

Water Productivity Technical Report

Avaliação de referência para o projeto APSAN Vale



RELATÓR

195

CLIENTE

Agência de desenvolvimento do
Vale Zambeze (ADVZ)

AUTORES

Alexander Kaune
Jonna van Opstal

DATA

Janeiro de 2020

Water Productivity Technical Report

Avaliação de referência para o projeto APSAN Vale

Relatório FutureWater 195

Cliente

Agência de desenvolvimento do Vale Zambeze (ADVZ)

Autores

Alexander Kaune – Especialista em Agro-hidrologia (a.kaune@futurewater.nl)

Jonna van Opstal – Especialista principal em Produtividade hídrica (j.vanopstal@futurewater.nl)

Data

Janeiro de 2020

Adenda adicionada em

Junho de 2021

FutureWater

ENDEREÇO

**FutureWater B.V.
Costerweg 1V
6702 AA Wageningen
Países Baixos**

TELEFONE
SITE

**+31 317 460 050
www.futurewater.eu**

Prefácio

O projeto APSAN Vale tem por objetivo geral aumentar a produtividade agrícola e a segurança alimentar, resilientes às alterações climáticas, com um objetivo específico de aumentar a produtividade hídrica e a rentabilidade dos pequenos agricultores em Moçambique, priorizando os pequenos agricultores do setor familiar, no sentido de aumentar a segurança alimentar e nutricional. Este projeto demonstrará quais se afiguram as melhores combinações, em matéria de estratégias de adoção e pacotes tecnológicos, com o maior impacto geral em termos de produtividade hídrica, aos níveis da parcela, da sub-bacia e da bacia. O principal papel da FutureWater é a monitorização da produtividade hídrica nas áreas-alvo (variação espacial e variação sazonal/anual), utilizando dados de teledeteção provenientes de sensores voadores e do WaPOR, juntamente com um modelo de simulação de produtividade hídrica e observações no terreno. Este relatório apresenta a avaliação de referência relativa à produtividade hídrica de oito culturas, em três locais diferentes em Moçambique. Esta avaliação é essencial para aferir melhor o impacto das intervenções no terreno, em matéria de produtividade hídrica.

Resumo

Em Moçambique, os sistemas de pequenos agricultores possuem um enorme potencial de aumento da produtividade hídrica, através de uma melhor gestão da água (irrigada), bem como de melhor acesso a insumos, a conhecimentos agronómicos e aos mercados. A avaliação das oportunidades para aumentar a produtividade hídrica dos vários sistemas de produção agrícola em Moçambique constitui uma condição prévia fundamental para processos informados de planeamento e de tomada de decisões sobre estas questões. No sentido de avaliar o valor acrescentado de melhores práticas e conhecimentos no âmbito dos sistemas agrícolas (p. ex., melhor gestão hídrica e acesso reforçado a insumos e a conhecimentos agronómicos), é necessário desenvolver inicialmente uma avaliação de referência sobre a produtividade hídrica. Neste relatório, foi desenvolvida uma avaliação de referência sobre a produtividade hídrica do milho, do sorgo, do feijão, do arroz, do tomate, da batata, da couve e da cebola, em três locais diferentes em Moçambique (Nhamatanda, Moatize e Bárue). Foi calibrado um modelo de crescimento agrícola (modelo FAO AquaCrop), face ao rendimento das culturas observado, tendo sido obtidos resultados simulados de produtividade hídrica para cada cultura, em cada um dos locais. Cada cultura apresenta uma resposta diferente ao *stress* hídrico e às condições de gestão dos terrenos (p. ex., fertilidade do solo, irrigação), o que influencia o rendimento. Além disso, as características do clima e do solo são diferentes de local para local, o que influencia os resultados da produtividade hídrica. O período de tempo utilizado para a análise com base no modelo de crescimento agrícola foi de 2001 a 2017. As informações sobre os métodos utilizados e os resultados estão presentes neste relatório. À escala da sub-bacia e da bacia, foi utilizada a base de dados sobre produtividade hídrica WaPOR da FAO, para calcular os valores de referência da produtividade hídrica da biomassa. O período de tempo utilizado para a análise WaPOR, baseando-se na disponibilidade de dados na base de dados, foi de 2009 a 2018. Este estudo de referência ajudará a avaliar a evolução da produtividade hídrica, através de intervenções no terreno.

Índice

Prefácio	3
Resumo	4
1 Introdução	7
1.1 Produtividade hídrica - conceito e enquadramento	7
1.2 Projeto APSAN Vale	7
1.2.1 Descrição	7
1.2.2 Indicadores de quadro lógico	8
1.3 Avaliação de referência	9
2 Metodologia	10
2.1 Abordagem	10
2.1.1 Produtividade hídrica específica a uma cultura, à escala do terreno	10
2.1.2 Produtividade hídrica da biomassa, à escala da (sub-)bacia	11
2.2 Obtenção da produtividade hídrica com o modelo AquaCrop	12
2.2.1 Conjuntos de dados meteorológicos	12
2.2.2 Informações sobre as culturas	12
2.2.3 Informações sobre a gestão do solo e dos terrenos	14
2.3 Produtividade hídrica da (sub-)bacia	15
2.3.1 Demarcação da bacia	15
2.3.2 WaPOR	16
3 Resultados	18
3.1 Precipitação anual e evapotranspiração de referência	18
3.2 Produtividade hídrica de referência nas principais culturas	19
3.3 Produtividade hídrica de referência da biomassa na (sub-)bacia	20
4 Conclusões e continuação	23
Referências	24
Anexo 1 - Visão geral dos dados de entrada	26
Adenda junho de 2021 - Constrangimento das incertezas para os resultados da produtividade da água de base	27
Introdução	27
Atualizar para parâmetros de entrada	27
Resultados atualizados	28

Tabelas

Tabela 1. Indicadores de quadro lógico, relacionados com a produtividade hídrica.....	8
Tabela 2. Culturas selecionadas no projeto APSAN Vale, para avaliação da produtividade hídrica.	9
Tabela 3. Dados climáticos diários de entrada, utilizados no modelo AquaCrop durante o período de 2001 a 2017.....	12
Tabela 4. Informações sobre as culturas recolhidas em Báruè, Moatize e Nhamatanda.	13
Tabela 5. Parâmetros calibrados para culturas selecionadas em Báruè, Moatize e Nhamatanda.	13
Tabela 6. Textura do solo em cada local.	14
Tabela 7. Parâmetros de gestão do terreno para o AquaCrop, para culturas de sequeiro e irrigadas.	15
Tabela 8. Produtividade hídrica de referência (kg/m ³) para culturas de sequeiro e irrigadas em Nhamatanda.	19
Tabela 9. Produtividade hídrica de referência (kg/m ³) para culturas de sequeiro e irrigadas em Moatize.	19
Tabela 10. Produtividade hídrica de referência (kg/m ³) para culturas de sequeiro e irrigadas em Báruè*.....	20
Tabela 11. Média de evapotranspiração, produção e produtividade hídrica da biomassa para as áreas de cultivo em cada bacia e em cada período de crescimento.	20
Tabela 12. Textura atualizada do solo para Báruè.	27
Tabela 13. Datas de plantação e colheita originais atualizadas para Báruè.....	27
Tabela 14. Produtividade atualizada da água de base (kg/m ³) para tomate irrigado, batata, couve e cebola em Báruè, com base nos novos parâmetros de entrada, para os diferentes períodos de cultivo (A-D).	28

Figuras

Figura 1. Distritos de localização das atividades do projeto APSAN.	8
Figura 2. Dados do terreno e simulações de resultados do modelo AquaCrop.	11
Figura 3. Fluxo de trabalho para avaliação da produtividade hídrica ao nível da (sub-)bacia.	11
Figura 4. Exemplo de ficheiro de entrada do modelo AquaCrop para evapotranspiração de referência (ET _r) em Báruè.....	12
Figura 5. Características do solo em Moatize.....	14
Figura 6. Linhas de curso e demarcação da bacia para os três distritos.	16
Figura 7. Precipitação anual, P (mm/ano), e evapotranspiração de referência anual, ET _r (mm/ano), para o período de 2001 a 2017 em Nhamatanda, Báruè e Moatize (Moçambique).	18
Figura 8. Média da produtividade hídrica da biomassa no período de irrigação, de 2009 a 2018.	21
Figura 9. Média da produtividade hídrica da biomassa no período de sequeiro, de 2009 a 2017.	21
Figura 10. Classificação da cobertura do solo do WaPOR.....	22

1 Introdução

1.1 Produtividade hídrica - conceito e enquadramento

Para satisfazer as necessidades futuras em matéria de produção de alimentos e fibras, os países em desenvolvimento e os países desenvolvidos devem concentrar-se mais na utilização eficiente e sustentável do solo e da água (Bastiaanssen and Steduto, 2017). Os agricultores têm conseguido obter lucro, através do aumento da produção agrícola por unidade de terreno. No entanto, é essencial incluir a componente referente ao consumo da água na produção agrícola. Isso permitirá melhorar a produção agrícola por unidade de água consumida.

A produtividade hídrica é composta por duas componentes: a produção (que abrange tanto o rendimento das culturas como a biomassa) e a água consumida. O consumo de água ocorre através da evapotranspiração, que é a soma da transpiração das plantas através dos estômatos das folhas e a evaporação que ocorre na superfície do solo e na água intercetada pelas folhas (Squire, 2004). No âmbito deste projeto, foi selecionada a evapotranspiração (versus a aplicação de irrigação), uma vez que representa a componente do equilíbrio hídrico que não pode ser reutilizada pelos utilizadores a jusante, num contexto de uma bacia hidrográfica. O escoamento de retorno das áreas agrícolas (através do escoamento superficial ou subsuperficial) está disponível para reutilização nas áreas a jusante, se a qualidade da água for suficiente. Como tal, a produtividade hídrica pode ser formulada da seguinte forma:

$$\text{Biomass water productivity [kg/m}^3\text{]} = \frac{\text{Biomass production [kg]}}{\text{Evapotranspiration [m}^3\text{]}}$$

$$\text{Crop specific water productivity [kg/m}^3\text{]} = \frac{\text{Crop harvestable yield [kg]}}{\text{Seasonal evapotranspiration [m}^3\text{]}}$$

A produtividade hídrica pode ser utilizada como um indicador de desempenho para monitorização das alterações numa área agrícola (ao nível da parcela, da exploração agrícola ou do sistema de irrigação). Se forem implementadas intervenções, a produtividade hídrica pode indicar se a intervenção teve um impacto positivo ou negativo na utilização da água, ou se esta permaneceu inalterada. Além disso, as informações espaciais sobre a produtividade hídrica podem indicar áreas com melhor desempenho (utilizadores pioneiros), bem como se as práticas são adotadas por outros agricultores.

1.2 Projeto APSAN Vale

1.2.1 Descrição

O projeto APSAN Vale começou no final de 2018, sendo um projeto com a duração de 3 anos e meio, com o objetivo de: 'pilotar inovações, a fim de aumentar a produtividade hídrica e a segurança alimentar, para uma agricultura em pequena escala resiliente às alterações climáticas, no vale do Zambeze em Moçambique'. A produtividade hídrica é utilizada como um indicador para quantificar o impacto das inovações na agricultura em pequena escala. Essas inovações podem consistir em pacotes técnicos (intervenções e formação), bem como na adoção de ensinamentos obtidos, através da comunicação entre agricultores. As informações sobre a produtividade hídrica devem incorporar aspetos temporais e espaciais. As alterações temporais na produtividade hídrica indicam se uma intervenção resultou num aumento de tal produtividade. Os padrões espaciais da produtividade hídrica indicam se o conhecimento está a ser adotado na região e se contribuiu para o aumento da produtividade hídrica geral da localidade e do distrito. As atividades do projeto ocorrem em três distritos, a saber: Bárue, Moatize, e Nhamatanda.

Em cada distrito, são selecionadas várias localidades, onde ocorrem inovações-piloto. A localização dos distritos e das atividades atuais do projeto é apresentada na Figura 1.

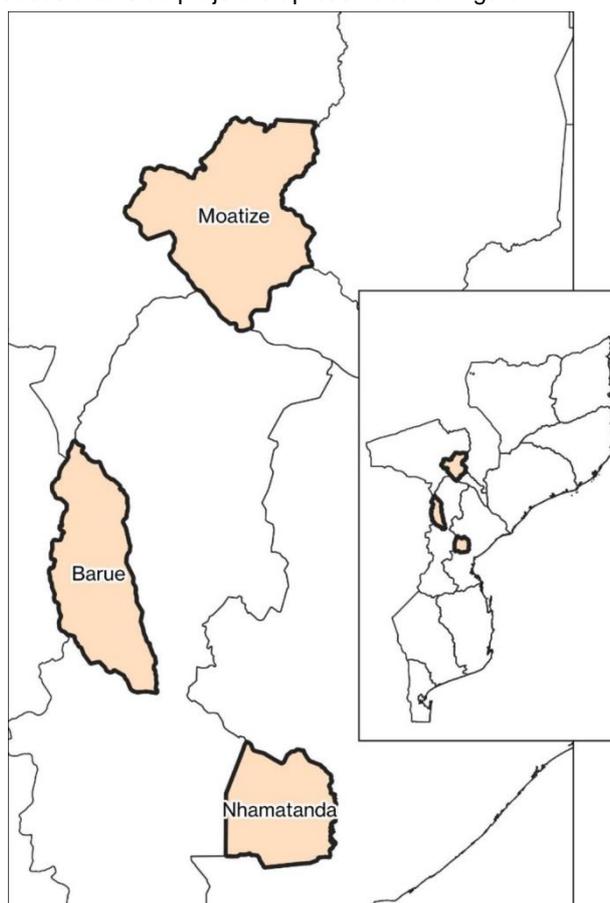


Figura 1. Distritos de localização das atividades do projeto APSAN.

1.2.2 Indicadores de quadro lógico

No âmbito do projeto APSAN Vale, são formulados vários indicadores de quadro lógico. Os indicadores relacionados com a avaliação da produtividade hídrica surgem listados na Tabela 1. Alguns indicadores requerem o cálculo da produtividade hídrica específica a uma cultura (1.2 e 1.3), enquanto que outros indicadores empregam a produtividade hídrica da biomassa (1.4). Além disso, os resultados indicam que a produtividade hídrica é calculada às escalas do terreno, da sub-bacia e da bacia, pelo que são fornecidos os mapas necessários para essas diferentes escalas espaciais.

Tabela 1. Indicadores de quadro lógico, relacionados com a produtividade hídrica.

	N.º	Indicador	Referência	Meta 2019	Meta 2020	Meta 2021
Objetivo	0.3	Maior produtividade hídrica	0%	7,5%	15%	25%
Resultado	1.2	Pegada hídrica em culturas selecionadas	0%	7,5%	15%	25%
	1.3	Produtividade hídrica do milho	0%	7,5%	15%	25%
	1.4	Produtividade hídrica da biomassa	0%	7,5%	15%	25%

Resultados	1.1.1	N.º de mapas ao nível do terreno	0	30	60	60
	1.1.2	N.º de mapas ao nível da sub-bacia	0	10	20	20
	1.1.3	N.º de mapas ao nível da bacia	0	6	12	12

1.3 Avaliação de referência

No quadro lógico, é estabelecida uma referência a 0% para os indicadores de produtividade hídrica. No entanto, é necessário quantificar o valor de 0%, para permitir a avaliação dos aumentos da produtividade hídrica. Este relatório técnico de avaliação de referência fornece os valores de produtividade hídrica referentes às culturas e aos distritos selecionados, conforme utilizados no decorrer deste projeto. A metodologia, os dados e os cálculos subjacentes foram incluídos para esclarecer esses valores (secção 2). A seleção das culturas para a avaliação da produtividade hídrica ocorreu com base na sua importância nesses distritos. Essas culturas surgem listadas na Tabela 2, para os diferentes distritos, sendo feita a distinção entre períodos de crescimento de sequeiro e de irrigação (horticultura).

Tabela 2. Culturas selecionadas no projeto APSAN Vale, para avaliação da produtividade hídrica.

Período de irrigação/ de sequeiro	Região	Tipo de cultura
De sequeiro	Moatize, Nhamatanda, Báruè	Milho
	Moatize, Nhamatanda, Báruè	Sorgo
	Nhamatanda	Arroz
	Báruè	Feijão
Irrigação	Moatize, Nhamatanda, Báruè	Tomate
	Moatize, Nhamatanda, Báruè	Couve
	Moatize, Nhamatanda, Báruè	Cebola
	Moatize, Nhamatanda, Báruè	Batata

2 Metodologia

2.1 Abordagem

A avaliação de referência perfilha duas abordagens para o cálculo da produtividade hídrica:

1. À escala do terreno, estão disponíveis informações mais detalhadas sobre o tipo de cultura e as estratégias de gestão. A esta escala, calcula-se a produtividade hídrica específica a uma cultura, para as culturas selecionadas nos três distritos diferentes, através do modelo de simulação de culturas (2.1.1).
2. À escala da sub-bacia e da bacia, estão disponíveis informações limitadas sobre a distribuição espacial dos tipos de culturas. A esta escala, é calculada a produtividade hídrica da biomassa, utilizando dados do WaPOR, o portal de acesso aberto da FAO com dados sobre produtividade hídrica (2.1.2).

2.1.1 Produtividade hídrica específica a uma cultura, à escala do terreno

Têm sido desenvolvidos vários modelos de crescimento agrícola para simular o rendimento das culturas e a produtividade hídrica. A seleção do modelo depende da escala de aplicação, bem como da capacidade de restringir a incerteza dos parâmetros do modelo. O AquaCrop é um modelo de crescimento agrícola amplamente utilizado, desenvolvido pela FAO, que simula a resposta do rendimento relativamente à água, através de parâmetros físicos. Este modelo tem sido utilizado em estudos de impacto das alterações climáticas, em várias partes do mundo (Hunink et al., 2014; Hunink and Droogers, 2010, 2011). Além disso, o AquaCrop tem sido aplicado para prever a produtividade hídrica e o rendimento das culturas, com base em informações de sensores voadores, (den Besten et al., 2017) bem como para avaliar os cenários de programação da irrigação (Goosheh et al., 2018). Este modelo é especialmente recomendado para aplicação ao nível da exploração agrícola de pequena escala. Além disso, é um modelo de fonte aberta, disponível gratuitamente para aplicação. Trata-se pois do modelo adequado para os objetivos do Apsan Vale.

O modelo da FAO conta com parâmetros pré-estabelecidos, para simular o coberto, a transpiração efetiva da cultura e a evaporação do solo, bem como a biomassa e o rendimento das culturas, durante um período de crescimento, desde a sementeira à colheita (Figura 2). Neste projeto, os parâmetros do modelo selecionados foram ajustados, com base em observações. Os parâmetros do modelo ajustados incluíram a densidade da plantação, a duração do período de crescimento, o aumento do coberto, a redução do coberto, o índice de colheita, o *stress* de fertilidade e a cobertura de ervas daninhas.

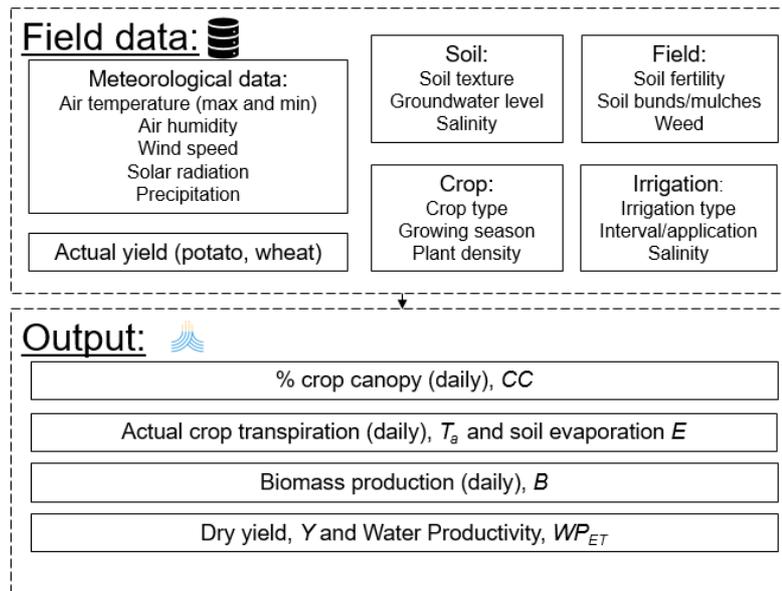


Figura 2. Dados do terreno e simulações de resultados do modelo AquaCrop.

2.1.2 Produtividade hídrica da biomassa, à escala da (sub-)bacia

O WaPOR é o portal de dados da FAO sobre produtividade, que contém informações sobre evapotranspiração, produção de biomassa, cobertura do solo, entre outras camadas de dados. As informações à escala da bacia foram extraídas, através da demarcação de uma bacia hidrográfica para os distritos seleccionados. Isso foi realizado com um MDT (modelo digital do terreno). A camada de dados sobre cobertura do solo no WaPOR foi utilizada para determinar a localização das áreas de cultivo nas bacias. O procedimento para esta análise segue as orientações fornecidas pelo projeto WaterPIP (Water Productivity in Practice, Produtividade hídrica na prática), sendo o fluxo de trabalho apresentado esquematicamente na Figura 3.

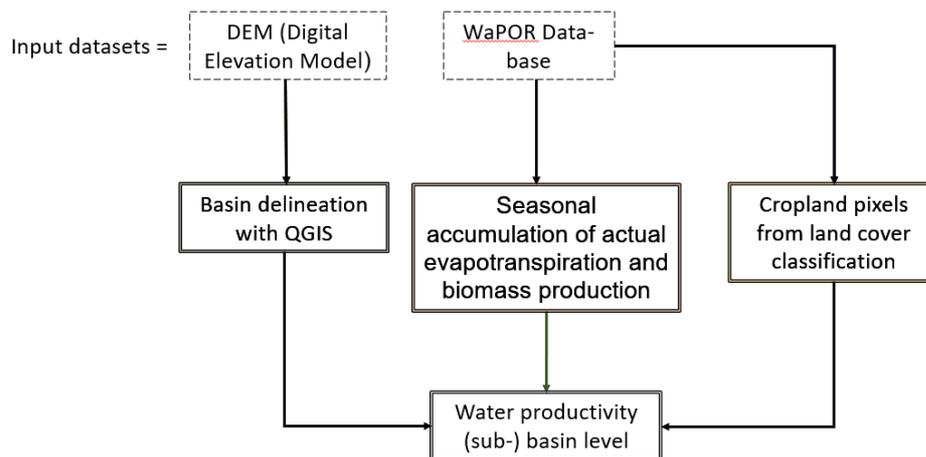


Figura 3. Fluxo de trabalho para avaliação da produtividade hídrica ao nível da (sub-)bacia.

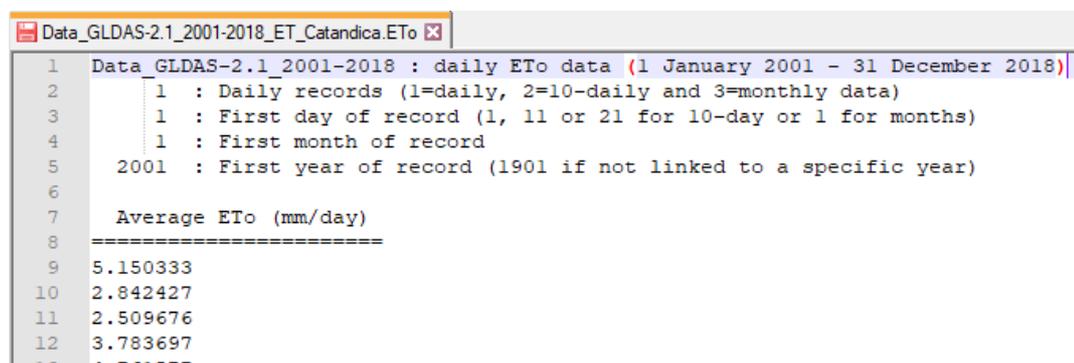
2.2 Obtenção da produtividade hídrica com o modelo AquaCrop

2.2.1 Conjuntos de dados meteorológicos

As simulações da produtividade hídrica com o modelo AquaCrop foram desenvolvidas em três locais diferentes em Moçambique (Báruè, Nhamatanda e Moatize). Para cada um destes locais, foram obtidos os conjuntos de dados meteorológicos necessários, referentes ao período de 2001 a 2017. Os conjuntos de dados meteorológicos no registo histórico das estações terrestres não estão normalmente disponíveis durante um longo período de tempo. As estações meteorológicas instaladas nos três distritos para este projeto começaram a efetuar registos em 2019. Assim, obtivemos conjuntos de dados meteorológicos a partir de tecnologia avançada, disponível globalmente. Os dados diários de precipitação foram obtidos a partir do CHIRPS. A precipitação CHIRPS é um conjunto de dados de deteção remota corrigidos na Terra, disponível globalmente e com resolução de 0,05° (Funk et al., 2015). A temperatura diária do ar (máxima e mínima), a radiação solar e a velocidade do vento foram obtidas a partir do GLDAS-2.1, para determinar a evapotranspiração diária de referência, com a equação Penman-Monteith da FAO. O GLDAS-2.1 é um sistema de modelação da superfície terrestre, que aciona vários modelos e integra uma enorme quantidade de dados baseados em observação, estando disponível globalmente com resolução de 0,25°(Rodell et al., 2004). Um resumo dos dados climáticos utilizados no modelo AquaCrop é apresentado na Tabela 3. Na Figura 4, é apresentado um exemplo de um ficheiro de entrada utilizado no AquaCrop para a evapotranspiração diária de referência em Báruè.

Tabela 3. Dados climáticos diários de entrada, utilizados no modelo AquaCrop durante o período de 2001 a 2017.

Dados	Fonte
Precipitação	CHIRPS
Temperatura máxima	GLDAS-2.1
Temperatura mínima	GLDAS-2.1
Evapotranspiração de referência	Dados de entrada do GLDAS-2.1, utilizando a equação Penman-Monteith da FAO



```
Data_GLDAS-2.1_2001-2018_ET_Catandica.ETo
1 Data GLDAS-2.1_2001-2018 : daily ETo data (1 January 2001 - 31 December 2018)
2 1 : Daily records (1=daily, 2=10-daily and 3=monthly data)
3 1 : First day of record (1, 11 or 21 for 10-day or 1 for months)
4 1 : First month of record
5 2001 : First year of record (1901 if not linked to a specific year)
6
7 Average ETo (mm/day)
8 =====
9 5.150333
10 2.842427
11 2.509676
12 3.783697
13 4.221577
```

Figura 4. Exemplo de ficheiro de entrada do modelo AquaCrop para evapotranspiração de referência (ETR) em Báruè.

2.2.2 Informações sobre as culturas

O próximo passo é recolher informações básicas sobre as culturas dos locais selecionados (Báruè, Moatize e Nhamatanda). As informações básicas sobre as datas de plantação, a densidade da plantação, a duração total do crescimento (duração do ciclo de produção) e o rendimento das culturas são essenciais para obter simulações dignas de confiança no AquaCrop (Tabela 4). A data de plantação é semelhante em todos os locais. A colheita ocorre em meses específicos. A data exata da colheita depende das condições meteorológicas e de gestão. A densidade da plantação e o rendimento das

culturas podem variar. O rendimento das culturas nas áreas dos terrenos selecionados é baixo, em comparação com o rendimento médio global das culturas (FAO, 2012). Os valores da Tabela 4 baseiam-se nas informações sobre a região listadas no Anexo 1.

Tabela 4. Informações sobre as culturas recolhidas em Báruè, Moatize e Nhamatanda.

	Milho	Sorgo	Feijão*	Arroz**	Tomate	Batata	Couve	Cebola
Data de plantação	15/11	1/12	15/11	1/02	1/03	1/03	1/03	1/03
Colheita	Maio	Junho	Março	Maio	Julho	Julho	Julho	Julho
Densidade da plantação (plantas/ha)	27,000-44,000	40,000-80,000	43,000-83,000	500,000-1,000,000	25,000-33,000	30,000-60,000	30,000-40,000	100,000-200,000
Rendimento das culturas (t/ha)	0.89-2.58	0.49-1.00	0.8-1.00	4.00	7.00-13.83	5.00-13.88	4.00	1.50-7.66

*apenas em Báruè, **apenas em Nhamatanda

No modelo AquaCrop, devem ser utilizados vários parâmetros para simular o coberto, a transpiração, a biomassa e o rendimento específicos a uma cultura durante o período de crescimento, para determinar, por último, a produtividade hídrica. Os parâmetros específicos a uma cultura foram obtidos a partir dos ficheiros originais de culturas, disponíveis no modelo AquaCrop. Foram utilizados ficheiros de culturas no modo grau-dia de crescimento (°C dias) O grau-dia de crescimento é responsável pelos efeitos dos padrões de temperatura na fenologia. Para a couve e a cebola, as informações sobre os parâmetros da cultura foram obtidas de outros estudos (Agbemabiese et al., 2017; Pawar et al., 2017; Pérez-Ortolá et al., 2015; Wellens et al., 2013).

Os parâmetros do modelo específicos a uma cultura devem ser ajustados para obter rendimentos precisos. Na Tabela 5, são apresentados os parâmetros do modelo calibrados por cultura. Esses parâmetros incluem o índice de colheita, IC (%), o aumento do coberto, CGC (-), a redução do coberto, CDC (-) e a duração das fases de crescimento específicas (p. ex., da sementeira à emergência, da sementeira à profundidade máxima de enraizamento, etc). O IC é um parâmetro conhecido para conversão da biomassa em rendimento de culturas. O CGC é uma medida aliada à capacidade intrínseca do coberto de expandir. Assim que começa a senescer, o coberto é reduzido progressivamente pela aplicação de um coeficiente empírico de declínio do coberto (CDC, canopy decline coefficient). O IC, o CGS e o CDC variam, de acordo com a variedade das culturas e a qualidade das sementes. A duração das fases de crescimento específicas é utilizada no modo grau-dia de crescimento (°C dias) para o milho, o sorgo, o feijão, o arroz, o tomate e a batata. Para a couve e a cebola, é utilizado o modo de dias de calendário, com base nos estudos mencionados. A duração das fases de crescimento foi ajustada com base nas informações recolhidas sobre a duração do ciclo de produção (da plantação à colheita, na Tabela 4).

Tabela 5. Parâmetros calibrados para culturas selecionadas em Báruè, Moatize e Nhamatanda.

	Milho	Sorgo	Feijão	Arroz	Tomate	Batata	Couve*	Cebola*
IC (%)	20	10	30	50	60	80	50	40
CGC (-)	0.0050	0.0048	0.0049	0.0084	0.0075	0.0162	0.1190	0.1190
CDC (-)	0.0040	0.0039	0.0044	0.0060	0.0040	0.0020	0.1000	0.1000
Da sementeira à emergência (°C dias)	132	210	88	40	43	310	2	6

Da sementeira à profundidade máxima de enraizamento (°C dias)	2324	2453	1332	296	891	1672	40	77
Da sementeira ao início da senescência (°C dias)	2310	2447	1354	1040	1553	1525	86	45
Da sementeira à maturidade (duração do ciclo de produção) (°C dias)	2805	2728	1947	1520	1933	1977	100	85
Da sementeira à floração (°C dias)	1452	1613	834	920	525	852	28	67
Duração da fase de floração (°C dias)	297	474	349	280	750	1	40	18

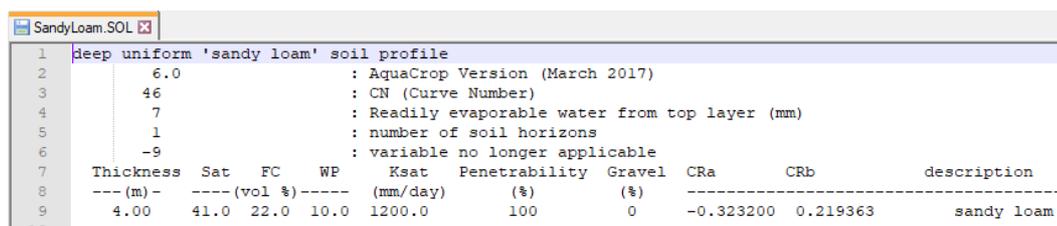
*Fases de crescimento em dias de calendário.

2.2.3 Informações sobre a gestão do solo e dos terrenos

De acordo com as informações recolhidas sobre o terreno, foi determinada a textura do solo para cada local. As propriedades hidráulicas do solo estão correlacionadas com a sua textura. O modelo AquaCrop inclui propriedades hidráulicas pré-estabelecidas, como a capacidade de campo (CC) e o coeficiente de emurchecimento (CE), para cada textura do solo. Os valores «capacidade de campo» e «coeficiente de emurchecimento» são fundamentais para determinar a capacidade de armazenamento de água no solo, bem como o limiar de *stress* hídrico. Na Tabela 6, são apresentadas as texturas do solo obtidas para cada local. Na Figura 5, é apresentado um exemplo de valores de CC e CE (CC = 22%, CE = 10%) utilizados no modelo AquaCrop, para solo franco-arenoso.

Tabela 6. Textura do solo em cada local.

Local	Textura do solo
Báruè	Argiloso
Moatize	Franco-arenoso
Nhamatanda	Argiloarenoso



```

1 deep uniform 'sandy loam' soil profile
2 6.0 : AquaCrop Version (March 2017)
3 46 : CN (Curve Number)
4 7 : Readily evaporable water from top layer (mm)
5 1 : number of soil horizons
6 -9 : variable no longer applicable
7 Thickness Sat FC WP Ksat Penetrability Gravel CRA CRb description
8 --- (m) - ---- (vol %) ---- (mm/day) (%) (%) -----
9 4.00 41.0 22.0 10.0 1200.0 100 0 -0.323200 0.219363 sandy loam
10

```

Figura 5. Características do solo em Moatize.

Para o modelo AquaCrop, são necessárias informações sobre a gestão do terreno para cada local. As informações sobre a gestão do terreno incluem o plano de rega (apenas para culturas irrigadas), as condições de fertilidade do solo e a cobertura de ervas daninhas. O milho, o sorgo, o feijão e o arroz são culturas de sequeiro. Relativamente ao milho, ao sorgo e ao feijão, os baixos rendimentos das culturas são causados por condições de baixa fertilidade do solo. Assim, no modelo utilizámos valores de *stress* de fertilidade com amplitude de 70% a 90% (Tabela 7). Além disso, de acordo com as observações, a erva daninha está presente nos campos, pelo que incluímos um parâmetro de erva daninha de 50%. Relativamente ao arroz, o rendimento observado não é demasiado baixo, pelo que o *stress* de fertilidade foi definido entre 1% e 20% e o parâmetro de ervas daninhas a 5%. O tomate, a batata, a couve e a cebola são culturas irrigadas, com um intervalo de irrigação conhecido de 7 dias. As informações sobre o volume de aplicação de irrigação são incertas. Assim, utilizámos uma variedade de possíveis volumes de aplicação de irrigação, entre 1 mm e 10 mm, para um intervalo conhecido de 7 dias (Tabela 7). Estes são volumes baixos de aplicação de irrigação, de acordo com os rendimentos baixos das culturas verificados nos locais.

Tabela 7. Parâmetros de gestão do terreno para o AquaCrop, para culturas de sequeiro e irrigadas.

	Culturas de sequeiro				Culturas irrigadas			
	Milho	Sorgo	Feijão	Arroz	Tomate	Batata	Couve	Cebola
Aplicação de irrigação (mm)	-	-	-	-	1, 5, 10	1, 5, 10	1, 5, 10	1, 5, 10
Intervalo de irrigação (dias)	-	-	-	-	7	7	7	7
<i>Stress</i> de fertilidade (%)	70, 80, 90	70, 80, 90	70, 80, 90	1, 10, 20	70	50	10	10
Cobertura relativa de ervas daninhas (%)	50	50	50	5	5	5	5	5

2.3 Produtividade hídrica da (sub-)bacia

2.3.1 Demarcação da bacia

A demarcação da bacia foi realizada com um MDT (modelo digital do terreno), com resolução de 30 m, fornecido pelas ferramentas SRTM e QGIS. Para mais informações sobre as etapas envolvidas, deverá ser consultado o manual (Kwast e Menke, 2019). Os pontos de escoamento para as sub-bacias e as bacias são determinados pela avaliação da localização das atividades do projeto nos terrenos. As sub-bacias devem ser representativas do caudal com influência nas localidades do projeto, ao passo que as bacias representam o grande quadro de conjunto da área a montante. As demarcações e os locais das atividades do projeto são apresentados nos mapas da Figura 6.

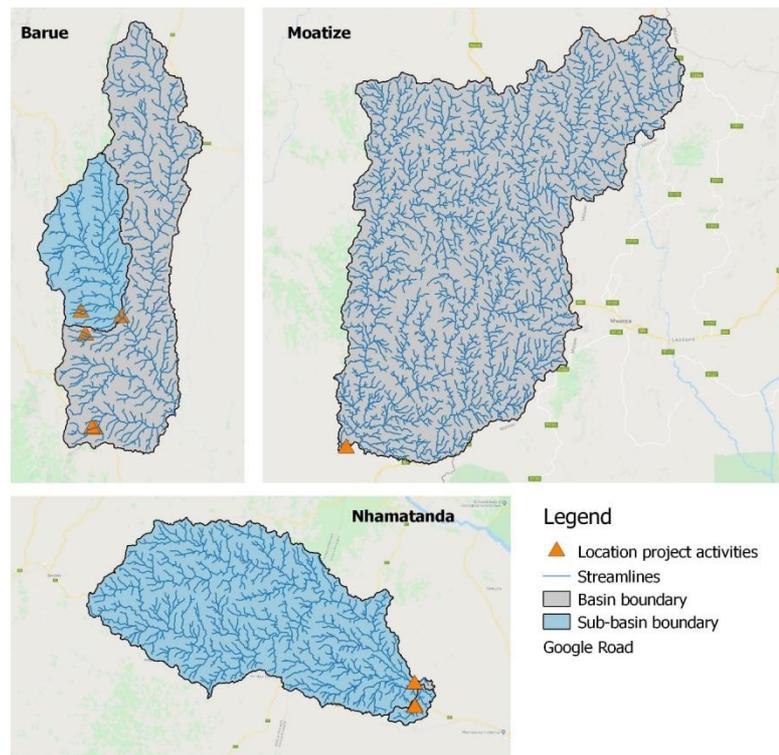


Figura 6. Linhas de curso e demarcação da bacia para os três distritos.

2.3.2 WaPOR

A base de dados FAO WaPOR contém vários conjuntos de dados resultantes de teledeteção via satélite e está disponível no portal de acesso aberto: <https://wapor.apps.fao.org>. As camadas de dados retiradas do WaPOR são: evapotranspiração efetiva (ET), produção de biomassa e cobertura do solo. Para mais informações sobre a metodologia, deverão ser consultados os documentos de referência do WaPOR (FAO, 2018). A qualidade dos dados do WaPOR pode ser consultada no relatório de avaliação da qualidade (FAO e IHE Delft, 2019). O *download* das camadas de dados foi realizado para Moçambique, tendo os dados sido compilados para encontrar valores sazonais referentes à estação de sequeiro (de dezembro a abril) e à estação de irrigação (de junho a outubro). Os valores sazonais são calculados com *scripts python*, fornecidos pelo WaterPIP e desenvolvidos para o relatório de produtividade hídrica com o WaPOR.

Evapotranspiração efetiva

A evapotranspiração efetiva é calculada com um algoritmo de equilíbrio de energia de superfície, baseado nas equações do modelo ETLook (Bastiaanssen et al, 2012). É utilizada uma plataforma de satélite, com aquisição de imagens térmicas e multi-espectrais. Além disso, são inseridos dados meteorológicos, oriundos de tecnologias de dados de teledeteção. As componentes do equilíbrio de energia são calculadas com o algoritmo especificado: balanço da radiação, fluxo térmico no solo e fluxo térmico sensível. O fluxo térmico latente é calculado como residual relativamente ao equilíbrio de energia e representa a componente de evapotranspiração (ET) do equilíbrio de energia.

O conjunto de dados do WaPOR sobre ET efetiva utilizado neste relatório é do nível II (100 metros) para cada intervalo de dez dias.

Produção de biomassa

A produção de biomassa foi calculada, utilizando a camada de dados do WaPOR relativa à produção primária líquida (PPL), por cada intervalo de dez dias. Os dados da PPL são calculados no WaPOR,

através de um modelo de eficiência de utilização da luz (Hilker et al 2008). Este modelo determina a quantidade de radiação fotossintética que chega à superfície e a quantidade que é absorvida pela vegetação, dependendo da quantidade de cobertura de vegetação e das condições com ou sem *stress*. Isso indica o resultado do processo de fotossíntese na PPL, ou na produção de biomassa de matéria seca. A produção de biomassa do WaPOR é somada para o período de sequeiro. Recorde-se que o WaPOR calcula a produção de biomassa para as culturas C3, que são a maioria das culturas produzidas globalmente. No entanto, determinar a produção de biomassa para as culturas C4 (p. ex., milho, cana-de-açúcar) requer uma multiplicação de aproximadamente 1,8 ($= 4,5/2,5$), para corrigir a diferença na eficiência de utilização da luz entre as duas culturas. Em seguida, o rendimento das culturas pode ser calculado, utilizando o índice de colheita e o teor de humidade, que são específicos para cada tipo e variedade de cultura (cultivares).

Classificação da cobertura do solo

O WaPOR fornece uma classificação da cobertura do solo com resolução de 100 m, indicando várias classes de vegetação, como matagal, gramíneas, áreas de cultivo, árvores, etc. Esta camada de dados foi utilizada para determinar a localização das áreas de cultivo (de sequeiro e irrigadas) nas bacias. Esta informação foi utilizada para calcular a produtividade hídrica das bacias, excluindo assim a produtividade hídrica de áreas naturais (matagais, árvores, etc.).

3 Resultados

3.1 Precipitação anual e evapotranspiração de referência

Na Figura 7, são apresentadas a precipitação e a evapotranspiração de referência anuais para o registo histórico de 2001 a 2017 em Nhamatanda, Bárue e Moatize. O período inclui anos secos e chuvosos, o que influencia os resultados da produtividade hídrica apresentados na secção 3.2. Em 2015, a precipitação relativamente baixa (Moatize: 726 mm, Bárue: 619 mm, Nhamatanda: 592 mm) e a evapotranspiração elevada (Moatize: 1661 mm, Bárue: 1639 mm, Nhamatanda: 1598 mm) são apresentadas para os três locais (ano seco). Em 2001, a precipitação relativamente elevada (Moatize: 1138 mm, Bárue: 1765 mm, Nhamatanda: 1418mm) e a evapotranspiração baixa (Moatize: 1376 mm, Bárue: 1338 mm, Nhamatanda: 1307mm) podem ser constatadas (ano chuvoso). De um modo geral, a precipitação em Moatize é relativamente inferior à dos outros dois distritos, ao passo que a evapotranspiração de referência revela uma tendência semelhante em todos os distritos.

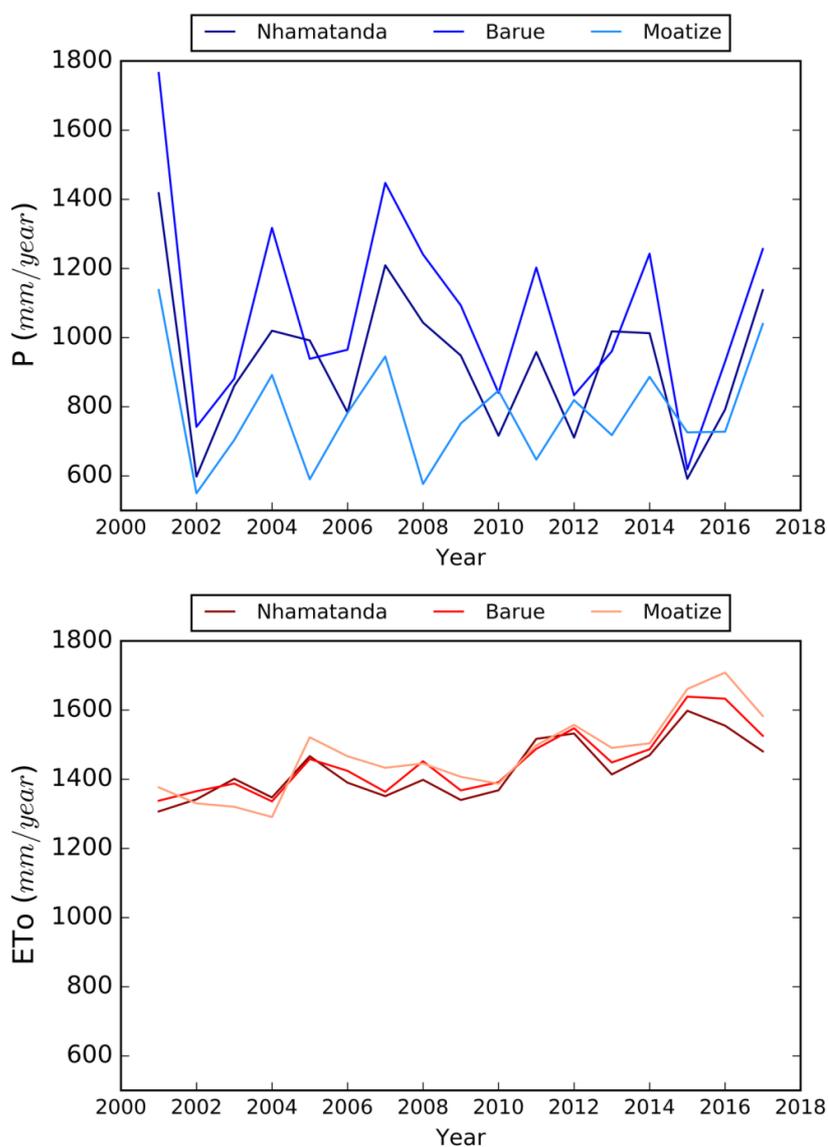


Figura 7. Precipitação anual, P (mm/ano), e evapotranspiração de referência anual, ETr (mm/ano), para o período de 2001 a 2017 em Nhamatanda, Bárue e Moatize (Moçambique).

3.2 Produtividade hídrica de referência nas principais culturas

Nas tabelas Tabela 8, Tabela 9 e Tabela 10 é apresentada a produtividade hídrica de referência para culturas de sequeiro e irrigadas em Nhamatanda, Moatize e Bárúè, para diferentes percentis. Os resultados da produtividade hídrica são obtidos a partir de uma amostra de simulações do AquaCrop para o período de 2001 a 2017, com uma combinação de parâmetros do modelo. Para culturas irrigadas, a amostra consiste em três aplicações de irrigação diferentes (Tabela 7) e duas densidades de plantação diferentes (Tabela 4). Para culturas de sequeiro, a amostra consiste em três níveis diferentes de *stress* de fertilidade (Tabela 7) e duas densidades de plantação diferentes (Tabela 4). Assim, os resultados da produtividade hídrica incluem a variabilidade climática e a variabilidade na gestão do terreno para cada local. Isso fornece uma avaliação completa de referência, à medida que é determinada a amplitude possível de valores de produtividade hídrica. Por exemplo, para o milho de sequeiro em Nhamatanda, a produtividade hídrica de referência situa-se entre 0,210 kg/m³ e 0,370 kg/m³ para um intervalo de confiança de 80%. Em Bárúè, a produtividade hídrica de referência para o milho é a mais elevada, com valores entre 0,250 kg/m³ e 0,440 kg/m³. A produtividade hídrica mais elevada é obtida para a batata irrigada (entre 3,282 kg/m³ e 4,267 kg/m³ em Moatize), o que em parte ocorre, devido aos rendimentos relativamente elevados das culturas. Os resultados do arroz de sequeiro demonstram uma variabilidade elevada de 0,020 kg/m³ a 1,330 kg/m³, o que em parte é influenciado pela alta sensibilidade das culturas, devido ao déficit de água nos anos secos. Os resultados referentes à cebola também demonstram variabilidade elevada, com valores de produtividade hídrica iguais a zero, devido à perda total de rendimento em anos secos e valores de até 1,060 kg/m³ em Moatize, quando o rendimento da cultura aumenta.

Tabela 8. Produtividade hídrica de referência (kg/m³) para culturas de sequeiro e irrigadas em Nhamatanda.

Percentil	Culturas de sequeiro					Culturas irrigadas			
	Milho	Sorgo	Feijão	Arroz	Tomate	Batata	Couve	Cebola	
10. ^o	0.210	0.221	-	0.020	1.020	2.061	0.781	0.000	
25. ^o	0.233	0.263	-	0.160	1.060	2.170	0.923	0.000	
50. ^o (mediano)	0.300	0.335	-	0.875	1.150	2.290	1.210	0.130	
75. ^o	0.328	0.388	-	1.165	1.265	2.428	1.370	0.415	
90. ^o	0.370	0.428	-	1.330	1.350	2.608	1.549	0.590	

Tabela 9. Produtividade hídrica de referência (kg/m³) para culturas de sequeiro e irrigadas em Moatize.

Percentil	Culturas de sequeiro					Culturas irrigadas			
	Milho	Sorgo	Feijão	Arroz	Tomate	Batata	Couve	Cebola	
10. ^o	0.230	0.120	-	-	1.501	3.282	0.812	0.000	
25. ^o	0.260	0.140	-	-	1.630	3.515	0.950	0.120	
50. ^o (mediano)	0.325	0.180	-	-	1.790	3.810	1.150	0.560	
75. ^o	0.370	0.208	-	-	1.948	4.110	1.340	0.818	
90. ^o	0.409	0.220	-	-	2.247	4.267	1.540	1.060	

Tabela 10. Produtividade hídrica de referência (kg/m³) para culturas de sequeiro e irrigadas em Bárue*.

Percentil	Culturas de sequeiro				Culturas irrigadas			
	Milho	Sorgo	Feijão	Arroz	Tomate	Batata	Couve	Cebola
10.º	0.250	0.110	0.070	-	0.692	1.552	0.731	0.000
25.º	0.280	0.130	0.080	-	0.840	2.605	0.910	0.000
50.º (mediano)	0.370	0.140	0.110	-	1.105	3.365	1.140	0.130
75.º	0.410	0.160	0.138	-	1.330	3.560	1.300	0.528
90.º	0.440	0.189	0.160	-	1.446	3.810	1.439	0.698

*Para Bárue utilize os valores atualizados de produtividade da água para as culturas de regadio no Tabela 14 em Addenda.

3.3 Produtividade hídrica de referência da biomassa na (sub-)bacia

Os resultados da evapotranspiração efetiva, da produção de biomassa e da produtividade hídrica da biomassa, utilizando o WaPOR, são apresentados para cada distrito e período de crescimento na Tabela 11. A evapotranspiração é mais baixa em Moatize durante o período de sequeiro, porque a pluviosidade é menor nessa área, conforme observado nos dados sobre a precipitação (Figura 7). A produção de biomassa mais elevada foi em Bárue, tanto no período de sequeiro como no de irrigação. Essa área é também considerada como a mais fértil, devido à sua localização nas montanhas (recebe mais humidade), pelo que se verificam valores mais elevados de produtividade hídrica da biomassa em Bárue do que em Moatize e Nhamatanda, sendo esta última a região com menor produtividade hídrica. Foram retiradas conclusões semelhantes relativamente aos valores da produtividade hídrica específicos a uma cultura (3.2), para tipos de culturas selecionados.

Os mapas das Figuras 8 e 9 apresentam a distribuição espacial da produtividade hídrica da biomassa para áreas de cultivo nas bacias. Observe-se que as áreas classificadas como áreas de cultivo são limitadas na bacia de Nhamatanda (Figura 10). Isso requer uma avaliação mais aprofundada, para determinar se os dados de cobertura do solo para esta área, fornecidos pelo WaPOR, foram precisos ou se requerem aperfeiçoamento adicional. Em Bárue, os valores de produtividade hídrica estão bem distribuídos, enquanto que em Moatize os valores elevados de produtividade hídrica encontram-se em áreas a montante (nas montanhas). As áreas a jusante em Moatize exibem valores mais baixos de produtividade hídrica. Essas também são as áreas que foram selecionadas para as atividades do projeto. Por isso, existe potencial para evolução.

Tabela 11. Média de evapotranspiração, produção e produtividade hídrica da biomassa para as áreas de cultivo em cada bacia e em cada período de crescimento.

	Período de sequeiro			Período de irrigação		
	Nhamatanda	Moatize	Bárue	Nhamatanda	Moatize	Bárue
Evapotranspiração efetiva [mm]	620	546	641	373	325	392
Produção de biomassa acima do solo [t/ha]	7.1	8.3	10.2	4.8	4.7	5.8
Produtividade hídrica da biomassa [kg/m³]	1.18	1.57	1.61	1.31	1.48	1.50

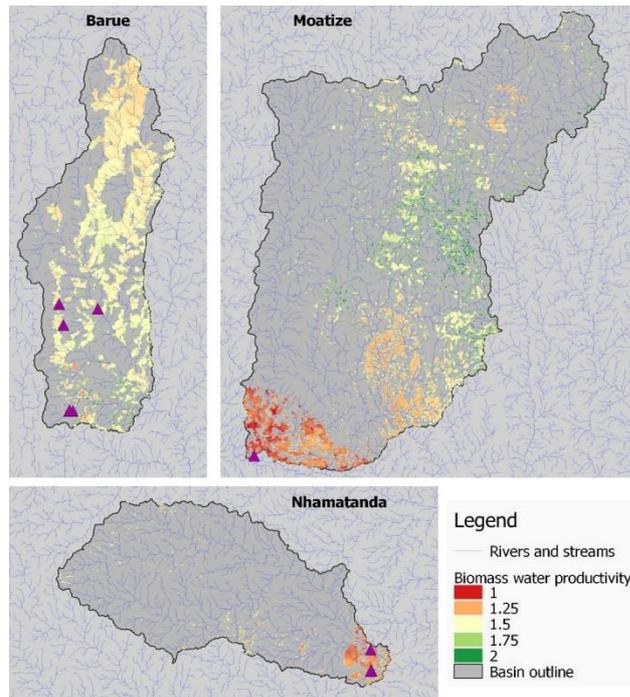


Figura 8. Média da produtividade hídrica da biomassa no período de irrigação, de 2009 a 2018.

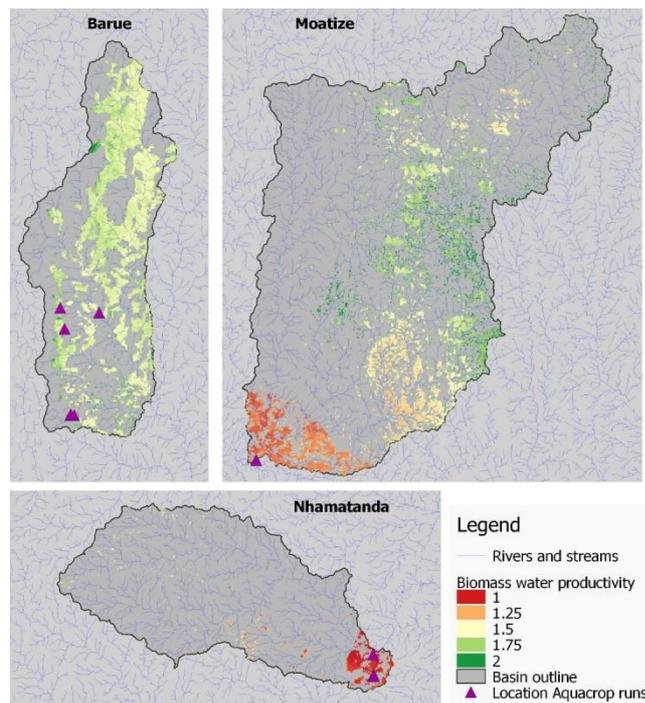


Figura 9. Média da produtividade hídrica da biomassa no período de sequeiro, de 2009 a 2017.

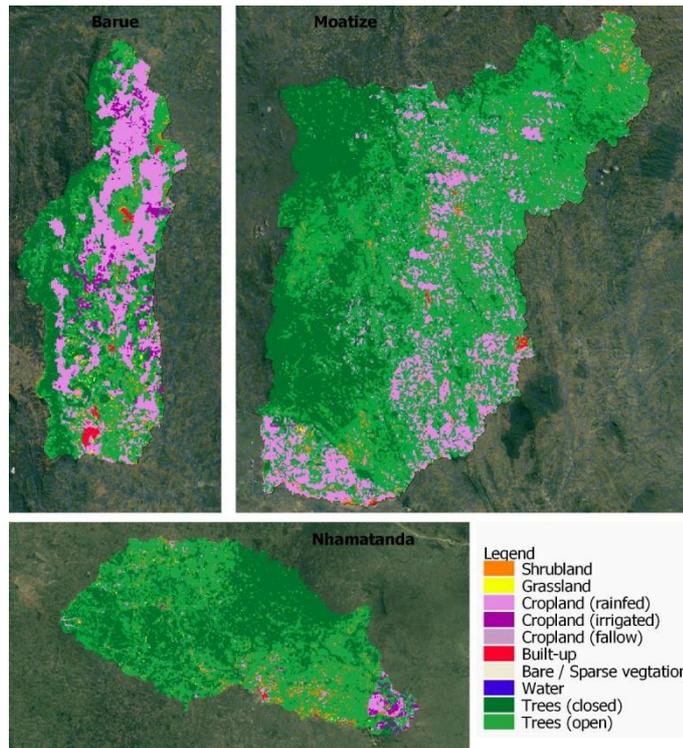


Figura 10. Classificação da cobertura do solo do WaPOR.

4 Conclusões e continuação

Os valores de referência fornecidos para a produtividade hídrica específica a uma cultura e a produtividade hídrica de referência demonstram a variabilidade entre os distritos e no seio destes. Além disso, o período de tempo selecionado para a avaliação de referência fornece uma representação da variabilidade temporal, incorporando, dessa forma, tanto os anos secos como os chuvosos. Os valores da produtividade hídrica específicos a uma cultura serão utilizados na análise dos indicadores de quadro lógico 1.2 e 1.3, para calcular o aumento percentual durante o período de tempo de duração do projeto. Os valores de produtividade hídrica da biomassa serão utilizados na análise do indicador de quadro lógico 1.4. O impacto geral na produtividade hídrica, conforme apresentado no objetivo do projeto (0.3), será uma combinação dos resultados da produtividade hídrica específica a uma cultura e a da biomassa. Os indicadores calcularão a evolução percentual da produtividade hídrica. Os valores de produtividade hídrica calculados para os períodos de crescimento durante o projeto APSAN Vale serão normalizados relativamente à influência das condições climáticas específicas para esse ano. Assim, a variabilidade das condições climáticas (anos secos e chuvosos) será reduzida e a percentagem de aumento da produtividade hídrica representa uma evolução, devido às estratégias de gestão.

Os mapas espaciais, conforme apresentados nos resultados do projeto (1.1.1, 1.1.2 e 1.1.3), serão utilizados para fornecer informações à equipa do projeto, aos agricultores (pequenos comerciantes agricultores) e aos extensionistas. Os mapas das sub-bacias e bacias serão utilizados para as atividades de hidrologia, no sentido de determinar o consumo de água a montante das atividades do projeto. Além disso, os dados do WaPOR serão utilizados para determinar o potencial de ampliação das atividades do projeto.

Referências

- Agbemabiese, Y. K., Shaibu, A. and Gbedzi, V. D.: Validation of Aquacrop for Different Irrigation Regimes of Onion (*Allium Cepa*) in Bontanga Irrigation Scheme., 2017.
- Bastiaanssen, W. G. M. and Steduto, P.: The water productivity score (WPS) at global and regional level: Methodology and first results from remote sensing measurements of wheat, rice and maize, *Sci. Total Environ.*, 575, 595–611, doi:10.1016/j.scitotenv.2016.09.032, 2017.
- Bastiaanssen, W. G. M., Cheema, M. J. M., Immerzeel, W. W., Miltenburg, I. J., & Pelgrum, H. (2012). Surface energy balance and actual evapotranspiration of the transboundary Indus Basin estimated from satellite measurements and the ETLook model. *Water Resources Research*, 48(11), 1–16. <https://doi.org/10.1029/2011WR010482>
- den Besten, N., Simons, G. and Hunink, J.: Water Productivity assessment using Flying Sensors and Crop Modelling. Pilot study for Maize in Mozambique, 2017.
- FAO: Crop yield response to water, FAO Irrigation and Drainage Paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome., 2012.
- FAO 2018. WaPOR Database Methodology: Level 2. Remote Sensing for Water Productivity Technical Report: Methodology Series. Rome, FAO. 63 pages. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- FAO and IHE Delft. 2019. WaPOR quality assessment. Technical report on the data quality of the WaPOR FAO database version 1.0. Rome. 134 pp.
- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A. and Michaelsen, J.: The climate hazards infrared precipitation with stations— a new environmental record for monitoring extremes, *Sci. Data*, 2, sdata201566, doi:10.1038/sdata.2015.66, 2015.
- Goosheh, M., Pazira, E., Gholami, A., Andarzian, B. and Panahpour, E.: Improving Irrigation Scheduling of Wheat to Increase Water Productivity in Shallow Groundwater Conditions Using Aquacrop, *Irrig. Drain.*, 0(0), doi:10.1002/ird.2288, 2018.
- Hilker, T., Coops, N. C., Wulder, M. A., Black, T. A., & Guy, R. D. (2008). The use of remote sensing in light use efficiency based models of gross primary production: A review of current status and future requirements. *Science of the Total Environment*, 404(2–3), 411–423. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.11.007>
- Hunink, J. E. and Droogers, P.: Climate Change Impact Assessment on Crop Production in Albania. World Bank Study on Reducing Vulnerability to Climate Change in Europe and Central Asia (ECA) Agricultural Systems, FutureWater Report 105., 2010.
- Hunink, J. E. and Droogers, P.: Climate Change Impact Assessment on Crop Production in Uzbekistan. World Bank Study on Reducing Vulnerability to Climate Change in Europe and Central Asia (ECA) Agricultural Systems, FutureWater Report 106., 2011.
- Hunink, J. E., Droogers, P. and Tran-mai, K.: Past and Future Trends in Crop Production and Food Demand and Supply in the Lower Mekong Basin., 2014.
- van der Kwast, H. & Menke, K., QGIS for Hydrological Applications - Recipes for Catchment Hydrology and Water Management, Locate Press, 2019.

Pawar, G. S., Kale, M. U. and Lokhande, J. N.: Response of AquaCrop Model to Different Irrigation Schedules for Irrigated Cabbage, *Agric. Res.*, 6(1), 73–81, doi:10.1007/s40003-016-0238-2, 2017.

Pérez-Ortolá, M., Daccache, A., Hess, T. M. and Knox, J. W.: Simulating impacts of irrigation heterogeneity on onion (*Allium cepa* L.) yield in a humid climate, *Irrig. Sci.*, 33(1), 1–14, doi:10.1007/s00271-014-0444-2, 2015.

Rodell, M., Houser, P. R., Jambor, U., Gottschalck, J., Mitchell, K., Meng, C.-J., Arsenault, K., Cosgrove, B., Radakovich, J., Bosilovich, M., Entin, J. K., Walker, J. P., Lohmann, D. and Toll, D.: The Global Land Data Assimilation System, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 85(3), 381–394, doi:10.1175/BAMS-85-3-381, 2004.

Squire, G. L.: *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement*. Edited by J. W. Kijne, R. Barker, D. Molden. Wallingford, UK: CABI Publishing (2003), pp. 352, £60.00. ISBN 0-85199-669-8, *Exp. Agric.*, 40(3), 395–395, doi:10.1017/S0014479704372054, 2004.

Wellens, J., Raes, D., Traore, F., Denis, A., Djaby, B. and Tychon, B.: Performance assessment of the FAO AquaCrop model for irrigated cabbage on farmer plots in a semi-arid environment, *Agric. Water Manag.*, 127, 40–47, doi:10.1016/j.agwat.2013.05.012, 2013.

Anexo 1 - Visão geral dos dados de entrada

Esta tabela fornece uma visão geral dos dados recolhidos em observações locais, em informações fornecidas por extensionistas locais, em relatórios anteriores, bem como noutras fontes de dados. A execução do AquaCrop foi configurada com base nessas informações. Para os relatórios de produtividade, os destaques a verde indicam valores de extensionistas locais, enquanto que os destaques a amarelo indicam valores da base de dados FAOSTAT (estatísticas nacionais).

Year	Irrigation / rainfed	Region	Lat	Lon	Soil		Crop		Field mgt				Irrigation			Yield end of this season [ton/ha]	
					Soil texture	Stoniness	Crop type	Planting date	Fertilizer use	Mulching	Weed management	Runoff management	Irrigation (yes/no)	Irrigation method	Irrigation interval (days)		Irrigation depth (m3/ha)
2001-2018	Rainfed	Moatize	-15.77	34.11	sandyloam	moderate	Maize	15/Nov	low	no	moderate	no	no	N/A	N/A	N/A	0.89
2001-2018	Rainfed	Moatize	-15.77	34.11	sandyloam	moderate	Sorghum	01/Dec	low	no	moderate	no	no	N/A	N/A	N/A	0.49
2001-2018	Rainfed	Nhamatanda	-19.22	34.09	sandy clay	moderate	Maize	15/Nov	low	no	moderate	no	no	N/A	N/A	N/A	2.58
2001-2018	Rainfed	Nhamatanda	-19.22	34.09	sandy clay	moderate	Sorghum	01/Dec	low	no	moderate	no	no	N/A	N/A	N/A	1.00
2001-2018	Rainfed	Nhamatanda	-19.22	34.09	sandy clay	moderate	Rice	01/Feb	low	no	moderate	no	no	N/A	N/A	N/A	4.00
2001-2018	Rainfed	Barue	-17.94	33.15	clay	moderate	Maize	15/Nov	low	no	moderate	no	no	N/A	N/A	N/A	0.89
2001-2018	Rainfed	Barue	-17.94	33.15	clay	moderate	Sorghum	01/Dec	low	no	moderate	no	no	N/A	N/A	N/A	0.49
2001-2018	Rainfed	Barue	-17.94	33.15	clay	moderate	Beans	15/Nov	low	no	moderate	no	no	N/A	N/A	N/A	
2001-2018	Irrigation	Moatize	-15.77	34.11	sandyloam	moderate	Tomato	01/Mar	moderate	no	moderate	no	yes	buckets/furrows		7	13.83
2001-2018	Irrigation	Moatize	-15.77	34.11	sandyloam	moderate	Cabbage	01/Mar	moderate	no	moderate	no	yes	buckets/furrows		7	
2001-2018	Irrigation	Moatize	-15.77	34.11	sandyloam	moderate	Onion	01/Mar	moderate	no	moderate	no	yes	buckets/furrows		7	7.66
2001-2018	Irrigation	Moatize	-15.77	34.11	sandyloam	moderate	Potato	01/Mar	moderate	no	moderate	no	yes	buckets/furrows		7	13.88
2001-2018	Irrigation	Nhamatanda	-19.22	34.09	sandy clay	moderate	Tomato	01/Mar	moderate	no	moderate	no	yes	buckets/furrows		7	7.00
2001-2018	Irrigation	Nhamatanda	-19.22	34.09	sandy clay	moderate	Cabbage	01/Mar	moderate	no	moderate	no	yes	buckets/furrows		7	4.00
2001-2018	Irrigation	Nhamatanda	-19.22	34.09	sandy clay	moderate	Onion	01/Mar	moderate	no	moderate	no	yes	buckets/furrows		7	1.50
2001-2018	Irrigation	Nhamatanda	-19.22	34.09	sandy clay	moderate	Potato	01/Mar	moderate	no	moderate	no	yes	furrows		7	5.00
2001-2018	Irrigation	Barue	-17.94	33.15	clay	moderate	Tomato	01/Mar	moderate	no	moderate	no	yes	furrows/sprinklers		7	13.83
2001-2018	Irrigation	Barue	-17.94	33.15	clay	moderate	Cabbage	01/Mar	moderate	no	moderate	no	yes	furrows/sprinklers		7	
2001-2018	Irrigation	Barue	-17.94	33.15	clay	moderate	Onion	01/Mar	moderate	no	moderate	no	yes	furrows/sprinklers		7	7.66
2001-2018	Irrigation	Barue	-17.94	33.15	clay	moderate	Potato	01/Mar	moderate	no	moderate	no	yes	furrows/sprinklers		7	13.88

Adenda junho de 2021 - Constrangimento das incertezas para os resultados da produtividade da água de base

Introdução

Com base em novas informações de campo, os resultados atualizados da produtividade da água de base foram determinados para o tomate, a batata, a couve e a cebola em Bárue, após constrangimentos de incertezas sobre o tipo de solo, datas de plantação e comprimentos de crescimento. Novas informações de campo de Nhamatanda e Moatize não conduziram à necessidade de atualizar a análise da produtividade da água de base para esses distritos.

Atualizar para parâmetros de entrada

Os solos em Bárue acabam por ser de barro tipo arenoso em vez de argila pesada (Tabela 12).

Tabela 12. Textura atualizada do solo para Bárue.

Local	Textura do solo (atualizada)	Textura do solo (original)
Bárue	Loam de argila arenosa	Argila

As datas de plantação podem, na verdade, variar entre abril e julho. Assim, categorizamos quatro datas de plantação (em vez de apenas uma): A) 15 abril, B) 15 maio, c) 15 junho, e D) 15 julho. Além disso, o comprimento de crescimento de cada cultura é, em média, aproximadamente apenas 3 meses (em vez de 5 meses). Assim, por exemplo, se a data de plantação do tomate for 15 de maio, então a data de colheita é 12 de agosto (Tabela 13). Foram efetuados alguns pequenos ajustes adicionais nos parâmetros do ciclo de crescimento das culturas (GDD de grau de crescimento ou dias de crescimento) para afinar os resultados da calibração.

Tabela 13. Datas de plantação e colheita originais atualizadas para Bárue.

Cultura	Período de crescimento (atualizado)			Período de crescimento (original)	
	Período	Data de plantação	Data de colheita	Data de plantação	Data de colheita
Tomate	A	15 de abril	13 de julho	1 de março	1 de julho
	B	15 de maio	12 de agosto		
	C	15 de junho	12 de setembro		
	D	15 de julho	12 de outubro		
Batata	A	15 de abril	19 de julho	1 de março	1 de julho
	B	15 Mé	18 de agosto		
	C	15 de junho	18 de setembro		
	D	15 de julho	18 de outubro		
Couve	A	15 de abril	19 de julho	1 de março	1 de julho
	B	15 de maio	18 de agosto		
	C	15 de junho	18 de setembro		
	D	15 de julho	18 de outubro		

Cebola	A	15 de abril	16 de julho	1 de março	1 de julho
	B	15 de maio	15 de agosto		
	C	15 de junho	15 de setembro		
	D	15 de julho	15 de outubro		

Resultados atualizados

O tabela 14 mostra os resultados atualizados da produtividade da água de base após limitar as incertezas. A gama de resultados da produtividade da água para uma determinada data de plantação ocorre devido à variabilidade do clima (2001-2017) e à aplicação de irrigação (1, 5 e 10 mm), tal como na análise original. Os resultados do tabela 14 são mais precisos do que os resultados iniciais obtidos no tabela 10, uma vez que foram utilizadas informações atualizadas sobre solos, datas de plantação e comprimentos de crescimento.

Tabela 12. Produtividade atualizada da água de base (kg/m³) para tomate irrigado, batata, couve e cebola em Báruè, com base nos novos parâmetros de entrada, para os diferentes períodos de cultivo (A-D).

Percentil	Couve				Cebola			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Décimo	1.02	1.36	1.03	0.65	0.00	0.03	0.11	0.00
25°	1.27	1.52	1.09	0.72	0.10	0.15	0.27	0.02
50°	1.55	1.59	1.17	0.78	0.29	0.48	0.54	0.20
75°	1.68	1.68	1.30	0.85	0.57	0.78	0.81	0.38
90°	1.82	1.75	1.38	0.96	0.93	1.21	1.23	0.62

Percentil	Batata				Tomate			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Décimo	1.82	1.89	1.62	1.39	0.65	0.52	0.50	0.62
25°	1.94	1.96	1.68	1.48	0.77	0.58	0.55	0.67
50°	2.09	2.16	1.83	1.58	0.88	0.68	0.64	0.78
75°	2.38	2.45	2.09	1.78	1.07	0.83	0.77	0.89
90°	2.57	2.66	2.21	1.98	1.19	0.90	0.85	0.99

Os resultados do tabela 14 devem ser utilizados para comparar com as intervenções no campo da produtividade da água em Báruè e, por conseguinte, serão utilizados retroativamente no seguinte relatório:

1. Van Opstal, J.D., M. de Klerk, A. Kaune, C. Nolet, J.E. Beard. 2021. Análise de produtividade de água: Época de irrigação 2020. Relatório FutureWater 218.