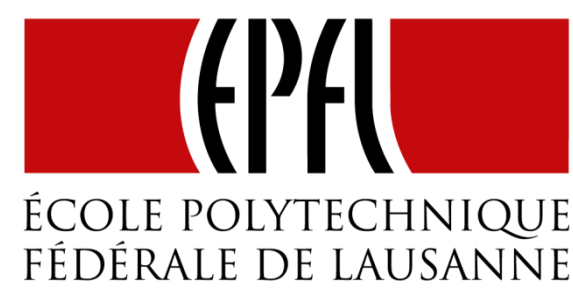


Quantificação de recursos hídricos superficiais em região tropical-equatorial insular: o caso de estudo da ilha de São Tomé



Mário SAMORA⁽¹⁾, Pedro MANSO⁽²⁾, Faustino NETO⁽³⁾

(1) TPF Planege Cenor (Portugal), autor de contacto: mario.samora@tpf.pt
(2) Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Laboratoire de Constructions Hydrauliques (EPFL-LCH, Suíça)
(3) Agência Fiduciária da Administração Pública (AFAP, São Tomé e Príncipe)

1. Introdução

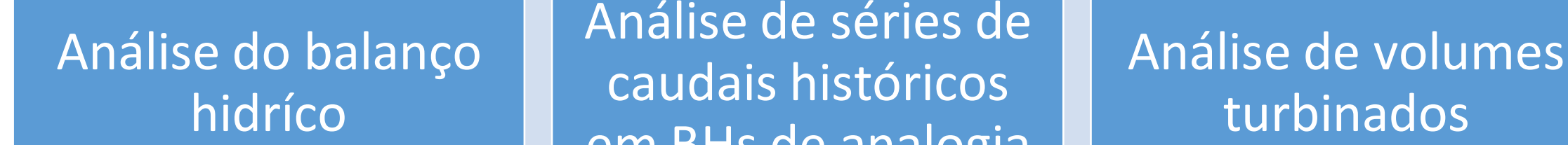
A quantificação de recursos hídricos superficiais depende fortemente da disponibilidade de dados de monitorização obtidos ao longo dos anos. A disponibilidade e qualidade de dados climáticos, meteorológicos e hidrométricos é a base de qualquer **projecto de valorização dos recursos hídricos para utilização humana e sustentabilidade ambiental**, algo difícil de assegurar num contexto insular e de fragilidade geoestratégica.

O estudo abaixo pretendeu, no **contexto tropical-equatorial insular**, quantificar as disponibilidades hídricas na bacia captada pelo aproveitamento hidroeléctrico do rio Contador na Ilha de São Tomé, inserido no seu projeto de reabilitação e de expansão em curso. O contexto é caracterizado por (i) grande nebulosidade durante largos períodos do ano, (2) níveis de humidade relativa muito elevados, com incidência direta no **balanço hídrico** mas também na dificuldade prática de utilização de dados atmosféricos de satélite. O contexto climático e geomorfológico das ilhas equatoriais africanas levanta também dificuldades práticas quanto à monitorização de recursos superficiais em bacias hidrográficas de orografia complexa, muito reactivas a eventos de precipitação infra-diários e com caudal sólido importante.

A recolha de dados hidrológicos em S. Tomé, seja de precipitações, seja de caudais, tem sido errática, episódica e algo descoordenada ao longo dos anos, apesar do esforço dos profissionais implicados. Existe, atualmente, uma **rede de monitorização moderna** que importa valorizar, mas cujas limitações importa identificar e suprir a curto prazo. No geral, a informação, além de escassa e lacunar, está muito dispersa e é muito difícil de reunir.

A metodologia desenvolvida permite obter uma **quantificação preliminar dos recursos hídricos disponíveis**, bem como aferir a sua **variabilidade natural**. A metodologia é replicável para outras aplicações neste contexto.

2. Metodologia



Por etapas:

1. Recolha, revisão crítica e organização de dados meteorológicos, hidrométricos e de exploração
2. Análise geomorfológica das bacias hidrográficas captadas e de analogia
3. Análise de precipitações (médias anuais, médias mensais, valores diários)
4. Análise de temperaturas (médias anuais, médias mensais)
5. Análise de escoamentos (médias anuais, médios mensais, diários)
6. Análise de níveis limnimétricos (horários, diários)
7. Análise de níveis limnimétricos e de curvas de vazão em bacias de analogia
8. Comparação com bacias de analogia equatoriais / tropicais
9. Estabelecimento de curva plurianual de duração de caudais
10. Análise de volumes turbinados
11. Avaliação das disponibilidades hídricas e sua variabilidade
12. Discussão e análise da sensibilidade dos resultados às hipóteses metodológicas

3. Estudo de caso

Aproveitamento Hidroeléctrico do Contador

Entrada em serviço	1967
Potência	1.92 MW (placa)
Produção	≤ 8 GWh/ano (endógena, baixo baixo custo de exploração)
Exploração	Horas de ponta, black start, regulação de frequência
Caudal nominal:	2 x 270 = 540 l/s
Queda bruta	477 m
Captações	11.52 km ² somando as seis captações
Adução	Em superfície livre (canal e oito túneis), conduta forçada DN600
Armazenamento	Câmara de carga com aprox. 9'000 m ³
Central	à superfície, 2 grupos Pelton eixo horizontal
Subestação	SF6 6/30 kV, linha 30 kV até Neves

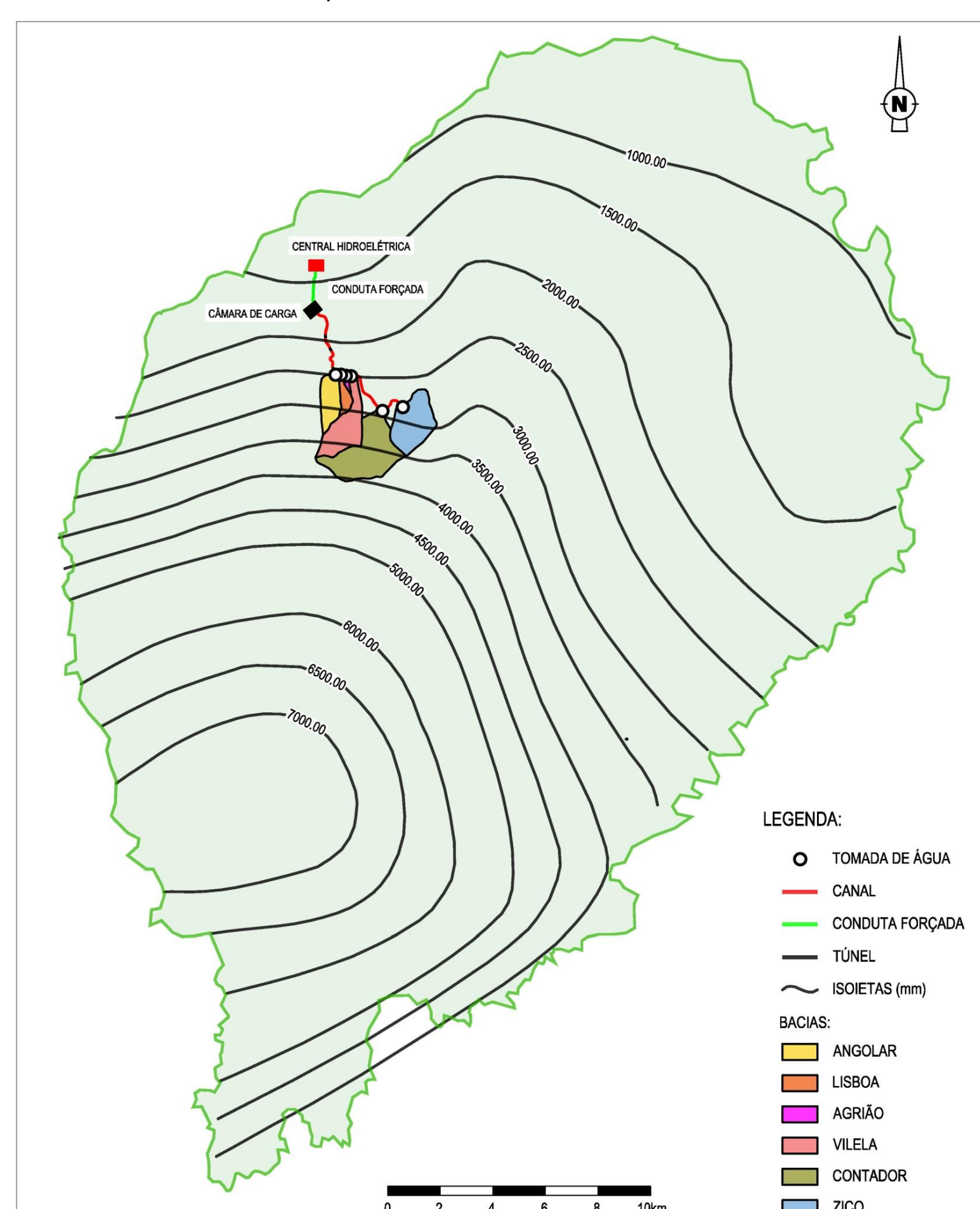


Fig 1: Aproveitamento Hidroeléctrico do Contador na Ilha de São Tomé: bacias hidrográficas captadas e estruturas principais. Mapa de isóietas.

4. Resultados e Discussão

Análise de precipitações

- Na ilha de S. Tomé, apesar do seu pequeno tamanho, a precipitação média anual varia espacialmente entre menos de 1000 mm e mais de 7000 mm.
- Na bacia do AHE Contador (11,2 km²) tem-se $P_{ano\ médio} = 3200\text{ mm}$, $P_{ano\ seco\ 20\%} = 2500\text{ mm}$, $P_{ano\ húmido\ 80\%} = 3900\text{ mm}$, i.e. coeficiente de variação ≈ 0.22 .

Análise de escoamentos

- O escoamento médio anual (H) foi estimado pelo modelo de balanço hídrico de Turc (1951) a partir da temperatura média anual na bacia hidrográfica (T). A condição de aplicabilidade é a baixa variabilidade sazonal de T, que é uma característica do clima tropical-equatorial.
- Na bacia do AHE Contador (11,2 km²) tem-se $H_{ano\ médio} = 2200\text{ mm}$, $H_{ano\ seco\ 20\%} = 1800\text{ mm}$, $H_{ano\ húmido\ 80\%} = 2600\text{ mm}$.
- O modelo utilizado foi validado utilizando uma bacia de analogia em São Tomé e recorrendo a registos de bacias a latitude próxima nos Camarões e na Colômbia como casos de aferição.

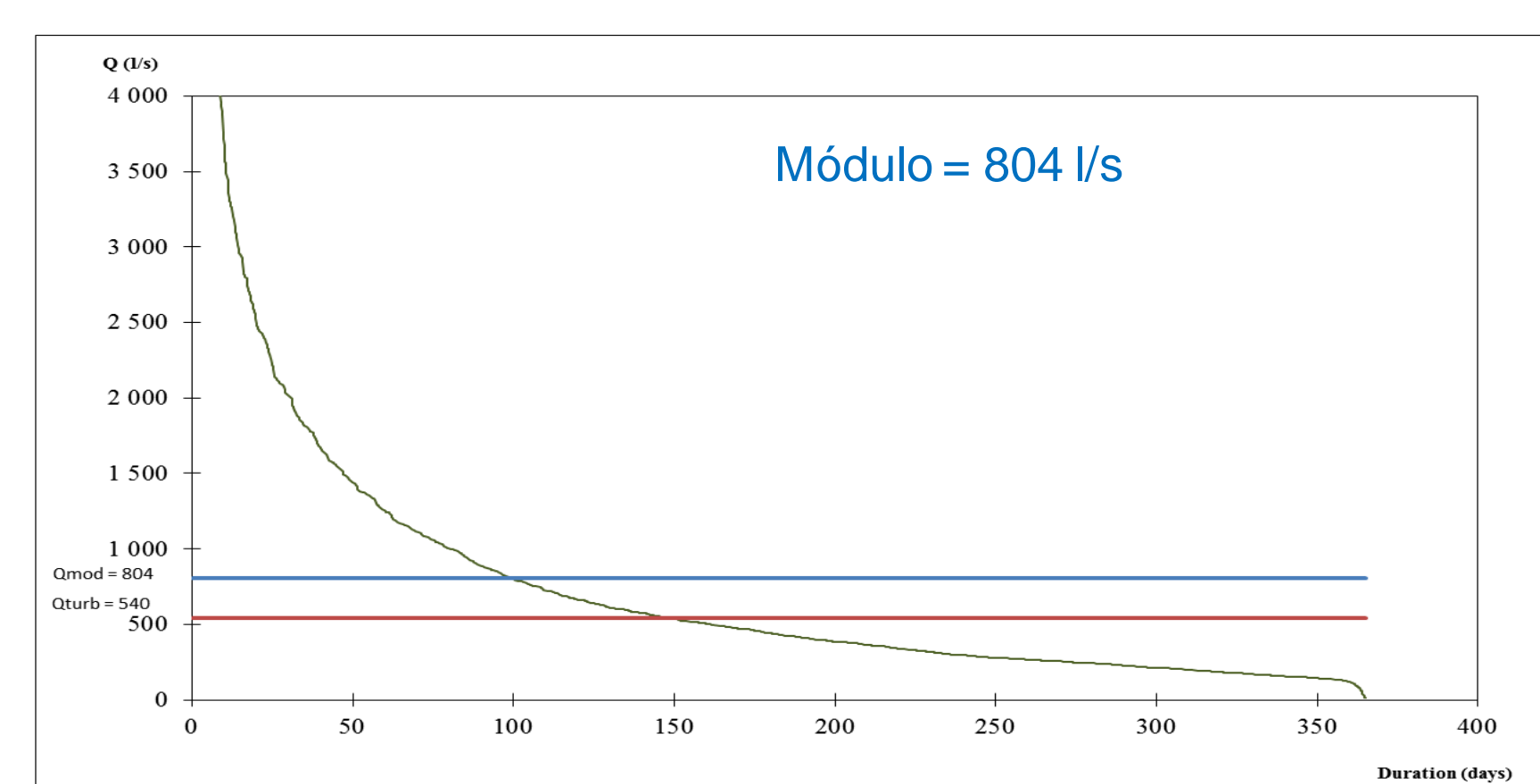


Fig. 3 – Curva de duração plurianual de caudais diários estimada com base em bacia hidrográfica próxima.



Fig. 2 – Estação hidrométrica DGRN, Rio Contador (2016)

- Os escoamentos médios mensais foram analisados por duas vias: (i) analogia com bacia próxima com 24 anos de valores mensais disponíveis; (ii) modelação precipitação-escoamento com base nas precipitações médias mensais estimadas para a bacia captada por proporcionalidade com estação de medição próxima (13 anos de registos). O segundo método resulta na obtenção de valores com variabilidade interanual dos totais anuais mais plausível, em relação à variabilidade da precipitação média anual.

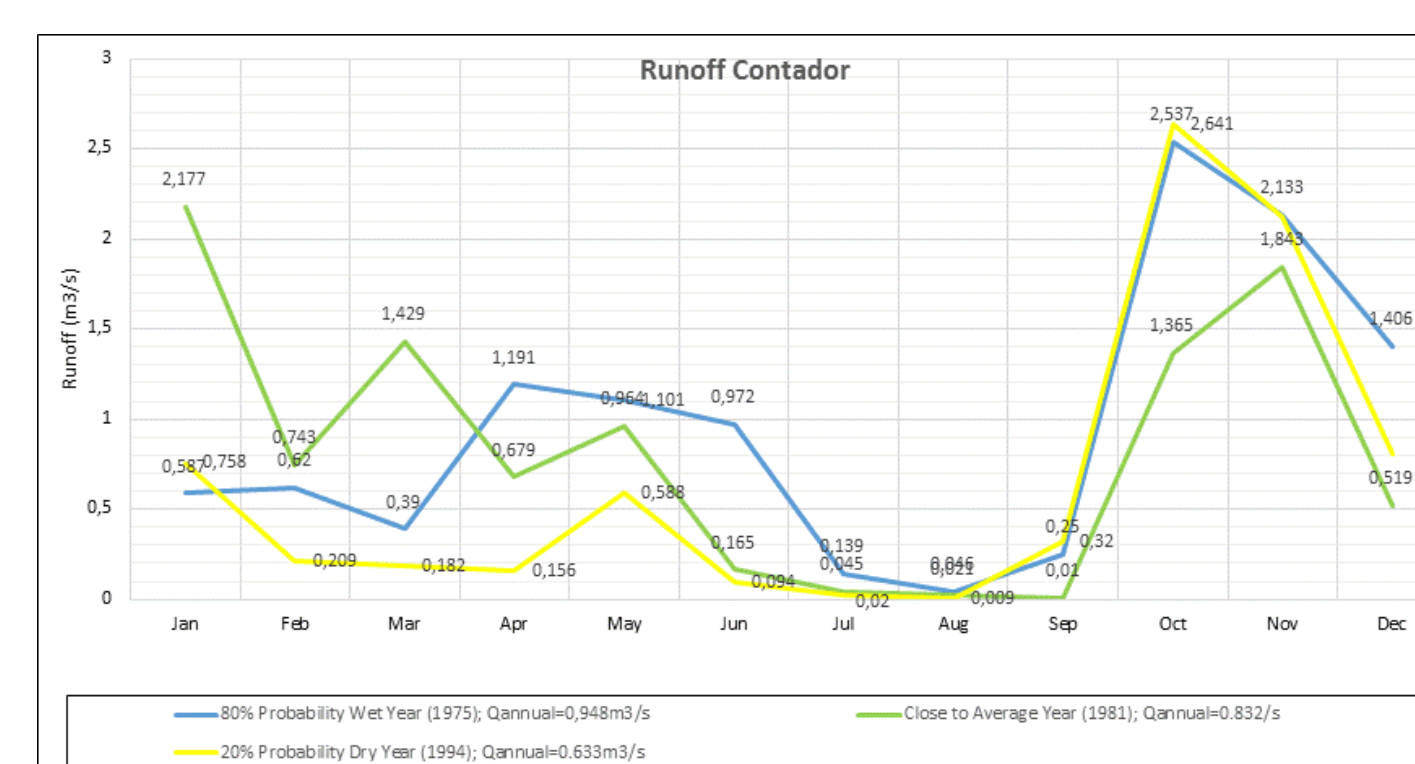


Fig. 4 – Escoamentos médios mensais para um ano mediano, para um ano húmido (percentil 80%) e para um ano seco (percentil 20%).

Análise de volumes turbinados no Contador:

- Volume disponível para turbinamento no Contador em ano médio é de 25,4 hm³
- Com o atual $Q_{turb} = 540\text{ l/s}$, seria possível aproveitar 12,4 hm³/ano, mas, por razões várias, só estão a ser aproveitados 6,4 hm³/ano.
- Constatou-se que o “trop-plein” da câmara de carga do AHE verte água durante cerca de 1700 h por ano (20% do tempo no período de 2015 a 20117), o que parcialmente explica o sub-aproveitamento actual dos recursos hídricos disponíveis e já captados.

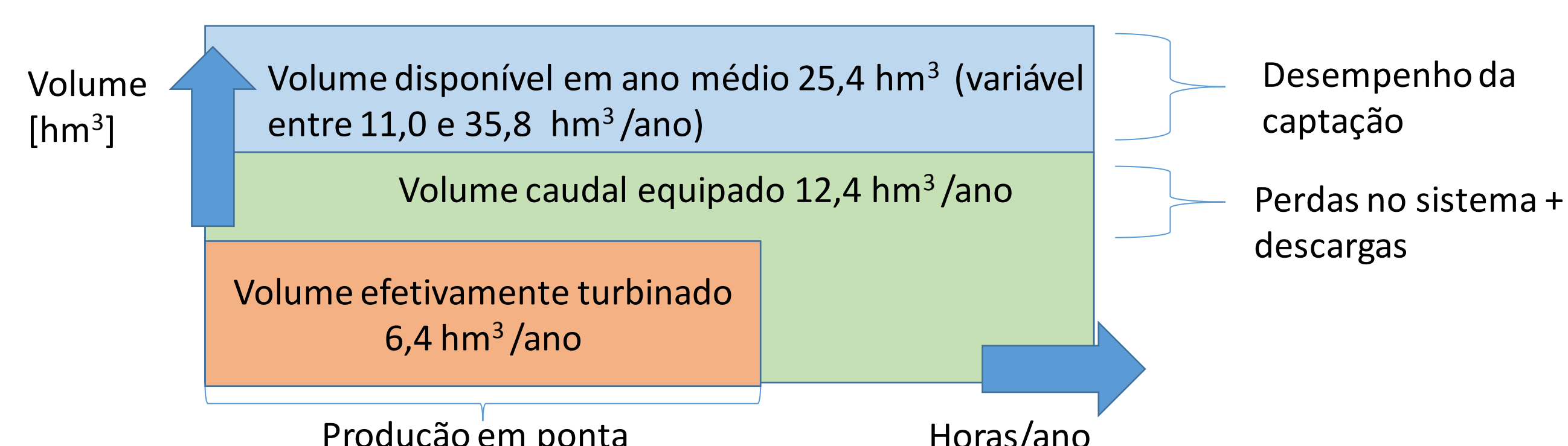


Figura 4 - Diagrama de disponibilidade vs. utilização dos recursos hídricos drenados pelo AH do rio Contador

5. Conclusões

- Aplicação do modelo de Turc validada com casos de analogia permite abordagem robusta em meio tropical-equatorial, apesar da fraca disponibilidade de dados hidrometeorológicos.
- Variabilidade interanual do escoamento aprox. 30%
- Volumes turbinados < captados < disponíveis.
- Volumes turbinados aprox. 50% capacidade equipada da central.
- Sub-equipamento da central para ponta em vários períodos do ano.
- Baixa vulnerabilidade às alterações climáticas. Risco positivo.

Perspetivas: Necessidade de monitorização sustentada dos recursos hídricos e das perdas de água no sistema. Redução de perdas e aumento da capacidade de armazenamento e da potência equipada.

Agradecimentos

Gilmar Santos, José Bastos (DGRN STP), José Luis Lima (INM STP), Amila da Silva Mendonça (EMAE).

Referências

1. TPF Planege Cenor (2018.). Rehabilitation and Extension of Contador Hydropower Scheme. Assessment of Water Resources Availability for Energy Production
2. Turc, L. (1951) - Nouvelle formule pour le calcul du bilan de l'eau en fonction des valeurs moyennes annuelles de précipitations et de la température. C. R. Acad. Sci. T. 233, pp. 633-635. Paris.
3. Turc, L. (1954-55) - Le Bilan d'eau des sols : relations entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement. Ann. Agronomiques, 5e ann., N° 6, pp. 491-495, 6e ann., N° 1, pp. 5-131. Paris.
4. Etude pour la Réhabilitation de la Centrale Hydroélectrique du Contador. Avant-Projet Détaillé. Hydroplan, Septembre, 1998.
5. United Nations Framework Convention on Climate Change. Hidrologia. Alessandro Marques Martins et Daniel Andrés Rodríguez, Brasil, October, 2017.