

Análise da variação do caudal na Barragem dos Pequenos Libombos para a montagem de uma Ilha Fotovoltaica

Bernardino Mucavele^{1*}, Amos Veremachi² e Luís Chea¹

¹Departamento de Física, Faculdade de Ciências, Universidade Eduardo Mondlane, Av. Julius Nyerere, Maputo, Moçambique

²Departamento de Física, Faculdade de Ciências Naturais e Matemática, Universidade Pedagógica de Maputo, Campus de Lhanguene, Av. de Moçambique, Maputo, Moçambique

*e-mail de contacto: bernardinomucavele@gmail.com

Resumo – A pesquisa está alinhada com as tecnologias emergentes de conversão de energia, que buscam apresentar soluções sustentáveis, por meio da implementação de novas técnicas, bem como de ferramentas que podem contribuir significativamente para a redução do uso de fontes fósseis em algumas aplicações e na redução de emissões de gases de efeito estufa. Ela faz parte de um estudo que visa a montagem de uma ilha fotovoltaica no reservatório dos Pequenos Libombos. A iniciativa surge como resultado de medidas de mitigação, que propõem combinações tecnológicas para diversificar e equilibrar o portfólio hídrico e energético local, com o objectivo de responder ao aumento da demanda por água e energia devido à redução do volume de água no reservatório durante o período de seca. Para o estudo, foram analisados dados de precipitação, caudal afluente e caudal efluente da Barragem dos Pequenos Libombos. Os resultados indicam que, ao contrário de Agosto de 2020, que registou valores baixos de caudal afluente, os valores máximos foram observados em Fevereiro de 2021. Adicionalmente, constatou-se a prevalência de níveis críticos do caudal efluente durante a estação chuvosa de 2018. Com base nas variações do seu caudal, nas flutuações do volume armazenado e no aumento da demanda hídrica, conclui-se que a instalação de um sistema fotovoltaico flutuante no reservatório da barragem é uma solução viável e pode contribuir significativamente para a gestão eficiente dos recursos hídricos, considerando que esse tipo de sistema contribui para a redução dos níveis de evaporação da água em reservatórios. Após a instalação dos sistemas fotovoltaicos juntamente com a mini-central hidroléctrica, estes funcionarão como um sistema híbrido de geração de energia hidro-fotovoltaico.

Palavras-chave — Barragem dos Pequenos Libombos, Caudal, Recursos hídricos, Energia, Bacia do Umbeluzi, Sistemas fotovoltaicos.

I. INTRODUÇÃO

Os seres humanos usam o seu discernimento para transformar os recursos que a natureza lhes dispõe. Entre

esses recursos, os primeiros a despertarem sua curiosidade foram o Sol e a água. O Sol para o aquecimento do corpo, obtenção de vitamina D e a água para consumo, realização de suas actividades, incluindo a promoção da higiene. Seguramente, pode-se afirmar que esta foi uma das formas mais primitivas de obtenção de energia na forma de calor e adenosina trifosfato.

A transformação dos recursos foi sendo aperfeiçoada a fim de dinamizar as suas actividades. Com o tempo, muitos métodos para seu uso foram adaptados, e esses recursos encontraram novas aplicações. O Sol para observações astronómicas, medicina, religião e geração de energia. A água para navegação, agricultura por meio da irrigação, geração de energia, turismo e lazer. Nesse esforço que visava o alcance da eficiência e outras soluções energéticas, alguns recursos existentes na natureza sobretudo os recursos hídricos (RH) foram inadequadamente explorados.

A gestão sustentável dos recursos hídricos é um dos desafios mais urgentes do século XXI, pois a água é essencial para a vida, o desenvolvimento económico e a manutenção dos ecossistemas. Esse desafio exige uma mudança paradigmática que integre o conceito de meio ambiente como um todo, incluindo o ser humano como parte indissociável deste sistema [24].

A revolução industrial contribuiu para a explosão demográfica, resultando no aumento da demanda por recursos naturais e em problemas relacionados à poluição ambiental, desmatamento e erosão do solo, poluição de fontes hídricas e queimadas descontroladas, ao ponto de causar alguns danos prejudiciais ao meio ambiente.

A expansão demográfica, que se observou após a revolução industrial também acelerou a demanda por RH. Alguns factores determinantes dessa demanda se destacam devido à possibilidade de perda de grandes quantidades de água em decorrência da precariedade e obsolescência dos sistemas de abastecimento e distribuição, aumento do consumo nos sectores industrial e comercial, a demanda por água para diversos fins, o que pode resultar em maiores desafios na gestão dos recursos hídricos [10].

Além desses factores, no contexto africano e nacional, o crescimento populacional, a extração extensiva de água e as mudanças no uso da terra são os principais desafios que alteram o regime hidrológico natural na maioria das bacias hidrográficas da África, incluindo a bacia do rio Umbeluzi. Esses factores fazem com que a capacidade de armazenamento flutue em volume, o que pode tornar insuficiente a quantidade de água disponível para abastecimento. Essa flutuação do caudal compromete o cumprimento da missão da barragem e de outros

reservatórios de recursos hídricos, no que diz respeito ao abastecimento de água e à geração de energia [16].

No contexto moçambicano, a gestão pública dos RH está sob a responsabilidade da Direção Nacional de Gestão de Recursos Hídricos (DNGRH). No SUL, especificamente na região de Maputo, o abastecimento e a provisão pública de água são de responsabilidade da Administração Regional de Águas do Sul (ARA-SUL), por meio da Barragem dos Pequenos Libombos (BPL). NO ESTÁGIO actual, além do crescimento populacional, essa região abastecida pela (BPL) é afectada por fenómenos adversos e outros associados às mudanças climáticas. Esses eventos também contribuem significativamente para a prevalência da crise hídrica e a redução no caudal esperado de armazenamento de água no reservatório da (BPL), causando restrições no abastecimento, na provisão e na gestão dos (RH) na (BPL), exigindo a adopção de medidas de contenção, que culminam na interrupção da produção de electricidade na mini-central hidroléctrica da barragem.

Os factores acima indicados são determinantes na variação sazonal do caudal, o que compromete a eficiência da barragem, particularmente no período de estiagem, conduzindo ao aumento da demanda por (RH) na região de Maputo. É evidente que a implementação de medidas de prevenção e mitigação é necessária e crucial para atender às necessidades hídricas e garantir que o caudal máximo provável da barragem seja mantido e, se possível, alcançar o caudal máximo esperado, para assegurar o funcionamento adequado da barragem.

Portanto, uma das propostas que pode contribuir para a redução de gastos com (RH) ligados ao sector de energia na (BPL) baseia-se na modernização da mini-central hidroléctrica e no alinhamento de tecnologias que possam maximizar a capacidade de armazenamento de água e equilibrar a produção de energia para responder à contingência hídrica e de energia da (BPL).

No entanto, a variação do caudal do reservatório é um factor vital que deve ser examinado minuciosamente, para garantir a viabilidade técnica e económica do assentamento de uma ilha fotovoltaica, porque as flutuações do volume do armazenamento hídrico podem afectar directamente a estabilidade dos painéis, na funcionalidade e a sustentabilidade do sistema. Assim, este estudo tem como objectivo analisar a variação do caudal e explorar a viabilidade da montagem de uma ilha fotovoltaica no reservatório da (BPL). Esta proposta representa uma solução inovadora que pode complementar a geração de energia e reduzir a taxa de evaporação da água.

II. REVISÃO DA LITERATURA

A água e a electricidade são os motores do desenvolvimento e crescimento económico. Existe uma relação intrínseca de mutualismo entre disponibilidade de água, geração de energia e produção de alimentos [38].

a) Panorama dos Recursos Hídricos e Energéticos

O panorama hídrico universal apresenta desafios ligados à crescente escassez de água, poluição e mudanças climáticas, que afectam o acesso e a disponibilidade dos (RH). O cenário hídrico actual apresenta desafios complexos, que exigem cooperação global, inovação

tecnológica e políticas de gestão eficientes para garantir a segurança hídrica. A sustentabilidade no uso da água será um dos pilares para o desenvolvimento humano nas próximas décadas, com esforços focados na conservação, educação e equidade no acesso [15].

A luz desse cenário, existem desafios de múltiplas complexidades, que demandam pela inovação tecnológica, aprimoramento de políticas de sustentabilidade e de gestão efectiva dos (RH), assim como outros recursos naturais nas suas diversas aplicações. Nesse contexto o desenvolvimento dos recursos energéticos, mas de forma menos agressiva ambientalmente, com recurso à várias combinações tecnológicas, é crucial e com destaque as energias renováveis.

O relatório do Banco Mundial mostra que no sector energético, a geração hidroléctrica ocupa 25% da produção de energias renováveis [37]. No que concerne aos (RH), 70% da água utilizada pela sociedade actual é destinada ao sector agrícola, 22% ao sector industrial e o restante ao doméstico.

Embora 70% da superfície da Terra seja constituída por água, apenas 1% da água do planeta encontra-se em rios, lagos, e outras fontes. Na prática, a percentagem de água potável é reduzida devido à poluição dos (RH) ou à inacessibilidade de alguns reservatórios subterrâneos.

Esta situação contribui para que muitas pessoas sofram com a escassez hídrica e tem sido cada vez mais consistente em países do Médio Oriente e África, onde o contexto hídrico moçambicano enquadra-se. E de acordo com as Nações Unidas, até 2050, 45% da população mundial não terá a disponibilidade mínima de água necessária [3].

b) Panorama Hídrico Moçambicano

Em Moçambique, os (RH) desempenham um papel fundamental no desenvolvimento socioeconómico do país. A gestão eficaz e a adopção de políticas de protecção desses recursos são ferramentas fundamentais para ultrapassar os desafios da actualidade e estimular a sustentabilidade desses recursos.

O panorama hídrico nacional é destacado no perfil de energias renováveis de Moçambique, o potencial hídrico é equivalente a 19 Gigawatts e o recurso solar também é destacado na ordem de 23 Terawatts (TW) [2].

Com treze bacias hidrográficas, o rio Zambeze destaca-se como sendo o maior do país, constituindo uma fonte substancial para o desenvolvimento das actividades agrárias e geração de energia hidroléctrica, especialmente na Barragem de Cahora Bassa. O perfil hídrico nacional apresenta um regime hidrológico irregular, característica que varia para cada região, com estações secas e chuvosas.

Na zona sul do país, o perfil hídrico é menos privilegiado. Na província de Maputo, onde está localizada a bacia do Umbeluzi, local do estudo, as maiores precipitações são registadas entre Outubro e Março, com uma média anual de 68,5 mm. Agosto é o mês mais seco, com 15 mm, e Janeiro é o mês com maior precipitação, registando 165 mm.

Os baixos níveis de precipitação característicos da região sul do país, aliados à escassez de recursos financeiros que dinamizem a retenção de água nas regiões com maiores índices de precipitação, faz com que os níveis de cobertura

de água potável, no país, sejam muito baixos. Quase metade da população moçambicana não tem água potável, o que influencia directamente na saúde e economia nacional [27].

De acordo com o Plano de Acção para a Redução da Pobreza Absoluta (PARPA II), mais de 80% das famílias desfavorecidas vivem em zonas rurais. Elas dependem da agricultura e da pesca de baixíssima produtividade como fonte de renda, produzindo o básico para atender às suas necessidades nutricionais.

Nessas áreas, mulheres e crianças vivem um cenário caracterizado por longas caminhadas em busca de pequenas quantidades de água, por vezes impróprias para consumo humano, disponíveis em lagoas, rios, lagos e poços [21].

A baixa cobertura de água potável contribui para a prevalência da seca, que afecta directamente na actividade agrícola, obrigando os agricultores a recorrer a encostas, margens de cursos de água e outras zonas naturalmente instáveis, que leva à erosão do solo e maior susceptibilidade a inundações [11].

Esta situação levanta desafios ligados à necessidade de nivelar o uso dos (RH) para abastecimento, agricultura, indústria e conservação ambiental. Para tal o governo moçambicano tem desenhado políticas para melhorar a gestão dos (RH) e promover a cooperação transfronteiriça, em relação aos rios que cruzam fronteiras nacionais, caso particular do rio Umbeluzi.

c) Abastecimento de Água no Grande Maputo

Como solução parcial para os problemas ligados a gestão dos (RH), iniciativas de promoção conservação e sustentabilidade dos RH, incluindo programas de reabilitação de bacias hidrográficas, foram implementadas. Na zona sul do país para dar resposta a essa demanda, foi construída uma barragem na bacia do Umbeluzi, na província de Maputo, com o objectivo de abastecimento de água potável à cidade de Maputo, à Matola e à vila de Boane. A Barragem dos Pequenos Libombos (BPL) possui uma mini-central hidroléctrica, que também servia para geração de energia eléctrica.

A BPL desempenha um papel de extrema importância no armazenamento de água a partir da sua albufeira, permitindo igualmente a regularização dos caudais do rio Umbeluzi à jusante da barragem.

A infra-estrutura também fornece água para agricultura e indústria, incluindo a geração de energia eléctrica, através de uma central com potência eléctrica de 1,72 MW. A mini-central da (BPL) tem capacidade para gerar dez gigas watts por hora, o suficiente para garantir a electrificação da barragem e algumas zonas circunvizinhas [4].

A demanda de água na BPL é dominada pelo sector doméstico (67%) seguida pela irrigação (17%). Os sectores da indústria e o caudal ecológico respondem por 5% e 11% da demanda, respectivamente. Estas demandas correspondem a 315,75 hm³ para o ano de 2014 [22].

d) Potencial Hidroeléctrico em Moçambique

A água é uma das fontes fundamentais de energias renováveis, constitui a principal fonte da matriz energética moçambicana. Ela representa quase 80% da energia eléctrica produzida em Moçambique, esta fonte desempenha

um papel fundamental no fornecimento de energia eléctrica para o consumo doméstico, bem como no fornecimento de energia nos países vizinhos (como na África do Sul, Eswatini e Zimbabwe). Para além da Hidroléctrica de Cahora Bassa (HCB) que tem a capacidade instalada de cerca de 2.075 MW, Chicamba e Mavuzi, o país conta com outros grandes projectos hidroeléctricos (Mphanda Nkuwa) [2].

Quando comparada a outras fontes de energia, a hidroléctrica apresenta um conjunto de vantagens devido à sua configuração, entre as quais se destacam: energia limpa; gerada através da água, que é um recurso renovável; alta eficiência; emite menos poluentes atmosféricos durante a geração; baixos custos operacionais; seus reservatórios podem ser utilizados como base para centrais fotovoltaicas flutuantes, atracções turísticas e lazer; criação de empregos durante a construção, longa vida útil [29].

e) Potencial Hidroeléctrico na BPL

Para usufruir destas vantagens, no domínio da geração de energia na (BPL), através da sua mini-central hidroléctrica com capacidade total de 2,1 MW de energia eléctrica, parte do caudal efluente passa pelas turbinas da barragem, sendo assim definido como caudal turbinado.

Foi observado que era necessário um fluxo de 6,0 m³/s destinado à produção de potência máxima de 2,1 MW, no entanto, ficou claro que esse volume hídrico estava acima da capacidade racional do (BPL). Como resultado dessa entrega, houve um desperdício significativo dos (RH). Portanto, a (UGBU) decidiu entregar um caudal de 3,20 m³/s para a produção de 1,72 MW de energia eléctrica.

No entanto, a região sul de Moçambique tem enfrentado secas nos últimos 20 anos, facto que tem condicionado a disponibilidade de água para diferentes fins, exigindo a racionalização do seu uso [35]. Actualmente, o caudal do rio Umbeluzi, a principal fonte do sistema de abastecimento de água da zona metropolitana de Maputo, diminuiu. A situação piora em anos de seca, quando há restrições no fornecimento de (RH), forçando restrições na produção de energia eléctrica na mini-central da (BPL). Isso gera custos, criando uma demanda por electricidade na barragem e nas áreas circunvizinhas.

As consequências desses factores em uma bacia hidrográfica não são imediatas, no entanto, essa situação levanta alguns desafios relacionados à gestão da demanda de (RH) em áreas urbanas [16]. Diante desses efeitos, a DNGRH tem apelado à população e à sociedade em geral para observância medidas de racionamento com o objectivo de minimizar o impacto da falta de chuvas. Essas medidas foram adoptadas para recuperar os níveis de armazenamento desses reservatórios para enfrentar a estação seca.

Em 2014, em virtude das inconveniências registadas na região do Grande Maputo, que contribuíram para a redução do nível de armazenamento hídrico na bacia da barragem, a actividade de geração de energia eléctrica na mini-central da (BPL) foi interrompida. Esta interrupção abriu uma perspectiva para a abordagem da energia solar, por via da montagem de uma de uma ilha fotovoltaica no reservatório da barragem (RB).

f) Sistemas Fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos são conjunto de elementos interligados com o propósito de converter a luz solar em energia eléctrica. Estes sistemas são classificados em:

i) Sistemas fotovoltaicos isolados geralmente instalados em locais distantes, isolados ou de difícil acesso, onde a rede eléctrica é praticamente inexistente. Semelhante a qualquer outro sistema energético, os sistemas fotovoltaicos isolados apresentam algumas vantagens, como: a produção de energia limpa, capacidade de responder à demanda em locais remotos, económicos em comparação com a extensão da rede até esses locais, entre outras. No entanto, apresentam um investimento inicial elevado, são menos eficientes que a rede convencional e dependem de baterias e sistemas de carga para o armazenamento e distribuição de energia.

ii) Sistemas fotovoltaicos ligados à rede ao contrário dos sistemas isolados, os sistemas fotovoltaicos ligados à rede não necessitam de baterias para o armazenamento de energia. Caracterizam-se pelo custo reduzido, pela eliminação da necessidade de baterias e sistemas de carga, sendo mais eficientes e equilibrados do que os sistemas isolados, além de poluírem menos do que fontes fósseis de energia. Contudo, não são completamente independentes, uma vez que requerem o pagamento de custos de disponibilidade (o mínimo necessário para o uso da rede).

iii) Os sistemas híbridos são sistemas mistos que podem conter componentes de sistemas isolados e outros de sistemas ligados à rede. Dependendo do portfólio energético local, estes sistemas são utilizados para a geração e fornecimento de energia para certas finalidades, com a possibilidade de armazenar energia em baterias, a fim de fornecer energia em caso de restrições ou apagões. Este tipo de sistema utiliza mais de uma fonte de energia, que pode ser renovável ou não renovável, sem ultrapassar os critérios de qualidade exigidos. Com os sistemas híbridos, há a possibilidade de maximizar a produção de energia, observando menores custos e riscos mínimos. Eles também exploram os recursos energéticos localmente disponíveis, aumentam a confiabilidade do sistema eléctrico, são ambientalmente benignos, com baixo nível de emissões de CO₂ e outros gases, quando comparados à geração exclusivamente a partir de combustíveis fósseis. No entanto, a disponibilidade energética dos recursos deve ser favorável para a geração de electricidade. O investimento inicial é elevado, embora o custo a longo prazo seja normalmente baixo, sendo necessário um sistema de armazenamento ou reserva, em aplicações não conectadas à rede, devido à intermitência das fontes de energia utilizadas [20].

A tecnologia fotovoltaica tem sido constantemente aprimorada e, actualmente, novas soluções de geração fotovoltaica têm sido implementadas, contribuindo para a redução de disputas pelo uso da terra.

Os sistemas fotovoltaicos flutuantes (SFF) surgem como uma inovação relevante nesse contexto, permitindo a instalação de painéis solares sobre corpos de água, como barragens e reservatórios, sem a necessidade de ocupar áreas de terra agrícola ou habitacional. Esta tecnologia não só

otimiza o uso dos recursos naturais disponíveis, como também pode contribuir significativamente para a produção de energia renovável, sem impactar negativamente outras actividades locais [30].

Em Moçambique, com a crescente pressão sobre a terra e a necessidade de diversificar as fontes de energia, a adopção de sistemas fotovoltaicos flutuantes apresenta-se como uma solução sustentável e alinhada com os desafios ambientais e socioeconómicos do país.

g) Sistemas Fotovoltaicos Flutuantes (SFF)

Além dos módulos fotovoltaicos, os (SFF) incorporam componentes que não são encontrados nos sistemas fotovoltaicos convencionais. Dentre esses, destacam-se: a estrutura flutuante, o sistema de amarração ou ancoragem e as estruturas de ligação eléctrica à rede. Estes sistemas possuem praticamente os mesmos componentes eléctricos que um sistema fotovoltaico convencional, com a principal diferença a ser os elementos de fixação dos cabos e módulos, conforme ilustrado na Figura 1

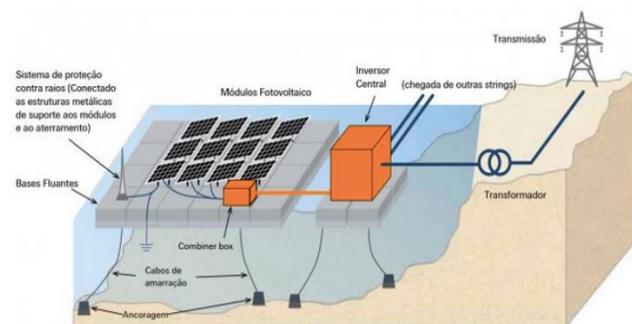


Figura 1. Esquema de Central solar fotovoltaico flutuante [17].

h) Cenário Mundial de Instalações dos (SFF)

Esta tecnologia surge como uma alternativa mais viável para territórios insulares, que apresentam restrições de uso de terra. De forma geral, a sua capacidade no contexto universal cresce exponencialmente. O seu incremento foi de 11 megawatt pico (MWp) em 2014 para 1,312 gigawatt pico (GWp) em 2018. Tornando-se em um novo caminho para expansão do cenário na matriz eléctrica global, sobretudo no continente asiático que concentra o maior número de projectos e potência, tendo como líder a China [23], como mostra a Figura 2.

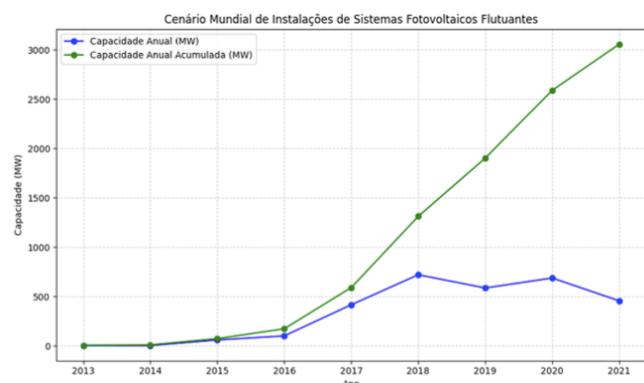


Figura 2. Capacidade Mundial Instalada dos (SFF).