

# Estudo e Avaliação da Sustentabilidade do Aproveitamento da Água da Ribeira dos Bispos (São Miguel)

Trabalho de Projeto

Rodrigo Pereira Franco Botelho

Mestrado em Engenharia e Gestão de  
Sistemas de Água



# **Estudo e Avaliação da Sustentabilidade do aproveitamento da água da Ribeira dos Bispos (São Miguel)**

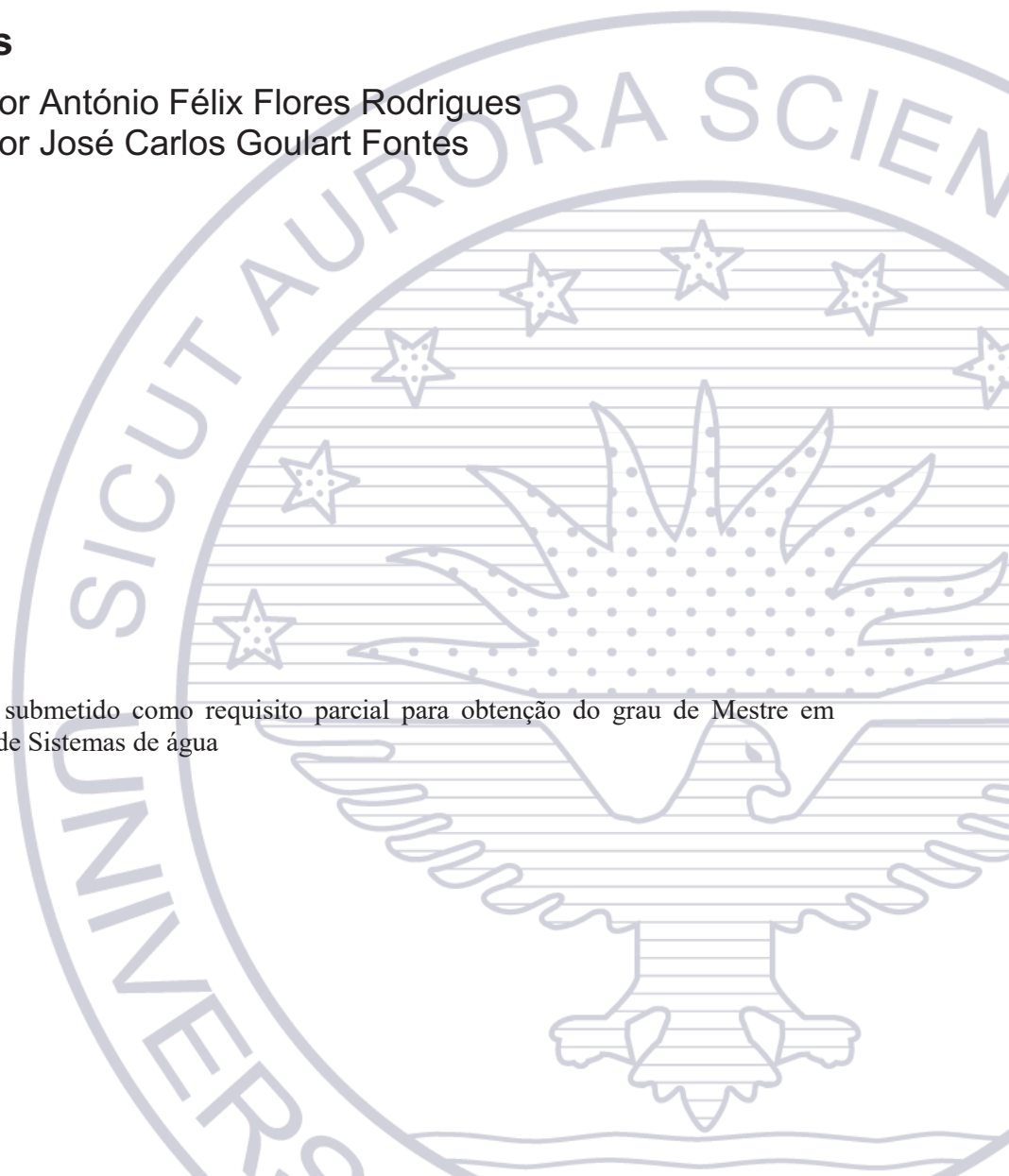
Trabalho de Projeto

Rodrigo Pereira Franco Botelho

## **Orientadores**

Professor Doutor António Félix Flores Rodrigues  
Professor Doutor José Carlos Goulart Fontes

Projeto de Mestrado submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão de Sistemas de água



## Resumo

Nos últimos anos tem-se assistido a uma subida dos preços dos combustíveis fósseis o que motiva a procura por outras soluções que promovam o desenvolvimento sustentável. A necessidade de aumentar e diversificar as formas de produção de energia elétrica suscitou mudanças na política energética que incentivam a produção através de recursos de origem renovável.

A quantidade de água que é desperdiçada para o mar nos Açores, sem que lhe seja dado qualquer uso, é elevada e isso motiva a procura desse recurso para a sua valorização. Assim, passa pelos objetivos deste projeto valorizar o recurso água, através do conhecimento das características gerais de uma mini-hídrica de baixa queda e os procedimentos que antecedem a fase de construção ou no caso estudado, a fase de transformação de antigos moinhos para produção de energia. Pretende-se realizar o dimensionamento dos principais componentes que constituem uma mini-hídrica, nomeadamente, o canal de adução e o conjunto turbina-gerador.

O estudo da arte foi realizado para dois pequenos moinhos, situados na ribeira dos Bispos, no concelho da Povoação, após a impossibilidade de aproveitamento na ribeira do Purgar, devido à falta de dados sobre o caudal e à inexistência de zonas com queda de água significativa. Analisou-se as características do local (queda), do recurso hídrico (caudal) e infraestruturas existentes, permitindo a escolha da turbina, a verificação do canal de adução, estimar a potência nominal a instalar e a energia produzida em ano médio. Por último, foi feito um estudo de viabilidade considerando a valorização patrimonial a par do aluguer dos moinhos para turismo rural.

**Palavras-chave:** Central Mini-Hídrica, Caudal, Queda, Turbina, Gerador, Água, Canal de Adução, Energia Produzida, Potência Instalada, Energia Renovável.

## **Abstract**

In recent years, we've been watching a rise on fossil fuels price, which motivates the search for other solutions that promote sustainable growth. The need to increase and diversificate the ways of producing electric energy evokes changes on our energy policy that encourage its production through resources of renewable origin.

The amounts of water that is wasted for the Açores sea, without any use, its high and that motivates a search for this resource and its appraisalment. There for, goes through the objectives of this dissertation valorize the water resource, through the general knowledge of a mini-hydric whit low fall and the procedures that precede the construction phase or in the study case, transformation phase of old mills for the energy production. It is intended to do a dimensioning of the main components that constitute a mini-hydric, namely, the aduccion channel, and the turbine-generator compound.

The art study was done for two small mills, located in Ribeira dos Bispos, on the Povoação district, after the impossibility of exploitation in Ribeira do Purgar, due to lack of data on the flow rate and the lack of significant waterfall zones. The characteristics of the place were analyzed (fall), of the hydric resource (flow rate) and existing infrastructure, allowing to choose the turbine, the aduccion chanel verification, estimate the nominal potency to install and the energy produced in the average year. Lastly, it was made a viability study considering the patrimony increase at par to the renting of the mills for rural tourism.

**Keywords:** Small Hidropower Plant, Flow, Head, Turbine, Generator, Water, Feeder Canal, Produced Energy, Installed Capacity, Renewable Energy.

## **Agradecimentos**

Após a conclusão desta etapa da minha vida importa agradecer e lembrar todos aqueles que de uma certa forma contribuíram para a finalização deste ciclo.

Em primeiro lugar quero agradecer à minha família, em especial aos meus pais e ao meu irmão, que sempre incentivaram-me e ajudaram-me a ultrapassar todas as dificuldades que encontrei ao longo deste caminho, sem eles nada disso seria possível.

Em segundo lugar quero agradecer aos meus orientadores, Professor Doutor António Félix Flores Rodrigues e Professor Doutor José Carlos Gualart Fontes por todo o apoio que me foi dado e pelos esclarecimentos prestados aquando da elaboração deste projeto.

Em terceiro lugar quero agradecer aos meus colegas de turma, em especial ao Paulo Silva, pela amizade demonstrada e por apoiar-me em alguns momentos difíceis.

Por último um agradecimento à Universidade dos Açores e a todas as pessoas que aqui trabalham para garantir a melhor qualidade do ensino.

# Índice

|  |    |
|--|----|
| 1. Introdução .....  | 1  |
| 1.1. Enquadramento e Motivações .....                            | 1  |
| 1.2. Objetivos do projeto .....                                  | 2  |
| 1.3. Roteiro do Projeto.....                                     | 2  |
| 2. Enquadramento Geográfico .....                                | 5  |
| 3. Enquadramento Ambiental .....                                 | 7  |
| 4. Enquadramento Setorial.....                                   | 10 |
| 4.1. Evolução da Procura de Eletricidade.....                    | 10 |
| 4.2. Penetração das Energias Renováveis.....                     | 11 |
| 4.3. Produção e Aquisição de Energia .....                       | 11 |
| 4.4. Sistema Elétrico da Ilha de São Miguel.....                 | 13 |
| 4.4.1. Sistema Electroprodutor .....                             | 13 |
| 5. Energia Hídrica – Conceitos Gerais.....                       | 16 |
| 5.1. Energia Hídrica nos Açores – História .....                 | 17 |
| 5.2. Dimensionamento e Classificação das Centrais Hídricas ..... | 21 |
| 5.2.1. Potência .....  | 21 |
| 5.2.2. Queda .....   | 22 |
| 5.2.3. Caudal .....  | 23 |
| 5.2.4. Regime de Exploração .....                                | 25 |
| 5.3. Constituição das Centrais Hídricas.....                     | 25 |
| 5.3.1. Açude .....   | 25 |
| 5.3.2. Albufeira.....  | 26 |
| 5.3.3. Canal de Adução .....                                     | 27 |
| 5.3.4. Câmara de Carga .....                                     | 29 |
| 5.3.5. Conduta Forçada .....                                     | 29 |
| 5.3.6. Edifício da Central .....                                 | 29 |
| 5.3.7. Equipamentos Mecânicos.....                               | 30 |
| 5.3.8. Equipamentos Elétricos.....                               | 31 |
| 5.4. Turbinas .....  | 32 |
| 5.4.1. Turbinas de Baixa Queda .....                             | 33 |
| 5.4.2. Critérios de Seleção de Turbinas.....                     | 37 |
| 5.4.3. Características Gerais .....                              | 39 |
| 5.4.4. Dimensionamento.....                                      | 42 |
| 5.4.5. Automação e Controlo .....                                | 44 |

|   |    |
|---|----|
| 6. Processos de Desenvolvimento de Pequenas Centrais Hidroelétricas .....   | 46 |
| 6.1. Identificação do Local .....   | 46 |
| 6.2. Estudo de Pré-viabilidade .....  | 46 |
| 6.3. Estudo de Viabilidade .....  | 47 |
| 6.3.1. Local de Implementação .....   | 47 |
| 6.3.2. Hidrologia .....   | 47 |
| 6.3.3. Impactos Ambientais .....  | 48 |
| 6.3.4. Cálculos Energéticos Preliminares .....  | 49 |
| 6.3.5. Cálculo Energético Aprofundado .....   | 51 |
| 6.4. Legislação Aplicável .....   | 52 |
| 7. Estudo de Caso - Dimensionamento de Uma Central Mini-Hídrica no Concelho da Povoação .....                       | 53 |
| 7.1. Caracterização da Bacia Hidrográfica da Povoação .....   | 53 |
| 7.1.1. Geologia e Litologia .....   | 53 |
| 7.1.2. Declives .....   | 54 |
| 7.1.3. Morfologia .....   | 55 |
| 7.1.4. Morfometria da Bacia Hidrográfica .....  | 56 |
| 7.1.5. Processos Geomorfológicos nos Canais de Escoamento .....   | 57 |
| 7.1.6. Perfil Longitudinal .....  | 57 |
| 7.1.7. Dinâmica Torrencial e Unidades Geomorfológicas .....   | 58 |
| 7.1.8. Hipsometria .....  | 60 |
| 7.1.9. Caracterização da Ribeira do Purgar .....  | 61 |
| 7.1.10. Caracterização da Ribeira dos Bispos .....  | 63 |
| 7.1.11. Aproveitamento Energético dos Cursos de Água da Ribeira do Purgar <i>versus</i> Ribeira dos Bispos .....    | 65 |
| 7.2. Local Para a Instalação de Turbinas Hídricas na Ribeira dos Bispos .....                                       | 67 |
| 7.3. Estudo Hidrológico .....   | 70 |
| 7.4. Dimensionamento de um Reservatório .....   | 73 |
| 7.5. Seleção da Turbina Para Mini-hídricas na Ribeira dos Bispos .....  | 76 |
| 7.6. Estimativa Inicial de Potência .....   | 77 |
| 7.6.1. Cálculo da Potência Nominal Instalada .....  | 77 |
| 7.6.2. Energia Produzida .....  | 77 |
| 7.7. Cálculos Energéticos .....   | 79 |
| 7.8. Dimensionamento do Canal de Adução .....   | 80 |
| 8. Contributo Para a Avaliação da Viabilidade Económica da Produção de Energia Elétrica na Ribeira dos Bispos ..... | 83 |
| 9. Conclusões e Considerações Finais .....  | 86 |
| Referências bibliográficas .....  | 88 |

|   |     |
|---|-----|
| Anexo A – Enquadramento Legal.....  | 94  |
| Resolução n.º 136/2012 .....  | 94  |
| Decreto-Lei n.º 49/2015, de 10 de abril.....  | 94  |
| Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro .....  | 96  |
| Decreto-Lei n.º 172/2006, de 23 de agosto.....  | 98  |
| Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio.....  | 100 |
| Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho .....   | 101 |
| Decreto-Legislativo Regional n.º 27/2012/A, de 22 de Junho.....                                 | 104 |
| Anexo B - Tabela do cálculo da potência no eixo da turbina .....                                | 106 |
| Anexo C – Tabela de valores de k para perdas de carga em curvas de 90º, de secção circular..... | 107 |
| Anexo D - Folhas de cálculo da análise técnica.....   | 108 |
| Anexo E - Dimensionamento do canal de adução .....  | 110 |
| Anexo F - Análise económica.....  | 111 |

## Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Localização geográfica do Arquipélago dos Açores (Retirado de Lima, 1999).<br>.....   | 5  |
| Figura 2 – Ilha de São Miguel dividida em concelhos (Retirado de Dholmes, 2014).....   | 6  |
| Figura 3 - Comparação do consumo <i>per capita</i> em Portugal e UE28 (Retirado de EDA,<br>2016).....                                  | 10 |
| Figura 4 - Evolução da produção de energia elétrica, por fonte de origem, nos Açores,<br>de 1990 a 2017 (Adaptado de SREA, 2017) ..... | 11 |
| Figura 5 - Distribuição da produção de energia por ilha e por tecnologia (Retirado de<br>EDA, 2017). .....                             | 12 |
| Figura 6 – Esquema de funcionamento de uma central hídrica (Retirado de<br>NotaPositiva, 2007). .....                                  | 16 |
| Figura 7 - Turbinas da Central da Vila.....  | 18 |
| Figura 8 - Ruínas da Central da Vila. ....   | 18 |
| Figura 9 - Reservatório em betão armado. ....  | 19 |
| Figura 10 - Ruínas da central Fabrica da Cidade. ....  | 19 |
| Figura 11 - Esquema demonstrativo do conceito de caudal (Retirado de Gomez, 2016). .<br>.....  | 24 |
| Figura 12 – Níveis e volumes característicos de uma albufeira (Retirado de Félix, 2011).<br>.....                                      | 26 |
| Figura 13 – Ponto de captação com recurso a depósito de partículas solidas (Adaptado<br>de Gomez, 2016). ....                          | 27 |
| Figura 14 – Esquema de um edifício de uma central com baixa queda (Retirado de<br>Gomez, 2016). .....                                  | 30 |
| Figura 15 - Esquema de funcionamento simplificado de uma turbina <i>Pelton</i> (Adaptado<br>de Correia, 2009).....                     | 32 |
| Figura 16 - Esquema de uma turbina Kaplan em corte (Retirado de Correia, 2009). ....   | 33 |
| Figura 17 - Relação entre a regulação e o rendimento (Adaptado de Bryan, 2014).....  | 34 |
| Figura 18 - Turbina Francis (Retirado de Correia, 2009).....   | 35 |
| Figura 19 - Turbina Banki-Michell (Adaptado de Brito, 2016). ....  | 36 |
| Figura 20 - Rendimento da turbina Banki-Michell (Adaptado de Brito, 2016). ....  | 36 |
| Figura 21 - Tipo de Turbina em Função da Queda e Caudal (Adaptado de Teixeira,<br>2009).....   | 37 |
| Figura 22 - Ábaco para seleção da turbina (Retirado de Harvey, 1993). ....   | 39 |
| Figura 23 - Curvas típicas de rendimento das turbinas (Retirado de Brito, 2016). ....  | 41 |
| Figura 24 - Esquema de uma turbina Francis (Retirado de Gomez, 2016). ....   | 42 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 25 - Esquema de uma turbina Kaplan (Retirado de Gomez, 2016).....   | 43 |
| Figura 26 - Exemplo de uma série média cronológica de caudais médios diários (Retirado de Castro, 2012). .....   | 48 |
| Figura 27 - Exemplo de uma curva de duração de caudais médios diários (Retirado de Castro, 2012). .....  | 48 |
| Figura 28 - Exemplo de uma curva de duração de caudais detalhada (Retirado de Gomez, 2016). .....  | 51 |
| Figura 29 - Bacia hidrográfica da Povoação. A - Rib <sup>a</sup> do Purgar, B - Rib <sup>a</sup> dos Lagos, C - Rib <sup>a</sup> dos Bispos, D - Rib <sup>a</sup> dos Bispos, E - Rib <sup>a</sup> dos Lagos, F - Rib <sup>a</sup> dos Lagos (Retirado de Bateira <i>et al.</i> 2009). ..... | 53 |
| Figura 30 - Esboço geológico da Bacia da Povoação (Retirado de Medeiros, 2009).....  | 54 |
| Figura 31 - Carta de declives da Bacia da Povoação (Retirado de Medeiros, 2009) .....  | 55 |
| Figura 32 - Perfis longitudinais da bacia hidrográfica da Povoação (Retirado de Bateira <i>et al.</i> 2009).....   | 58 |
| Figura 33 - Esboço hipsométrico da Bacia da Povoação (Retirado de Medeiros, 2009). ..  | 60 |
| Figura 34 - Zona de vale aberto na ribeira do Purgar.....  | 61 |
| Figura 35 - Cone de dejeção da ribeira do Purgar. ....   | 62 |
| Figura 36 - Estação hidrométrica do Purgar.....  | 63 |
| Figura 37 - Zona de vale aberto na ribeira dos Bispos. ....  | 63 |
| Figura 38 - Zona de garganta/canhão na ribeira dos Bispos.....   | 64 |
| Figura 39 - Estação hidrométrica dos Bispos. ....  | 65 |
| Figura 40 - Ruínas de um moinho de água na ribeira dos Bispos .....  | 67 |
| Figura 41 – Fachada do primeiro moinho de água alvo deste estudo.....  | 68 |
| Figura 42 - Ponto de captação obstruído .....  | 68 |
| Figura 43 - Levada obstruída pela vegetação. ....  | 69 |
| Figura 44 - Fachada do segundo moinho de água alvo deste estudo.....   | 69 |
| Figura 45 - Levada parcialmente destruída e coberta por vegetação.....   | 70 |
| Figura 46 - Série cronológica dos caudais médios diários (Média de 4 anos). ....   | 71 |
| Figura 47 - Curvas de duração de caudal 2014 - 2017 .....  | 72 |
| Figura 48 - Curva de duração de caudal (média 4 anos). ....  | 73 |
| Figura 49 - Turbina Crossflow GL760 - LM – 25.....   | 77 |
| Figura 50 - Ajuste da curva de duração de caudais a uma linha de tendência ao período de 0 a 100 dias no ano. ....   | 78 |
| Figura 51 – Ajuste da curva de duração de caudais a uma linha de tendência ao período de 100 a 364 dias no ano. ....   | 78 |
| Figura 52 - Representação gráfica da curva de duração de potências do 1º moinho.....   | 80 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 53 - Representação gráfica da curva de duração de potências do 2º moinho..... | 80 |
| Figura 54 - Levada existente no local do 1º Moinho.....                              | 81 |

## Índice de Tabelas

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 -Produção líquida e aquisição de energia (GWh), por tecnologia, de 2012 a 2016 (Adaptado de EDA, 2016).....                         | 12 |
| Tabela 2 - Características da Central Termoelétrica do Caldeirão (Adaptado de EDA, 2016).....  | 13 |
| Tabela 3 - Classificação das CMH quanto à potência instalada (Adaptado de Castro, 2012).....   | 16 |
| Tabela 4 - Classificação das CMH quanto à Altura da Queda (Adaptado de Teixeira, 2009).....  | 22 |
| Tabela 5 - Coeficientes de Manning para os diferentes materiais (Adaptado de Gomez, 2016).....   | 28 |
| Tabela 6 - Rendimentos típicos dos geradores para PCH (Adaptado de ESHA, 2004). 31   |    |
| Tabela 7 - Gama de quedas por tipo de turbina (Adaptado de Gomez, 2016). ....  | 37 |
| Tabela 8 - Gama de velocidades específicas por tipo de turbina com 1 ou mais injetores (Adaptado de Brito, 2016).....                        | 38 |
| Tabela 9 - Valores típicos de rendimento (Adaptado de Castro, 2012).....   | 40 |
| Tabela 10 – Limites inferior e superior ( $\alpha_1$ e $\alpha_2$ respetivamente) de exploração das turbinas (Adaptado de Castro, 2012)..... | 41 |
| Tabela 11 - Parâmetros disponíveis na estação da Ribeira dos Bispos. ....  | 70 |
| Tabela 12 – Organização dos caudais de forma quantitativa .....  | 72 |
| Tabela 13 - Cálculo dos tempos de paragem da central para o caudal médio anual. ....   | 74 |
| Tabela 14 - Cálculo dos tempos de paragem da central para o caudal máximo .....  | 75 |
| Tabela 15 - Características obtidas para seleção de turbina para a Ribeira dos Bispos. 76  |    |
| Tabela 16 - Características do canal existente.....  | 81 |
| Tabela 17 - Variação do declive para o canal existente. ....   | 82 |
| Tabela 18 - Parcelas consideradas no investimento inicial. ....  | 83 |
| Tabela 19 - Parcelas consideradas no investimento inicial – Cenário mais realista.....   | 84 |

# Abreviaturas e Símbolos

## Lista de abreviaturas

- APEA – Associação Portuguesa de Engenharia do Ambiente
- AR – Assembleia da República
- CMH – Central Mini Hídrica
- DL – Decreto-Lei
- EDA – Eletricidade dos Açores
- ERAC – Estratégia Regional para as Alterações Climáticas
- GEE – Gaz de Efeito de Estufa
- PCH – Pequena Central Hídrica
- SIARAM – Sentir e Interpretar o Ambiente dos Açores

## Lista de símbolos

- $A$  – Componente relativa à utilização privativa de águas do domínio público
- $a_1$  – Parâmetro “ $a$ ” da curva de vazão
- $a_2$  – Parâmetro “ $b$ ” da curva de vazão
- $A_m$  – Secção Transversal ( $m^2$ )
- $B$  – Largura do rotor da turbina Banki-Michell
- $B_i$  – Largura do injetor da turbina Banki-Michell
- $d$  – Diâmetro do eixo do rotor da turbina Banki-Michell
- $D$  – Diâmetro do rotor da turbina Banki-Michell
- $D_1$  - Diâmetro interno de uma turbina Francis
- $D_2$  – Diâmetro exterior de uma turbina Francis
- $D_3$  – Diâmetro intermédio de uma turbina Francis
- $D_e$  – Diâmetro externo de uma turbina Kaplan
- $D_i$  – Diâmetro interno de uma turbina Kaplan
- $d_i$  – Diâmetro interno do rotor da turbina Banki-Michell
- $d_{máx}$  – Diâmetro máximo do rotor da turbina Banki-Michell
- $D_p$  – Diâmetro primitivo do rotor da turbina Banki-Michell
- $E$  - Componente relativa à descarga de efluentes suscetível de causar impacte ambiental
- $E_a$  – Energia produzida

$E_d$  - Espessura do disco da turbina Banki-Michell

$g$  - Aceleração da gravidade

$h$  - Perda de carga

$H_b$  - Altura Queda Bruta

$h_c$  - Perdas de carga continua

$h_l$  - Perda de carga localizada

$H_u$  - Altura Queda Útil

$I$  - Componente relativa à extração de inertes do domínio público

$L$  - Comprimento

$\ln$  - Logaritmo natural

$n$  - Velocidade nominal da turbina

$n_i$  - Número de injetores

$N_M$  - Coeficiente de Manning ( $S/m^{1/3}$ )

$N_s$  - Velocidade específica de rotação

$O$  - Componente relativa à ocupação de terrenos ou planos de água do domínio público

$P$  - Potência

$p_{div}$  - Perdas elétricas diversas

$P_e$  - Potência no eixo da turbina Banki-Michell

$P_{el}$  - Potência na saída do gerador da turbina Banki-Michell

$p_{indisp}$  - Perda da produção por indisponibilidade da central

$P_m$  - Perímetro molhado

$P_N$  - Potência nominal instalada

$Q$  - Caudal

$Q(t)$  - Função do caudal em ordem ao tempo

$Q_C$  - Caudal de cheias

$Q_d$  - Caudal disponível

$Q_e$  - Caudal ecológico

$Q_{máx}$  - Caudal máximo

$Q_{méd}$  - Caudal médio

$Q_{min}$  - Caudal mínimo

$Q_N$  – Caudal nominal

$r$  – Raio

$R$  – Raio hidráulico

$S$  – Declive do canal

$t$  – Tempo

$t_0$  – Tempo em que o caudal de cheia é igualado ou excedido

$t_1$  – Tempo em que o caudal máximo é igualado ou excedido

$t_2$  – Tempo em que o caudal mínimo é igualado ou excedido

$U$  - Componente relativa à utilização de águas sujeitas a planeamento e gestão públicos suscetível de causar impacte ambiental

$V$  – Velocidade da água

$\alpha$  – Parâmetro para o cálculo do rendimento

$\alpha_1$  – Coeficiente da relação entre o caudal mínimo e o caudal nominal

$\alpha_2$  – Coeficiente da relação entre o caudal máximo e o caudal nominal

$\gamma$  – Peso volúmico da água

$\eta_c$  – Rendimento global do sistema

$\eta_G$  – Rendimento do gerador

$\eta_t$  – Rendimento da turbina

$\eta_T$  – Rendimento do transformador

$\rho$  - Densidade da água

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento e Motivações

É cada vez mais premente e fundamental, num contexto de alterações climática, que se encontrem alternativas energéticas sustentáveis em detrimento do uso de combustíveis fósseis. Nos últimos anos devido ao alto consumo e à sua escassez temporária no mercado, tem-se assistido a uma subida dos preços dos combustíveis fósseis o que motiva a procura por outras soluções que promovam o desenvolvimento sustentável. Por outro lado, num mundo em crise climática, ameaçado por alterações climáticas globais, o futuro da política energética mundial será sem qualquer dúvida as energias limpas e renováveis.

A penetração das Energias Renováveis é uma forma de combater o consumo excessivo de combustíveis fósseis e que permite reduzir as emissões de gases com efeitos de estufa para a atmosfera. Sendo assim torna-se imprescindível encontrar na Natureza recursos que existem em abundância e que consigam repor-se com uma velocidade maior do que aquela a que são consumidos. Neste sentido, tem-se verificado na Região Autónoma dos Açores uma grande aposta na produção de energia, através de fontes renováveis, principalmente energia geotérmica, eólica, hídrica e solar. Segundo a Direção Regional da Energia, em 2015 a Região Autónoma dos Açores tem uma penetração de Energias Renováveis de aproximadamente 37%, mas com uma capacidade instalada muito superior e prevê que em 2020 a penetração de Renováveis seja de 60% o que melhora a competitividade e eficiência do sistema electroprodutor e assim reduzindo custos de investimento e de operacionalidade.

Atualmente existe uma grande dependência de combustíveis fósseis, principalmente em regiões insulares como é o caso da Região Autónoma dos Açores. Devido à sua insularidade e grande afastamento dos grandes centros urbanos, este tipo de regiões têm uma dependência contínua de importação de bens, como o caso dos combustíveis, que é fundamental ao desenvolvimento das atividades locais. Para combater esta dependência do exterior e simultaneamente reduzir as emissões de gases com efeito de estufa, é necessário estudar e projetar alternativas que sejam energeticamente sustentáveis, utilizando os recursos existentes na região.

Na Região dos Açores, principalmente na ilha de São Miguel, ainda existem muitos recursos em subaproveitamento, principalmente recursos hídricos. De momento na ilha existem sete centrais em funcionamento em que quatro destas funcionam em “cascata” localizadas nas Furnas/Ribeira Quente. As restantes estão localizadas na Ribeira Grande e Água d’Alto (SIARAM, 2017). Apesar disso ainda existem outros locais da Ilha com caudais contínuos e com periodicidades interessantes como é o caso da Ribeira do Purgar e a Ribeira dos Bispos na Vila da Povoação. O

caudal destas Ribeiras tem sido monitorizado pela Secretaria Regional da Energia Ambiente e Turismo e apresenta dados interessantes que serão analisados no decorrer deste projeto.

## **1.2. Objetivos do projeto**

Este trabalho, que assume a forma de projeto, pretende valorizar, numa perspetiva integrada, não só o potencial hídrico da ilha que está subvalorizado, mas também o potencial turístico de uma linha de água que possui, infra-estruturas históricas que interessa valorizar e conservar. O trabalho aqui apresentado foi realizado no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão de Sistemas de Água da Universidade dos Açores – Faculdade de Ciências Agrárias e do Ambiente. É aqui descrito e desenvolvido um estudo de carácter geral sobre a realização de um aproveitamento hidroelétrico para produção de energia elétrica no concelho da Povoação. Desta forma pretende-se:

- Avaliar o setor elétrico e a penetração das energias renováveis na Ilha de São Miguel.
- Conhecer as características e a constituição de uma mini-hídrica, principalmente as de baixa queda;
- Conhecer as diversas etapas e estudos necessários ao dimensionamento de uma central mini-hídrica;
- Avaliar o local da implementação;
- Analisar a legislação aplicável ao tema em estudo.
- Prever possíveis impactes ambientais associados à construção de uma central mini-hídrica.
- Proceder a um estudo de carácter hidrológico que permita alcançar a potência a instalar no aproveitamento;
- Analisar as infraestruturas existentes, caso o aproveitamento seja feito através de um canal, ou edifício existente e abandonado.
- Dimensionar a turbina e o circuito hidráulico tendo em conta o recurso disponível.
- Prever o investimento correspondente ao projeto e o retorno futuro de modo a averiguar a viabilidade económica do projeto.

## **1.3. Roteiro do Projeto**

Este trabalho está dividido em 9 capítulos e 4 anexos.

No capítulo 1, pretende-se apresentar as principais motivações para a realização do projeto, e são definidos os objetivos principais que se pretende realizar durante este trabalho.

No capítulo 2 é realizado um enquadramento geográfico que pretende localizar o espaço onde o projeto terá lugar.

No capítulo 3 é apresentado um enquadramento ambiental que pretende dar a conhecer a situação ambiental no mundo e também algumas das medidas consideradas relevantes no combate à degradação do meio ambiente.

No capítulo 4 é apresentado o enquadramento setorial onde é descrita a evolução da procura de eletricidade nos Açores, a penetração das energias renováveis, produção e aquisição de energia, e o sistema elétrico da Ilha de São Miguel. O objetivo deste capítulo é demonstrar a forma como o setor elétrico tem vindo a progredir, beneficiando da entrada de energias alternativas.

No capítulo 5 são definidos alguns conceitos gerais sobre energia hídrica onde também é apresentado um breve texto sobre a história da energia hídrica nos Açores. Neste capítulo são também definidas as características e critérios de dimensionamento e classificação das centrais hídricas e a sua constituição.

No capítulo 6 são apresentados os processos de desenvolvimento de pequenas centrais hidroelétricas. O objetivo deste capítulo é descrever o processo de planeamento para a realização de um aproveitamento hidroelétrico, apresentando as diversas etapas que antecedem a decisão de avançar ou não para a construção da central. Para além disso, é apresentado um enquadramento da legislação que regula a produção hidroelétrica em moinhos ou outras infraestruturas hidráulicas.

No capítulo 7 é apresentado um estudo de caso, relativo ao dimensionamento de um aproveitamento hidroelétrico no concelho da Povoação. O estudo é iniciado através da interpretação das características da bacia hidrográfica da Vila da Povoação, das características da ribeira do Purgar e da ribeira dos Bispos que permitirão escolher o melhor local de aplicação, tendo em conta os recursos disponíveis. É realizado um estudo hidrológico que permite interpretar os dados obtidos através da estação hidrometeorológica com o objetivo de fazer a seleção da turbina e as primeiras estimativas sobre a potência e energia produzida. Por fim, são realizados os cálculos das características da turbina, os cálculos energéticos e o dimensionamento do canal de adução.

No capítulo 8 é realizado um estudo de viabilidade económica, onde é analisada a possibilidade de transformar dois antigos moinhos de água, com o objetivo de produzir energia elétrica e alugar a turistas. São apresentadas 3 análises económicas, onde é tido em conta: ser proponente do projeto e ser dono dos edifícios, a aquisição dos edifícios pelo proponente do projeto para apenas produção de energia elétrica, e a aquisição dos edifícios pelo proponente do projeto para produção de energia elétrica conjunta com o aluguer a turistas (turismo rural ou turismo de habitação).

Por fim, no capítulo 9, são apresentadas as principais conclusões obtidas deste projeto tendo em conta a concretização dos objetivos inicialmente propostos.