

Análise da Produtividade da Água: Campanha de Irrigação 2021

Projeto APSAN-Vale



RELATÓRI

236

CLIENTE

**Agência de Desenvolvimento do
Vale do Zambeze (ADVZ)**

AUTORES

**Jonna van Opstal
Martijn de Klerk
Vera Hollander**

DATA

Abril de 2022

Análise da Produtividade da Água: Campanha de Irrigação 2021

Projeto APSAN-Vale

Relatório FutureWater 236

Cliente

Agência de Desenvolvimento do Vale do Zambeze (ADVZ)

Autores

Jonna van Opstal - Especialista Sênior em Produtividade da Água (j.vanopstal@futurewater.nl)

Martijn de Klerk - Especialista em Sensores Voadores, Gestor de Projetos (m.deklerk@futurewater.nl)

Vera Hollander - Especialista em Gestão de Água (v.hollander@futurewater.nl)

Parceiros de projeto APSAN-Vale

Resiliência B.V.

HUB

ThirdEye Limitada

Data

Abril de 2022

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 como objetivo global aumentar a produtividade agrícola resiliente ao clima e a segurança alimentar, com um objetivo específico de aumentar a produtividade da água e a rentabilidade dos pequenos agricultores em Moçambique, priorizando os pequenos agricultores (sector familiar) para aumentar a segurança alimentar e nutricional. Este projeto demonstrará quais são as melhores combinações de estratégias de adoção e pacotes tecnológicos, com o maior impacto global em termos de Produtividade da Água, tanto ao nível do campo, como ao nível das bacias. O papel principal da FutureWater é monitorar a produtividade da água em áreas-alvo (variação espacial e sazonal/anual) utilizando dados de deteção remota de Sensores Voadores (drones), imagens de satélite e portal de dados WaPOR em combinação com um modelo de simulação de produtividade da água e observações de campo. Este relatório mostra a análise da produtividade da água para a campanha de rega de 2021 (abril a outubro) em três locais diferentes em Moçambique. Esta análise é crucial para avaliar o impacto das intervenções de campo na produtividade da água.

Resumo

Os agricultores procuram boas práticas que possam atingir rendimentos agrícolas mais elevados, assim os lucros e a segurança alimentar. Com recursos limitados como a água, o aumento da produção deve ser considerado por unidade de água consumida, o que é expresso no termo Produtividade da Água. A produtividade da água pode ser usada como um indicador de desempenho para monitorar as mudanças numa área agrícola (no terreno, na exploração ou no nível do sistema de irrigação). Se as intervenções forem implementadas, a produtividade da água pode indicar se a intervenção teve um impacto positivo ou negativo na utilização da água ou se permaneceu inalterada. Este relatório fornece uma avaliação da produtividade da água durante a campanha de rega de 2021 (abril a outubro) para as áreas do projeto APSAN-Vale.

Vários métodos foram usados para fornecer uma avaliação fiável da produtividade da água, utilizando os dados disponíveis no campo, imagens de sensores voadores e conjuntos de dados de sensoriamento remoto de acesso aberto da WaPOR e Sentinel 2. Com a utilização de dados do Sentinel 2, o método de produtividade da água foi substancialmente melhorado em comparação com os relatórios anteriores sobre a produtividade da água. Estes dados de sensoriamento remoto por satélite foram utilizados suplementarmente para visualizar imagens de sensores voadores para capturar com mais frequência o desenvolvimento das culturas e preencher as lacunas entre os intervalos de 2 a 4 semanas dos intervalos de imagens dos sensores voadores. Devido aos típicos períodos de crescimento das culturas de culturas de rega (aproximadamente 2,5 a 3 meses), os dados suplementares fornecidos pelo Sentinel 2 são úteis para uma melhor determinação da curva das culturas.

À escala de campo, a produtividade específica da água é calculada com recurso a simulações de modelos Flying Sensors (drones) e AquaCrop. Os sensores voadores utilizados estão equipados com uma câmara near-infrared para deteção do estado da vegetação. Estas imagens são processadas e traduzidas para valores de cobertura de copa. No AquaCrop, os dados de campo e a cobertura de copa dos sensores voadores são utilizados para simular as práticas agrícolas de cada campo, para determinar o rendimento e a produtividade da água. À escala de sub-bacia e bacia, a produtividade da água a biomassa é calculada com base em dados do portal de dados de produtividade da água da FAO, WaPOR (<http://wapor.apps.fao.org>).

Durante a época de irrigação de 2021 foram realizados um total de 175 voos de sensores voadores em 29 campos agrícolas, num total de 560 ha. No final, para a análise da produtividade da água, foram utilizados dados de 28 agricultores: 10 em Báruè, 9 em Moatize e 9 em Nhamatanda. Os resultados das imagens do sensor voador adquiridas ao longo da temporada são apresentados em mapas de campo impressos e também partilhados através do nosso portal online. No ano passado, foram feitos esforços substanciais para divulgar os mapas feitos pelos ThirdEye AgPilots (ou operadores de sensores voadores) para um público maior online, através do portal APSAN-Vale Flying Sensor. O portal pode ser acedido através de <https://futurewater.eu/apsanvaleportal/>.

A produtividade da água em escala de campo apresentou resultados para 28 agricultores que foram monitorados ao longo da campanha de rega como parte do projeto APSAN-Vale. A produtividade da água foi calculada para todos os principais tipos de culturas da campanha de irrigação tomate, couve, cebola e batata. Adicionalmente, as culturas típicas de campanha de sequeiro que também foram cultivadas na época de irrigação (feijão e milho) também foram adicionadas à análise. Verificou-se que a produtividade da água do tomate variava entre 1,57 e 2,95 kg/m³ em Báruè, 1,79 a 2,96 kg/m³ em Moatize e 2,03 kg/m³ em Nhamatanda. Verificou-se que a produtividade da água das couves variava entre 1,73 e 2,76 kg/m³ em Báruè, 1,44 kg/m³ em Moatize e 1,66 a 1,95 kg/m³ em Nhamatanda. Após a normalização das condições climáticas, verificou-se que o aumento da produtividade específica da água das culturas (resumida para todos os principais tipos de culturas) foi de +74% em Báruè, +21%

em Moatize e +50% em Nhamatanda, resultando num aumento médio de +48% em comparação com os valores de base. Trata-se de uma alteração mais positiva face aos valores de base em comparação com o anterior relatório da época de regadio (2020).

Além disso, a produtividade da água foi calculada à escala sub-bacia, que é representativa para a comunidade de agricultores que adotam práticas que estão a ser demonstradas e promovidas pelos PPCs selecionados (Pequenos Produtores Comercial, small commercial farmers). Uma área de 300 ha em torno de cada PPC selecionado é determinada como representativa para a área da sub-bacia (ou comunidade). À escala de sub-bacia, a análise da produtividade da água faz uso do portal de dados WaPOR e calcula a produtividade da água de biomassa. Os valores mais elevados de produtividade da água foram encontrados em Bárue; aqui os valores mais elevados são observados em Bárue I de 3,13 kg/m³. Em Moatize a maior produtividade da água é encontrada no Moatize I. Tanto os elevados valores de produtividade da água em Bárue I como Moatize I estão relacionados com locais a montante e nas proximidades de cadeias montanhosas. Verificou-se que a produtividade da água a biomassa variava entre 2,93 e 3,13 kg/m³ em Bárue, 1,38 a 2,55 kg/m³ em Moatize, e 2,06 a 2,13 kg/m³ em Nhamatanda. A variação relativa da produtividade da água face aos valores de base é de +24%, +24% e +17% para Bárue, Moatize e Nhamatanda, respectivamente. O aumento global da produtividade da água estimado a nível da sub-bacia (comunidade) é de +22%.

À escala da bacia, a delimitação de bacias de cada distrito foi utilizada como limite da bacia. A produtividade da água foi determinada utilizando o portal de dados WaPOR que fornece valores sobre a produtividade da água a biomassa. Estes valores são comparados com a avaliação de base e determinados que foi alcançado um aumento da produtividade da água de +46%, +27%, e +25% para Bárue, Moatize e Nhamatanda, respectivamente. O aumento médio da produtividade da água em biomassa foi de +33% para todos os distritos juntos.

A análise da produtividade da água em escala de campo indica uma melhoria da produtividade da água e alcança a meta definida para 2021 de +25% como indicado no logframe do projeto. A continuação desta análise com a adoção de práticas ajudará a determinar intervenções eficazes para melhorar a produtividade da água e facilitar o aumento da produtividade da água.

Conteúdo

Resumo	4
Lista de Tabelas	8
Lista de Figuras	9
1 Introdução	10
1.1 Conceito de produtividade da água	10
1.2 Projeto APSAN-Vale	10
1.2.1 Descrição	10
1.2.2 Indicadores de logframe	11
1.3 Visão geral da campanha	12
1.4 Guia de leitura	12
2 Metodologia	13
2.1 Localizações do projeto	13
2.1.1 Campos agrícolas	13
2.1.2 Sub-bacias	13
2.1.3 Bacias	15
2.2 Abordagem	15
2.2.1 Produtividade específica da água das culturas	16
2.2.2 Produtividade da água de biomassa	16
2.3 Imagens de sensores voadores	17
2.3.1 Equipamento de sensor voador	17
2.3.2 Aquisição de imagens	18
2.3.3 Processamento de imagens	18
2.3.4 Mapas de campo para inscrição	19
2.3.5 Mapas de campo para monitoria da vegetação	19
2.3.6 Dados suplementares do Sentinela 2	20
2.4 Cobertura da copa	21
2.5 Modelação de simulação de cultura	22
2.5.1 AquaCrop	22
2.5.2 Dados de entrada	23
2.5.3 Processo de calibração	25
2.6 Conjuntos de dados WaPOR	26
2.6.1 Evapotranspiração real	26
2.6.2 Produção de biomassa	26
2.6.3 Camadas suplementares	26
2.7 Normalização para as condições meteorológicas anuais	27
3 Resultados climáticos sazonais	28
3.1 Evapotranspiração de referência	28
3.2 Precipitação	29
4 Resultados da produtividade da água à escala de campo	31
4.1 Bárue	31
4.2 Moatize	33
4.3 Nhamatanda	35

5	Resultados da produtividade da água da sub-bacia	37
6	Resultados da produtividade da água à escala da bacia	39
7	Avaliação sazonal da produtividade da água	41
7.1	Escala de campo	41
7.2	Escala de sub-bacias	42
7.3	Escala de Bacia	43
8	Observações finais	44
	Anexo 1 - Visão geral dos dados de entrada	46

Lista de Tabelas

Tabela 1. Indicadores de logframe relacionados com a produtividade da água.	12
Tabela 2. Visão geral do número de voos realizados e dos agricultores monitorados durante esta época	12
Tabela 3. Panorâmica dos voos e da área durante a Época de Irrigação de 2021	18
Tabela 4. Parâmetros calibrados para culturas selecionadas em Báruè, Moatize e Nhamatanda	24
Tabela 5. Textura do solo em cada site	25
Tabela 6. Evapotranspiração total sazonal de referência para Báruè, Moatize e Nhamatanda durante a época de rega de 2021 (abril a setembro) e média de longo prazo (2001-2018)	29
Tabela 7. Precipitação sazonal para Báruè, Moatize e Nhamatanda durante a temporada de 2021 (abril a setembro) e média de longo prazo (2001-2018)	30
Tabela 8. Resultados da produtividade da água do AquaCrop e do rendimento das culturas secas, e percentagem da variação da produtividade da água em comparação com a linha de base (percentil 75) para os agricultores de Báruè	31
Tabela 9. Resultados da produtividade da água do AquaCrop e do rendimento das culturas secas, e percentagem da variação da produtividade da água em comparação com a linha de base (percentil 75) para os agricultores de Moatize	33
Tabela 10. Resultados da produtividade da água do AquaCrop e do rendimento das culturas secas, e percentagem da variação da produtividade da água em comparação com a linha de base (percentil 75) para os agricultores de Nhamatanda	35
Tabela 11. Resultados da produtividade da água da análise das sub-bacias utilizando o portal de dados WaPOR	37
Tabela 12. Panorâmica das estatísticas da evapotranspiração real, produção de biomassa e produtividade da água para as bacias de Báruè, Moatize e Nhamatanda	39
Tabela 13. Produtividade normalizada da água do tomate (em kg/m ³) para a época de rega de 2021 em comparação com a linha de base	42
Tabela 14. Produtividade normalizada da água da couve (em kg/m ³) para a época de irrigação de 2021 em comparação com a linha de base	42
Tabela 15. Variação global da produtividade da água para a época de irrigação de 2021 em comparação com a linha de base para todos os principais tipos de culturas de irrigação ponderados pelo número de parcelas indicadas entre parênteses	42
Tabela 16. Produtividade da água a biomassa (kg/m ³) para a época de irrigação de 2021 à escala das sub-bacias em comparação com a linha de base de 2015-2020, tal como derivada do portal de dados WaPOR	43
Tabela 17. Produtividade da água a biomassa (kg/m ³) para a época de irrigação de 2021 à escala da bacia em comparação com a linha de base	43
Tabela 18. Dados de entrada de campo para Báruè	46
Tabela 19. Dados de entrada de campo para Moatize	47
Tabela 20. Dados de campo de entrada para Nhamatanda	48

Lista de Figuras

Figura 1. Distritos de localização de atividades do projeto APSAN-Vale	11
Figura 2. Localização dos PPCs selecionados e monitorados com voos de sensores voadores durante a época de irrigação de 2021	13
Figura 3. Localização e limites das zonas sub-bacias em Báruè	14
Figura 4. Localização e limites das áreas sub-bacias em Moatize	14
Figura 5. Localização e limites das zonas sub-bacias em Nhamatanda	14
Figura 6. Delimitação de bacias e agilizações para Báruè, Moatize e Nhamatanda	15
Figura 7. Fluxo de trabalho para o cálculo da análise específica da produtividade da água das culturas	16
Figura 8. Fluxo de trabalho para análise da produtividade da água de biomassa	17
Figura 9. O sensor voador APSAN-Vale em ação	
Figura 10. Ilustração explicando a resposta do comprimento de onda infravermelho (NIR) ao estado da vegetação	18
Figura 11. Mapa de registo de campo do PPC Ananias para a época de rega de 2021	19
Figura 12. Screenshot do portal de sensores voadores APSAN-Vale atualizado, mostrando a opção de selecionar um mapa no lado esquerdo, o mapa do estado da vegetação no meio e informações adicionais nos separadores superiores	20
Figura 13. Cobertura vegetativa do Sentinel 2 imagens com curva equipada (curvilínea) para cultura de couve em Nhamatanda (PPC Filipe) com data de plantio em 21 de junho de 2021	21
Figura 14. Dados de campo e simulações de saída do modelo AquaCrop	23
Figura 15. Característica do solo em Moatize	25
Figura 16. Evapotranspiração média de cinco dias para Moatize e Nhamatanda durante a época de irrigação de 2021 das estações TAHMO e suplementou dados waPOR para Moatize e Báruè.	28
Figura 17. Comparação de 2021 de referência mensal evapotranspiração com média de longo prazo (2009-2018)	29
Figura 18. Precipitação diária para o campanha de irrigação de 2021 das estações meteorológicas tahmo, complementada com dados CHIRPS (satélite) para Báruè de agosto a outubro de 2021	30
Figura 19. Comparação da precipitação mensal de 2021 com a média de longo prazo (2001-2018) do CHIRPS	30
Figura 20. Mapas de produtividade da água de campo em Báruè para a época de rega de 2021	32
Figura 21. Mapas de produtividade da água de campo em Moatize para a época de rega de 2021	34
Figura 22. Mapas de produtividade da água de campo em Nhamatanda para a época de rega de 2021	36
Figura 23. Produtividade da água a biomassa (kg/m^3) para sub-bacias em Báruè para a época de rega de 2021	38
Figura 24. Produtividade da água a biomassa (kg/m^3) para sub-bacias em Moatize para a época de rega de 2021	38
Figura 25. Produtividade da água a biomassa (kg/m^3) para sub-bacias em Nhamatanda para a época de rega de 2021	38
Figura 26. Produtividade sazonal da água de biomassa (kg/m^3) à escala de bacia para pixéis de cultivo em Báruè, Moatize e Nhamatanda para a época de irrigação de 2021	40

1 Introdução

1.1 Conceito de produtividade da água

Para satisfazer as necessidades futuras da produção de alimentos e fibras, os países em desenvolvimento e os países desenvolvidos precisam de se concentrar mais na utilização eficiente e sustentável da terra e da água (Bastiaanssen e Steduto, 2017). Os agricultores conseguem obter lucro através do aumento da produção agrícola por unidade de terra. No entanto, é fundamental incluir a componente de consumo de água na produção agrícola. Isto permitiria melhorar a produção agrícola por unidade de água consumida.¹

A produtividade da água consiste em dois componentes: produção (quer como rendimento de culturas ou biomassa) e água consumida. O consumo de água ocorre através da evapotranspiração, que é a soma da transpiração vegetal através dos estomas nas folhas, e a evaporação que ocorre a partir da superfície do solo e água intercetada pelas folhas (Escudeiro, 2004). Neste âmbito do projeto foi selecionada a utilização de evapotranspiração (versus aplicação de irrigação), porque representa a componente do equilíbrio hídrico que não pode ser reutilizada pelos utilizadores a jusante num contexto de bacia hidrográfica. Os fluxos de retorno provenientes de zonas agrícolas (através de escoamento ou fluxo subterrâneo) estão disponíveis para reutilização nas zonas a jusante se a qualidade da água for suficiente. Como tal, a produtividade da água pode ser expressa como:²

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

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

A produtividade da água pode ser usada como um indicador de desempenho para monitorizar as mudanças numa área agrícola (no terreno, na exploração ou no nível do sistema de irrigação). Se as intervenções forem implementadas, a produtividade da água pode indicar se a intervenção teve um impacto positivo ou negativo na utilização da água ou se permaneceu inalterada. Além disso, a informação espacial sobre a produtividade da água pode indicar áreas com maior desempenho (primeiros adotantes) e se as práticas são assumidas por outros agricultores.

1.2 Projeto APSAN-Vale

1.2.1 Descrição

O projeto APSAN-Vale teve início no final de 2018 e é um projeto de 4,5 anos com o objetivo de: "Inovações piloto para aumentar a produtividade da água e segurança alimentar para a agricultura resiliente às alterações climáticas no vale do Zambeze de Moçambique". A produtividade da água é utilizada como um indicador para quantificar o impacto das inovações na agricultura de pequena dimensão. Estas inovações podem ser pacotes técnicos (intervenções e formações) e adoção de lições aprendidas através da comunicação de agricultores para agricultores. A informação sobre a produtividade da água tem de incorporar aspetos temporais e espaciais. As mudanças temporais na produtividade da água indicam se uma intervenção resultou num aumento da produtividade da água.

¹ Bastiaanssen, W.G.M. e Steduto, P.: A pontuação da produtividade da água (WPS) a nível global e regional: Metodologia e primeiros resultados das medições de deteção remota de trigo, arroz e milho, *Sci. Total Environ.*, 575, 595-611, doi:10.1016/j.scitotenv.2016.09.032, 2017.

² Squire, G.L.: *Produtividade da Água na Agricultura: Limites e Oportunidades de Melhoria*. Editado por J. W. Rio KijneR. Barker, D. Molde. Wallingford, Reino Unido: CABI Publishing (2003), pp. 352, ISBN 0-85199-669-8, Exp. Agric., 40(3), 395-395, doi:10.1017/S0014479704372054, 2004.

Os padrões espaciais na produtividade da água indicam se o conhecimento está a ser adotado na região e aumentou a produtividade global da água da localidade, e do distrito. As atividades do projeto decorrem em três distritos, nomeadamente: Bárue, Moatize e Nhamatanda. Dentro de cada distrito, várias localidades são selecionadas para pilotar inovações. A localização dos distritos e as atividades atuais do projeto são mostradas na Figura 1.



Figura 1. Distritos de localização de atividades do projeto APSAN-Vale

1.2.2 Indicadores de logframe

No âmbito do projeto APSAN-Vale são formulados vários indicadores de logframe. Os indicadores ligados à avaliação da produtividade da água constam do Tabela 1. Alguns indicadores exigem o cálculo de uma produtividade específica da água (1,2 e 1,3), enquanto outros indicadores utilizam a produtividade da água de biomassa (1,4). Também as saídas indicam que a produtividade da água é calculada nas escalas de campo, sub-bacia e bacia, fornecendo assim os mapas necessários nessas diferentes escalas espaciais. As metas anuais para os resultados da produtividade da água são percentagens de aumento em comparação com a avaliação de base (Van Opstal e Kaune, 2020)¹ e são indicadas no Tabela 1 como valores cumulativos, enquanto os mapas de produção são o total anual para cada ano.

¹ Van Opstal, J.D., A. Kaune. 2020. Relatório Técnico da Produtividade da Água - Avaliação de base para a APSAN-Projeto Vale. Relatório FutureWater 195

Tabela 1. Indicadores de logframe relacionados com a produtividade da água.

	#	Indicador	Linha de base	Meta 2019	Meta 2020	Meta 2021	Meta 2022
Objetivo	0.3	Aumento da produtividade da água	0%	7.5%	15%	25%	25%
Resultado	1.2	Pegada hídrica para culturas selecionadas	0%	7.5%	15%	25%	25%
	1.3	Produtividade da água para o milho	0%	7.5%	15%	25%	25%
	1.4	Produtividade da água de biomassa	0%	7.5%	15%	25%	25%
Saídas	1.1.1	# de mapas de nível de campo	0	30	60	60	60
	1.1.2	# de mapas de nível sub-bacia	0	10	20	20	20
	1.1.3	# de mapas de nível de bacia	0	6	12	12	12

1.3 Visão geral da campanha

A época de rega iniciada em abril de 2021 com a plantação de várias culturas de campo com os principais tipos de culturas a serem tomate, couve e repolho, cebola e batata. Algumas culturas típicas de época de sequeiro (feijão, milho) também foram cultivadas durante a época de irrigação. A temporada continua até final de setembro ou início de outubro. A colheita ocorre ao longo da estação em intervalos diferentes, dependendo do comprimento crescente das culturas. As atividades de sensores voadores ocorreram com voos realizados uma vez a cada 3-4 semanas com o número total de voos, área de voo e agricultores monitorados, apresentados na Tabela 2. No final, para a análise da produtividade da água, foram utilizados dados de 28 agricultores.

Tabela 2. Visão geral do número de voos realizados e dos agricultores monitorados durante esta época

	Báruè	Moatize	Nhamatanda	Total
Voos realizados	73	46	56	175
Agricultores monitorados	10	10	9	29
Área coberta	200 ha	180 ha	180 ha	560 ha
Agricultores monitorados para WP	10	9	9	28

1.4 Guia de leitura

Este relatório técnico fornece os resultados da análise da produtividade da água à escala de campo, escala sub-bacia e escala de bacia utilizando imagens de sensores voadores, modelação de culturas e base de dados WaPOR da FAO. O capítulo seguinte (capítulo 2) elabora a metodologia utilizada para a realização da análise da produtividade da água. O Capítulo 3 fornece uma análise das condições meteorológicas durante a época de crescimento e compara com os anos anteriores. Os capítulos 4, 5 e 6 fornecem os resultados da análise da produtividade da água no campo, sub-bacia e escala de bacia, respectivamente. O capítulo 7 faz uma avaliação dos resultados da produtividade da água e compara-se com os valores de avaliação de base. O capítulo 8 apresenta as observações resumindo e finalizadas.

2 Metodologia

2.1 Localizações do projeto

2.1.1 Campos agrícolas

Para cada distrito foram selecionados vários pequenos agricultores comerciais (Pequenos Produtores Comercial ou PPCs) para o projeto de implementação de numerosas práticas inovadoras (boas práticas) para aumentar a produtividade da água. A maioria dos PPCs selecionados foram monitorados com voos de sensores voadores. Em Bárue, Moatize, e Nhamatanda, dez, nove e nove PPCs, respectivamente, foram monitorados para a análise da produtividade da água. A figura 2 indica as localizações dos PPCs monitorados durante a época de irrigação.

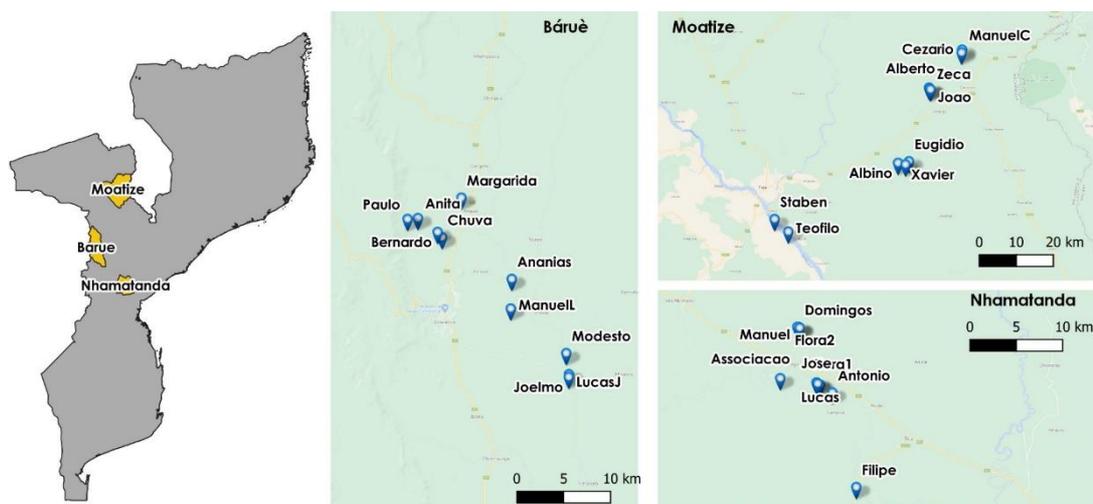


Figura 2. Localização dos PPCs selecionados e monitorados com voos de sensores voadores durante a época de irrigação de 2021

2.1.2 Sub-bacias

A escala da sub-bacia é um nível entre a escala de campo dos PPCs e a escala da bacia, tal como descrito na secção seguinte. Para a análise da produtividade da água ao nível da sub-bacia, é selecionada uma dimensão representativa das comunidades locais que rodeiam os PPCs. O objetivo do projeto APSAN-Vale é aumentar a produtividade da água de várias comunidades através do intercâmbio de conhecimento das intervenções que estão a ser implementadas. Espera-se que as comunidades que rodeiam os PPC adotem determinadas boas práticas. Portanto, o aumento da produtividade da água é melhor monitorado a uma escala que capta a mudança das comunidades. A sub-bacia ou área comunitária é selecionada utilizando um tampão de aproximadamente 300 ha de raio em torno dos PPCs selecionados. As localizações destas comunidades são apresentadas nas figuras 3, 4 e 5 para Bárue, Moatize e Nhamatanda, respectivamente. Cada um selecionou 3 a 4 agrupamentos na localização dos PPCs.

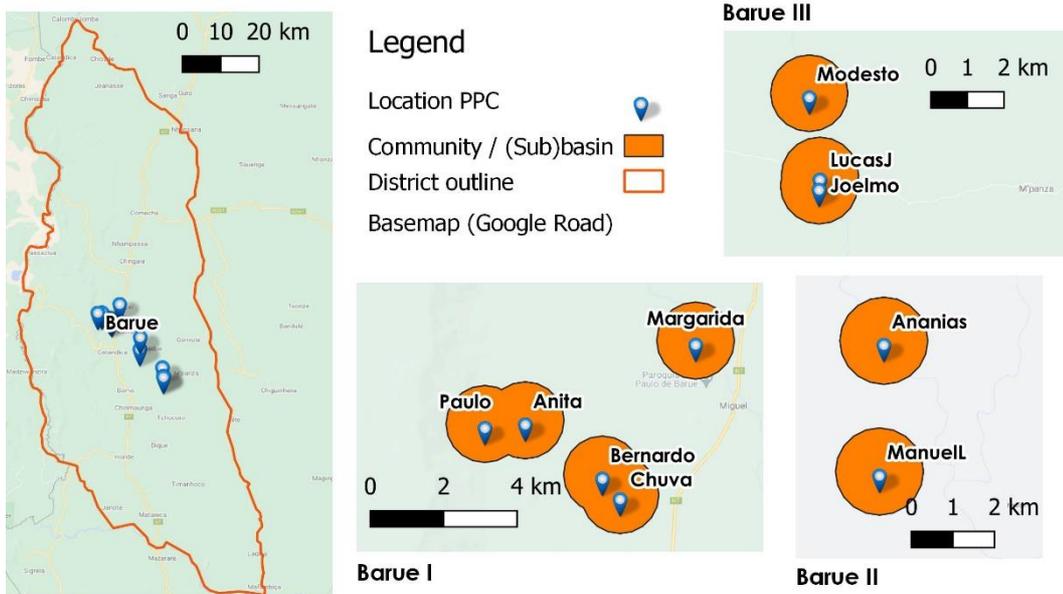


Figura 3. Localização e limites das zonas sub-bacias em Bárue

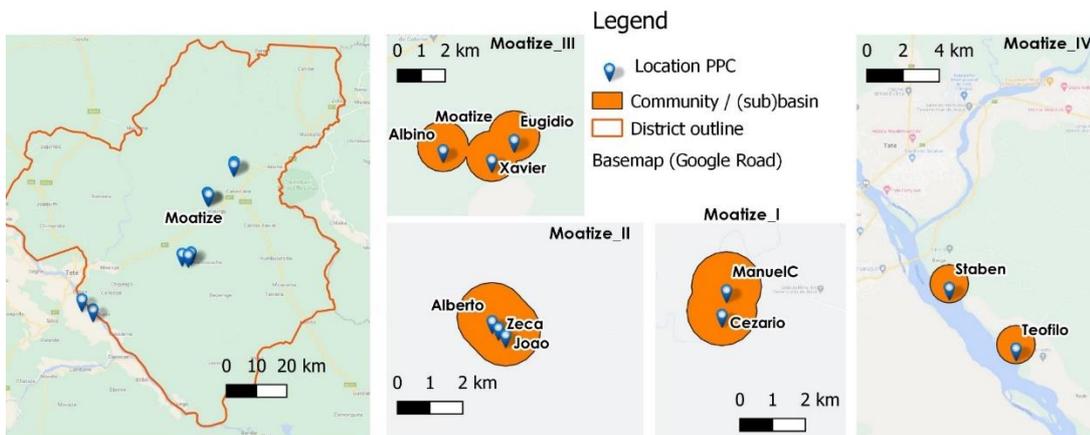


Figura 4. Localização e limites das áreas sub-bacias em Moatize

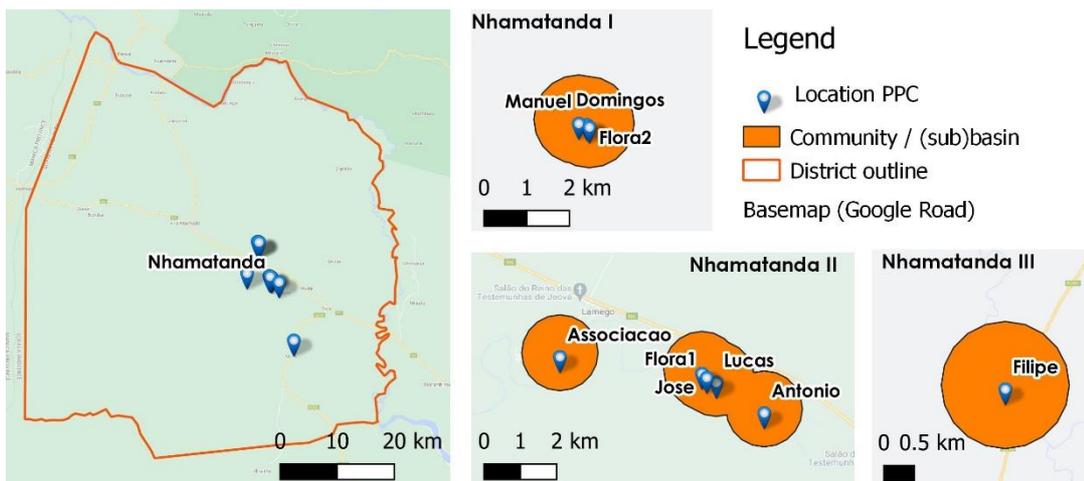


Figura 5. Localização e limites das zonas sub-bacias em Nhamatanda

2.1.3 Bacias

A delimitação da bacia foi realizada utilizando um DEM (modelo de elevação digital) a 30m de resolução fornecida pela SRTM, e ferramentas QGIS. Os detalhes sobre os passos envolvidos podem ser revistos no manual (Kwast e Menke, 2019). Os pontos de saída das bacias são determinados através da avaliação da localização das atividades do projeto nos campos¹, como foi determinado no início do projeto². As sub-bacias são representativas das localidades do projeto, enquanto as bacias representam o panorama mais vasto da zona a montante. As delimitações e localizações das atividades do projeto são mostradas nos mapas da Figura 6. As medições do fluxo de água foram conduzidas por parceiros do projeto em locais estratégicos nos ribeiros para quantificar as abstrações de água para irrigação.

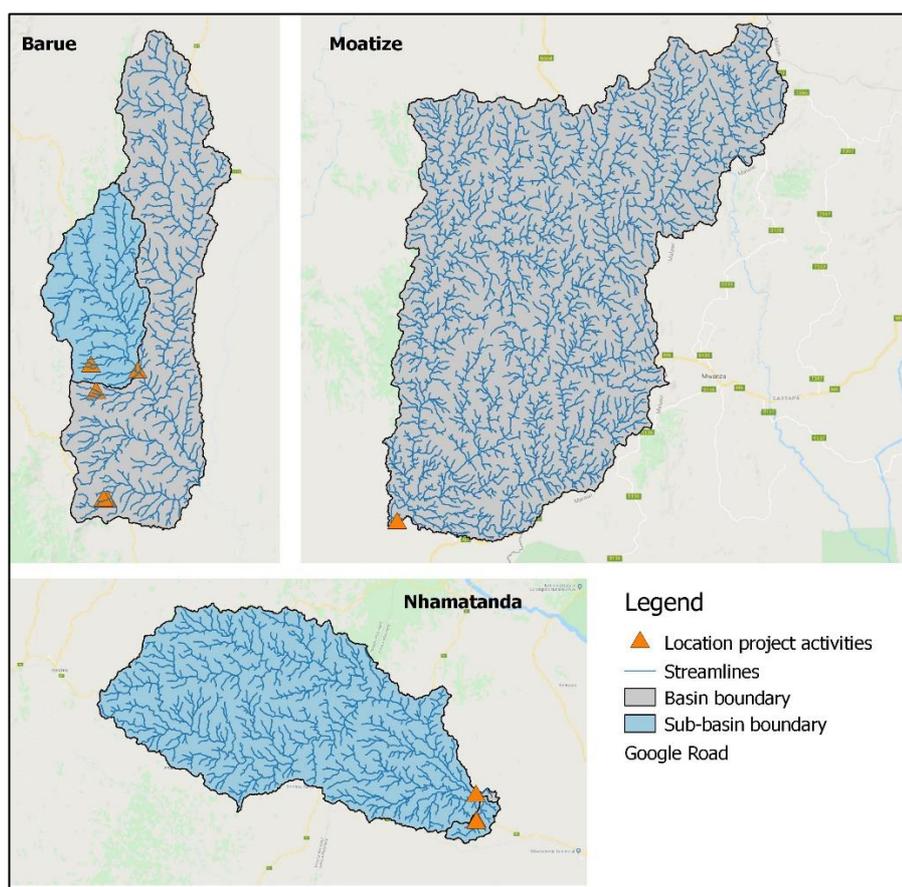


Figura 6. Delimitação de bacias e agilizações para Bárue, Moatize e Nhamatanda

2.2 Abordagem

A análise da produtividade da água segue duas abordagens para o cálculo da produtividade da água:

1. À escala de campo, a informação mais detalhada está disponível no que diz respeito ao tipo de cultura e às estratégias de gestão. A esta escala, é calculada uma produtividade específica da água para as culturas selecionadas nos três distritos diferentes utilizando a modelação de simulação de culturas em combinação com sensores voadores e imagens de satélite (2.2.1).
2. Na sub-bacia e na escala das bacias estão disponíveis informações limitadas sobre a distribuição espacial dos tipos de culturas. A esta escala, uma produtividade da água a biomassa é calculada

¹ van der Kwast, H. & Menke, K., QGIS for Hydrological Applications - Receitas para Hidrologia de Captação e Gestão de Água, Localizar Press, 2019.

² Van Opstal, J.D., A. Kaune. 2020. Relatório Técnico da Produtividade da Água - Avaliação de base para a APSAN-Projeto Vale. Relatório FutureWater 195.

com base em dados da WaPOR, o Portal de Acesso Aberto da FAO com dados de Produtividade da Água (2.2.2).

2.2.1 Produtividade específica da água das culturas

A Figura 7 apresenta o fluxo de trabalho para a realização da análise específica da produtividade da água. A produtividade da água é, em última análise, calculada com o AquaCrop. Os dados de campo para a configuração das simulações do AquaCrop são retirados da estação meteorológica e dos cadernos de campo. Os sensores voadores capturam imagens em intervalos regulares para calcular a cobertura da copa. Este conjunto de dados é complementado com imagens de satélite (Sentinel 2) para uma maior frequência de dados (em resolução inferior). Esta informação está integrada com o modelo AquaCrop para calibrar o modelo e calcular a produtividade da água. A vantagem de combinar observações de detecção remota de sensores voadores, dados de satélite e modelação de simulação, é que a percepção espacial é adquirida na diversidade de práticas de gestão agrícola. Assim, para cada campo, a simulação aquaCrop mais adequada é selecionada para ser representativa para esse campo. Nas secções seguintes são elaborados os vários métodos utilizados, nomeadamente o sensor voador e as imagens de satélite (2.3), e a modelação de simulação de culturas com AquaCrop (2.4).

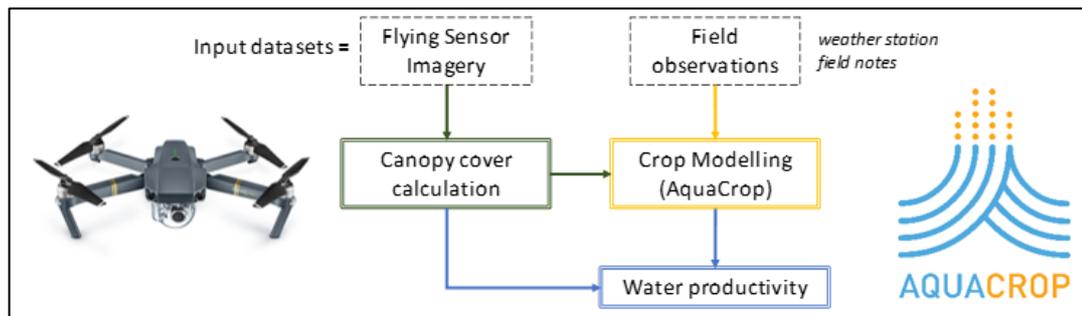


Figura 7. Fluxo de trabalho para o cálculo da análise específica da produtividade da água das culturas

2.2.2 Produtividade da água de biomassa

O WaPOR é o portal de dados de produtividade da água (<https://wapor.apps.fao.org>) da FAO que contém informações sobre evapotranspiração, produção de biomassa, cobertura terrestre e muitas outras camadas. A informação à escala da bacia foi extraída derivando uma delimitação da bacia hidrográfica para os distritos seleccionados. Isto foi realizado com um DEM (modelo de elevação digital). A delimitação das capturas é apresentada na figura 6 para as áreas seleccionadas.

A camada de cobertura de terra em WaPOR foi usada para determinar a localização das terras agrícolas nas bacias. O procedimento para esta análise segue as orientações fornecidas pelo projeto WaterPIP (Produtividade da Água na Prática) e o fluxo de trabalho é apresentado esquematicamente na Figura 8. Na secção 2.5, os conjuntos de dados WaPOR utilizados para esta análise, são descritos com mais detalhes. À escala sub-bacia são utilizadas camadas semelhantes para extrair informações sobre a produtividade da água.

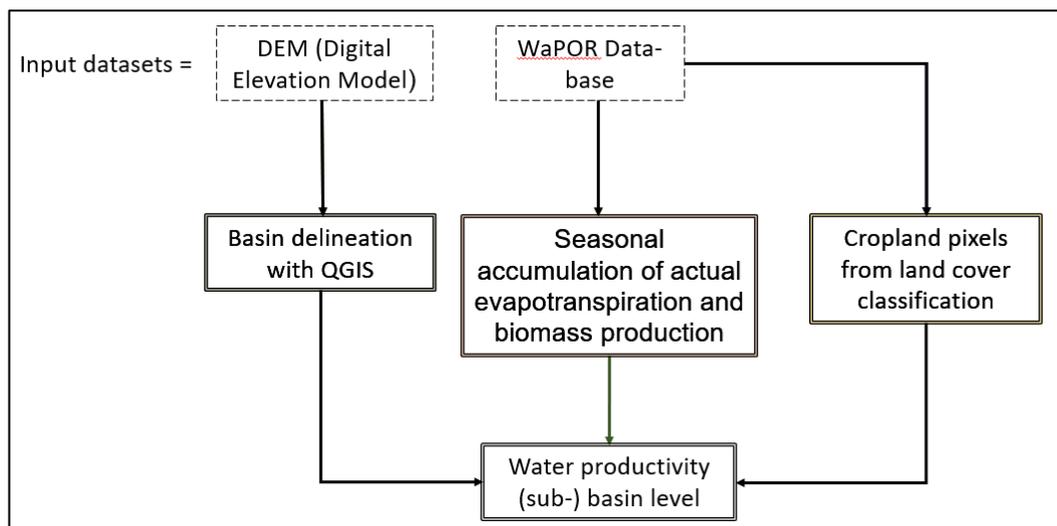


Figura 8. Fluxo de trabalho para análise da produtividade da água de biomassa

2.3 Imagens de sensores voadores

2.3.1 Equipamento de sensor voador

O equipamento de sensor voador utilizado em APSAN-Vale são um drone Mavic Pro e uma câmara adicional para detetar o estado da vegetação. Figura 9 mostra uma foto do Sensor Voador usado, incluindo ambas as câmaras. Uma câmara faz imagens RGB (vermelho-verde-azul), semelhantes a imagens visuais vistas com o olho humano. A segunda câmara mede o near-infrared (NIR) comprimento de onda, que não é visível para o olho humano. O próximo-comprimento de onda infravermelho tem uma boa resposta às condições da vegetação. Figura 10 dá uma ilustração da resposta às condições stressadas de uma folha. Se a folha estiver em ótima saúde, o comprimento de onda NIR tem uma resposta elevada. Se a folha estiver em condições stressadas ou doentes, o comprimento de onda NIR tem uma resposta mais baixa. Isto já é medido pelo comprimento de onda NIR antes de ser visível ao olho humano.



Figura 9. O sensor voador APSAN-Vale em ação

Outra vantagem de utilizar os Sensores Voadores neste projeto é a flexibilidade para a captura de imagens e a resolução espacial elevada das imagens adquiridas. Os sensores voadores podem fazer voos quando necessário nos intervalos desejados. Para este projeto, a frequência de aquisição de imagens foi direcionada uma vez a cada 3 semanas, o que melhor capta as fases de desenvolvimento de culturas. Este intervalo foi por vezes mais longo devido às condições meteorológicas ou à logística. A resolução espacial da imagem é de 4-8 cm, fornecendo detalhes suficientes para capturar a variação espacial da agricultura de pequeno titular.

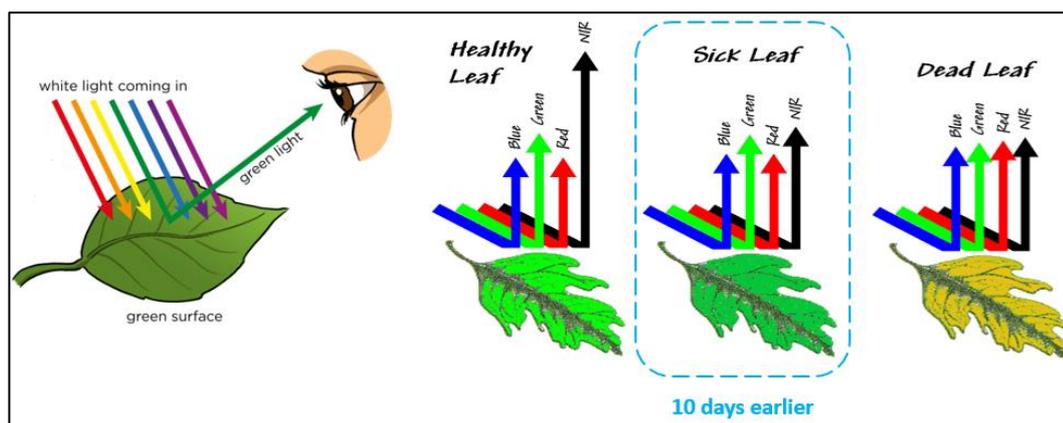


Figura 10. Ilustração explicando a resposta do comprimento de onda infravermelho (NIR) ao estado da vegetação

2.3.2 Aquisição de imagens

As imagens de sensores voadores foram adquiridas em intervalos regulares durante toda a época de crescimento. No Tabela 3 é fornecida uma visão geral do número de voos realizados e em que data (por vezes distribuída por 2 ou 3 dias). O número total de voos para Báruè, Moatize e Nhamatanda foi de 73, 46 e 56, respetivamente. A área total monitorada com os sensores voadores foi de 200 ha, 180 ha e 180 ha para Báruè, Moatize e Nhamatanda, respetivamente.

Tabela 3. Panorâmica dos voos e da área durante a Época de Irrigação de 2021

	Báruè	Moatize	Nhamatanda
Maio	4-6 de maio de 2021 17-19 de maio de 2021	11-12 de maio 2021	20 de maio de 2021
Junho	7-10 junho 2021		1-2 de junho de 2021 15-16 de junho de 2021
Julho	14-17 julho 2021	6-7 de julho de 2021 27-29 julho 2021	16 de julho de 2021
Agosto	4-5 agosto 2021 19-20 agosto 2021	25-27 de agosto de 2021	3-4 de agosto de 2021 16-17 agosto 2021
Setembro	1-3 de setembro de 2021 15-17 de setembro de 2021	8-10 de setembro de 2021 29-30 de setembro de 2021	1-3 de setembro de 2021 14-15 de setembro de 2021
Outubro	19 a 21 de outubro de 2021		
Voos realizados	73	46	56
Área coberta	200 ha	180 ha	180 ha

2.3.3 Processamento de imagens

As imagens adquiridas pelos Sensores Voadores são submetidas a um processamento adicional. Em primeiro lugar, as imagens únicas de cada voo são alinhadas para formar um mosaico ortho. Estes são então georreferenciados para que possa ser usado em análises geoespaciais adicionais. Estes passos são realizados utilizando pacotes de software: Agisoft Metashape e QGIS (software geoespacial).

Os próximos passos de processamento são necessários para obter uma série de mapas de cobertura de copa. Foram calculados vários passos utilizando a codificação R para tornar o processamento mais eficiente. A banda NIR da imagem é usada para determinar os pixels de vegetação de cada imagem

usando o pacote R 'kmeans' para classificação automática de imagens. Manualmente, o utilizador determina qual a classe indicada como vegetação. Estas informações são então utilizadas para calcular a cobertura da copa, que é uma indicação da cobertura de vegetação sobre uma superfície em percentagem, e está na mesma categoria que outros índices de vegetação geralmente utilizados no sensoriamento remoto, por exemplo, Índice de Área da Folha (LAI) ou Índice normalizado de Vegetação da Diferença (NDVI). A cobertura total da vegetação resultará numa cobertura de 100%. Uma grelha de 1x1 metros (=1 m²) é sobreposta sobre um campo de cultivo. O número de pixels de vegetação (de 0,05x0,05 metros = 0,0025 m²) é contado para determinar a percentagem da grelha coberta por vegetação, assim a cobertura da copa. Esta informação é utilizada em combinação com a modelação das culturas para determinar o rendimento das culturas e a produtividade da água.

2.3.4 Mapas de campo para inscrição

No início da temporada foi utilizada a primeira imagem de voo para registar os campos dos PPCs seleccionados para monitoria. Um exemplo de um destes mapas, da PPC Ananias, é mostrado na Figura 11. Estes mapas indicam os limites do campo, a área do campo, o tipo de cultura e o nome do agricultor, incluindo o código registado, tal como utilizado na monitoria e notas de campo. Os mapas foram adicionados ao livro de campo de cada PCP. As alterações nos campos e nos tipos de culturas poderiam ser corrigidas nos seguintes mapas.

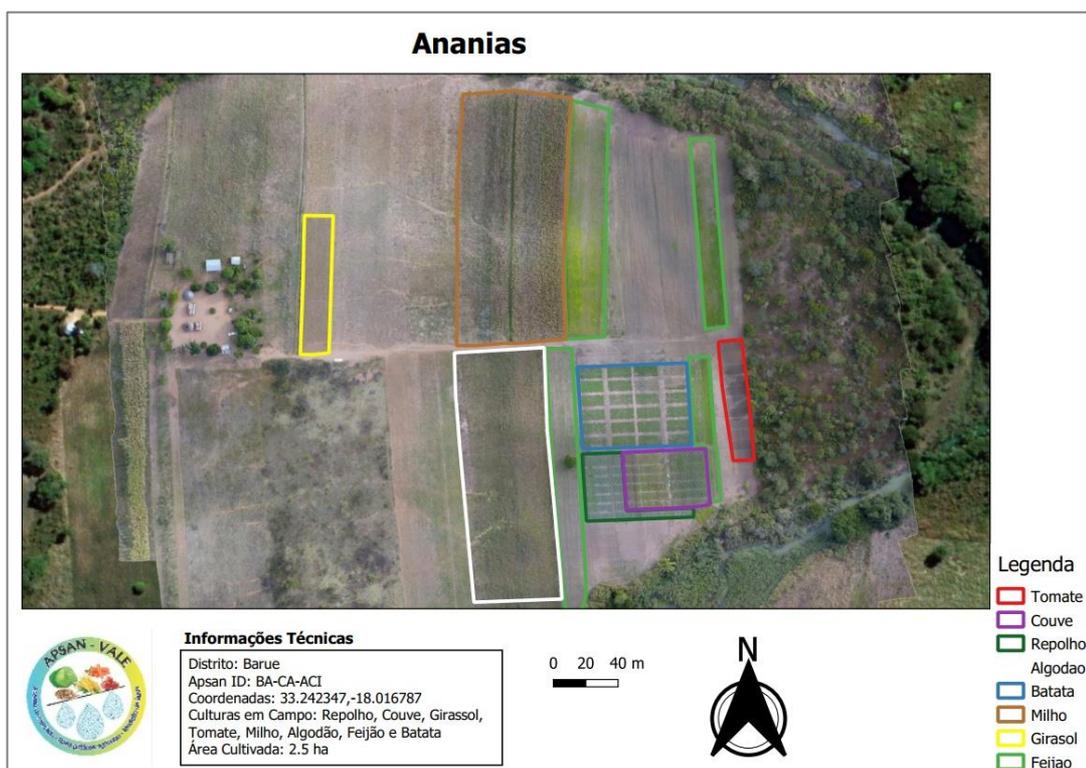


Figura 11. Mapa de registo de campo do PPC Ananias para a época de rega de 2021

2.3.5 Mapas de campo para monitoria da vegetação

Durante a estação foram feitos mapas com as câmaras de sensores voadores (RGB e infravermelhos) para monitorar a vegetação durante a época de cultivo. As imagens visuais (RGB, vermelho-verde-azul) são mais fáceis de interpretar, uma vez que as cores vistas são compreensíveis e as mesmas que podem ser observadas a olho nu. O estado da vegetação é indicado em cores vermelhas que indicam a cobertura de vegetação baixa, e cores verdes indicando alta cobertura de vegetação.

Estes mapas são fornecidos aos agricultores durante a época de campo e publicados online no portal APSAN-Vale Flying Sensor. Todos os mapas de estado visual e vegetativo podem ser encontrados no portal online. Foram feitos esforços substanciais para divulgar os mapas feitos pelos AgPilots da ThirdEye para um público maior online, através do portal APSAN-Vale Flying Sensor. O portal pode ser acessado através de <https://futurewater.eu/apsanvaleportal/>.

Desde o desenvolvimento precoce do portal APSAN-Vale, estão a ser implementadas atualizações para garantir que o portal serve as necessidades e desejos dos AgPilots da ThirdEye e agricultores. Os mapas de sensores voadores são enviados automaticamente para o portal depois de terem sido processados pelos AgPilots do ThirdEye. Desta forma, a equipa operacional pode facilmente aceder aos mapas no campo para observar áreas de maior ou menor produtividade da água, utilizando um tablet, portátil ou smartphone. Uma imagem do portal atualizado é mostrada na Figura 12. A possibilidade de descarregar a informação (mapas e notas) num ficheiro pdf que pode ser entregue pelo operador ao agricultor está operacional e inclui funcionalidades adicionais, como previsões meteorológicas e informações de mercado.



Figura 12. Screenshot do portal de sensores voadores APSAN-Vale atualizado, mostrando a opção de selecionar um mapa no lado esquerdo, o mapa do estado da vegetação no meio e informações adicionais nos separadores superiores

2.3.6 Dados suplementares do Sentinel 2

Sentinel 2 é uma plataforma de satélite de acesso aberto que fornece imagens a cada 3 a 5 dias numa resolução espacial de 10x10m. Esta resolução é suficiente para capturar o desenvolvimento das culturas dos campos agrícolas, mas demasiado grosseira para determinar as variações espaciais pormenorizadas no interior. Estas variações espaciais dentro do campo podem ser monitorizadas com imagens de sensores voadores numa resolução mais elevada. Os dados do Sentinel 2 são utilizados suplementarmente às imagens dos sensores voadores para capturar com mais frequência o desenvolvimento das culturas e preencher as lacunas entre os intervalos de 2 a 4 semanas dos intervalos de imagens dos sensores voadores (como indicado no Tabela 3). Devido aos típicos períodos de crescimento das culturas de culturas de rega (aproximadamente 2,5 a 3 meses), os dados suplementares fornecidos pelo Sentinel 2 são úteis para uma melhor determinação da curva das culturas.

As imagens Sentinel 2 são processadas pela primeira vez para imagens sem nuvens através das bandas de qualidade fornecidas com o conjunto de dados de imagens. O NDVI é calculado e utilizado

para determinar a fração de cobertura vegetativa, determinando o NDVI para solo nu e campos de cobertura totalmente vegetativos. A fração de cobertura vegetacional é semelhante à cobertura da copa derivada das imagens do sensor voador. O processamento das imagens Sentinel 2 foi realizado utilizando a computação em nuvem do Motor Google Earth (<https://earthengine.google.com/>).

2.4 Cobertura da copa

Foram utilizadas imagens de sensores flying para determinar a cobertura de 1x1 metros de pixels em cada campo dos PPCs selecionados. Imagens de sensores voadores tiradas em intervalos regulares (2-4 semanas), assim dão uma boa apresentação do desenvolvimento da colheita ao longo da campanha, calculando a cobertura da copa.

Complementar aos resultados da cobertura da copa do sensor voador, a cobertura da copa (ou fração da cobertura vegetal) é estimada usando imagens do Sentinel 2 (dados de satélite). Esta imagem de satélite está disponível a cada 3 a 5 dias com várias imagens sem nuvens disponíveis durante a campanha de irrigação devido a condições de céu claro. Os intervalos regulares fornecidos pelas imagens Sentinel 2 proporcionam uma melhor estimativa da curva de cultura durante a época de crescimento. Em combinação com as imagens dos sensores voadores, que fornecem dados de alta resolução relevantes para a agricultura de pequena escala, a curva das culturas pode ser estabelecida com precisão suficiente.

Na Figura 13, o desenvolvimento da cultura curvilínea é mostrado derivado de imagens Sentinel 2 para um campo de repolho em Nhamatanda. A data de plantio assinalada no livro de campo é no dia 21 de junho, que também é retratada como o momento do aumento da cobertura vegetativa. A cobertura máxima é aproximadamente de 85% (0,85 cobertura fracionária) em 1 de agosto de 2021, após o que a cultura é senescente e preparada para a colheita.

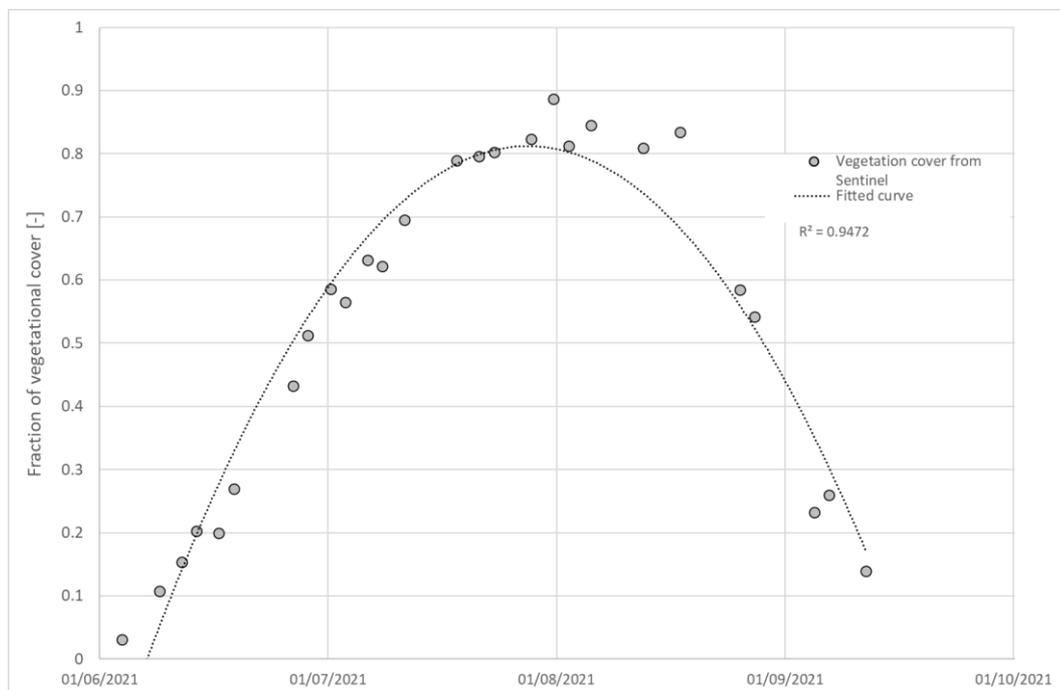


Figura 13. Cobertura vegetativa do Sentinel 2 imagens com curva equipada (curvilínea) para cultura de couve em Nhamatanda (PPC Filipe) com data de plantio em 21 de junho de 2021

2.5 Modelação de simulação de cultura

2.5.1 AquaCrop

O modelo AquaCrop foi selecionado para simular o crescimento das culturas e o consumo de água, que se baseia nos princípios da FAO, tal como são relatados nos papéis de irrigação e drenagem da FAO nº 56 e #66. Simula tanto o desenvolvimento das culturas como o equilíbrio da água, resultando em resultados da produtividade da água das culturas.

Vários modelos de crescimento de culturas foram desenvolvidos para simular o rendimento das culturas e a produtividade da água. A seleção do modelo depende da escala de aplicação e da capacidade de limitar a incerteza do parâmetro do modelo. O AquaCrop é um modelo de cultura amplamente utilizado desenvolvido pela FAO, que simula a resposta de rendimento à água usando parâmetros fisicamente baseados. Tem sido usado em estudos de impacto sobre as alterações climáticas em várias partes do mundo (Hunink et al., 2014; Hunink e Droogers, 2010, 2011)¹²³. Além disso, o AquaCrop foi aplicado para prever a produtividade da água e o rendimento das culturas com base na informação dos sensores voadores (den Besten et al., 2017, van Opstal, 2019)⁴⁵ e para avaliar cenários de agendamento de irrigação (Goosheh et al., 2018)⁶. É especialmente recomendado para aplicação ao nível da exploração em pequena escala. Além disso, trata-se de um modelo de código aberto que está livremente disponível para aplicação. Assim, o modelo adequado para fins APSAN-Vale.

A FAO tem parâmetros de modelo pré-estabelecidos para simular a cobertura da copa, a transpiração real das culturas e a evaporação do solo, a biomassa e o rendimento das culturas durante um período de crescimento, desde a sementeira até à colheita (Figura 11). Neste trabalho, os parâmetros de modelo selecionados foram sintonizados com base em observações. Os parâmetros do modelo afinados incluíam densidade vegetal, duração do período de crescimento, aumento da cobertura da copa, diminuição da cobertura da copa, índice de colheita, stress de fertilidade e cobertura de ervas daninhas.

¹ Hunink, J.E., Droogers, P. e Tran...mai, K.: Tendências passadas e futuras na produção de culturas e procura e oferta alimentar na bacia do Baixo Mekong., 2014.

² Hunink, J. E. e Droogers, P.: Avaliação do impacto das alterações climáticas na produção de culturas na Albânia. Estudo do Banco Mundial sobre a Redução da Vulnerabilidade às Alterações Climáticas na Europa e na Ásia Central (ECA) Sistemas Agrícolas, Relatório FutureWater 105., 2010.

³ Hunink, J. E. e Droogers, P.: Avaliação do impacto das alterações climáticas na produção de culturas no Usbequistão. Estudo do Banco Mundial sobre a Redução da Vulnerabilidade às Alterações Climáticas na Europa e na Ásia Central (ECA) Sistemas Agrícolas, Relatório FutureWater 106., 2011

⁴ den Besten, N., Simons, G. e Hunink, J.: Avaliação da produtividade da água utilizando sensores voadores e modelação de colheitas. Estudo piloto para o Milho em Moçambique, 2017.

⁵ Van Opstal, J.D. 2019. APSAN-Vale Produtividade Da Água Temporada 2018/2019. Relatório FutureWater.

⁶ GooshehM., Rio PaziraE., Rio GholamiUm. AndarrianaB. e Rio Panahpour, E.: Melhorar o agendamento de irrigação do trigo para aumentar a produtividade da água em condições de águas subterrâneas rasas Aquacrop, Rio Irrig. Drain., 0(0), doi:10.1002/ird.2288, 2018.

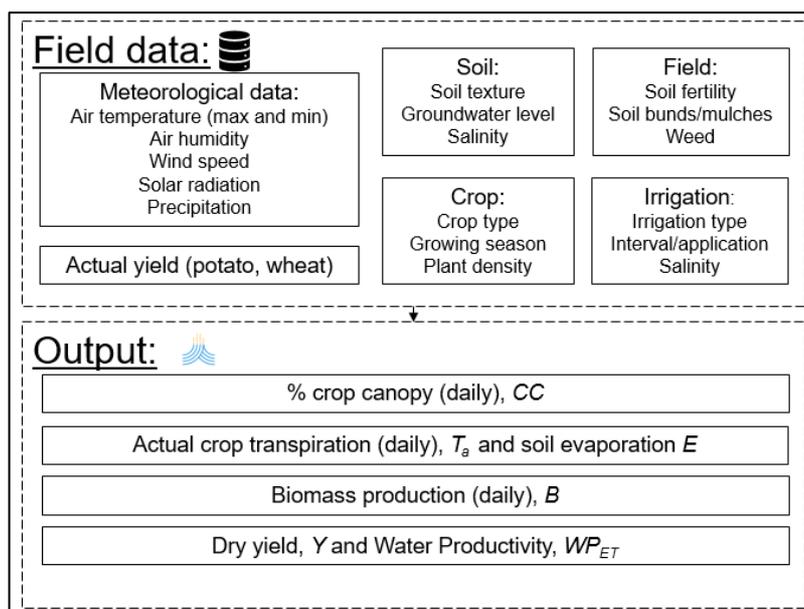


Figura 14. Dados de campo e simulações de saída do modelo AquaCrop

2.5.2 Dados de entrada

O tempo

Os dados meteorológicos são necessários como entrada para o modelo, que foi derivado de diferentes fontes. As estações meteorológicas (do TAHMO) foram instaladas em cada escritório distrital para representar as condições meteorológicas na área. Estas estações estiveram operacionais a partir de fevereiro/março de 2019 e ao longo do projeto. Se ocorrerem avarias no equipamento durante a época de crescimento, os dados meteorológicos são complementados com dados meteorológicos de deteção remota de acesso aberto disponíveis, tais como dados do CHIRPS para precipitação. Além disso, os dados meteorológicos médios a longo prazo foram adquiridos a partir da WaPOR e dos produtos de dados de satélite GLDAS. Isto é explicado no relatório de avaliação de base (Relatório FutureWater 195).¹

Dados de campo

O próximo passo para as simulações do AquaCrop é recolher informações básicas sobre as culturas dos locais selecionados (Báruè, Moatize e Nhamatanda). Informações básicas sobre datas de plantio, densidade vegetal, comprimento total de crescimento (duração do ciclo de cultura) e rendimento das culturas são fundamentais para obter simulações fiáveis do AquaCrop. Vários destes parâmetros são específicos para cada campo. Por conseguinte, as notas recolhidas no livro de campo dos PPCs foram copiadas e ligadas a campos específicos (indicados com polígonos ou ficheiros de forma) para tornar a simulação adaptada à situação do PCP. No anexo 1, podem ser encontrados os dados relativos às decisões de gestão.

No modelo AquaCrop devem ser utilizados vários parâmetros de cultura para simular a cobertura específica da copa, a transpiração, a biomassa e o rendimento durante a época de crescimento para determinar finalmente a produtividade da água. Foram obtidos parâmetros específicos das culturas a partir dos ficheiros de cultura originais disponíveis no modelo AquaCrop. Foram utilizados ficheiros de colheita no modo Growing Degree Days (°C days). Os Crescentes Dias de Grau explicam os efeitos dos

¹ Vum Opstal, J.D., A. Kaune. 2020. Relatório Técnico da Produtividade da Água - Avaliação de base para a APSAN-Projeto Vale. Relatório FutureWater 195.

regimes de temperatura na fenologia. Para a Couve e Cebola, obtivemos a informação do parâmetro de cultura de outros estudos (Agbemabiese et al., 2017; Pawar et al., 2017; Pérez-Ortolá et al., 2015; Wellens et al., 2013).

Parâmetros específicos do modelo de cultura devem ser ajustados para obter rendimentos de cultura precisos. No Tabela 4 são indicados os parâmetros do modelo de cultura calibrado por cultura. Estes parâmetros incluem o Índice de Colheita, HI (%), Aumento da Cobertura de Copa, CGC (-), Diminuição da Cobertura de Copa, CDC (-), e o comprimento de estágios de crescimento específicos (por exemplo, sementeira até ao surgimento, semeando a profundidade máxima de enraizamento, etc. O HI é um parâmetro conhecido para converter a biomassa em rendimento de cultura. CGC é uma medida da capacidade intrínseca da capota para expandir. Após a cobertura começar a sentir, a cobertura da copa é reduzida progressivamente aplicando um coeficiente de declínio da copa empírica (CDC). HI, CGS e CDC variam dependendo da variedade de cultura e da qualidade das sementes. O comprimento de estágios de cultivo específicos é utilizado no modo Growing Degree Days (°C dias) para Milho, Sorgo, Feijão, Arroz, Tomate e Batata. Para repolho e cebola, o modo dias de calendário é usado com base nos estudos mencionados. A duração das fases de cultivo foi afinada com base nas informações recolhidas sobre a duração do ciclo de culturas (desde a plantação até à colheita no anexo 1).

Tabela 4. Parâmetros calibrados para culturas selecionadas em Bárue, Moatize e Nhamatanda

	Milho	Sorgo	Feijão	Arroz	Tomate	Batata	Couve*	Cebola*
Hi (%)	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 ao surgimento (dias°C)	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 à senescência inicial (dias°C)	2310	2447	1354	1040	1553	1525	86	45
Da sementeira à maturidade (duração do ciclo de cultura) (°C dias)	2805	2728	1947	1520	1933	1977	100	85
Da sementeira à floração (°C dias)	1452	1613	834	920	525	852	28	67
Comprimento do estágio de floração (°C dias)	297	474	349	280	750	1	40	18

*Estágios crescentes em dias de calendário.

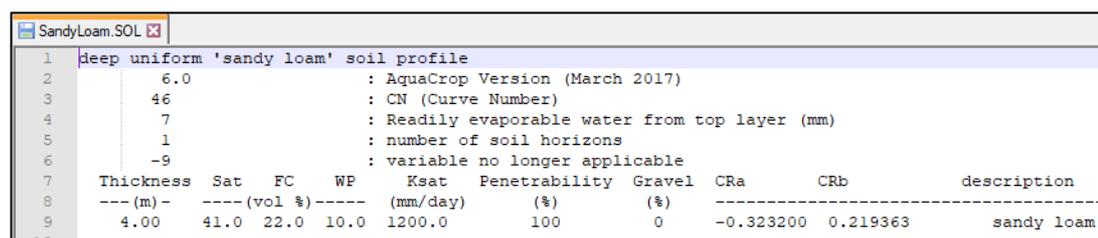
Informação sobre gestão de solos e de campo

De acordo com informações recolhidas no campo, a textura do solo de cada local foi determinada. As propriedades hidráulicas do solo estão correlacionadas com a textura do solo. O modelo AquaCrop inclui propriedades hidráulicas pré-estabelecidas, tais como Capacidade de Campo (FC) e Ponto De Wilting (WP) para cada textura do solo. Os valores da capacidade de campo e do ponto de murcha são fundamentais para determinar a capacidade de armazenamento de água do solo e determinar os limiares de stress da água. Na Tabela 5 são mostradas as texturas do solo obtidas para cada local. O tipo de solo para Bárue foi atualizado na última temporada após novos dados de campo adquiridos. Na Figura 12, um exemplo dos valores FC e WP (FC=22%, WP=10%) utilizado no modelo AquaCrop são mostrados para franco arenoso.

A gestão da irrigação é simulada entrando no método de irrigação (aspersor, gotejamento ou superfície) e na superfície estimada molhada, que é derivada dependendo do método de irrigação. Várias simulações são realizadas para capturar diferentes níveis de esgotamento máximo admissível: 25, 40 e 50 mm. Para cada evento de irrigação, a água aplicada é a quantidade de água de rega aplicada é suficiente para que a humidade do solo volte à capacidade de campo. Esta simulação de eventos de irrigação é semelhante ao observado nas práticas de campo dos PPCs.

Tabela 5. Textura do solo em cada site

Site	Textura do solo
Bárue	Sandy Clay Loam
Moatize	Sandy Loam
Nhamatanda	Sandy Clay



```
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
```

Figura 15. Característica do solo em Moatize

2.5.3 Processo de calibração

A cobertura da copa segue uma tendência curvilínea positiva ao longo da época de cultivo, representando o desenvolvimento da cultura até cobertura completa. Os sensores voadores monitoram a cobertura da copa durante toda a estação de cultivo e, assim, capturam em intervalos frequentes parte da tendência curvilínea. Estes dados são complementados com pontos de dados adicionais do Sentinel 2. Esta tendência curvilínea do desenvolvimento das culturas também é simulada no AquaCrop. Para o processo de calibração, a cobertura da copa dos sensores voadores e os dados do Sentinel 2 são comparados com a cobertura de copa simulada AquaCrop. A cobertura máxima da copa é utilizada para comparar com as simulações AquaCrop.

O modelo AquaCrop está configurado utilizando os módulos e dados de entrada, tal como foi listado nas secções anteriores. São seleccionados vários parâmetros de gestão agrícola que podem ser variáveis. Estas são particularmente as variáveis que são sensíveis no AquaCrop e não podem ser medidas com precisão no campo. Os parâmetros seleccionados para a calibração são a densidade vegetal, o stress dos fertilizantes e o esgotamento máximo admissível da água do solo (para eventos de irrigação). Depois de executar as várias combinações (27 simulações total por campo), as principais simulações foram seleccionadas exibindo erros limitados com a cobertura da copa conforme observado nas imagens do sensor voador.

2.6 Conjuntos de dados WaPOR

A base de dados FAO WaPOR contém vários conjuntos de dados derivados da detecção remota por satélite e está disponível através do portal de dados de acesso aberto: <https://wapor.apps.fao.org>. As camadas utilizadas pela WaPOR são: evapotranspiração real e de referência (ET), produção de biomassa, produtividade da água, precipitação e cobertura terrestre. Informações detalhadas sobre a metodologia encontram-se nos documentos de referência da WaPOR. As camadas de dados foram descarregadas para Moçambique e agregadas para encontrar valores sazonais para a época ¹de rega: abril de 2021 a outubro de 2021.

2.6.1 Evapotranspiração real

A evapotranspiração real é calculada usando um algoritmo de equilíbrio energético superficial com base nas equações do modelo ETLook. Usa uma plataforma de satélite com aquisição de imagens multi-espectrais e térmicas. Adicionalmente, os dados meteorológicos de produtos de dados de detecção remota são usados como entrada. Os componentes do equilíbrio energético são calculados com o algoritmo especificado: radiação líquida, fluxo de calor do solo e fluxo de calor sensato. O fluxo de calor latente é calculado como residual para o equilíbrio energético e representa o componente de evapotranspiração (ET) do equilíbrio energético. ²

O conjunto de dados ET real wapor utilizado neste relatório é do nível II (100 metros) para cada década (10 dias). Uma soma para a época de irrigação é calculada no QGIS.

2.6.2 Produção de biomassa

A produção de biomassa foi calculada utilizando a camada de dados decadal líquida de produção primária (NPP) da WaPOR. Os dados do NPP são calculados em WaPOR utilizando um modelo de eficiência de utilização de luz. Este modelo determina a quantidade de radiação fotossintética que chega a uma superfície e a quantidade que é absorvida pela vegetação dependendo da quantidade de cobertura vegetativa e (não) condições de stress. Isto indica o resultado do processo de fotossíntese na produção de NPP ou de biomassa de matéria seca. A produção de biomassa da WaPOR é resumida para a época ³de irrigação. Note-se que a WaPOR calcula a produção de biomassa para as culturas C3, que são a maioria das culturas cultivadas globalmente. Todavia, a determinação da produção de biomassa para as culturas C4 (por exemplo, milho, cana-de-açúcar) requer uma multiplicação de aproximadamente 1,8 (=4,5/2.5) para corrigir a diferença na eficiência da utilização da luz entre as duas culturas. O rendimento das culturas pode ser calculado posteriormente utilizando o índice de colheita, que é específico para cada tipo de cultura e variedade de culturas (cultivar).

2.6.3 Camadas suplementares

A WaPOR também fornece um produto de dados de precipitação, nomeadamente dados CHIRPS. Isto fornece dados de precipitação espacial a 5 km de resolução nas etapas diárias. Estes dados são utilizados suplementarmente aos dados da estação meteorológica para preencher lacunas de dados onde os dados da estação meteorológica não foram instalados.

Além disso, a evapotranspiração de referência (ET) também é fornecida pelo portal de dados WaPOR a 20 km de resolução e nos passos diários. Uma série de tempo deste conjunto de dados é usada como os dados de entrada meteorológico necessário para a modelação das culturas.

Por último, o mapa de cobertura de terra em WaPOR é usado para identificar os pixels que contêm áreas de cultivo. Isto é usado para calcular a produtividade da água de biomassa para as áreas de cultivo, excluindo assim os pixels da vegetação natural e áreas urbanas.

¹ Metodologia wapor base de dados: dados de nível 1 (setembro de 2018) <http://www.fao.org/3/I7315EN/i7315en.pdf>

² Bastiaanssen et al. (2012)

³ Hilker e outros. (2008) e várias outras publicações

2.7 Normalização para as condições meteorológicas anuais

Para a avaliação de base foi utilizado um período de 17 anos para a análise da escala de campo (2001 – 2017) e 10 anos para a análise da escala da bacia (2009 - 2018). O período de análise da escala da bacia foi mais curto devido à disponibilidade de dados da WaPOR. Ambos os períodos são considerados suficientes para capturar a variabilidade inter-anual nas condições meteorológicas, com os anos secos e húmidos existentes num prazo de 10 anos. Os resultados estatísticos desta análise de base serão, portanto, representativos da variedade das condições meteorológicas. ¹

Numa análise mais aprofundada deste projeto, os valores da produtividade da água são normalizados para as condições meteorológicas para determinar se as alterações na produtividade da água são resultado das condições meteorológicas ou do impacto das inovações do projeto. A normalização dos valores da produtividade da água é calculada utilizando a equação abaixo (como exemplo utilizando o ano de 2021) e utilizando a evapotranspiração de referência (ET₀) como representante para as condições climáticas anuais. Esta equação e metodologia são descritas por Bastiaanssen e Steduto (2016), como um método para comparar a produtividade da água entre anos e regiões com diferentes condições climáticas. ²

$$WP_{norm,2019} [kg/m^3] = \frac{WP_{2021} \left[\frac{kg}{m^3} \right] \times ET_{0,average\ 2001-2018} [mm]}{ET_{0,2021} [mm]}$$

¹ Van Opstal, J.D., A. Kaune. 2020. Relatório Técnico da Produtividade da Água - Avaliação de base para a APSAN-Projeto Vale. Relatório FutureWater 195.

² Bastiaanssen, W.G.M., & Steduto, P. (2016). A pontuação da produtividade da água (WPS) a nível global e regional: Metodologia e primeiros resultados de medições de deteção remota de trigo, arroz e milho. *Ciência do Ambiente Total*, 575, 595-611. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.032>

3 Resultados climáticos sazonais

3.1 Evapotranspiração de referência

Nas estações meteorológicas TAHMO em cada distrito, os dados meteorológicos são medidos, e a evapotranspiração de referência é calculada. A evapotranspiração média de cinco dias de referência (ET) durante a época de irrigação de 2021 é mostrada na¹Figura 16. Para Bárue, os dados relativos à radiação solar consistiam em lacunas, pelo que a referência ET não pôde ser calculada. Para este local foram utilizados os dados ET de referência wapor. Em Moatize, as lacunas nos dados meteorológicos foram complementadas com dados ET de referência da WaPOR. Os três distritos apresentam um padrão semelhante na referência ET. O ET de referência foi semelhante ao longo da temporada variando entre 2 a 4 mm/dia. No final da temporada, em setembro e outubro, o ET de referência aumentou ligeiramente para todos os locais até 5 a 6 mm/dia.

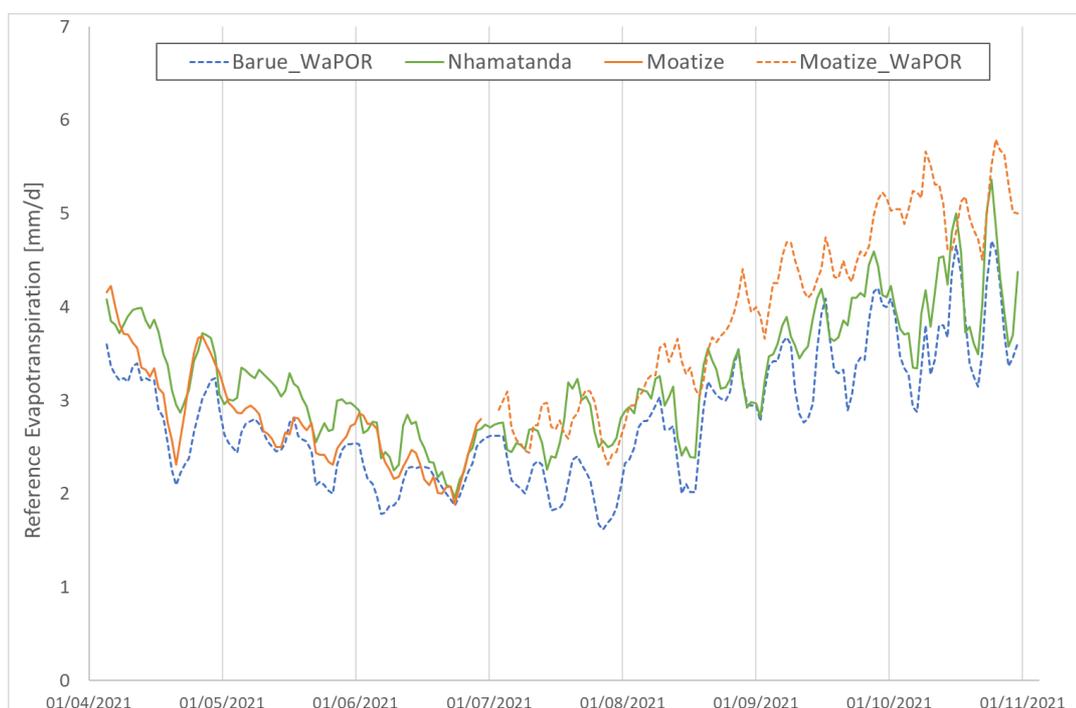


Figura 16. Evapotranspiração média de cinco dias para Moatize e Nhamatanda durante a época de irrigação de 2021 das estações TAHMO e suplementou dados waPOR para Moatize e Bárue.

As condições meteorológicas durante a época de rega de 2021 são comparadas com os dados históricos de 2001 a 2018, como indicado na avaliação de base. Este conjunto de dados histórico abrange uma multiplicidade de condições meteorológicas, tanto anos secos como húmidos, e, portanto, é uma boa representação das condições meteorológicas "normais". A evapotranspiração média mensal de referência é comparada com os valores mensais de 2021 e apresentada na Figura 17.

Figura 17 mostra que a referência ET durante os primeiros meses da campanha de 2021 (abril a agosto) foi semelhante à referência média de longo prazo ET. Nos meses setembro e outubro o ET de referência foi superior à média para todos os distritos e, mais notavelmente, para Bárue e Moatize. A ET de referência sazonal total é apresentado no Tabela 6 para esta campanha de 2021 e a média de longo prazo para a campanha de rega. Estes valores são utilizados na normalização dos resultados da produtividade da água, conforme descrito na secção 2.7 deste documento.

¹ <https://tahmo.org/>

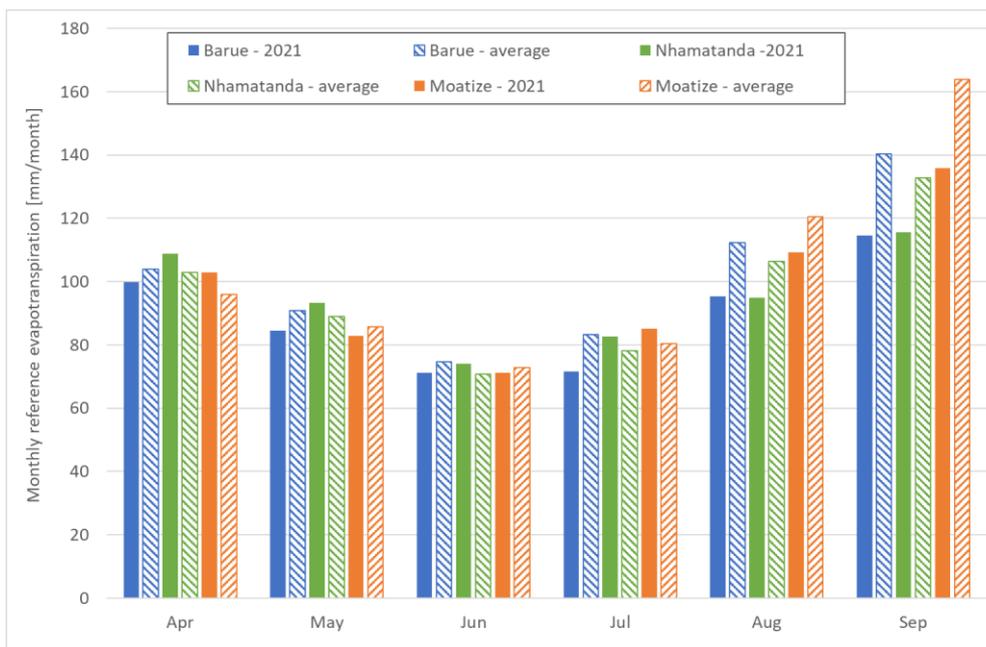


Figura 17. Comparação de 2021 de referência mensal evapotranspiração com média de longo prazo (2009-2018)

Tabela 6. Evapotranspiração total sazonal de referência para Bárue, Moatize e Nhamatanda durante a época de rega de 2021 (abril a setembro) e média de longo prazo (2001-2018)

Referência ET [mm]	Bárue	Moatize	Nhamatanda
Época de rega de 2021	537	587	569
Média de longo prazo de 2001-2018	605	619	580

3.2 Precipitação

Durante a época de rega, a precipitação é tipicamente baixa nesta região. A precipitação é registada nas estações TAHMO. Durante a temporada, algumas avarias ocorreram na estação de Bárue, pelo que são utilizados dados de satélite da CHIRPS (conforme fornecidos através do portal WaPOR). Os dados da época de rega de 2021 são apresentados na Figura 18. O número apresenta alguns eventos de precipitação que ainda ocorrem em abril, após o qual a precipitação foi negligenciável (aproximadamente 5 mm) no resto da temporada.

Figura 19 apresenta a precipitação total mensal para cada distrito e compara com a média de longo prazo (2001-2018) utilizando dados de satélite. O número mostra que em abril a precipitação foi inferior à média para Bárue, enquanto que foi superior à média para Nhamatanda. No resto da estação, a precipitação mensal mostra valores semelhantes à média de longo prazo, com o Moatize a apresentar quantidades de precipitação quase insignificantes. Na Tabela 7 é fornecida uma visão geral da precipitação sazonal total para a época de rega de 2021 e a média de longo prazo (2001-2018). Tanto Bárue como Moatize apresentam valores abaixo da média, enquanto Nhamatanda apresenta uma precipitação ligeiramente superior à média. Durante a época de rega, os agricultores dependem do regadio para o cultivo das suas culturas, pelo que a precipitação limitada durante a estação não tem necessariamente um impacto negativo na produção de culturas. A precipitação durante a estação chuvosa (2020-2021), tal como apresentado no Relatório de Produtividade da Água da Estação Chuvosa, apresentou precipitação suficiente para os três distritos em comparação com a média. Portanto, presume-se que a água não foi limitando durante a época de cultivo. ¹

¹ Van Opstal, J.D., M. de Klerk, V.R. Hollander, J.E. Beard. 2021. APSAN-Vale Water Productivity Analysis: Rainfed Season 2020-2021. Relatório FutureWater 227

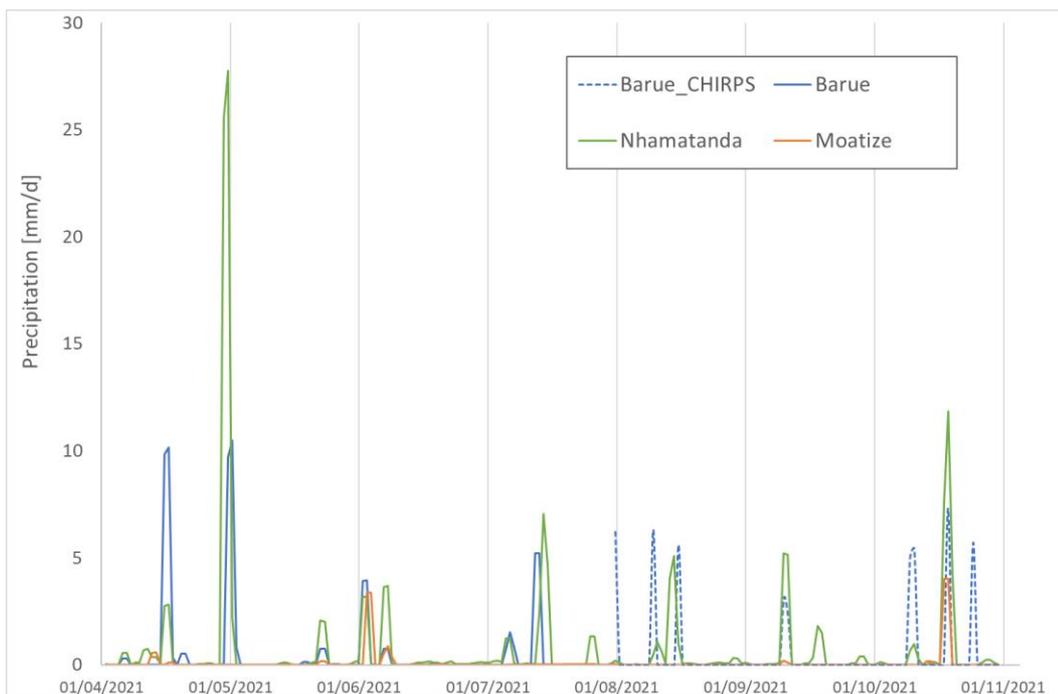


Figura 18. Precipitação diária para o campanha de irrigação de 2021 das estações meteorológicas tahmo, complementada com dados CHIRPS (satélite) para Báruè de agosto a outubro de 2021

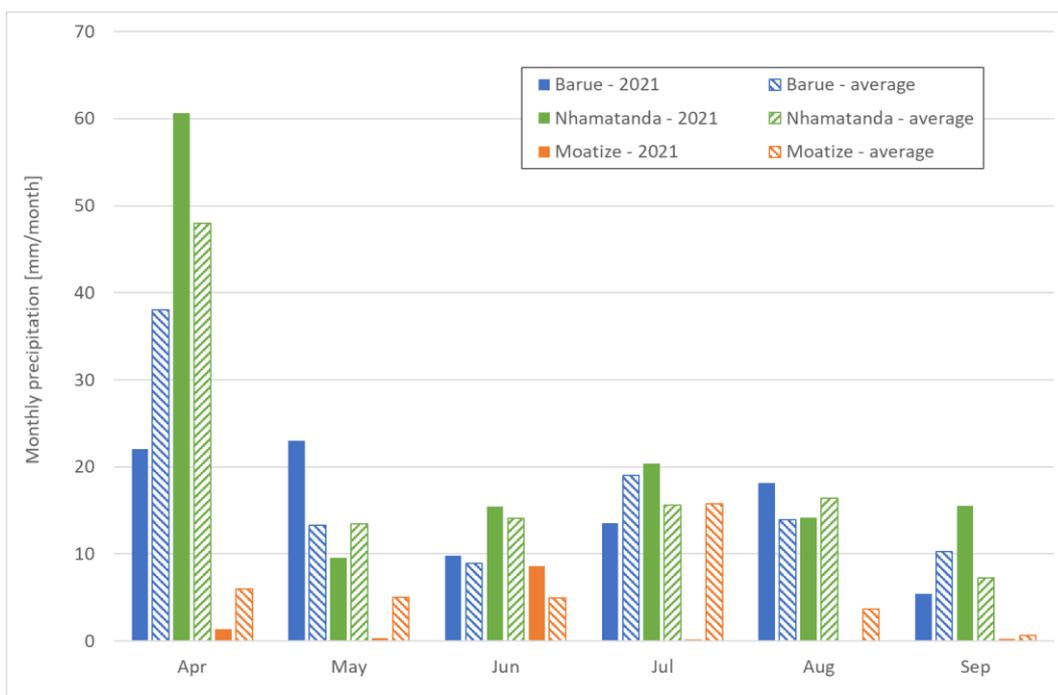


Figura 19. Comparação da precipitação mensal de 2021 com a média de longo prazo (2001-2018) do CHIRPS

Tabela 7. Precipitação sazonal para Báruè, Moatize e Nhamatanda durante a temporada de 2021 (abril a setembro) e média de longo prazo (2001-2018)

Precipitação [mm]	Báruè	Moatize	Nhamatanda
Época de rega de 2021	92	11	136
Média de longo prazo 2001-2018	103	36	115

4 Resultados da produtividade da água à escala de campo

Nas simulações do AquaCrop são realizadas simulações para apresentar o desenvolvimento de culturas e gestão agrícola de cada PCP monitorado ao longo desta temporada. As decisões de gestão e outros dados de entrada são apresentados no anexo 1 para cada agricultor. A cobertura da copa dos sensores voadores e imagens de satélite (Sentinel 2) é combinada com as simulações aquaCrop para determinar a produtividade da água e os resultados do rendimento das culturas. Para Báruè, Moatize e Nhamatanda os resultados da produtividade da água são apresentados nas Tabelas 8, 9 e 10, respectivamente. Nestas tabelas, a produtividade da água da cultura é apresentada por tipo de cultura principal: couve, tomate, cebola, batata, feijão e milho. Por conseguinte, os dois últimos tipos de culturas são geralmente as culturas de sequeiro, não são comparadas com os valores de base, que foram calculados para a época de secas de chuva na avaliação de base. Nos quadros de resultados, a produtividade da água é normalizada para as condições meteorológicas utilizando a referência ET do Tabela 6 (capítulo 3), e metodologia tal como descrita na secção 2.6 deste documento. É feita uma comparação com os valores de avaliação de base para a produtividade da água das culturas, tal como apresentado no Relatório FutureWater 195. O pressuposto é que estes PPCs na linha de base tinham um objetivo comercial e atingiram uma produtividade relativamente maior em comparação com a média de todos os agricultores. Portanto, o valor de base utilizado para a comparação é o percentil 75, indicando que a linha de base é superior ao valor médio (mediano). Nos resultados é também apresentado o rendimento da cultura, que é o rendimento seco da colheita como calculado pelo AquaCrop.¹²

4.1 Báruè

Tabela 8 apresenta os resultados da análise da produtividade da água para os agricultores de Báruè. O aumento da produtividade da água foi positivo para todos os campos e todas as culturas em comparação com os valores de base da época de rega. Foram detetados grandes aumentos para os dois campos de batata de +66% a +82% em comparação com a linha de base. No caso do repolho, o aumento da produtividade da água em comparação com a linha de base variou de +28% para +65%. As maiores melhorias são anotadas para os três campos de tomate de +65% para +211%.

Tabela 8. Resultados da produtividade da água do AquaCrop e do rendimento das culturas secas, e percentagem da variação da produtividade da água em comparação com a linha de base (percentil 75) para os agricultores de Báruè

Código PPC	Nome	Tipo de cultura	Produtividade da água [kg/m ³]	Produção de água normalizada [kg/m ³]	% de variação com baseline*	Rendimento de cultura seca [tonelada/ha]
AP_BA_ACI-01-03	Ananias	Batata	3.51	3.95	+66%	5.36
AP_BA_MA-01-01	Margarida	Batata	3.85	4.34	+82%	5.70
AP_BA_ACI-01-04	Ananias	Couve	2.05	2.31	+37%	3.41
AP_BA_ACI-01-07	Ananias	Couve	2.20	2.47	+47%	3.47
AP-BA-CF-01-02	Chuva	Couve	2.45	2.76	+65%	3.48
AP-BA-BV-01-02	Bernardo	Couve	1.53	1.73	+33%	2.74
AP_BA_JDR-01-02	Joelmo	Couve	2.42	2.73	+62%	3.55
AP-BA-LJ-01-01	LucasJ	Couve	1.91	2.16	+28%	3.51
AP_BA_ML-01-02	Manuell	Couve	2.34	2.63	+57%	3.47
AP_BA_MD-01-02	Modesto	Couve	1.99	2.25	+34%	3.19
AP-BA-CF-01-01	Chuva	Feijões	1.12	1.26	NA	2.33
AP-BA-CF-01-03	Chuva	Feijões	1.17	1.31	NA	2.33
AP-BA-CF-01-04	Chuva	Feijões	1.07	1.20	NA	2.13

¹ Van Opstal, J.D., A. Kaune. 2020. Relatório Técnico da Produtividade da Água - Avaliação de base para a APSAN-Projeto Vale. Relatório FutureWater 195.

² Esta é uma medida utilizada em estatísticas que indicam o valor abaixo do qual uma determinada percentagem de observações num grupo de observações cai. Neste caso, 25% das observações são encontradas acima das 75th percentil.

AP-BA-CF-01-05	Chuva	Feijões	1.13	1.28	NA	2.33
AP_BA_ACI-01-05	Ananias	Feijões	1.17	1.32	NA	2.41
AP_BA_ACI-01-06	Ananias	Feijões	1.21	1.36	NA	2.51
AP-BA-BV-01-01	Bernardo	Feijões	0.91	1.02	NA	2.12
AP-BA-PGM-01-01	Paulo	Feijões	0.78	0.88	NA	2.10
AP_BA_JDR-01-03	Joelmo	Feijões	1.30	1.47	NA	2.88
AP_BA_MD-01-03	Modesto	Milho	1.40	1.58	NA	3.56
AP-BA-AB-01-01	Anita	Milho	1.14	1.28	NA	3.29
AP_BA_ACI-01-08	Ananias	Tomate	1.57	1.77	+65%	2.49
AP-BA-PGM-01-02	Paulo	Tomate	2.95	3.33	+211%	8.19
AP_BA_MD-01-04	Modesto	Tomate	2.82	3.17	+196%	6.31

* Nota: A NA indica quando os valores de base da época de irrigação não estão disponíveis para estes tipos de culturas

Para Báruè, os resultados da produtividade da água do AquaCrop, calibrados com os dados de cobertura da copa, são apresentados em mapas de campo na Figura 20. Para cada PCP e tipo de cultura, são apresentados os valores de produtividade da água para a época de rega de 2021, incluindo a alteração com a linha de base e a área em ha. Os valores de produtividade da água variam entre o meio (amarelo) e o alto (verde claro) e muito alto (verde escuro).

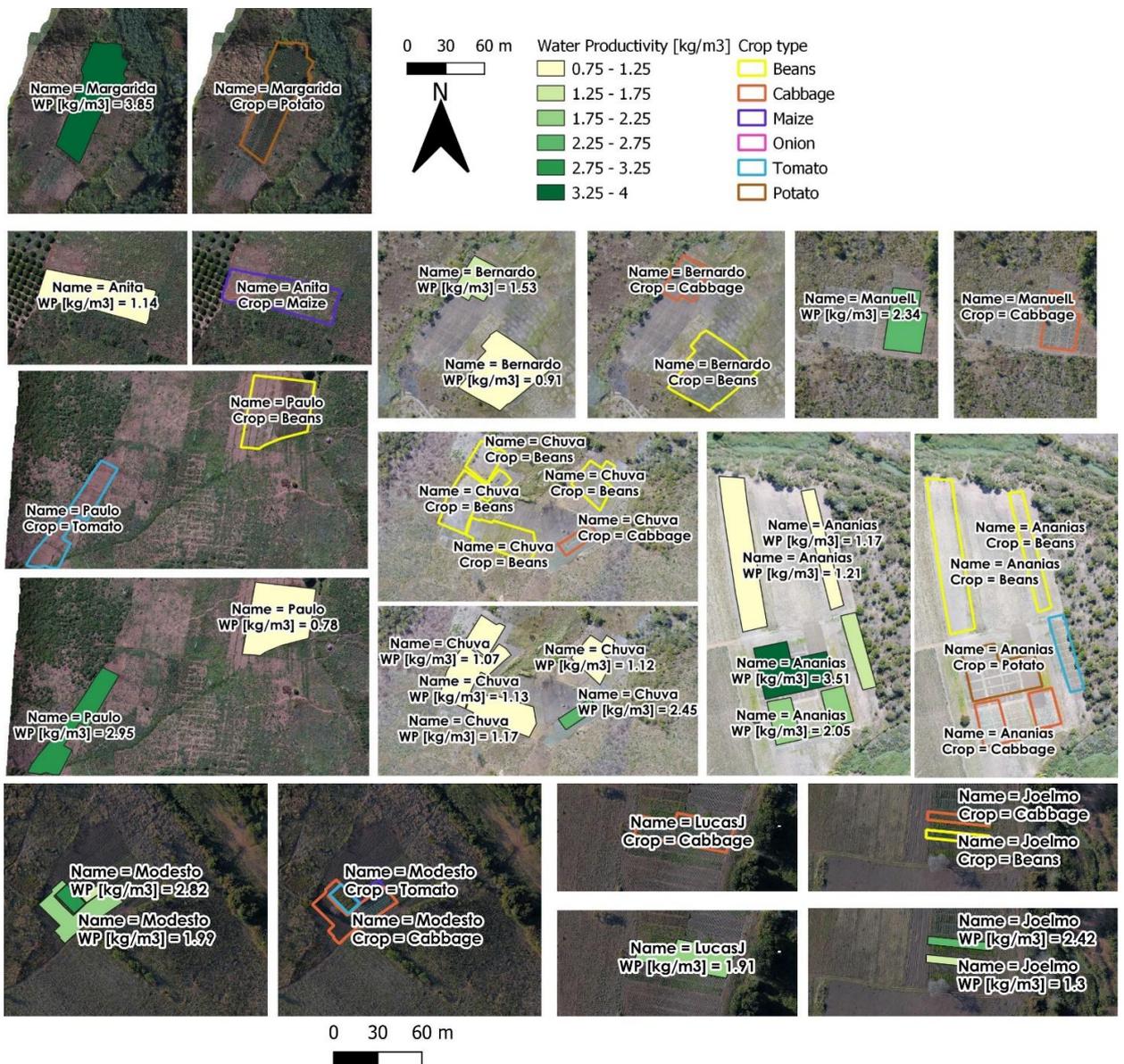


Figura 20. Mapas de produtividade da água de campo em Báruè para a época de rega de 2021

4.2 Moatize

No Tabela 9 são apresentados os resultados para a análise da produtividade da água dos agricultores do Moatize. A maioria dos agricultores cultivava culturas de tomate. O aumento da produtividade da água foi positivo para todos os campos e todas as culturas em comparação com os valores de base da época de rega. As melhorias na produtividade da água encontradas no tomate em comparação com a linha de base variaram de +5% para +75%. Mesmo para o mesmo agricultor (por exemplo, Staben e Girio) havia grandes diferenças nos valores de produtividade da água provavelmente dependendo da localização e da data de plantio. Para os feijões, os valores de produtividade da água são semelhantes para os diferentes PPCs. A produtividade da água para repolho e cebola do Cezario do PPC aumentou com +7% e +18%, respectivamente.

Tabela 9. Resultados da produtividade da água do AquaCrop e do rendimento das culturas secas, e percentagem da variação da produtividade da água em comparação com a linha de base (percentil 75) para os agricultores de Moatize

Código PPC	Nome	Tipo de cultura	Produtividade da água [kg/m ³]	Produção de água normalizada [kg/m ³]	% de variação com baseline*	Rendimento de cultura seca [tonelada/ha]
MO-MA-AC-01-01	Alberto	Tomate	1.79	1.89	+5%	2.73
MO-MA-GM-01-01	Rio Girio	Tomate	2.59	2.73	+52%	7.44
MO-MA-GM-01-01	Rio Girio	Tomate	2.72	2.87	+60%	8.08
MO-SA-ZM-01-01	Rio Zeca	Tomate	2.96	3.13	+75%	8.29
MO-SA-CA-01-01	Cezario	Tomate	2.03	2.14	+19%	3.96
MO-CA-AB-01-01	Albino	Tomate	2.53	2.67	+49%	4.72
MO-MA-JC-01-02	João	Tomate	2.62	2.76	+54%	5.05
MO-CA-XT-01-03	Xavier	Tomate	2.68	2.83	+58%	4.98
MO-BE-SJ-01-01	Staben	Tomate	1.80	1.89	+6%	2.58
MO-BE-SJ-01-02	Staben	Tomate	2.02	2.13	+19%	5.15
MO-BE-T-01-02	Rio Teofilo	Tomate	2.29	2.42	+35%	3.98
MO-SA-MC-01-01	ManuelC	Feijões	0.82	0.87	NA	1.32
MO-SA-CA-01-08	Cezario	Feijões	1.22	1.29	NA	2.17
MO-CA-XT-01-01	Xavier	Feijões	1.10	1.16	NA	1.77
MO-SA-CA-01-06	Cezario	Feijões	1.18	1.25	NA	2.02
MO-SA-CA-01-02	Cezario	Cebola	0.91	0.96	+18%	1.15
MO-SA-CA-01-07	Cezario	Couve	1.36	1.44	+7%	2.54

* Nota: A NA indica quando os valores de base da época de irrigação não estão disponíveis para estes tipos de culturas

Para o Moatize, os resultados da produtividade da água do AquaCrop, calibrados com os dados da cobertura da copa, são apresentados em mapas de campo na Figura 21. Para cada PCP e tipo de cultura, são apresentados os valores de produtividade da água para a época de rega de 2021, incluindo a alteração com a linha de base e a área em ha. Os valores de produtividade da água variam entre o meio (amarelo) e o alto (verde claro) e muito alto (verde escuro).



Figura 21. Mapas de produtividade da água de campo em Moatize para a época de rega de 2021

4.3 Nhamatanda

Na Tabela 10 são apresentados os resultados da análise da produtividade da água para os PPCs localizados no distrito de Nhamatanda. Os resultados indicam que, para todos os campos e culturas incluídos nesta análise, a produtividade da água aumentou em comparação com a avaliação de base. Para os cinco campos com repolho, as melhorias na produtividade da água foram semelhantes, variando entre +21% e +42%. Para os campos de cebola foram encontradas melhorias de produtividade da água nos campos pertencentes a LucasB e Flora. Para os feijões os valores de produtividade da água mais elevados também são encontrados com LucasB, Flora, e os mais altos para António. Num relatório de acompanhamento, estes valores são comparados com as intervenções implementadas nestes domínios para avaliar o impacto das diferentes "boas práticas agrícolas" que foram aplicadas. No caso do tomate e do milho havia um campo para cada cultura, pelo que isso não dá uma visão sobre a distribuição espacial entre PPCs.

Tabela 10. Resultados da produtividade da água do AquaCrop e do rendimento das culturas secas, e percentagem da variação da produtividade da água em comparação com a linha de base (percentil 75) para os agricultores de Nhamatanda

Código PPC	Nome	Tipo de cultura	Produtividade da água [kg/m ³]	Produção de água normalizada [kg/m ³]	% de variação com baseline*	Rendimento de cultura seca [tonelada/ha]
AP_NH_AS_01_02	Associacao	Tomate	1.99	2.03	+60%	4.54
AP_NH_JA_01_01	José	Feijões	0.64	0.65	NA	1.04
AP_NH_FM_01_01	Flora 1	Feijões	0.81	0.83	NA	1.56
AP_NH_AM_01_01	António	Feijões	0.97	0.99	NA	2.01
AP_NH_LB_01_03	LucasB	Feijões	0.81	0.83	NA	1.54
AP_NH_LB_01_02	LucasB	Couve	1.91	1.95	+42%	3.32
AP_NH_FMA_01_05	Filipe	Couve	1.71	1.74	+27%	3.21
AP_NH_DP_01_03	Domingos	Couve	1.83	1.87	+36%	2.79
AP_NH_FM_02_01	Flora 2	Couve	1.82	1.86	+35%	3.55
AP_NH_MD_01_01	Manueld	Couve	1.63	1.66	+21%	3.06
AP_NH_FM_02_02	Flora 2	Cebola	0.79	0.80	+93%	1.12
AP_NH_MD_01_01	Manueld	Cebola	0.60	0.62	+48%	0.90
AP_NH_LB_01_04	LucasB	Cebola	0.78	0.80	+92%	1.16
AP_NH_FMA_01_01	Filipe	Milho	1.20	1.23	NA	2.62

* Nota: A NA indica quando os valores de base da época de irrigação não estão disponíveis para estes tipos de culturas

Para Nhamatanda, os resultados da produtividade da água do AquaCrop, calibrados com os dados de cobertura da copa, são apresentados em mapas de campo na Figura 22. Para cada PCP e tipo de cultura, são apresentados os valores de produtividade da água para a época de rega de 2021, incluindo a alteração com a linha de base e a área em ha. Os valores de produtividade da água variam entre o meio (amarelo) e o alto (verde claro) e muito alto (verde escuro).

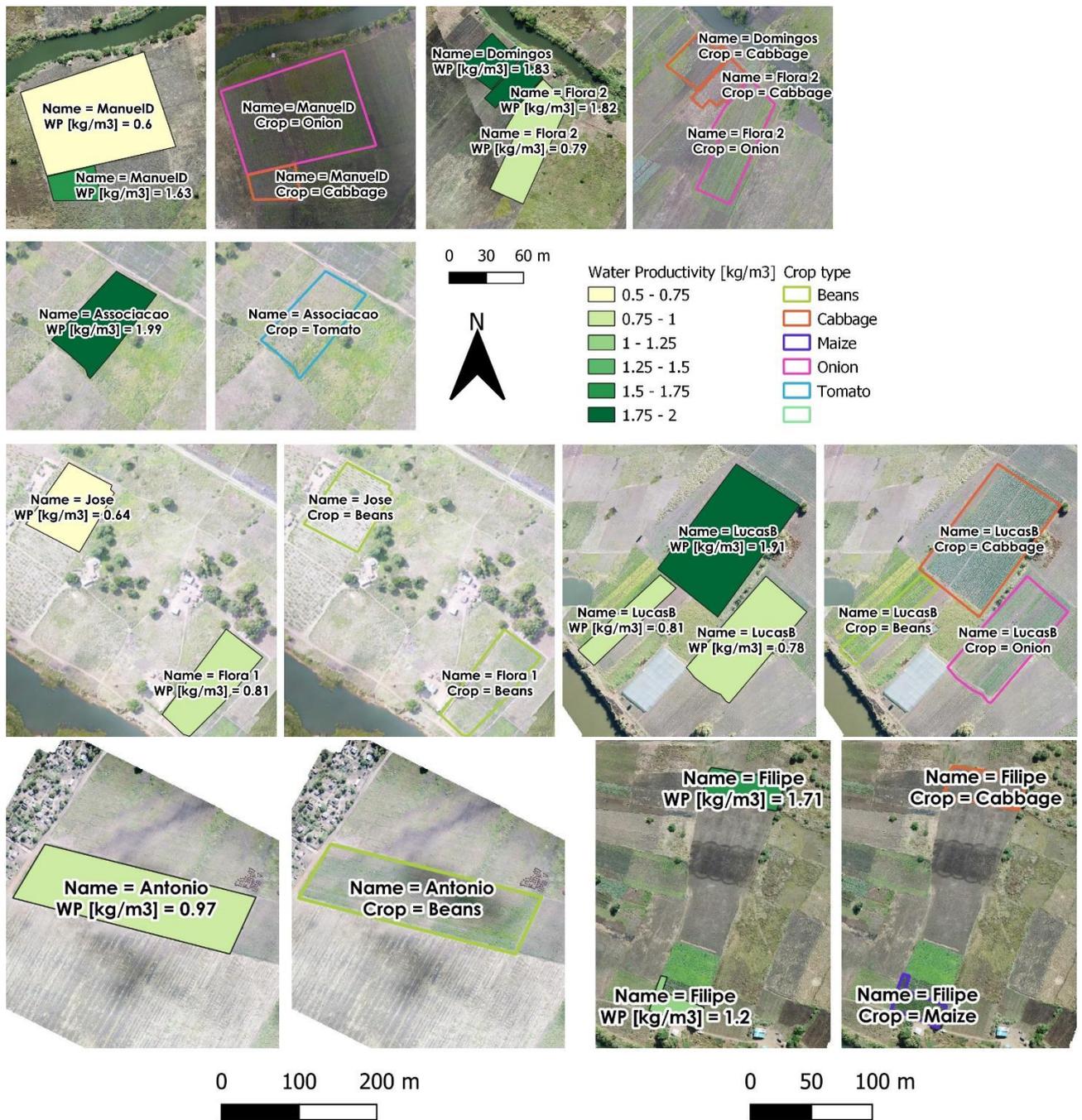


Figura 22. Mapas de produtividade da água de campo em Nhamatanda para a época de rega de 2021

5 Resultados da produtividade da água da sub-bacia

A escala da sub-bacia é descrita como o nível entre a escala de campo dos PPCs selecionados e a escala da bacia delineada para cada distrito. A escala da sub-bacia foi determinada como sendo um raio de 300 ha em torno de cada PPC selecionado, conforme descrito na secção 2.1.2 deste documento e apresentado nas figuras 3, 4 e 5.

Os dados do portal WaPOR foram alcançados para a época de rega de 2021 para os meses de abril a setembro. Os produtos de dados descarregados da WaPOR foram a Evapotranspiração Real (em mm) e a Produção Primária Líquida, que foi convertida para A Produção de Biomassa Acima do Solo (em tonelada/ha). Estes produtos de dados foram utilizados para calcular a produtividade da água a biomassa para cada local da sub-bacia.

Os resultados são apresentados na Tabela 11 para cada local. Os valores mais elevados de produtividade da água encontram-se consistentemente em Bárue, muito provavelmente devido ao clima favorável nesta região and/ou melhor absorção da comunitaridade. Aqui os valores mais elevados são observados em Bárue I, que está mais a montante e mais perto da serra (ver Figura 3). Os valores mais baixos para a produtividade da água encontram-se em Moatize para as comunidades mais próximas do rio (ver Figura 4). Neste local, o ET real pode ser mais elevado devido ao alto ET das massas de água. A maior produtividade hídrica para o Moatize encontra-se no Moatize I, que está localizado a montante e mais perto das montanhas. Para Nhamatanda, os valores de produtividade da água estão numa gama semelhante. As comunidades de si mesmas também estão localizadas mais próximas umas das outras e em terrenos semelhantes (ver Figura 5).

Tabela 11. Resultados da produtividade da água da análise das sub-bacias utilizando o portal de dados WaPOR

Distrito	Sub-bacia	Evapotranspiração real [mm]	Produção de Biomassa [tonelada/ha]	Produtividade da água de biomassa [kg/m ³]
Bárue	Bárue I	422	13	3.13
	Bárue II	385	12	3.09
	Bárue III	419	12	2.93
	Média	409	12	3.05
Moatize	Moatize I	366	9	2.55
	Moatize II	280	7	2.40
	Moatize III	259	5	1.96
	Moatize IV	410	6	1.38
	Média	329	7	2.07
Nhamatanda	Nhamatanda I	540	12	2.13
	Nhamatanda II	475	10	2.16
	Nhamatanda III	419	9	2.06
	Média	478	10	2.12

Os mapas dos resultados da produtividade da água sub-bacia são apresentados nas figuras 23, 24 e 25 para Bárue, Moatize e Nhamatanda, respectivamente.

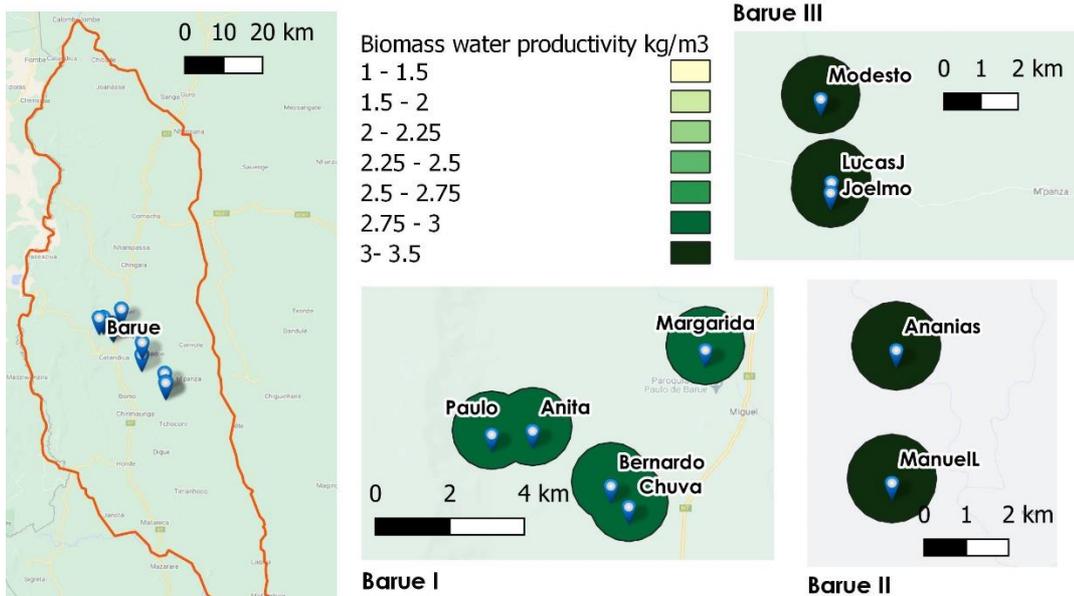


Figura 23. Produtividade da água a biomassa (kg/m³) para sub-bacias em Bárue para a época de rega de 2021

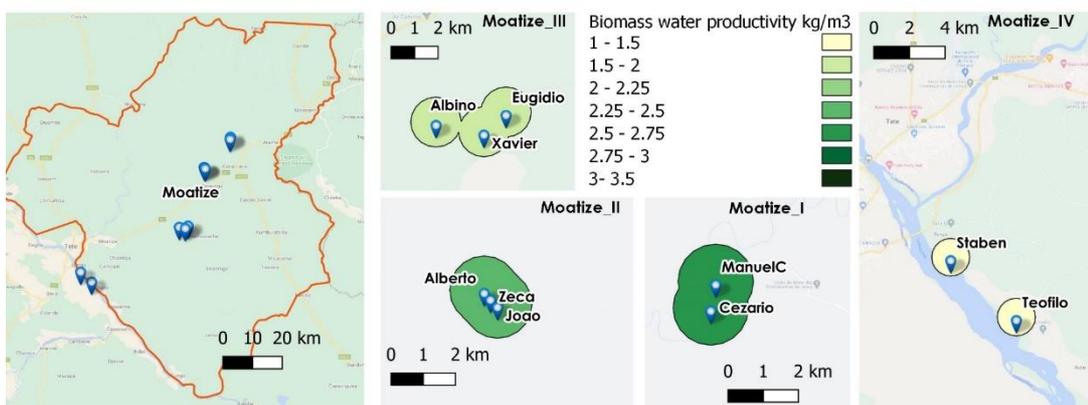


Figura 24. Produtividade da água a biomassa (kg/m³) para sub-bacias em Moatize para a época de rega de 2021

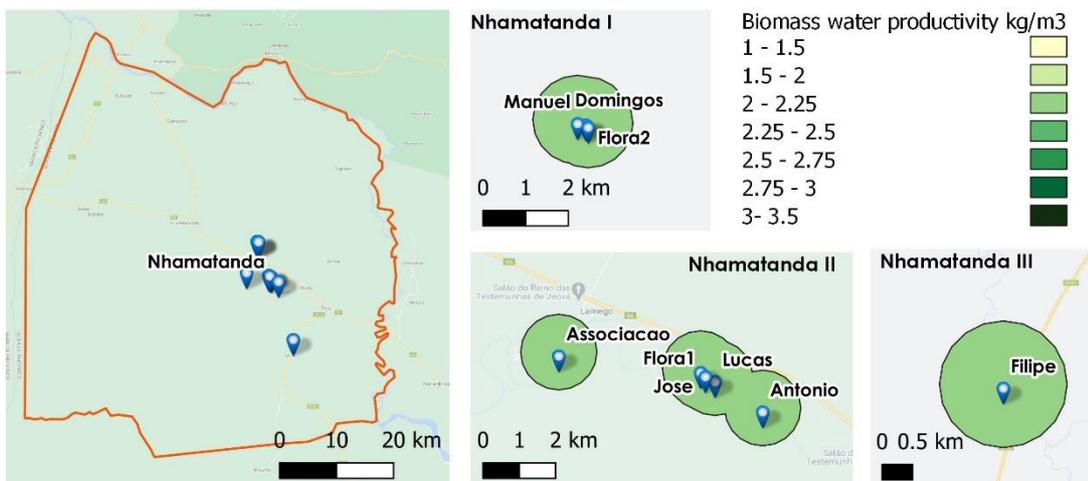


Figura 25. Produtividade da água a biomassa (kg/m³) para sub-bacias em Nhamatanda para a época de rega de 2021

6 Resultados da produtividade da água à escala da bacia

As bacias foram delineadas para cada distrito, como mostra a Figura 6 com base em racionalizações hidrológicas. Estas delimitações foram usadas com o portal de dados WaPOR para determinar a produtividade da água de biomassa para cada local. Tabela 12 fornece uma visão geral das estatísticas encontradas para a evapotranspiração real, produção de biomassa e produtividade da água para cada bacia, depois de mascarar apenas os pixels das terras usando a camada de terra fornecida no WaPOR. Bárue exhibe a maior produção de biomassa da área, seguida de Nhamatanda e Moatize. A produtividade da água também foi mais elevada para Bárue, seguida de Moatize, e por último Nhamatanda.

Tabela 12. Panorâmica das estatísticas da evapotranspiração real, produção de biomassa e produtividade da água para as bacias de Bárue, Moatize e Nhamatanda

		Bárue	Moatize	Nhamatanda
Evapotranspiração real [mm]	Média média	472	444	500
	Percentil 10	380	359	424
	Percentil 90	566	527	583
Produção de biomassa [tonelada/ha]	Média média	9.2	7.9	8.0
	Percentil 10	7.2	6.2	6.6
	Percentil 90	11.2	9.6	9.7
Produtividade da água [kg/m ³]	Média média	1.95	1.78	1.61
	Percentil 10	1.82	1.62	1.52
	Percentil 90	2.07	1.96	1.70

Figura 26 exhibe os mapas de produtividade da água de cada bacia. Em Bárue, a produtividade da água mostra até distribuição. Em Moatize, a área a montante (north-east) apresenta valores de produtividade da água mais elevados do que a jusante. Estas áreas também estão mais próximas da cordilheira, o que pode influenciar as condições meteorológicas locais. O mesmo acontece em Bárue, onde se observam valores mais elevados de produtividade da água mais próximos da cordilheira (Oeste). O número de pixels de cultivo em Nhamatanda é limitado, pelo que se pode observar uma menor variação espacial.

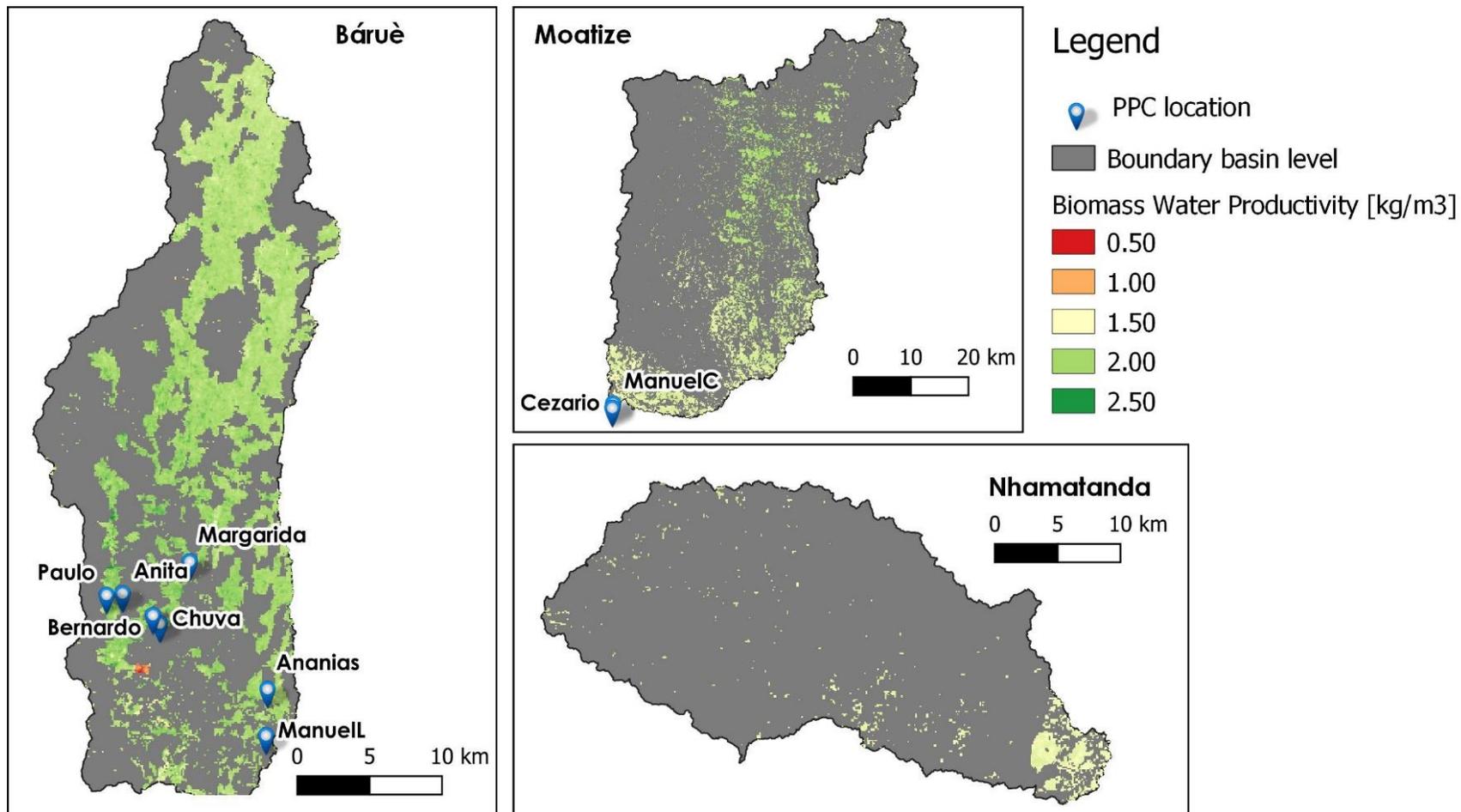


Figura 26. Produtividade sazonal da água de biomassa (kg/m³) à escala de bacia para pixéis de cultivo em Báuè, Moatize e Nhamatanda para a época de irrigação de 2021

7 Avaliação sazonal da produtividade da água

O relatório de base de avaliação da produtividade da água forneceu a produtividade média da água durante um período de 17 anos (2001 - 2017). Esta é considerada a base da produtividade da água para os locais do projeto, sem quaisquer intervenções colocadas pelas atividades da APSAN-Vale. Durante a época de rega, o projeto trabalhou com vários PPCs para melhorar a produtividade da água da sua exploração e, posteriormente, também vários PPEs (pequenos agricultores) e comunidades circundantes, introduzindo intervenções e formação das comunidades sobre boas práticas agrícolas.

A avaliação da produtividade da água é realizada em três níveis. Em primeiro lugar, avalia-se a alteração da produtividade da água devido a intervenções específicas no domínio dos PPCs. Este nível é considerado a escala local da alteração da produtividade da água. Em segundo lugar, avalia-se a alteração da produtividade da água das comunidades circundantes. Isto será influenciado pelas COMUNIDADES vizinhas e pelas comunidades que adotam as intervenções. Este nível é considerado o aumento da produtividade global da água da região ou da sub-bacia. Durante esta temporada as atividades focaram-se numa seleção de PPCs e em várias comunidades. Por último, o nível da bacia é utilizado para monitorar a produtividade da água numa escala maior. No entanto, prevê-se que o impacto limitado do projeto seja diretamente medido à escala da bacia devido à extensão da área.

As secções seguintes elaboram sobre a alteração da produtividade da água nas diferentes escalas em comparação com a linha de base; e a alteração da produtividade global da água utilizando a base de dados WaPOR para avaliar para uma área maior. Os aproveitamentos fazem uso da normalização da produtividade da água para as condições meteorológicas sazonais, como explicado na secção 2.6 deste relatório. Assim, as alterações na produtividade da água ligadas ao clima sazonal são reduzidas na avaliação. A avaliação da produtividade da água ao nível do PCP é apresentada seguindo-se a avaliação global da produtividade da água ao nível das sub-bacias ou comunidades, e o nível da bacia.

7.1 Escala de campo

O capítulo 4 deste relatório apresenta os resultados dos valores de produtividade da água à escala de campo. Uma visão geral desta análise é fornecida na Tabela 15 para cada distrito indicando o aumento global da produtividade da água para cada tipo de cultura. As tabelas 13 e 14 fornecem uma visão geral dos resultados do tomate e da couve, respectivamente. Os valores representam os valores normalizados de produtividade da água das culturas. O aumento global é calculado comparando a média (média) da produtividade normalizada da água, com o percentil 75 da linha de base. O pressuposto é que os PPCs são agricultores acima da média² (no top 25%) em comparação com os sistemas agrícolas utilizados na avaliação de base, o que também é explicado no ponto 4.3. A melhoria média global da produtividade da água alcançada à escala de campo dos PPCs é de +48%. O maior aumento foi observado em Báruè e o mais baixo em Moatize. No entanto, globalmente, as melhorias da produtividade da água indicam uma boa realização dos objetivos fixados no Tabela de registos, tal como apresentado na secção 1.2.2 do presente relatório. Em comparação com a época de rega anterior (2020)³, que reportou um aumento de produtividade da água à escala de campo de +33%, esta época de rega mostra uma notável mudança de melhorias e impacto positivo do projeto.

¹ Van Opstal, J.D., A. Kaune. 2020. Relatório Técnico da Produtividade da Água - Avaliação de base para a APSAN-Projeto Vale. Relatório FutureWater 195.

² Esta é uma medida utilizada em estatísticas que indicam o valor abaixo do qual uma determinada percentagem de observações num grupo de observações cai. Neste caso, 25% das observações são encontradas acima das 75th percentil.

³ Van Opstal, J.D., M. de Klerk, A. Kaune, C. Nolet, J.E. Beard. 2021. Análise da Produtividade da Água: Irrigação Estação 2020. Relatório FutureWater 218.

Tabela 13. Produtividade normalizada da água do tomate (em kg/m³) para a época de rega de 2021 em comparação com a linha de base

	Báruê	Moatize	Nhamatanda	No geral
Produtividade da água de base				
Alcance	0,65 - 1. 19	1.50 – 2.25	1.02 – 1.35	
75º Percentil	1.07	1.95	1.27	
Campanha de rega 2021 produtividade da água				
Alcance	1.57 – 2.95	1.79 – 2.96		
Média (média)	2.76	2.37	2.03	
Varição relativa com linha de base (%)	+158%	+22%	+60%	+52%

Tabela 14. Produtividade normalizada da água da couve (em kg/m³) para a época de irrigação de 2021 em comparação com a linha de base

	Báruê	Moatize	Nhamatanda	No geral
Produtividade da água de base				
Alcance	1.02 - 1.82	0.81 – 1.54	0.78 – 1.55	
75º Percentil	1.68	1.34	1.37	
Campanha de rega 2021 produtividade da água				
Alcance	1.73 – 2.76		1.66 – 1.95	
Média (média)	2.38	1.44	1.82	
Varição relativa com linha de base (%)	+42%	+7%	+32%	+36%

Tabela 15. Variação global da produtividade da água para a época de irrigação de 2021 em comparação com a linha de base para todos os principais tipos de culturas de irrigação ponderados pelo número de parcelas indicadas entre parênteses

	Báruê	Moatize	Nhamatanda	No geral
Tomate	+158% (3)	+22% (11)	+60% (1)	
Couve	+42% (8)	+7% (1)	+32% (5)	
Batata	+74% (2)			
Cebola		+18% (1)	+78% (3)	
Alteração geral	+74%	+21%	+50%	+48%

7.2 Escala de sub-bacias

A produtividade da água à escala comunitária da sub-bacia foi calculada utilizando as áreas de 300 ha que rodeiam os PPCs e os valores de produtividade da água, conforme fornecido no portal de dados wapor. Os valores de base não foram incluídos para este nível espacial no relatório de avaliação de base. Para uma linha de base são utilizados os dados da WaPOR e os valores médios para 2015-2020 para a época de regadio (abril a setembro).

O Tabela 16 apresenta os resultados da linha de base e comparação com os resultados da época de rega de 2021. O aumento global da produtividade da água foi observado como +24% para Báruê e Moatize, e 17% para Nhamatanda. Isto indica que o impacto positivo é alcançado nas áreas circundantes dos PPCs e, em última análise, são adotadas boas práticas para melhorar a produtividade da água. O aumento global da produtividade da água é de +22%, o que é inferior à produtividade da água à escala de campo, devido à escala espacial ser maior. Presume-se que a adoção de boas práticas agrícolas está mais dispersa numa escala espacial em grande escala espacial.

Tabela 16. Produtividade da água a biomassa (kg/m³) para a época de irrigação de 2021 à escala das sub-bacias em comparação com a linha de base de 2015-2020, tal como derivada do portal de dados WaPOR

	Báruè	Moatize	Nhamatanda	No geral
Média baseline 2015 - 2020	2.77	1.76	1.85	
Campanha de rega 2021	3.05	2.07	2.12	
Campanha de irrigação 2021 (normalizada)	3.44	2.18	2.16	
Varição relativa com linha de base (%)	+24%	+24%	+17%	+22%

7.3 Escala de Bacia

A avaliação da produtividade da água à escala da bacia foi efetuada utilizando os resultados do WaPOR do capítulo 6. Estes indicam os valores de produtividade da água para os pixéis das áreas de cultivo nas bacias selecionadas do projeto para a época de rega. O Tabela 17 apresenta os valores da produtividade da água a biomassa após a normalização para as condições meteorológicas de 2021 e comparando com os valores de base. Percebeu-se um aumento médio da produtividade da água em biomassa de +33%, que variava entre +25% e +46% para os diferentes distritos. O anterior relatório da época de rega (2020)¹ Indicava um aumento global da produtividade da água em biomassa de +25%, indicando que a época de rega em 2021 teve um aumento ainda maior da produtividade da água à escala da bacia. Esta é uma tendência positiva e requer uma investigação mais aprofundada para determinar a magnitude do aumento relacionado com as intervenções de campo e a adoção pela comunidade.

Tabela 17. Produtividade da água a biomassa (kg/m³) para a época de irrigação de 2021 à escala da bacia em comparação com a linha de base

	Báruè	Moatize	Nhamatanda	No geral
Média de base 2001-2018	1.50	1.48	1.31	
Campanha de rega 2021	1.95	1.78	1.61	
Campanha de irrigação 2021 (normalizada)	2.20	1.88	1.64	
Varição relativa com linha de base (%)	+46%	+27%	+25%	+33%

¹ Van Opstal, J.D., M. de Klerk, A. Kaune, C. Nolet, J.E. Beard. 2021. Análise da Produtividade da Água: Temporada de Rega 2020. Relatório FutureWater 218.

8 Observações finais

Os resultados da produtividade da água, tal como apresentados neste relatório, fornecem uma visão do impacto das atividades do projeto tanto no campo, na sub-bacia (comunidade) como na escala das bacias. Vários métodos foram usados para fornecer uma avaliação fiável da produtividade da água, utilizando os dados disponíveis no campo, imagens de sensores voadores e conjuntos de dados de sensoriamento remoto de acesso aberto da WaPOR e Sentinel 2.

A produtividade da água em escala de campo apresentou resultados para 28 agricultores que foram monitorados ao longo da campanha de rega como parte do projeto APSAN-Vale. A produtividade da água foi calculada para todos os principais tipos de culturas da campanha de irrigação tomate, couve, cebola e batata. Adicionalmente, as culturas típicas de sequeiro que também foram cultivadas na época de irrigação (feijão e milho) também foram adicionadas à análise. Verificou-se que a produtividade da água do tomate variava entre 1,57 e 2,95 kg/m³ em Bárue, 1,79 a 2,96 kg/m³ em Moatize e 2,03 kg/m³ em Nhamatanda. Verificou-se que a produtividade da água das couves variava entre 1,73 e 2,76 kg/m³ em Bárue, 1,44 kg/m³ em Moatize e 1,66 a 1,95 kg/m³ em Nhamatanda. Após a normalização das condições climáticas, verificou-se que o aumento da produtividade específica da água das culturas (resumida para todos os principais tipos de culturas) foi de +74% em Bárue, +21% no Moatize e +50% em Nhamatanda, resultando num aumento médio de +48% em comparação com os valores de base. Trata-se de uma alteração mais positiva face aos valores de base em comparação com o anterior relatório da época de regadio (2020).

Os resultados da produtividade da água de campo de 28 agricultores, dão uma boa indicação das tendências da produtividade da água alta e baixa. Estes podem ser combinados com os dados de monitoria dos parceiros DA APSAN-Vale que indicam a adoção de práticas destes agricultores e as formações que foram frequentadas. Num relatório de acompanhamento será feita uma análise preliminar sobre a determinação do impacto das intervenções no rendimento das culturas e na produtividade da água.

Além disso, a produtividade da água foi calculada à escala das sub-bacias, o que é representativo para a comunidade de agricultores que adotam práticas que estão a ser demonstradas e promovidas pelos PPC selecionados. Uma área de 300 ha em torno de cada PPC selecionado é determinada como representativa para a área da sub-bacia (ou comunidade). À escala de sub-bacia, a análise da produtividade da água faz uso do portal de dados WaPOR e calcula a produtividade da água de biomassa. Os valores mais elevados de produtividade da água foram encontrados em Bárue; aqui os valores mais elevados são observados em Bárue I de 3,13 kg/m³. Em Moatize a maior produtividade da água é encontrada no Moatize I. Tanto os elevados valores de produtividade da água em Bárue I como Moatize I estão relacionados com locais a montante e nas proximidades de cadeias montanhosas. Verificou-se que a produtividade da água a biomassa variava entre 2,93 e 3,13 kg/m³ em Bárue, 1,38 a 2,55 kg/m³ em Moatize, e 2,06 a 2,13 kg/m³ em Nhamatanda. A variação relativa da produtividade da água face aos valores de base é de +24%, +24% e +17% para Bárue, Moatize e Nhamatanda, respectivamente. O aumento global da produtividade da água estimado a nível da sub-bacia (comunidade) é de +22%.

À escala da bacia, a delimitação de bacias de cada distrito foi utilizada como limite da bacia. A produtividade da água foi determinada utilizando o portal de dados WaPOR que fornece valores sobre a produtividade da água a biomassa. Estes valores são comparados com a avaliação de base e determinados que foi alcançado um aumento da produtividade da água de +46%, +27%, e +25% para Bárue, Moatize e Nhamatanda, respectivamente. O aumento médio da produtividade da água em biomassa foi de +33% para todos os distritos juntos.

A análise da produtividade da água em escala de campo indica uma melhoria da produtividade da água e alcança a meta definida para 2021 de +25% como indicado no logframe do projeto. A continuação desta análise com a adoção de práticas ajudará a determinar intervenções eficazes para melhorar a produtividade da água e facilitar o aumento da produtividade da água.

Anexo 1 - Visão geral dos dados de entrada

Tabela 18. Dados de entrada de campo para Báruè

ID plot	Name	Crop					Field mgt			Irrigation		
		Crop type (EN)	Crop type (PT)	Planting date	Harvest date (estimated)	Duration [days] (estimated)	Planting density [cm x cm per plant]	Fertilizer use (low, moderate, optimal)	Mulching yes/no	Weed mgt (low, moderate, high)	Runoff mgt (yes/no)	Irrigation method
AP_BA_ACI-01-03	Ananias	Potato	Batata	2-Apr-2021	30/Jul	119	60x40	optimal	no	Low	no	Sprinklers
AP_BA_ACI-01-04	Ananias	Cabbage	Couve	25-Apr-2021	04/Aug	101	45x40	optimal	no	Low	no	Sprinklers
AP_BA_ACI-01-05	Ananias	Beans	Feijao	15-Apr-2021	01/Jul	77	50x10	optimal	no	Low	no	Sprinklers
AP_BA_ACI-01-05	Ananias	Beans	Feija	15-Apr-2021	01/Jul	77	50x10	optimal	no	Low	no	Sprinklers
AP_BA_ACI-01-07	Ananias	Cabbage	Repolho	21-Apr-2021	15/Aug	116	70x60	optimal	no	Low	no	Sprinklers
AP_BA_ACI-01-08	Ananias	Tomato	Tomate	14-May-2021	03/Aug	81	85x60	optimal	no	Low	no	Sprinklers
AP-BA-AB-01-01	Anita	Maize	Milho	20-Jul-2021	15/Nov	118	90x60	optimal	no	Low	yes	Sprinklers
AP-BA-BV-01-01	Bernardo	Beans	Feijao	18-Jun-2021	30/Sep	104	50x10	optimal	no	Low	no	Gravity
AP-BA-BV-01-02	Bernardo	Cabbage	Repolho	12-Jul-2021	25/Sep	75	70x60	optimal	no	Low	no	Gravity
AP-BA-CF-01-01	Chuva	Beans	Feijao	1-May-2021	10/Aug	101	50x10	optimal	no	Low	no	Gravity
AP-BA-CF-01-01	Chuva	Beans	Feijao	1-May-2021	10/Aug	101	50x10	optimal	no	Low	no	Gravity
AP-BA-CF-01-01	Chuva	Beans	Feijao	2-Apr-2021	01/Jul	90	50x10	optimal	no	Low	no	Gravity
AP-BA-CF-01-01	Chuva	Beans	Feijao	2-Apr-2021	01/Jul	90	50x10	optimal	no	Low	no	Gravity
AP-BA-CF-01-02	Chuva	Cabbage	Repolho	4-May-2021	20/Aug	108	70x60	optimal	no	Low	no	Gravity
AP-BA-PGM-01-01	Paulo	Beans	Feijao	27-Jul-2021	30/Oct	95	50x10	optimal	no	Moderate	no	Gravity
AP-BA-PGM-01-02	Paulo	Tomato	Tomate	14-Jun-2021	15/Sep	93	85x60	optimal	no	Moderate	no	Gravity
AP_BA_JDR-01-02	Joelmo	Cabbage	Couve	3-May-2021	25/Aug	114	45x40	optimal	no	Moderate	no	Gravity
AP_BA_JDR-01-03	Joelmo	Beans	Feijao	4-May-2021	05/Sep	124	50x10	optimal	no	Moderate	no	Gravity
AP-BA-LJ-01-01	Lucas	Cabbage	Repolho	16-Jun-2021	15/Sep	91	70x60	optimal	no	Moderate	no	Gravity
AP_BA_ML-01-02	Manuel	Cabbage	Repolho	22-Jun-2021	30/Aug	69	70x60	optimal	no	Low	no	Gravity
AP_BA_MA-01-01	Margarida	Potato	Batata	22-Apr-2021	15/Aug	115	60x40	optimal	no	Moderate	no	Gravity
AP_BA_MD-01-02	Modesto	Cabbage	Repolho	10-Apr-2021	01/Jul	82	70x60	optimal	no	Low	no	Gravity
AP_BA_MD-01-03	Modesto	Maize	Milho	12-May-2021	20/Sep	131	90x60	optimal	no	Low	no	Gravity
AP_BA_MD-01-04	Modesto	Tomato	Tomate	24-Apr-2021	15/Aug	113	85x60	optimal	no	Low	no	Gravity

Tabela 19. Dados de entrada de campo para Moatize

ID plot	Name	Crop						Field mgt			Irrigation	
		Crop type (EN)	Crop type (PT)	Planting date	Harvest date (estimated)	Duration [days] (estimated)	Planting density [cm x cm per plant]	Fertilizer use (low, moderate, optimal)	Mulching yes/no	Weed mgt (low, moderate, high)	Runoff mgt (yes/no)	Irrigation method
MO-MA-AC-01-01	Alberto	Tomato	Tomate	10/Apr	03/Jul	84	85x60	Optimal	no	Low	no	Gravity
MO-MA-GM-01-01	Girio	Tomato	Tomate	30/Apr	05/Sep	128	85x60	Optimal	no	Low	no	Gravity
MO-MA-GM-01-01	Girio	Tomato	Tomate	30/Apr	05/Sep	128	85x60	Optimal	no	Low	no	Gravity
MO-SA-ZM-01-01	Zeca	Tomato	Tomate	15/Apr	15/Jul	91	85x60	Optimal	no	Low	no	Gravity
MO-SA-MC-01-01	Manuel	Beans	Feijao	23/May	09/Aug	78	50x10	Optimal	no	Low	no	Gravity
MO-SA-CA-01-02	Cezario	Onion	Cebola	20/May	20/Aug	92	20x15	Optimal	no	Low	no	Gravity
MO-SA-CA-01-01	Cezario	Tomato	Tomate	30/May	15/Aug	77	85x60	Optimal	no	Low	no	Gravity
MO-SA-CA-01-04	Cezario	Beans	Feijao	25/Mar	25/Jun	92	90x40	Optimal	no	Low	no	Gravity
MO-SA-CA-01-05	Cezario	Cabbage	Couve	01/Jul	15/Sep	76	45x40	Optimal	no	Low	no	Gravity
MO-SA-CA-01-04	Cezario	Beans	Feijao	25/Mar	25/Jun	92	90x40	Optimal	no	Low	no	Gravity
MO-CA-AB-01-01	Albino	Tomato	Tomate	10/Apr	20/Jul	101	80x60	Optimal	no	Low	no	Gravity
MO-MA-JC-01-02	Joao	Tomato	Tomate	15/Apr	25/Jul	101	80x60	optimal	no	Low	no	Gravity
MO-CA-XT-01-01	Xavier	Beans	Feijao	10/Apr	20/Jul	101	50x10	optimal	no	Low	no	Sprinklers
MO-CA-XT-01-03	Xavier	Tomato	Tomate	10/Feb	05/Jun	115	85x60	optimal	no	Low	no	Sprinklers
MO-BE-SJ-01-0	Staben	Tomato	Tomate	10/Apr	14/Jul	95	85x65	optimal	no	Low	no	Gravity
MO-BE-SJ-01-0	Staben	Tomato	Tomate	15/Jun	01/Sep	78	85x65	optimal	no	Low	no	Gravity
MO-BE-T-01-02	Teofilo	Tomato	Tomate	10/Apr	15/Jul	96	80x65	Optimal	no	Low	no	Gravity

Tabela 20. Dados de campo de entrada para Nhamatanda

ID plot	Name	Name farmer	Crop						Field mgt			Irrigation		
			Crop type (EN)	Crop type (PT)	Planting date	Harvest date (estimated)	Duration [days] (estimated)	Planting density [cm x cm per plant]	Fertilizer use (low, moderate, optimal)	Weed mgt (low, moderate, high)	Runoff mgt (yes/no)	Irrigation (yes/no)	Irrigation method	Irrigation interval (days)
AP_NH_AS_01_02	Associacao	Associacao	Tomato	Tomate	10/Apr	15/Jul	96	85-60	Optimal	Moderate	no	yes	sulcos	7 dias
AP_NH_JA_01_01	Jose	Jose Anderson	Beans	Feijao Vulgar	05/May	20/Jul	76	50-10	Optimal	Moderate	no	yes	sulcos	7 dias
AP_NH_FM_01_01	Flora	Flora Mustico	Beans	Feijao Vulgar	15/Apr	01/Jul	77	50*10	Optimal	High	no	yes	Aspersao	7 dias
AP_NH_LB_01_02	Lucas	Lucas Bernardo	Cabbage	Repolho	06/May	20/Aug	106	50-50	Optimal	Moderate	no	yes	sulcos	7 dias
AP_NH_LB_01_03	Lucas	Lucas Bernardo	Beans	Feijao Vulgar	15/May	05/Aug	82	50-10	Optimal	Moderate	no	yes	sulcos	7 dias
AP_NH_LB_01_04	Lucas	Lucas Bernardo	Onion	Cebola	21/Apr	15/Jul	85	20-15	Optimal	Moderate	no	yes	sulcos	7 dias
AP_NH_AM_01_01	Antonio	Antonio Mussanharuca	Beans	Feijao Vulgar	11/May	14/Aug	95	50-10	Optimal	Moderate	no	yes	Aspersao	7 dias
AP_NH_FMA_01_01	Filipe	Filipe Mateus	Maize	Milho	05/Apr	05/Jul	91	80-50	Optimal	Moderate	no	yes	Aspersao	7 dias
AP_NH_FMA_01_05	Filipe	Filipe Mateus	Cabbage	Repolho	21/Jun	10/Sep	81	50-50	Optimal	Moderate	no	yes	Aspersao	7 dias
AP_NH_DP_01_03	Domingos	Domingos Pedro	Cabbage	Couve	10/May	20/Jul	71	50-40	Optimal	Low	no	yes	sulcos	7 dias
AP_NH_FM_01_01	Flora	Flora Mustico 2	Cabbage	Repolho	05/Apr	05/Aug	122	50-50	Optimal	Low	no	yes	sulcos	7 dias
AP_NH_FM_01_02	Flora	Flora Mustico 2	Onion	Cebola	25/Jun	05/Sep	72	20-15	Optimal	Low	no	yes	sulcos	7 dias
AP_NH_MD_01_01	Manuel	Manuel Dique	Onion	Cebola	15/Jun	10/Sep	87	20-15	Optimal	Moderate	no	yes	sulcos	7 dias
AP_NH_MD_01_01	Manuel	Manuel Dique	Cabbage	Repolho	25/Apr	20/Aug	117	50-50	Optimal	Moderate	no	yes	sulcos	7 dias