). (I. Oliveira, Ed.) Beja, Portugal: P. Gráfica e Rolo & Filhos II, SA.
- Paulino, M. A., Figueiredo, F. P., Fernandes, R. C., Maia, J. T., Guilherme, D. d., & Barbosa, F. S. (2009). Avaliação da uniformidade e eficiência de aplicação de água em um sistema por aspersão convencional. 3(2), 48-54.
- Pereira, L. S. (2004). Necessidades de água e métodos de rega. Lisboa: Publicações Europa-América.
- Pimentel, J. V., Guerra, H. O., & Paixao, F. J. (2012). Uniformidade de distribuição de água em irrigação por gotejamento no cultivo de cumaru. Fortaleza, Ceará, Brasil.
- RCA. (2016). Guia Fiscal Angola 2016. (C. E.-A. ROSA, Ed.) Luanda, Angola.
- Ribeiro, A. C. (2017). Rega. Em M. A. (Coord.), Amendoeira: estado da produção. (pp. 303-341). Bragança: Centro Nacional de Competências dos Frutos Secos - CNCFS.
- Ritzema, H. (2016). Drain for Gain: Managing salinity in irrigated lands—A review. Obtido em 8 de Fevereiro de 2018, de [www.elsevier.com/locate/agwat](http://www.elsevier.com/locate/agwat): <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2016.05.014>
- Rodrigues, G. (s/d). Obtido em 07 de Abril de 2018, de [http://www.edia.pt/folder/galeria/ficheiro/230\\_COTR\\_20cih9f1pb.pdf](http://www.edia.pt/folder/galeria/ficheiro/230_COTR_20cih9f1pb.pdf)
- Rodrigues, R. R., Cola, M. P., Nazario, A. A., Azevedo, J. M., & Reis, E. F. (2013). Eficiência e uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, 9(2), 323-334.
- Rodrigues, V. d., Sales, J. R., Ceita, E. D., Souza, M. V., & Sousa, G. G. (2017). Avaliação da uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento em campo com a cultura do milho e fava. Ceará, Brasil.

- Saccon, P. (2017). *Applied Soil Ecology*. Obtido em 08 de Fevereiro de 2018, de [www.elsevier.com/locate/apsoil](http://www.elsevier.com/locate/apsoil): <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.10.037>
- Salunkhe, D. K., & Kadam, S. S. (2004). *Tratado de Ciencia y Tecnología de las Hortalizas. Producción, Composición, Almacenamiento e Procesado*. Zaragoza, Espanha: Acribia, S.A.
- Santos, J. Q. (2015). *Fertilização. Fundamentos agroambientais da utilização dos adubos e corretivos*. Porto, Portugal: Publindústria.
- Santos, M. A., Santos, D. P., Silva, D. S., Silva, M. d., & Cavalcante, P. H. (2017). Avaliação da Uniformidade de Distribuição de um Sistema de Irrigação por Gotejamento em Inhame (*Dioscorea cayennensis* Lam.). *Ciência Agrícola*. Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, 13(1), 7-13.
- Santos, R. S., Silva, M. H., Oliveira, F. A., Sa, M. B., Santos, D. P., & Santos, M. A. (2017). Obtido em 14 de Março de 2018, de [www.inovagri.org/anais/TC2220250.pdf](http://www.inovagri.org/anais/TC2220250.pdf)
- Shahidian, S. (2012). Obtido em 07 de Março de 2018, de <http://hdl.handle.net/10174/7213>
- Silva, C. A., & Silva, C. J. (2005). Avaliação de Uniformidade em Sistemas de Irrigação Localizada. *Revista Científica Electrónica de Agronomía*.
- Silva, C. B., Silva, J. C., Santos, S. B., Cirilo, T. F., Santos, D. P., & Neto, A. L. (2015). Avaliação do coeficiente de uniformidade de aplicação de água em um sistema de irrigação localizado. São Cristóvão, Sergipe, Brasil.
- Silva, E. M., Azevedo, J. A., & Lima, J. E. (2002). *Análise de desempenho da irrigação*. Fortaleza: Embrapa Cerrados.
- Silva, E. R., Zanini, J. R., Cazetta, J. O., Ferraudo, A. S., & Lemos Filho, M. A. (2011). Uniformidade de distribuição de água em irrigação localizada com sistema de aeração, decantação e filtração. *Científica - Revista de ciências agrárias*, 39(1/2), 7-17.
- Silva, J. G., Ferreira, P. A., Costa, L. C., Melendes, R. R., & Cecom, P. R. (2001). Efeitos de Diferentes Lâminas e Frequências de Irrigação sobre a Produtividade do Mamoeiro (*Carica papaya* L.). pp. 597-601.

- Silva, V. A. (2015). Repositório Comum da Escola Superior Agrária de Coimbra do Instituto Politécnico de Coimbra. Obtido em 03 de Outubro de 2017, de <http://hdl.handle.net/10400.26/17425>
- Simão, A. H., Mantovani, E. C., & Simão, F. R. (2017). Irrigação e Fertirrigação na cultura da mangueira. Brasil. Obtido em 08 de Março de 2018, [http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras\\_William/Livromanga\\_pdf/08\\_irrigacao.pdf](http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras_William/Livromanga_pdf/08_irrigacao.pdf)
- Singh, P. K., Singh, K. K., & Sharma, H. C. (2007). Water requirement of mango crop under drip irrigation in different mango growing belts of Uttarakhand. *Pantnagar Journal of Research* , 5(2), 131-134.
- Souza, P. J., Rodrigues, J. C., Sousa, A. M., Lima, R. T., Rocha, E. J., & Farias, S. O. (2016). Water requirement estimates for the reproductivite period of mango orchards in the northeast of the state os Pará, Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura* , 38(3), 1-12.
- Spreer, W., Ongprasert, S., Hegele, M., Wunsche, J. N., & Muller, J. (2009). Yield and fruit development in mango (*Mangifera indica* L. cv. Chok Anan) under different irrigation regimes. pp. 574-584.
- Starke Ayres. (2017). Cabbage Production Guidelines. África do Sul. Obtido de [https://www.starkeyayres.co.za/com\\_variety\\_docs/Cabbage-Production-Guideline-2014.pdf](https://www.starkeyayres.co.za/com_variety_docs/Cabbage-Production-Guideline-2014.pdf)
- Testezlaf, R. (2017). Irrigação: Métodos, Sistemas e Aplicações. Campinas/SP, Brasil: Unicamp/FEAGRI.
- UN DESA. (2014). (UN-WATER) Obtido em 9 de Fevereiro de 2018, de [www.un.org](http://www.un.org): <http://www.un.org/waterforlifedecade/scarcity.shtml>
- UN DESA. (2017). United Nations. DESA/Population Division. Obtido em 06 de Fevereiro de 2018, de United Nations - World Population Prospects: <https://esa.un.org/unpd/wpp/>

- Vidal, V. M., Bessa, J. F., Pedrosa, J. S., Alério, F. L., Soares, F. A., & Teixeira, M. B. (31 de Maio de 2012). Avaliação de um sistema de irrigação por gotejamento. Fortaleza, Ceará, Brasil.
- Vieira, C., Ferraz, N., & Roque, S. (2014). Cluster da Água. Uma estratégia colectiva. Manual de boas práticas. Angola. AEP - Associação Empresarial de Portugal.
- Wei, J., Liu, G., Liu, D., & Chen, Y. (2017). Influence of irrigation during the growth stage on yield and quality in mango (*Mangifera indica* L). *Pus One*, 12(4), 1-14.
- World Resources Institute. (s.d.). Obtido em 9 de Fevereiro de 2018, de [www.wri.org](http://www.wri.org): <http://www.wri.org/our-work/topics/water>