

*Diálogos entre Sociedade, Política, Técnica e Ciência*

**III Congresso para a Ciência e Desenvolvimento dos Açores**

**8º Congresso de Gestão e Conservação da Natureza**

**Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo**

**19-21 JUNHO, 2015**

# **LIVRO DE ATAS**

**III Congresso de Ciência e Desenvolvimento dos Açores & 8.º Congresso de Gestão e Conservação da Natureza**

### **Título**

Livro de atas do III Congresso de Ciência e Desenvolvimento dos Açores & 8.º Congresso de Gestão e Conservação da Natureza

### **ISBN**

978-989-98567-2-1

### **Data**

Junho de 2015

### **Presidente do Congresso**

Tomaz Lopes Cavalheiro Ponce Dentinho

### **Comissão Científica**

**Cláudia Ávila Gomes** (Universidade de Lisboa) **Pedro Raposeiro** (Universidade dos Açores) **Susana Serpa Silva** (Universidade dos Açores) **Alfredo Borba** (Universidade dos Açores) **Cidália Frias** (Universidade dos Açores) **Emiliana Silva** (Universidade dos Açores) **Adelino Ferreira** (Universidade de Coimbra) **Nuno Martins** (Universidade dos Açores) **António Félix Rodrigues** (Universidade dos Açores) **Helena Meneses e Vasconcelos** (Universidade dos Açores) **Tomaz Ponce Dentinho** (ACDA/Universidade dos Açores)

### **Comissão Organizadora**

**Lisandra Meneses** (ACDA) **Elisabete Martins** (ACDA/ APDR) **Tomaz Dentinho** (ACDA/ Universidade dos Açores)

### **Associação para a Ciência e Desenvolvimento dos Açores**

Centro Juvenil Beato João Batista Machado  
Canada da Penha de França, Pico da Urze, São Pedro  
9700-149 Angra do Heroísmo



# CONTEÚDO

---

<i>Comunicações I</i> .....	4
<b>Comunicações A1 – <i>Sustentabilidade na Saúde &amp; Energias Renováveis</i></b> .....	4
LOCALIZAÇÃO DE UMA HIPOTÉTICA CENTRAL HÍDRICA REVERSÍVEL NA ILHA TERCEIRA: CONDICIONANTES DE ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO .....	4
CENÁRIOS DE DESENVOLVIMENTO DE BAIXO CARBONO E RESILIENTES EM PEQUENOS ESTADOS INSULARES EM DESENVOLVIMENTO - CASO DE SÃO TOMÉ E PRÍNCIPE.....	13
<i>Comunicações II</i> .....	36
<b>Comunicações B1 – <i>Gestão e Conservação da Natureza, Criatividade Inovação e Interdisciplinariedade, Transportes e Logística, Infraestruturas e Equipamentos e Gestão Interdisciplinar da Paisagem</i></b> .....	36
ANÁLISE DOS RESULTADOS DO INQUÉRITO DE VALORAÇÃO ECONÓMICA DA ÁGUA APLICADO À POPULAÇÃO URBANA (ILHA TERCEIRA) .....	36
COMPLEXO RELIGIOSO DA COVOADA, NA ILHA DE SÃO MIGUEL, AÇORES: POSSÍVEL LOCAL DE EXERCÍCIOS ESPIRITUAIS JESUÍTAS ...	53
HABITAT SUITABILITY MODELLING OF ASPHODELUS BENTO- RAINHA E P. SILVA USING SPATIAL MULTICRITERIA ANALYSIS.....	60
ANÁLISE COMPARATIVA DE METODOLOGIAS PARA O DIMENSIONAMENTO DAS CAMADAS SUPERIORES DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS.....	67
SISTEMA DE INSPEÇÃO E MONITORIZAÇÃO COM UTILIZAÇÃO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS .....	78

# Comunicações I

---

## Comunicações A1 – *Sustentabilidade na Saúde & Energias Renováveis*

### **LOCALIZAÇÃO DE UMA HIPOTÉTICA CENTRAL HÍDRICA REVERSÍVEL NA ILHA TERCEIRA: CONDICIONANTES DE ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO**

---

Mónica Garcia<sup>1</sup>, Félix Rodrigues<sup>2</sup>, José Carlos Fontes<sup>3</sup>

<sup>1</sup>[monica.ffgarcia@gmail.com](mailto:monica.ffgarcia@gmail.com), Universidade dos Açores, Portugal

<sup>2</sup>[felix@uac.pt](mailto:felix@uac.pt), Universidade dos Açores, CITAA-A, Portugal.

<sup>3</sup>[jfontes@uac.pt](mailto:jfontes@uac.pt), Universidade dos Açores, Portugal

#### RESUMO

Na ilha Terceira o consumo elétrico oscila bastante ao longo do dia, havendo uma grande diferença entre os períodos noturno e diurno.

Com a introdução de novas fontes de produção de eletricidade, principalmente de energia eólica, haverá desperdício de energia nos períodos de vazio, não podendo, muitas vezes, ser introduzida na rede toda a energia produzida, por questões de ordem técnica.

Um sistema hídrico reversível poderá armazenar a energia excedente e utilizá-la nos períodos de maior consumo.

Neste trabalho são propostas quatro possíveis localizações para a construção de um sistema hídrico reversível na ilha Terceira, e são confrontadas estas localizações com quatro instrumentos de ordenamento do território: Regime Jurídico da Conservação da Natureza e da Proteção da Biodiversidade, o diploma de criação do Parque Natural da Ilha Terceira, o Plano Sectorial para a Rede Natura 2000 da Região Autónoma dos Açores e o Plano de medidas preventivas aplicáveis na área abrangida pela bacia hidrogeológica da Caldeira Guilherme Moniz/Pico Alto, na ilha Terceira.

**Palavras-Chave:** Central Hídrica Reversível, Ilha Terceira, ordenamento do território, possíveis localizações, energias renováveis.

#### 1. INTRODUÇÃO

As diferenças de consumo de eletricidade entre os períodos noturno e diurno são bem notórias na ilha Terceira. Há grandes consumos durante o período diurno, e uma significativa redução durante a noite, acarretando grandes dificuldades para o sistema electroprodutor, que deve dar resposta às necessidades dos consumidores, no entanto, não deve estar sobredimensionado.

A introdução de energias renováveis na rede, nomeadamente da energia eólica, que sofre grandes flutuações na produção, é limitada por questões técnicas.

Para fomentar uma maior penetração deste tipo de energia renovável na rede, deverá ser criado um sistema que armazene a energia em excesso nos períodos de menor consumo, e a coloque na rede quando necessário.

Neste trabalho foi feita uma análise de locais com características vantajosas para a implementação de um projeto de armazenamento de energia elétrica através do sistema hídrico reversível, que é atualmente o método mais utilizado para armazenar energia a ser futuramente distribuída na rede elétrica, tendo um elevado rendimento e uma grande capacidade de armazenamento (Projeto STORIES, 2014).

Foram enquadrados os locais escolhidos em alguns planos de gestão territorial, de forma a perceber se existem condicionantes.

### **CENTRAIS HÍDRICAS REVERSÍVEIS**

As centrais hídricas reversíveis armazenam energia elétrica sob a forma de energia potencial gravítica através do bombeamento de água para um reservatório a uma cota mais elevadas e posteriormente transformam o potencial da água a nível topográfico mais elevado em energia elétrica (Deane *et al.*, 2010).

Os principais componentes das centrais hídricas reversíveis são os reservatórios superior e inferior, as condutas forçadas que pode ser uma única conduta reversível, ou duas condutas, uma para o bombeamento e a outra para a turbinagem, e as turbinas bombas, ou conjunto turbina e bomba em separado.

### **LOCALIZAÇÃO DE UMA HIPOTÉTICA CENTRAL HÍDRICA REVERSÍVEL NA ILHA TERCEIRA**

As considerações iniciais para a localização de uma central hídrica reversível na ilha Terceira tiveram como principais pontos de focagem a existência de um reservatório (natural ou construído) e/ou declive acentuado. Na publicação “Aproveitamentos hidroelétricos reversíveis nas ilhas de São Miguel e Terceira – Avaliação técnica preliminar de potencialidades”, que serviu de base para a escolha de alguns dos locais mais apropriados considerados neste trabalho, são referidas as lagoas artificiais do Cabrito e das Cinco Ribeiras como potenciais reservatórios para centrais hídricas reversíveis, sendo também considerada de grande potencial a zona da Nasce Água – Serra do Morião pelo grande desnível topográfico obtido. Foi também avaliada a opção da

utilização do mar como reservatório inferior dadas as circunstâncias geográficas da ilha, com uma linha de costa de cerca de 127 km (SIARAM, 2014) e o sucesso da central hídrica reversível na ilha japonesa de Okinawa, (Pereira, 2009) localizada no Oceano Pacífico, no arquipélago de Ryukyu, que utiliza água do mar, tendo sido analisado no programa Google Earth os locais mais propícios junto à costa para um projeto desta natureza.

Os locais sugeridos, tendo em conta vários critérios técnicos, como os referidos anteriormente, para uma possível implementação do projeto na ilha Terceira foram:

- Zona do Cabrito – utilizando a lagoa artificial do Cabrito que se encontra a uma cota aproximada de 400 m, com capacidade de 200000 m<sup>3</sup>, como reservatório inferior, e construindo um reservatório superior numa zona de coordenadas médias
- 38°43'37''N e 27°11'37''O a uma cota de cerca de 650 m, produzindo uma queda bruta de cerca de 250 m.
- Zona da lagoa artificial das Cinco Ribeiras – utilizando a lagoa artificial das Cinco Ribeiras que se encontra a uma cota aproxima de 520 m, com capacidade de 100000 m<sup>3</sup>, como reservatório inferior, e construindo um reservatório superior numa zona de coordenadas médias 38°43'29''N e 27°18'24''O, a uma cota de cerca de 695 m, produzindo uma queda bruta de cerca de 175 m.
- Zona da Nasce Água – Serra do Morião – esta zona apresenta um grande potencial devido ao desnível topográfico que se obtém entre o topo da Serra do Morião e a zona da Nasce Água, no entanto, os dois reservatórios teriam de ser construídos de raiz. O reservatório inferior seria construído numa zona de coordenadas médias 38°40'42'' N e 27°12'48'' O a uma cota média de 191 m e o reservatório superior seria construído numa zona de coordenadas médias 38°41'36'' N e 27°12'24'' O a uma cota de cerca de 695 m, produzindo uma queda bruta de cerca de 396 m.
- Zona do Farol da Serreta – utilizando o mar como reservatório inferior, encontrando-se a central a um nível superior ao do mar, a uma cota de cerca de 30 m, e reservatório superior seria construído numa zona de coordenadas médias
- 38°45'40'' N e 27°21'54'' O a uma cota de cerca de 225 m, produzindo uma queda bruta de cerca de 195 m.

## ENQUADRAMENTO DOS LOCAIS ESCOLHIDOS EM ALGUNS PLANOS DE GESTÃO TERRITORIAL

No âmbito deste trabalho foram consultados o regime jurídico da conservação da natureza e da proteção da biodiversidade, o diploma de criação do Parque Natural da Ilha Terceira, o Plano Sectorial para a Rede Natura 2000 da Região Autónoma dos Açores e o Plano de medidas preventivas aplicáveis na área abrangida pela bacia hidrogeológica da Caldeira Guilherme Moniz/Pico Alto, na ilha Terceira.

Através do Sistema Regional de Informação Territorial, (2014) disponibilizado em <http://sig-sraa.azores.gov.pt/>, foram confrontadas as localizações escolhidas para implementação do projeto, com as áreas classificadas pelo regime jurídico da conservação da natureza e da proteção da biodiversidade (figuras 1, 3, 4 e 6) e pelo Plano Sectorial da Rede Natura 2000 (figuras 1, 3 e 6), na Região Autónoma dos Açores. A partir do mapa presente no anexo I do Decreto Legislativo Regional n.º 15/2010/A, que delimita a área de incidência das medidas preventivas da bacia hidrogeológica da Caldeira de Guilherme Moniz/Pico Alto, na ilha Terceira, foram também confrontadas as localizações escolhidas com o referido mapa (figuras 2 e 5).



**Figura 1** - Áreas classificadas pelo Plano Sectorial das Rede Natura 2000 e Regime Jurídico da Conservação da Natureza e da Proteção da Biodiversidade na zona do Cabrito (Sistema Regional de Informação Territorial, 2014).

A localização prevista do reservatório superior do projeto na zona do Cabrito encontra-se em zona protegida para a Gestão de Habitats e em Zona de Especial Conservação da Serra de Santa Bárbara – Pico Alto.

Segundo o regime jurídico da conservação da natureza e da proteção da biodiversidade, nas áreas protegidas para a Gestão de Habitats, sempre que os regulamentos dos planos

municipais de ordenamento do território aplicáveis não contenham normas específicas sobre a gestão das áreas protegidas e nas áreas não abrangidas pelos planos, algumas atividades dependem de parecer da autoridade ambiental.

Neste caso, atividades que podem estar relacionadas com o projeto hídrico reversível e que necessitam de parecer são por exemplo: realização de obras

de construção civil, com exceção das obras de reconstrução, demolição, conservação de edifícios e ampliação desde que esta não envolva aumento de área de implantação superior a 50% da área inicial e a área total de implantação, depois de realizada a ampliação, não seja superior a 100 m<sup>2</sup>; alteração do uso do solo que abranja áreas contínuas superiores a 1 ha; alterações à morfologia do solo, com exceção das decorrentes das normais atividades agrícolas e florestais; abertura de novas vias de comunicação ou acesso, bem como o alargamento, a pavimentação e a repavimentação das existentes; instalação de infraestruturas de eletricidade e telecomunicações, aéreas ou subterrâneas, de transporte de combustíveis líquidos ou gasosos, de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, e de aproveitamento de energias renováveis ou similares.

De acordo com o Plano Sectorial da Rede Natura 2000, a instalação de infraestruturas de produção e transporte de energia em Zonas de Especial Conservação fica obrigada a uma Avaliação de Impacte Ambiental.

As áreas de reserva natural acarretam condicionantes mais restritivas, no entanto, nenhum elemento do projeto se encontra dentro deste tipo de área, embora o reservatório superior se localize muito próximo da Reserva natural da Terra Brava e Criação das Lagoas.



**Figura 2** - Área de proteção abrangida pelas medidas preventivas da bacia hidrogeológica da Caldeira de Guilherme Moniz/Pico na zona do Cabrito (Decreto Legislativo Regional n.º 15/2010/A).

A zona do Cabrito encontra-se ainda abrangida pelo diploma de medidas preventivas da bacia hidrogeológica da Caldeira de Guilherme Moniz/Pico (área à esquerda da linha da imagem). Nesta zona, algumas das práticas que podem vir a estar relacionadas com a construção de uma central hídrica reversível e que são proibidas segundo o Decreto Legislativo Regional n.º 15/2010/A são: construção de edifícios ou outras instalações e realização de arroteias.

Segundo o mesmo diploma, e na mesma área, dependem de autorização do membro do Governo Regional com competência em matéria de recursos hídricos, as seguintes atividades que poderão estar relacionados com um projeto hídrico reversível: alterações, por meio de aterros ou escavações, da configuração geral do terreno; alteração do coberto vegetal; destruição do solo vivo e do coberto vegetal; derrube de árvores em maciço, qualquer que seja a área; abertura de novas vias de comunicação e alteração das existentes, nomeadamente por correção ou pavimentação; passagem de linhas elétricas ou telefónicas; quaisquer outros atos ou atividades suscetíveis de afetarem de forma relevante a integridade ou características da área delimitada.



**Figura 3** - Áreas classificadas pelo Plano Sectorial das Rede Natura 2000 e Regime Jurídico da Conservação da Natureza e da Proteção da Biodiversidade na zona junto da lagoa das Cinco Ribeiras (Sistema Regional de Informação Territorial, 2014).

Na zona de implementação do projeto nas Cinco Ribeiras, parte do terreno escolhido para implementação do reservatório superior encontra-se na Zona de Especial Conservação da Serra de Santa Bárbara – Pico Alto e em área protegida para a Gestão de Habitats.

Na Zona de Especial Conservação, como já referido anteriormente, a instalação de infraestruturas de produção e transporte de energia fica obrigada a uma Avaliação de Impacte Ambiental.

Nas áreas protegidas para a Gestão de Habitats aplica-se o já mencionado na zona do Cabrito para as áreas protegidas para a Gestão de Habitats.



**Figura 4** - Área classificada pelo Regime Jurídico da Conservação da Natureza e da Proteção da Biodiversidade na zona da Serra do Morião (Sistema Regional de Informação Territorial, 2014).

A zona da Serra do Morião, encontra-se sobre proteção para a gestão de recursos. No diploma do Regime Jurídico da Conservação da Natureza e da Proteção da Biodiversidade e no Parque Natural da Ilha Terceira, para as áreas protegidas de gestão de recursos não são mencionadas condicionantes específicas, no entanto, estas áreas têm como objetivos preferenciais a gestão e preservação de habitats naturais e seminaturais e de espécies da flora e da fauna e a adoção de medidas de gestão que compatibilizem o uso sustentável dos recursos e a manutenção da qualidade ecológica dos mesmos.



**Figura 5** - Área de proteção abrangida pelas medidas preventivas da bacia hidrogeológica da Caldeira de Guilherme Moniz/Pico na zona da Serra do Morião (Decreto Legislativo Regional n.º 15/2010/A).

A zona da Serra do Morião encontra-se ainda abrangida pelo diploma de medidas preventivas da bacia hidrogeológica da Caldeira de Guilherme Moniz/Pico (área acima de linha da imagem). Nesta zona, algumas das práticas são proibidas e outras dependem de autorização do membro do Governo Regional com competência em matéria de recursos hídricos, como já mencionado anteriormente.



**Figura 6** - Áreas classificadas pelo Plano Sectorial das Rede Natura 2000 e Regime Jurídico da Conservação da Natureza e da Proteção da Biodiversidade na zona da Ponta da Serreta (Sistema Regional de Informação Territorial, 2014).

Na zona de implementação do projeto na Serreta, parte do sistema localiza-se na Zona de Especial Conservação da Serra de Santa Bárbara – Pico Alto. Desta forma, a instalação de infraestruturas de produção e transporte de energia fica obrigada a uma Avaliação de Impacte Ambiental.

Para a área protegida de Gestão de Recursos aplica-se o já mencionado na zona da Serra do Morião para as áreas de Gestão de Recursos.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

É de extrema relevância a criação de um sistema de armazenamento de energia elétrica nos períodos de vazio na ilha Terceira, de forma a permitir uma maior penetração de energias renováveis na rede, especialmente de energia eólica, dado o grande potencial na região.

O sistema hídrico reversível poderá ser uma boa solução, uma vez que esta tecnologia de armazenamento já se encontra bem desenvolvida e os rendimentos comparados com outros métodos de armazenamento são elevados, no entanto, todas as possíveis localizações de uma hipotética central hídrica reversível na ilha Terceira estudadas neste trabalho têm condicionantes relacionados com o ordenamento do território.

São proibidas construções nas zonas da Serra do Morião e em parte da zona do Cabrito, inviabilizando os projetos Nasce Água – Serra do Morião e Cabrito. Os outros dois locais ficam sujeitos a Avaliação de Impacte Ambiental.

Na zona junto da lagoa artificial das Cinco Ribeiras, caso o reservatório inferior seja construído um pouco abaixo do local previsto neste trabalho, o projeto deixa de estar condicionado por qualquer regime aqui avaliado.

### **BIBLIOGRAFIA**

Decreto Legislativo Regional n.º 20/2006/A de 6 de Junho. *Diário da República, 1.ª série A — N.º 109.*

Decreto Legislativo Regional n.º 15/2010/A de 9 de Abril. *Diário da República, 1.ª série — N.º 69.*

Decreto Legislativo Regional n.º 11/2011/A de 20 de Abril. *Diário da República, 1.ª série — N.º 78.*

Decreto Legislativo Regional n.º 15/2012/A de 2 de Abril. *Diário da República, 1.ª série — N.º 66.*

EDP, (2008). *Aproveitamentos hidroelétricos reversíveis nas ilhas de São Miguel e Terceira – Avaliação técnica preliminar de potencialidades.*

Pereira A., (2009). *Avaliação de Impacte Ambiental no Armazenamento Energético por Bombagem de Água - Comparação entre o Uso de Água Doce e de Água Salgada na Ilha de São Miguel.* Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Instituto Superior Técnico de Lisboa.

Projeto STORIES, (2014). *Aumento da Penetração de Fontes de Energia Renovável em Ilhas*. ROADMAP. (Deane *et al.*, (2010).

SIARAM (Sentir e Interpretar o Ambiente dos Açores), (2014). *Informação Genérica sobre a ilha Terceira*. Acedido em: <http://siaram.azores.gov.pt/geografia/terceira/informacao-generica.html>, a 13 de Outubro de 2014.

Sistema Regional de Informação Territorial, (2014). Acedido em: <http://sig-sraa.azores.gov.pt/>, a 2 de Outubro de 2014.

## **CENÁRIOS DE DESENVOLVIMENTO DE BAIXO CARBONO E RESILIENTES EM PEQUENOS ESTADOS INSULARES EM DESENVOLVIMENTO - CASO DE SÃO TOMÉ E PRÍNCIPE**

---

**Rita Sousa<sup>1</sup>, Inês Mourão<sup>2</sup>, Gonçalo Cavalheiro<sup>2</sup>, Adérito Santana<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>NIPE and School of Economics and Management, University of Minho, Escola de Economia e Gestão (EEG), Campus de Gualtar, 4710 - 057 Braga, Telefone: 00 351 253604510, [ritasousa@eeg.uminho.pt](mailto:ritasousa@eeg.uminho.pt)

<sup>2</sup>CAOS, Borboletas e Sustentabilidade Lda

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Meteorologia de São Tomé e Príncipe

### **RESUMO**

Os Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento dependem, na grande maioria, do petróleo importado para satisfação das suas necessidades energéticas. Por esta razão, muitos atendem à necessidade de orientar as suas economias para opções de baixo carbono. Este trabalho tem como objetivo listar as opções de desenvolvimento de baixo carbono de longo prazo, que constituem um cenário de desenvolvimento de baixocarbono e resiliente, no contexto de um Pequeno Estado Insular em Desenvolvimento, São Tomé e Príncipe, de forma robusta. Essas opções são avaliados com base numa análise de custo marginal de tonelada de carbono poupado. Os dados são na totalidade validados localmente, junto de instituições nacionais santomenses, por forma a resolver o problema de lacunas significativas nos dados existentes.

Os principais resultados mostram que São Tomé e Príncipe importa 32% de sua energia final, sendo os restantes 67% reportados ao uso de lenha e carvão e 1% à hidroeletricidade. No cenário de referência, tipo *business-as-usual*, definido até 2030, o país continuará a ter emissões de carbono líquidas negativas (-334 KtCO<sub>2</sub>eq.). Em simultâneo espera-se um aumento das emissões relativas à procura de energia final, que quase duplica (233 KtCO<sub>2</sub>eq.) (módulo da procura). Além disso, observa-se uma redução quase imperceptível nas emissões de geração de eletricidade (módulo de transformação). Dentro da metodologia especificada, analisam-se duas medidas de desenvolvimento de baixo carbono: 1. implementação de eletricidade renovável, o que inclui a implementação de 13 mini-hídricas e 3 MW de energia solar fotovoltaica; e 2, a troca de combustível de

*diesel* para gás propano de 30 MW, numa indústria. Nos resultados, verifica-se uma poupança de emissões, e, portanto, uma menor intensidade carbónica do PIB.

No futuro próximo serão incluídas na análise medidas adicionais relacionadas com as melhorias na rede elétrica, a redução da desflorestação e a introdução de fogões melhorados. Será também construído o cenário de mitigação, que permitirá uma avaliação do impacto sectorial das medidas. Os resultados deste estudo têm implicações diretas na política energética e climática do país, e permitem a seleção das ações prioritárias a empreender e definição das ações de formação necessárias nessas áreas.

**Palavras-chave:** cenários de energia; política energética; Pequenos Estados Ilha em Desenvolvimento (SIDS); desenvolvimento de baixo carbono.

## 1. INTRODUÇÃO

As previsões de crescimento económico e correspondentes ações de fornecimento de energia e gestão da procura são de fundamental importância, no longo prazo, em Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento (SIDS). Estes países, geralmente sem recursos fósseis endógenos, dependem fortemente da importação de combustíveis fósseis. Por esta razão, muitos Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento atendem à necessidade de orientar as suas economias para opções de baixo carbono, que representam também maior autossuficiência energética. As fontes renováveis de energia são boas opções, fornecendo energia a um custo menor e criando um país mais sustentável (Weisser 2004, Dornan and Jotzo 2015). Outras soluções, tais como medidas de eficiência energética ou outras ações relacionadas com o sector do uso do solo, alteração do uso do solo e floresta, podem contribuir para a solução a longo prazo de reduzir a intensidade de carbono do PIB. No entanto, quaisquer que sejam as soluções identificadas devem ser devidamente coordenadas, a fim de economizar recursos e contribuir mais eficazmente para o desenvolvimento sustentável. Um problema crítico e transversal na preparação de cenários macroeconómicos de longo prazo, nos países menos desenvolvidos, está relacionado com a falta de dados fiáveis com a frequência desejada e com uma série temporal significativa. Os países tendem, por isso, a aplicar soluções isoladas, e às vezes não articuladas.

Este trabalho tem como objetivo listar as opções de desenvolvimento de baixo carbono de médio ou longo prazo, que constituem um cenário de desenvolvimento de baixocarbono e resiliente, no contexto de um Pequeno Estado Insular em Desenvolvimento, São Tomé e Príncipe, de forma robusta. Seguindo Dietz and Hepburn

(2013) e Heinrich Blechinger and Shah (2011), essas opções são então avaliados com base na análise de custo marginal da tonelada de carbono poupada com a medida. A análise é feita usando uma ferramenta de *software* amplamente reconhecido para a análise política energética e avaliação de mitigação das mudanças climáticas, o LEAP (Heaps 2012), como feito por Huang *et al.* (2011), e McPherson and Karney (2014). Os dados são na totalidade validados localmente, em São Tomé e Príncipe, junto das partes interessadas locais, nomeadamente instituições do Estado, por forma a resolver o problema de lacunas significativas nos dados existentes.

Dentro da metodologia especificada, analisam-se duas medidas de desenvolvimento de baixo carbono: 1. implementação de eletricidade renovável, o que inclui a implementação de 13 mini-hídricas e 3 MW de energia solar fotovoltaica e 2. desenvolvimento de ações de eficiência energética, respeita a uma troca de uso de combustível *diesel* para gás propano de 30 MW, numa indústria.

Perspetiva-se ainda a viabilidade da introdução de outras medidas, como a redução nas perdas na rede de distribuição de energia elétrica, a redução na desflorestação e outras medidas de florestas, mais vastas, e a implementação de fogões melhorados para lidar com o alto consumo de lenha e carvão vegetal (via produtores cooperados carvão). Estas medidas serão introduzidas no estudo brevemente.

Também será acrescido ao estudo uma análise multi-critério a cada medida. Este procedimento valoriza a contribuição de medidas à redução de emissões de GEE identificadas, e à redução da vulnerabilidade das comunidades e as economias locais. Também é valorizada a contribuição das medidas para fatores que concorrem para a sustentabilidade, tais como a redução da pobreza. Por fim, próximos passos incluem a construção do cenário de mitigação, feito através do acréscimo dos custos, benefícios e reduções de emissões das medidas de mitigação no cenário de referência. Conseguir-seá assim uma avaliação do impacto sectorial das medidas.

Os resultados deste estudo têm implicações diretas na política energética e climática do país e climática, e permitem a seleção das ações prioritárias a empreender e definição das ações de formação necessárias nessas áreas.

No capítulo 2 apresentam-se os dados recolhidos e a metodologia utilizada, no capítulo 3, os principais resultados relativos ao cenário de referência, e à análise de custo marginal das medidas de mitigação, e por fim, conclui-se o trabalho no capítulo 4.

## 2. DADOS E METODOLOGIA

Para construção do cenário de base foi utilizado o *software* LEAP para rastrear o consumo de energia, a produção e extração de recursos em todos os sectores da economia e a contabilização das emissões de GEE. O LEAP está rapidamente a tornar-se *standard* no planeamento integrado de recursos, na avaliação da redução de emissões de gases com efeito estufa (GEE) e no desenvolvimento de Estratégias de Desenvolvimento com Baixas Emissões (LEDS), especialmente no mundo em desenvolvimento. Muitos países também optaram por usar o LEAP como parte de seu compromisso de informação à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC). Alguns exemplos de aplicação do LEAP incluem O *UNDP Low Emission Capacity Building Programme*, 2012 – uma iniciativa de suporte aos efeitos de mitigação, LEDS e sistemas de MRV para 25 países participantes (Argentina, Butão, Chile, China, Colômbia, Costa Rica, República Democrática do Congo, Equador, Egito, Gana, Indonésia, Quênia, Líbano, Malásia, México, Moldávia, Marrocos, Peru, Filipinas, Tanzânia, Tailândia, Trinidad e Tobago, Uganda, Vietnam e Zâmbia),

“Cenário de redução profunda de carbono para a China”, 2012; “Cenário sustentável para o sector de geração de energia na Venezuela em 2050 e os seus custos”, 2012; entre muitos outros<sup>1</sup>.

O LEAP é um modelo de simulação usado para representar a situação energética atual de uma determinada área e desenvolver projeções para o futuro, sob certas premissas. Em primeiro lugar, é criada uma visão geral da situação atual especificando dados para o ano de arranque e seguintes, incluindo a utilização de energia final (procura) e a transformação de energia primária em final (transformação), e ainda variáveis macroeconómicas. Com esta informação desenvolve-se um cenário de base assumindo uma continuação das tendências atuais. Depois disto, as intervenções podem ser avaliadas usando cenários. Os cenários são desenvolvidos ao se perguntar "e se?" As questões a responder são do tipo: “e se o crescimento da população diminui?”, “e se fogões melhorados são introduzidos?”. Em resumo, o LEAP calcula:

- as **emissões históricas com base nos fatores de emissão** da sua base de dados e dos montantes de capacidade e produção reportados

---

<sup>1</sup>Outros exemplos podem ser consultados em:

<http://www.energycommunity.org/default.asp?action=45#sthash.Uj1R8Pqe.dpbs> e aqui: <https://www.zotero.org/groups/sei-leap/items>

- as **emissões projetadas para um cenário-base** partindo das necessidades energéticas associadas ao crescimento da população, do PIB, do VAB sectorial, e da partição de energia que existe dentro de cada sector
- as **emissões projetadas para cenários-mitigação** aplicando medidas de poupança ao cenário-base.

Para os cálculos referidos, o LEAP articula-se através de três módulos, dois deles com maior pormenor (procura e transformação de energia – por ser um programa de planeamento energético):

### 1. Procura de energia,

### 2. Transformação de energia e

### 3. Um mais simples contabilização das emissões de sectores não-energia.

A estrutura de São Tomé e Príncipe construída no LEAP é definida na seguinte árvore:

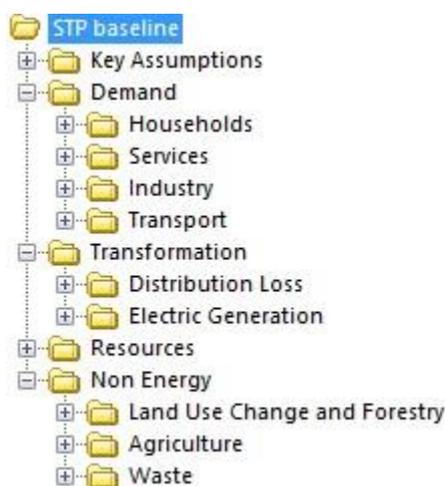


Figura 1 - Árvore LEAP de São Tomé e Príncipe.

Descreve-se de seguida, em maior pormenor, o papel dos 3 módulos principais do LEAP, procura, transformação e sectores não-energia:

### 1. Procura de energia

O LEAP segue abordagem orientada para a procura de energia final, o que significa que a análise começa a partir dessa utilização final de energia. No módulo da “procura” o programa divide a sociedade numa estrutura de árvore hierárquica: sectores, subsectores e dispositivos. O consumo total por combustível para cada ano é calculado somando-se o consumo para todos os subsectores e sectores. Isto é, a procura é calculada através de dados históricos introduzidos para anos prévios. Também é estimada a procura de energia para os anos futuros tendo em conta:

a taxa de crescimento prevista do PIB e correspondente %VAB do sector em causa  
a evolução dos últimos anos da procura por sector/combustível desse sector

Com base nesta informação o LEAP calcula uma projeção de crescimento da procura de energia sectorial e por combustível.

Os cenários futuros alternativos podem ser desenvolvidos alterando os parâmetros de procura por três diferentes formas:

- especificando valores explícitos para determinados anos,
- especificando novas taxas de crescimento anuais ou
- usando diferentes drivers (por exemplo, PIB).

## 2. Transformação de energia

Antes de ser utilizada pelos consumidores, a energia primária tem de ser transformada através de energia secundária em energia final. Estes processos de transformação com as suas eficiências e perdas são incorporados no modelo, a fim de calcular a quantidade total de energia primária que é necessária para produzir a energia final exigida.

Diferentes níveis de complexidade dos processos de transformação podem ser distinguidos, sendo a mais simples a entrada individual e saída única com apenas um fator de eficiência, como por exemplo, a produção de eletricidade com gás natural.

À semelhança da análise da procura de energia, a evolução da utilização de diferentes tecnologias de transformação pode ser simulada em cenários.

A conversão, transmissão e distribuição de recursos é feita com base numa simulação de modelos de engenharia. A hierarquia utilizada é a mais simples, em que existem módulos, cada uma contendo um ou mais "processos". Cada processo pode ter um ou mais combustíveis. O programa calcula também importações, exportações e as necessidades de recursos primários. O cálculo da produção de eletricidade, em resposta à procura identificada, é então feito considerando:

Capacidade ou potência: no modelo apresentado a capacidade instalada foi definida exogenamente especificando a capacidade atual e futura do país.

Despacho: o LEAP despacha a produção com base na produção de energia histórica, para atender à procura total (em MWh).

Balço energético: o LEAP constrói um sistema de contabilidade que descreve os fluxos de energia, durante um determinado período:

$$P + I - X = L + C_F$$

P = energia primária produzida

I = importações

X = exportações

L = perdas no sector de transformação

C<sub>F</sub> = utilização de energia final no sector de consumo.

### 3. Sectores não-energia

A introdução deste módulo é apenas considerado no cálculo das emissões do país. Estas emissões estão são originadas noutras atividades que não a utilização de energia. Todos os demais consumos de energia são incluídos em ‘procura’.

Em São Tomé e Príncipe, para além da utilização de energia, a emissão de GEE existe nos sectores de uso do solo, alteração do uso do solo e floresta, da agricultura, e da deposição de resíduos. De forma mais resumida, a informação deste módulo apenas surge nos resultados relativos a emissões de GEE.

Para obtenção desta informação sobre sectores não-energia, quando não há dados nacionais recentes, a fonte utilizada internacionalmente é o **CAIT 2.0 – uma base de dados do World Resources Institute (WRI)**.

#### Dados macroeconómicos

O PIB em São Tomé e Príncipe cresceu 4,30% em 2013 em relação ao ano anterior. A taxa de crescimento anual do PIB é de 5,02% ano em média a partir de 2002 até 2013, atingindo um máximo de 12,60% em 2006 e um mínimo de 1,60% em 2005 (*Trading Economics*, 2013).

**Tabela 1 – PIB, vários preços, 2005-2012.**

	<b>PIB, PPP (2011 intern bill \$)</b>
<b>2005</b>	0,384214871
<b>2006</b>	0,404272454
<b>2007</b>	0,412340663
<b>2008</b>	0,44975879
<b>2009</b>	0,467852054
<b>2010</b>	0,488958783
<b>2011</b>	0,513130212
<b>2012</b>	0,533655421

Fonte: *World Development Indicators 2012 (WDI) - World Bank national accounts data*

Foram recolhidos diferentes cenários de crescimento do PIB em São Tomé e Príncipe Banco Mundial (2011 e 2012), Banco de Desenvolvimento Africano (AfDB), Agência de Informação de Energia dos EUA (EIA), uma agência de informação de indicadores económicos (Trading Economics), e ainda do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC) (valores brutos mundiais resultantes de 148 cenários). Juntamente com as entidades locais concluiu-se o cenário de crescimento do PIB sumariado na **Tabela 2**.

**Tabela 2** – Cenário para crescimento do PIB em STP – 2030.

	2013	2014	2015	2016	2020	2030
<b>Ministério Finanças de STP</b> (OE2014 – DO e FMI; Fonte interna STP para 2030)	4	5	5,5	5,5	5,5	5,5

*Unidade: % crescimento anual real*

Na análise sectorial também se considera o valor acrescentado bruto (VAB). O PIB total resulta da soma do valor acrescentado na indústria, sectores da agricultura e dos serviços. Os dados estão organizadas por sector e combustível para os sectores doméstico, serviços, agricultura e outros não especificados. Na indústria a informação é organizada por subsectores. Nos transportes a informação é organizada pelo modo.

**Tabela 3** – VAB sectorial em % do PIB, 2005-2006.

Ano	Agricultura (% of PIB)	Serviços (% of PIB)	Indústria (% of PIB)
2005	17,26	62,66	20,08
2006	15,85	67,30	16,85

Fonte: Banco Mundial, *World Development Indicators* 2012

Pressupõe-se que o crescimento do VAB sectorial é proporcional ao crescimento do PIB, na mesma proporção que no último ano conhecido (2006).

Quanto à evolução de variáveis de energia, supõem-se que o crescimento da procura de energia é proporcional às necessidades, calculado pelo LEAP® como média ponderada de taxa de crescimento histórica média, associada ao crescimento da procura, por sua vez associada ao crescimento da riqueza nacional, e à população.

A capacidade instalada (térmica e hídrica) para produção elétrica é a apresentada na tabela seguinte.

**Tabela 4** – Capacidade instalada para produção de eletricidade, 2005-2010.

	<b>Térmica (MW)</b>	<b>Hídrica (MW)</b>	<b>Total (MW)</b>
<b>2005</b>	12	2,3	14,3
<b>2006</b>	12	2,3	14,3
<b>2007</b>	12	2,3	14,3
<b>2008</b>	12	2,3	14,3
<b>2009</b>	12	2,3	14,3
<b>2010</b>	12	2,3	14,3
<b>2011</b>	12	2,3	14,3
<b>2012</b>	27	2,3	29,6

Fonte: 2000-2010 *UN Data – Energy Statistics Database*, 2012 – Tabela 10, Livro Branco sobre Energia (PNUD, 2013)

É inexistente a produção elétrica por outras fontes. Assim, a produção nacional de eletricidade até 2012 é:

**Tabela 5** – Produção de energia elétrica por fonte, 2000-2012.

	<b>Hídrica (GWh)</b>	<b>Térmica (fuel) (GWh)</b>	<b>Total (GWh)</b>
2005	4	35	39
2006	8	32	40
2007	10	33	43
2008	8	37	45
2009	7	42	49
2010	5	49	54
2011	10	50	60
2012	6	71	77

Fonte: 2000-2011, *US EIA - International Energy Statistics*; 2012 – Livro Branco sobre Energia (PNUD, 2013)

Já o cálculo das perdas é conseguido através da diferença entre produção e consumo:

**Tabela 6** – Geração, consumo e perdas de eletricidade, 2006-2012.

<b>GWh</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
<b>Geração</b>	42,826	49,045	50,709	48,919	57,205	67,226	76,857
<b>Consumo</b>	29,397	31,731	29,834	29,119	34,792	42,802	48,892
<b>% perdas</b>	31%	35%	41%	40%	39%	36%	36%

Fonte: Livro Branco sobre Energia STP (PNUD, 2013)

Em termos da procura de energia consideram-se os sectores: doméstico/residencial, agricultura, serviços, indústria, transporte, não especificado, e não-energia. Calcularam-se os seguintes valores a partir de informação fornecida nacionalmente:

**Tabela 7** – Consumo sectorial de energia, por tipo de energia final, 2012.

	Lenha	Carvão	Gás Butano	Elêtric.	Petróleo	Gasolina	Gasóleo	Total
<b>Doméstico</b>	<b>69214</b>	<b>21333</b>	<b>0</b>	<b>2158</b>	<b>4880</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>97585</b>
<b>Indústria</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>184</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6818</b>	<b>7002</b>
<b>Serviços</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>200</b>	<b>1861</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2061</b>
<i>Comércio</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>200</i>	<i>562</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>762</i>
<i>Administ. Pública</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>611</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>611</i>
<i>Outros</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>688</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>688</i>
<b>Transportes</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7665</b>	<b>20453</b>	<b>28118</b>
<b>Total energia por</b>	<b>69214</b>	<b>21333</b>	<b>200</b>	<b>4204</b>	<b>4880</b>	<b>7665</b>	<b>27270</b>	<b>134765</b>

Fonte: Livro Branco sobre Energia (PNUD, 2013) e estudos próprios; Unidade: Tep

Os fatores de conversão utilizados nos cálculos anteriores de consumo sectorial de energia foram os seguintes:

**Tabela 8** – Fatores de emissão utilizados nos cálculos.

	Lenha	Carvão	Gás Butano	Petróleo	Gasolina	Gasóleo
<b>GJ/t</b>	13,800	30,800	49,10			
<b>tep/t</b>	0,330	0,736	1,173	1,00	1,05	1,01
<b>tep/kt</b>	330	736	1173	1000	1050	1010

Fonte: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (<http://www.fao.org/docrep/x2740e/x2740e05.htm>) e Universidade de Berkeley, CA ([http://astro.berkeley.edu/~wright/fuel\\_energy.html](http://astro.berkeley.edu/~wright/fuel_energy.html))

Quanto às emissões de sectores não-energia, como já referido na metodologia, incluem emissões de processos industriais (associados usualmente à produção de cimento), uso do solo e florestas, agricultura, resíduos. Em resumo, as emissões globais reportadas pelo país, em 1998 e 2005, são as indicadas na tabela em baixo.

**Tabela 9** – Emissões totais de GEE para 1998 e 2005 (Kt CO<sub>2</sub>eq.).

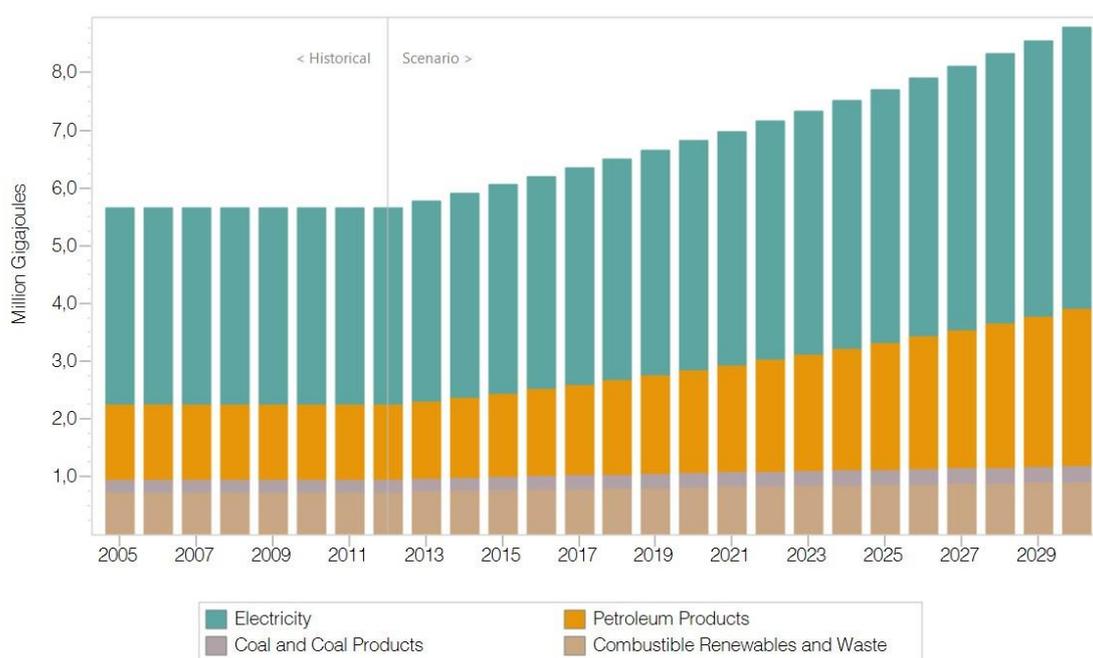
Sectores	1998	2005
Energia		79,08
Processos Industriais e Resíduos	34,08	13,96
Florestas e outros usos da terra ( <i>excluindo remoções</i> )	73,78	73,78
Agricultura e Pecuária	43,15	7,42
<b>Total das Emissões</b>	<b>34,085</b>	<b>13,96</b>
<b>Estimativa de remoções CO<sub>2</sub></b>		
Agricultura, Floresta & outros usos da terra	<b>704,55</b>	<b>727,57</b>

Fonte: 2ª Comunicação Nacional, tabela 14 (STP, 2011)

### 3. RESULTADOS

Através dos dados recolhidos construiu-se o cenário de base de produção e consumo de energia, e consequentes emissões. Resumem-se os resultados nas figuras apresentadas neste capítulo. A contabilização final da energia utilizada é feita em milhões de GigaJoules (M GJ), e a das emissões de GEE em quilotoneladas (KtCO<sub>2</sub>eq.), para melhor compreensão, tendo-se utilizado para a conversão de outros GEE que não CO<sub>2</sub> os Potenciais de Aquecimento Global (PAG) do Quarto Relatório de Avaliação (AR4) do IPCC num horizonte temporal de 100 anos.

#### Cenário de utilização de energia até 2030



**Figura 2** – Consumo de energia por energia final (MGJ), cenário base, 2005-2030.

No gráfico acima (Figura 2) temos a partição do consumo total de São Tomé e Príncipe pelas energias finais que o país utiliza. Vemos que a grande parte desse consumo se refere ao uso de eletricidade. Tanto a eletricidade como os produtos petrolíferos seguem a mesma tendência de crescimento, associada ao crescimento económico previsto do país. Noutra perspetiva apresenta-se na Figura 3, abaixo, o mesmo consumo total de energia do país, mas dividido pelos sectores existentes. Nota-se que o sector residencial é o que mais energia utiliza. Todos os sectores têm um crescimento de utilização de energia proporcional ao próprio crescimento do seu VAB definido nos pressupostos.

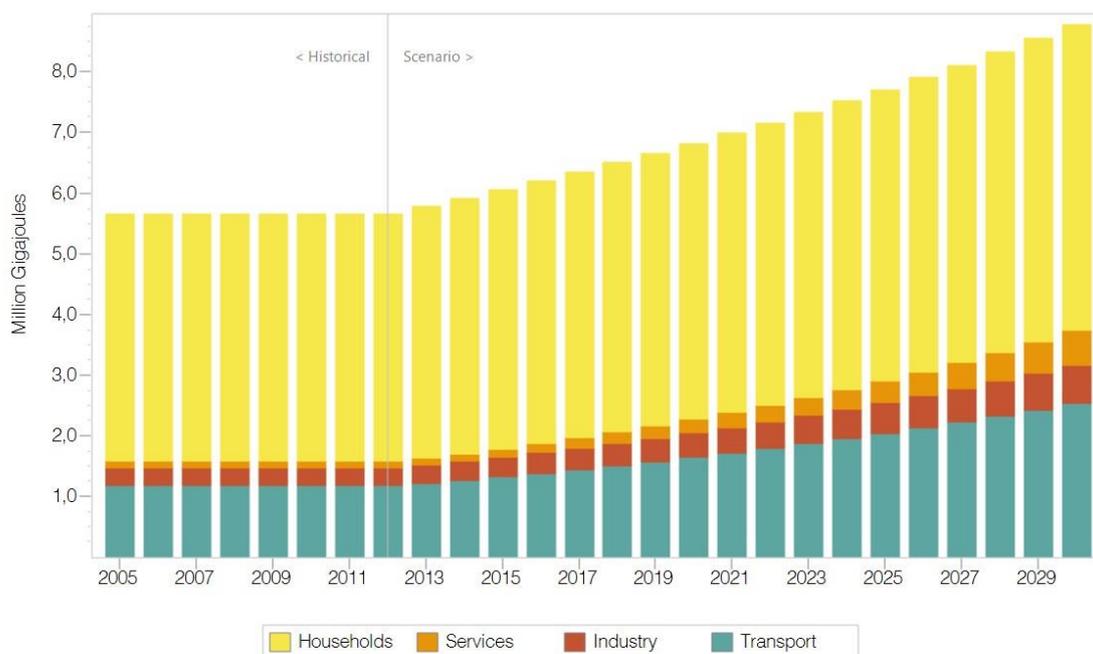
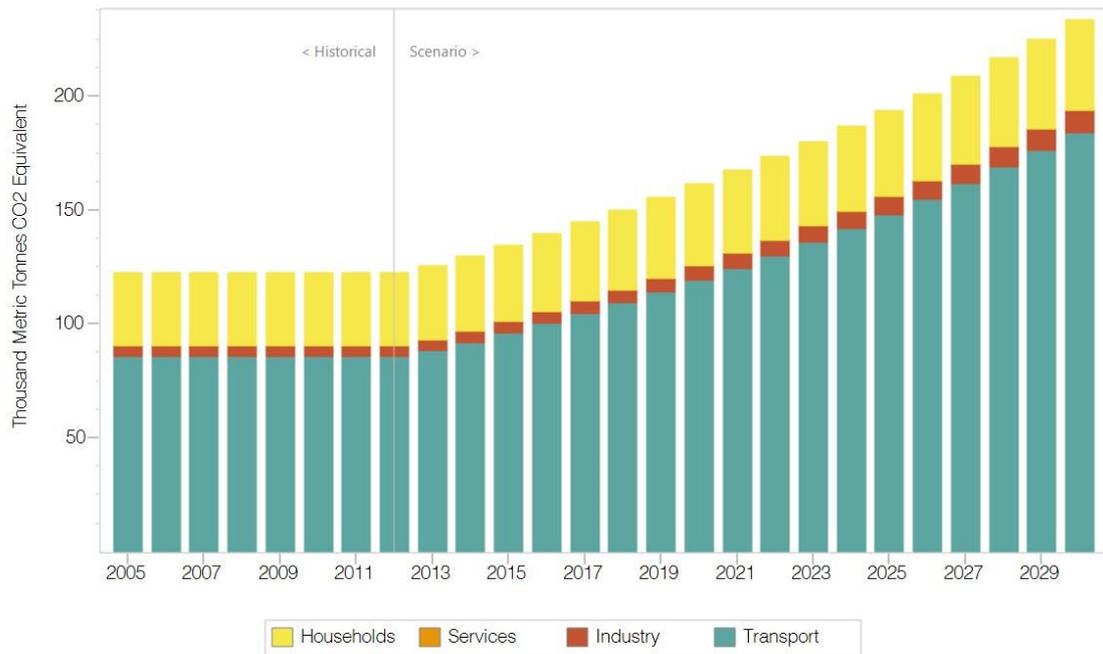


Figura 3 – Consumo de energia por sector (MGJ), cenário base, 2005-2030.

### Cenário de emissões de GEE até 2030

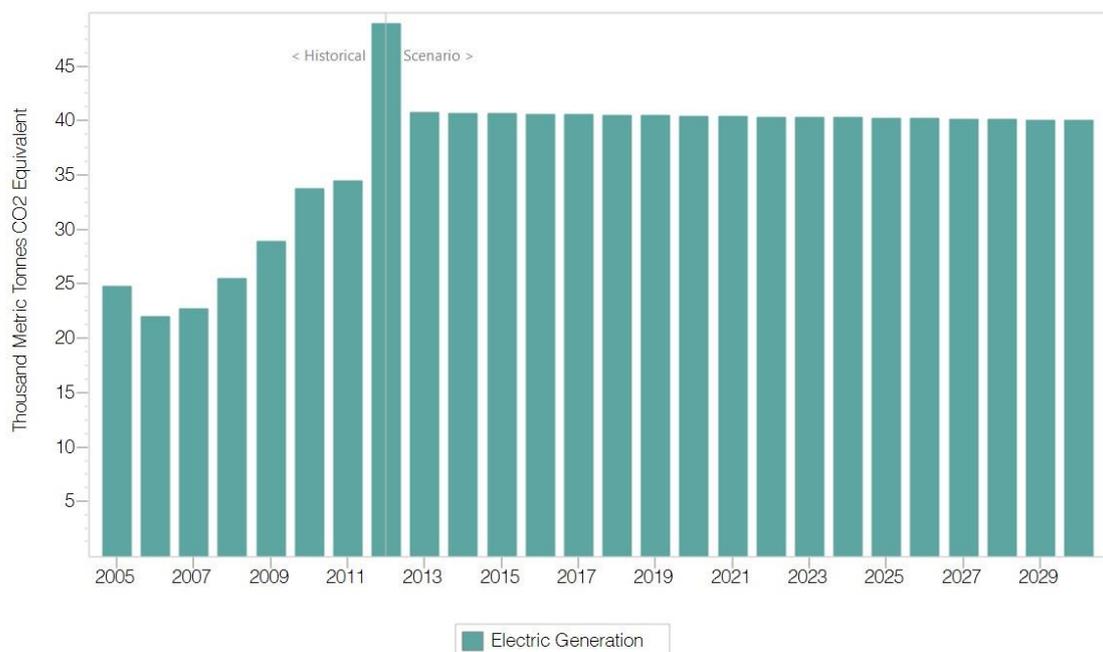
Nos gráficos seguintes apresentam-se as projeções de emissões de GEE até 2030. Os resultados seguem as tendências de procura de energia, nos sectores que utilizam produtos petrolíferos (transportes), os mais poluentes. No primeiro gráfico (Figura 4) apresentam-se as emissões apenas do consumo de energia, por sector. Excluem-se as emissões da produção de eletricidade, para não haver duplicação, porque estas são consideradas no módulo da transformação.

Assim, na procura de energia, os transportes são o sector que mais emissões de GEE comportam ao longo dos anos, numa média de aproximadamente 116 ktCO<sub>2</sub>eq., apesar do sector residencial também emitir quantidades relevantes no país (uma média de sensivelmente 35 ktCO<sub>2</sub>eq.). A taxa de crescimento das emissões é constante nos três sectores considerados.



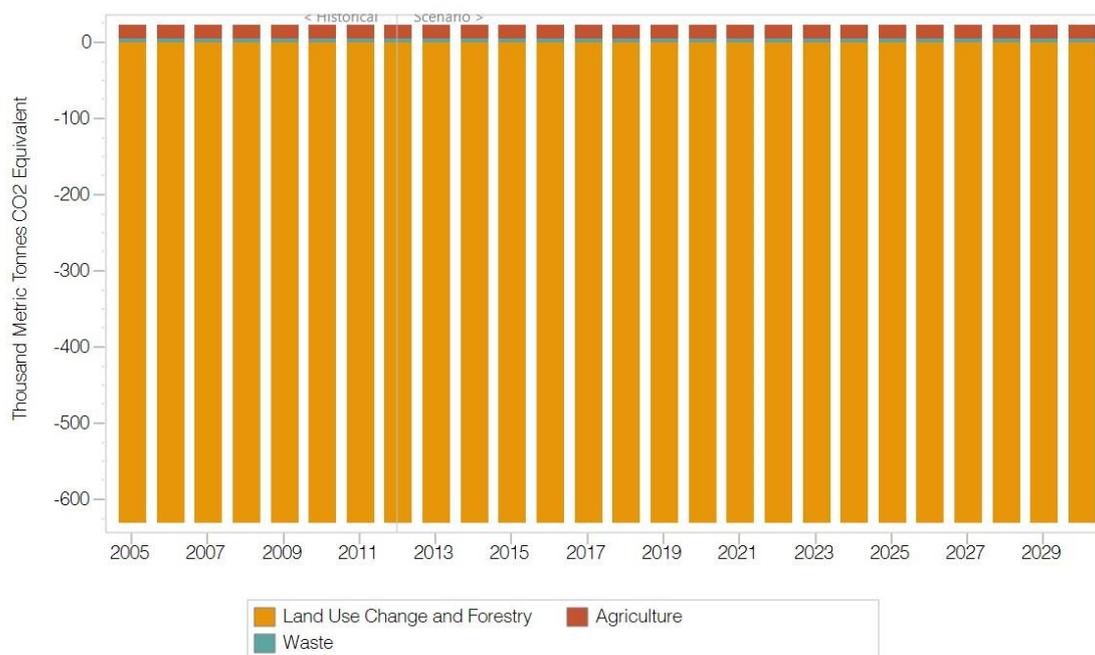
**Figura 4** - Emissões do consumo de energia, excluindo para produção elétrica (ktCO<sub>2</sub>eq.), por sector, cenário base, 2005-2030.

Observando a produção de energia elétrica, na Figura 5 abaixo, nota-se que a evolução das emissões reflete o crescimento na produção de eletricidade feita através da capacidade hídrica instalada (2%/ano), não poluente, ao mesmo tempo que se supõe que a capacidade térmica diminui a uma taxa anual bastante reduzida de -0,1%/ano. Neste sentido, as emissões deste sector acabam por diminuir ligeiramente.



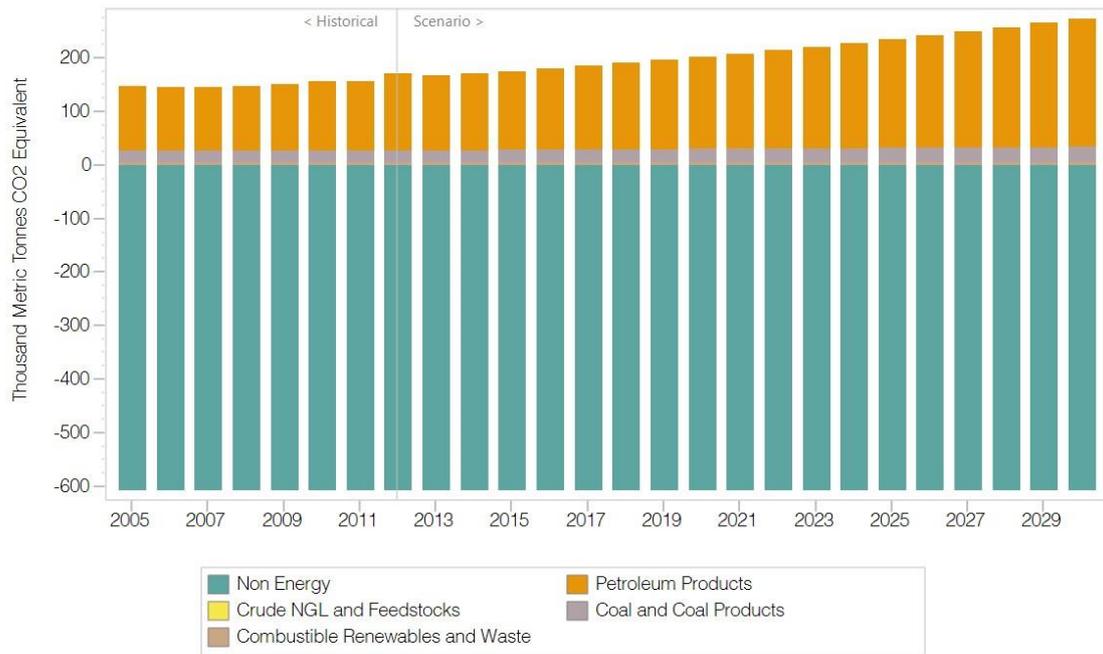
**Figura 5** – Emissões da geração de eletricidade (ktCO<sub>2</sub>eq.), cenário base, 2005-2030.

Quanto às emissões do sector não energia, apresentadas pelos seus subsectores na Figura 6, refletem as emissões de GEE associadas aos seus processos, que não envolvem utilização de energia. Incluem-se a agricultura, o uso dos solos e o tratamento de resíduos. A informação considerada foi a da 2ª Comunicação Nacional à CQNUMC. Vê-se claramente que São Tomé e Príncipe possui um saldo negativo de emissões neste setor.



**Figura 6** - Emissões e remoções dos subsectores não-energia (MtCO<sub>2</sub>eq.), cenário base, 2000-2030.

Por fim, nas duas figuras seguintes (Figura 7 e Figura 8) apresentam-se as emissões totais do país. Primeiro por energia primária, e depois por módulo (ou sector).



**Figura 7** - Emissões totais (ktCO<sub>2</sub>eq.), por energia primária, cenário base, 2005-2030.

No gráfico final, Figura 8, apresentam-se as emissões totais do país divididas nos três grandes grupos de análise: procura (por energia – inclui o consumo por energia final dos sectores económicos do país, sendo que as emissões relativas à produção de eletricidade estão incluídas no grupo seguinte ‘transformação’); transformação (de energia – em São Tomé e Príncipe temos produção de eletricidade) e não-energia (as emissões que não resultam de uso de energia)

As emissões crescem na procura por energia a uma taxa praticamente constante de 4% anual, cálculo muito associado ao crescimento do PIB do país. Atingem os 134,59 ktCO<sub>2</sub>eq. em 2015 e 233,43 ktCO<sub>2</sub>eq. em 2030. São praticamente constantes no setor de transformação, numa média de 40,37 ktCO<sub>2</sub>eq., e assumem-se constantes no setor não-energia em - 606,41 ktCO<sub>2</sub>eq.

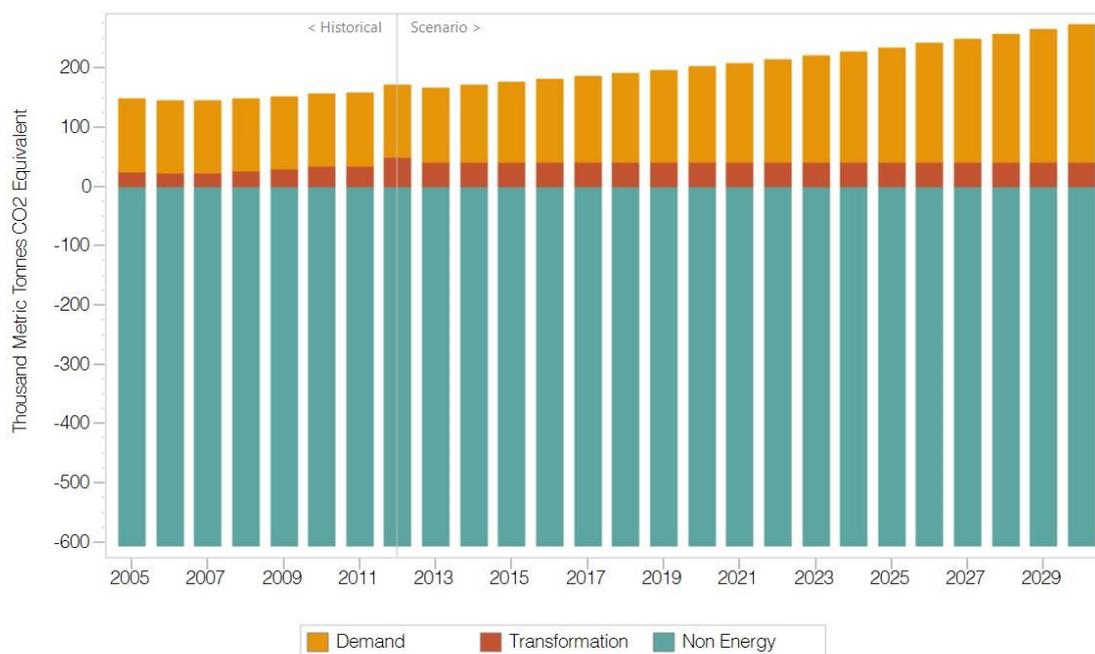


Figura 8 – Emissões totais (ktCO<sub>2</sub>eq.), por módulo, cenário base, 2005-2030.

### Medidas de Mitigação

Depois de elaborado o cenário de base, é necessário avaliar as medidas que irão, no seu conjunto, constituir o cenário de mitigação do país. O estudo de viabilidade de opções de desenvolvimento de baixo carbono é feito seguindo metodologias pré-definidas de análise de custo marginal. Essas opções, ou medidas, serão simultaneamente analisadas em conjunto para que seja possível observar o seu impacto a nível de redução de emissões do país. São Tomé e Príncipe identificou localmente as seguintes medidas para análise: 13 mini-hídricas, 3MW solar PV, e 30MW *fuel-switching* diesel-propano. Neste sentido avaliam-se de seguida cada uma destas opções.

Inicialmente faz-se uma análise estática simplificada de opções de mitigação, composta por dois momentos: Primeiro **analisou-se quantitativamente** as reduções de emissões de GEE potenciais de cada opção de mitigação (em toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente) e os custos (em dólares anualizados por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente). Esta análise quantitativa permite construir uma curva de custo marginal de redução de emissões em São Tomé e Príncipe. Aqui utilizamos uma "abordagem parcial" para o desenvolvimento de uma curva de custo marginal. Nesta abordagem, cada tecnologia é avaliada separadamente e comparada com uma tecnologia de referência. As reduções de emissões globais e os custos são conseguidos pela comparação entre a referência e a opção de mitigação.

É de notar que neste ponto a análise é estática, e o resultado remete-se ao total acumulado até ao ano de 2030. Apenas com a criação do cenário de mitigação integrado no cenário de referência, é que se analisa a forma como a linha de base e as opções de mitigação podem evoluir ao longo do tempo, a partir do ano de base em 2005 até 2030.

Apesar da simplicidade, a abordagem parcial é extraordinariamente útil para obter uma estimativa aproximada dos custos e potenciais de mitigação de gases de efeito estufa, principalmente em situações de extrema falta de informação sobre custos de capital e operação e manutenção.

A primeira medida constitui-se **na implementação da produção de eletricidade com base em fontes renováveis através da construção de 13 centrais elétricas minihídricas**. As centrais hidroelétricas com uma capacidade de até 10 MW têm a possibilidade de proporcionar energia endógena aos países subdesenvolvidos, e são cada vez mais comuns. Como todos os recursos renováveis, não requerem o uso direto de combustíveis fósseis e, portanto, têm baixos custos operacionais. Por outro lado, e embora os sistemas de mini-hídricas possam ter custos iniciais de capital relativamente altos, grande parte refere-se a recursos humanos e materiais disponíveis localmente para a preparação do local. Relativamente a questões técnicas, ao contrário de grandes projetos hidroelétricos, as mini-hídricas usualmente podem ser instaladas rapidamente e não requerem a inundação de grandes áreas. No entanto, os locais para instalação de mini-hídricas são limitados, e os recursos hídricos são muitas vezes sazonais. Mas, com dados fiáveis sobre o fluxo de água, a produção elétrica pode ser prevista com razoável precisão. No entanto, estes dados podem ser caros de recolher, aumentando o custo total da implementação do sistema.

Em São Tomé e Príncipe considera-se possível a construção de 13 mini-hídricas. Esta opção atua em substituição de um cenário de referência em que a produção similar é conseguida com uma central *diesel*. Na tabela seguinte apresentam-se os pressupostos utilizados relativos às tecnologias mais típicas (Bernstein *et al.* 1999, Lako *et al.* 2010, IRENA 2012a).

**Tabela 10** – Mini-hídricas - dados para análise de custo marginal.

	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
<b>Mitigação - Mini-hídricas</b>		
Dimensão por unidade	5	MW
Unidades	13	Mini-hídricas
Eficiência	100	%
Disponibilidade	80	%
Tempo de vida	35	anos
Custo de Capital	3 203	\$/KW
Custo de Operação e Manutenção*	11	\$/MWh
Produção de eletricidade	455 520	MWh/ano
<b>Referência – Central a diesel</b>		
Unidades	1	central
Eficiência	38	%
Disponibilidade	80	%
Tempo de vida	35	anos
Custo de Capital	1 907	\$/KW
Custo de Operação e Manutenção	3	\$/MWh
Consumo de combustível	4 315 453	GJ/ano

Valores em US \$ de 2000.

\* Custos O&M nas mini-hídricas sensivelmente iguais a 3% do investimento anual.

As fontes de informação cobrem as principais instituições com estudos sobre estas temáticas, incluindo a própria base de dados do LEAP (Bernstein *et al.* 1999, Lako *et al.* 2010, IRENA 2012a).

A análise indica que o investimento em 13 centrais mini-hídricas de 5MW cada permitiria a São Tomé e Príncipe poupar 53,35 US\$ por cada t CO<sub>2</sub>eq. poupado, num total de 320 596 tCO<sub>2</sub>eq. poupados por ano, ao compararmos com a alternativa de produção da mesma quantidade de energia produzida numa central diesel.

**Tabela 11** – Mini-hídricas - estimativa do Cmg de redução de emissões.

<b>Custos (M \$ US)</b>	<b>Mitigação</b>	<b>Referência</b>	<b>Aumento (Mit - Ref)</b>
Custo de Investimento por unidade	\$ 16,015	\$ 123,955	\$ (108)
Investimento Anualizado por unidade	\$ 0,978	\$ 7,570	\$ (7)
Custo de Investimento Total	\$ 12,715	\$ 7,570	\$ 5
Custos de O&M Totais por ano	\$ 5,011	\$ 1,367	\$ 4
Custo de Combustível por ano	\$ -	\$ 25,893	\$ (26)
<b>Custo Total por ano</b>	<b>\$ 17,726</b>	<b>\$ 34,829</b>	<b>\$ (17)</b>

Emissões GEE (t)	Mitigação	Referência	Aumento (Ref - Mit)
tCO2	-	319 631	319 631
tN2O	-	3	3
tCH4	-	9	9
Total tCO2eq.	-	320 596,13	<b>320 596</b>
Redução de tCO2eq.		320 596	
US\$ / tCO2eq.			<b>\$ (53,35)</b>

A segunda medida constitui-se também **na implementação de eletricidade renovável mas pela implementação de 3MW de solar fotovoltaico**. A conversão direta de luz solar em eletricidade pode ser conseguida por tecnologias solares fotovoltaicas. O sistema consiste numa combinação de componentes, incluindo painéis solares para absorver e diretamente converter a luz solar em eletricidade, um inversor solar para mudar a corrente elétrica de DC para AC, bem como a montagem, cabos e outros acessórios elétricos. Um sistema fotovoltaico vão desde sistemas residenciais até grandes centrais de produção elétrica.

A rápida evolução desta tecnologia leva a que se preveja uma redução nos preços dos módulos solares, nos seus custos de instalação, e ainda uma subida nas taxas de eficiência dos equipamentos. Esta opção atua em substituição de um cenário de referência em que a produção elétrica residencial similar é conseguida através de pequenos gerados diesel. Tal como na medida analisada previamente, também aqui as fontes de informação utilizadas cobrem as principais instituições com estudos sobre estas temáticas, incluindo a própria base de dados do LEAP (Bernstein *et al.* 1999, Feldman *et al.* 2012, IRENA 2012b, Bhattacharyya and Palit 2014).

**Tabela 12** – Solar PV - dados para análise de custo marginal.

	Valor	Unidade
<b>Mitigação - Mini-hídricas</b>		
Dimensão total	3	MW
Dimensão por unidade	2,6	KW
Eficiência	100	%
Disponibilidade	20	%
Tempo de vida	20	anos
Custo de Capital	3239	\$/KW
Custo de Operação e Manutenção	14	\$/KW/ano
Produção de eletricidade	5 256	MWh/ano

<b>Referência – geradores <i>diesel</i> residenciais</b>		
Dimensão por unidade	20	KW
Eficiência	53	%
Tempo de vida	8	anos
Custo de Capital	750	\$/KW
Custo de Operação e Manutenção	0,375	\$/MWh
Consumo de combustível	35 701	GJ/ano

Valores em US \$ de 2000.

A análise indica que o investimento em 3 MW de energia solar PV, ao nível residencial, para produção de eletricidade, permitiria a São Tomé e Príncipe reduzir 2 652 t CO<sub>2</sub>eq. por ano, ao custo de 97,24 US\$ por cada t CO<sub>2</sub>eq. reduzido, ao compararmos com a alternativa de produção da mesma quantidade de energia produzida com geradores diesel residenciais.

**Tabela 13 – Solar PV - estimativa do Cmg de redução de emissões.**

Custos (M \$ US)	Mitigação	Referência	Aumento (Mit - Ref)
Custo de Investimento por unidade	\$ 9,717	\$ 2,250	\$ 7,467
Investimento Anualizado por unidade	\$ 0,780	\$ 0,348	\$ 0,432
Custo de Investimento Total	\$ 0,780	\$ 0,348	\$ 0,432
Custos de O&M Totais por ano	\$ 0,042	\$ 0,002	\$ 0,041
Custo de Combustível por ano	\$ -	\$ 0,214	\$ (0,214)
Custo Total por ano	\$ 0,822	\$ 0,564	\$ <b>0,258</b>

Emissões GEE (t)	Mitigação	Referência	Aumento (Ref - Mit)
tCO <sub>2</sub>	-	13	2 644
tN <sub>2</sub> O	-	221	0
tCH <sub>4</sub>	-	0	0
Total tCO <sub>2</sub> eq.	-	0	0
		13	<b>2 652</b>
		261,23	
Redução de tCO <sub>2</sub> eq.			2 652
US\$ / tCO <sub>2</sub> eq.			\$ <b>97,24</b>

Por fim, a terceira medida avaliada inclui uma **troca de combustível na indústria, em 30MW**. Os valores apresentados são estimativas gerais para futura adequação à realidade da indústria de São Tomé e Príncipe. Em todo o caso, esta análise prévia indica que um *fuel-switching* de um motor de potência de 30 MW, para propano, permitiria a São Tomé

e Príncipe reduzir 84 574 tCO<sub>2</sub>eq. por ano, ao custo de 63,74 US\$ por cada tCO<sub>2</sub>eq. reduzida, ao compararmos com a alternativa de produção da mesma quantidade de energia produzida com geradores diesel.

**Tabela 14** – *Fuel switching* de diesel para propano - dados para análise de custo marginal.

	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
<b>Mitigação – motores a propano</b>		
Potência	30	MW
Eficiência	60	%
Produção de energia	157,68	GWh/ano
Consumo de combustível	946 080	GJ/ano
<b>Referência – motores <i>diesel</i></b>		
Eficiência	35	%
Consumo de combustível	1 621 851	GJ/ano
<b>Informação comum aos cenários</b>		
Custo de Capital (incremental)	0,01	\$/KWh

Valores em US \$ de 2000.

**Tabela 15** – *Fuel switching* de diesel para propano - estimativa do Cmg de redução de emissões.

<b>Custos (M \$ US)</b>	<b>Mitigação</b>	<b>Referência</b>	<b>Aumento (Mit - Ref)</b>
Custo Investimento unitário (\$/KWh)*	\$ 0,010	\$ 2,250	\$ 7,467
Custo de Investimento Total	\$ 1,877	\$ 0,348	\$ 0,432
Custo de Combustível por ano	\$ 13,245	\$ 0,214	\$ (0,214)
Custo Total por ano	\$ 15,122	\$ 0,564	\$ <b>0,258</b>

<b>Emissões GEE (t)</b>	<b>Mitigação</b>	<b>Referência</b>	<b>Aumento (Ref - Mit)</b>
tCO <sub>2</sub>	35 800	120 125	84 325
tN <sub>2</sub> O	0	1	1
tCH <sub>4</sub>	1	3	3
Total tCO <sub>2</sub> eq.	35 914	120 488	<b>84 574</b>
Redução de tCO <sub>2</sub> eq.	0,085		
<b>US\$ / tCO<sub>2</sub>eq.</b>			<b>\$ 63,74</b>

\* o custo aqui é incremental, isto é, \$/KWh de diferença do cenário de referência para o de mitigação. É uma forma de simplificar o cálculo tendo em consideração que já existe capital investido.

#### 4. CONCLUSÕES

Este trabalho tem como objetivo listar as opções de desenvolvimento de baixo carbono de longo prazo, que constituem um cenário de desenvolvimento de baixo-carbono e resiliente, no contexto de um Pequeno Estado Insular em Desenvolvimento, São Tomé e Príncipe.

Os resultados apresentados são ainda referentes a uma fase preliminar do estudo, mas apresentam já um cenário de referência robusto em que São Tomé e Príncipe importa 32% de sua energia final, sendo os restantes 67% reportados ao uso de lenha e carvão, e 1% à hidroeletricidade. Até 2030 o país continuará a ter emissões de carbono líquidas negativas (-334 KtCO<sub>2</sub>eq. em 2030), apesar de se esperar um aumento das emissões relativas à procura de energia final, que quase duplica (233 KtCO<sub>2</sub>eq.). Dentro da metodologia especificada de custo marginal, analisam-se a implementação de eletricidade renovável, através de 13 mini-hídricas e 3 MW de energia solar fotovoltaica, e o desenvolvimento de ações de eficiência energética, através de uma troca de combustível de *diesel* para gás propano de 30 MW, numa indústria. Nos resultados, verifica-se uma poupança de emissões, e, portanto, uma menor intensidade de carbono do PIB.

Perspetiva-se ainda a viabilidade da introdução de outras medidas, como a redução nas perdas na rede de distribuição de energia elétrica, a redução na desflorestação, e a implementação de fogões melhorados para lidar com o alto consumo de lenha e carvão vegetal (via produtores cooperados carvão). Também será acrescido ao estudo uma análise multi-critério a cada medida, para combinar a avaliação quantitativa prévia com uma **avaliação qualitativa** das diversas medidas, a fim de desenvolver uma matriz global de triagem.

Os próximos passos, a finalizar o projeto, incluem a construção do cenário de mitigação, feito através do acréscimo dos custos, benefícios e reduções de emissões das medidas de mitigação no cenário de referência. Conseguir-se-á assim uma avaliação do impacto sectorial das medidas.

#### 5. Referências

- Bernstein, M., Bromley, P., Hagen, J., Hassel, S., Lempert, R., Munoz, J., Robalino, D. and RAND (1999). *Developing Countries & Global Climate Change: Electric Power Options for Growth*. P. C. o. G. C. Change, Pew Center on Global Climate Change.
- Bhattacharyya, S. and Palit, D. (2014). *Mini-Grids for Rural Electrification of Developing Countries*, Springer International Publishing.
- Dietz, S. and Hepburn, C. (2013). *Benefit–cost analysis of non-marginal climate and energy projects*. *Energy Economics* **40**: 61-71.

- Dornan, M. and Jotzo, F. (2015). *Renewable technologies and risk mitigation in small island developing states: Fiji's electricity sector*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **48**(0): 35-48.
- Feldman, D., Barbose, G., Margolis, R., Wiser, R., Darghouth, N. and Goodrich, A. (2012). *Photovoltaic (PV) Pricing Trends: Historical, Recent, and Near-Term Projections*. U. S. D. o. E. National Renewable Energy Laboratory, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, National Renewable Energy Laboratory (NREL).
- Heaps, C. G. (2012). *Long-range Energy Alternatives Planning (LEAP) system*. S. E. Institute. Somerville, MA, USA, [www.energycommunity.org](http://www.energycommunity.org).
- Heinrich Blechinger, P. F. and Shah, K. U. (2011). *A multi-criteria evaluation of policy instruments for climate change mitigation in the power generation sector of Trinidad and Tobago*. *Energy Policy* **39**(10): 6331-6343.
- Huang, Y., Bor, Y. J. and Peng, C.-Y. (2011). *The long-term forecast of Taiwan's energy supply and demand: LEAP model application*. *Energy Policy* **39**(11): 6790-6803.
- IRENA (2012a). *Hydropower. Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series*. IRENA.
- IRENA (2012b). *Solar Photovoltaics. Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series*. IRENA.
- Lako, P., Simbolotti, G. and Tosato, G. (2010). *Hydropower - Technology Brief E12*. I. ETSAP, International Energy Agency.
- McPherson, M. and Karney, B. (2014). *Long-term scenario alternatives and their implications: LEAP model application of Panama's electricity sector*. *Energy Policy* **68**: 146-157.
- Weisser, D. (2004). *On the economics of electricity consumption in small island developing states: a role for renewable energy technologies?* *Energy Policy* **32**(1): 127-140.

## Comunicações II

---

### *Comunicações B1 – Gestão e Conservação da Natureza, Criatividade Inovação e Interdisciplinariedade, Transportes e Logística, Infraestruturas e Equipamentos e Gestão Interdisciplinar da Paisagem*

#### *ANÁLISE DOS RESULTADOS DO INQUÉRITO DE VALORAÇÃO ECONÓMICA DA ÁGUA APLICADO À POPULAÇÃO URBANA (ILHA TERCEIRA)*

---

*Gisele Evangelho Toste Lourenço<sup>1</sup>; Emiliana Soares da Silva<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Universidade dos Açores, [giseletoste@uac.pt](mailto:giseletoste@uac.pt)

<sup>2</sup> Universidade dos Açores, [emiliana@uac.pt](mailto:emiliana@uac.pt)

#### **RESUMO**

O presente estudo apresenta os resultados do inquérito por questionário aplicado à população urbana da ilha Terceira, que teve como objectivo proporcionar um melhor conhecimento sobre os hábitos do quotidiano dos terceirenses no que diz respeito a questões do uso da água, como também conhecer a disposição a pagar dos inquiridos para obterem uma melhor qualidade da água, ou um melhor serviço de abastecimento, como também as razões que os levam a contribuir ou não.

O objectivo, proposto neste estudo, consiste na identificação e análise de factores significativos que podem ter alguma influência na caracterização do consumo doméstico. Entre estes factores, salientam-se os hábitos do inquirido, os factores sociodemográficos, nomeadamente, idade, sexo, profissão, grau de formação, agregado familiar e rendimento. É analisado uma amostra de 150 consumidores domésticos, residentes nos concelhos de Angra do Heroísmo (n=94) e Praia da Vitória (N=56).

O questionário foi respondido presencialmente e de autopreenchimento, entre 1 de Julho e 17 de Novembro de 2014, tendo sido recolhidas 150 respostas completas.

**Palavras-Chave:** Consumo Doméstico de água, Disposição a receber (DAP), Disposição a pagar (DAP), Inquérito, Rendimento.

## 1. INTRODUÇÃO

Em diversas regiões do globo terrestre, a água subterrânea assume um factor essencial no abastecimento de água para diversos fins, designadamente para o consumo humano, a agricultura e a indústria (Cruz e Brito, 2002). Não fugindo à excepção, o arquipélago dos Açores, em particular, a Ilha Terceira, se adequa a um exemplo visível do exposto, em que os sistemas de abastecimento de água assentam, quase totalmente, no desenvolvimento dos recursos hídricos subterrâneos, onde as águas subterrâneas são captadas através de nascentes e furos (Cruz e Coutinho, 1998; Silva *et al*, 2007) e sustentam parcialmente o sistema de abastecimento agrícola e totalmente o sistema doméstico e industrial (Rodrigues, 2002).

Neste contexto, a água subterrânea é considerada um recurso de elevada importância estratégica vital nos Açores, o que resulta do seu valor ambiental e do valor socioeconómico e cultural intrínseco (Cruz e Brito, 2002).

Deve-se realçar, que neste estudo apenas abordaremos o consumo doméstico, sendo Antes necessário defini-lo previamente. O consumo doméstico é o consumo de água relacionado a usos no interior e áreas adjacentes da habitação (Pinheiro, 2008). Segundo este autor, o consumo no interior da habitação, regra geral tende a ser proporcional ao número de constituintes do agregado familiar e inclui a água utilizada para consumo humano, higiene pessoal, descarga de autoclismos, limpeza de habitação e lavagem de roupa e loiça. Os consumos exteriores incluem a rega de plantas e espaços verdes e lavagem de viaturas e de pátios.

O objectivo deste estudo consiste numa breve apresentação dos resultados obtidos no inquérito de valoração económica da água, aplicado à população urbana, e identificação e análise de factores significativos que podem ter alguma influência na caracterização do consumo doméstico. Entre estes factores, salientam-se os hábitos do inquirido, os factores sociodemográficos, nomeadamente, idade, sexo, profissão, grau de formação, agregado familiar e rendimento.

O presente trabalho está organizado em seis capítulos. No capítulo 1, encontra-se uma breve introdução sobre o tema de estudo, abordando os objectivos propostos da investigação. No capítulo 2, apresenta-se sumariamente a metodologia utilizada no estudo. No capítulo 3, apresenta-se uma breve abordagem sobre a caracterização dos inquiridos. No capítulo 4, são expostos os resultados obtidos desta investigação, bem como a sua discussão. No capítulo 5, encontra-se algumas considerações finais deste

estudo, e por último, no capítulo 6, apresenta-se as referências bibliográficas citadas na realização deste estudo.

## **2. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO**

A metodologia utilizada para o tratamento de dados obtidos no inquérito foi a seguinte:

### **1. Recolha e Processamento de Informação**

Após a realização dos inquéritos, procedeu-se à recolha dos inquéritos respondidos e de seguida efectuou-se uma análise preliminar dos inquéritos, com o propósito de detectar alguma anomalia no seu preenchimento. Deve-se realçar que os inquéritos que apresentaram alguma anomalia, tais como, o preenchimento incorrecto ou desadequado do inquérito, como por exemplo, deixar perguntas em branco. Os casos detectados foram anulados e substituiu-se por outro inquérito, de forma a completar os 150 inquéritos necessários para o estudo.

O inquérito que consubstancia o presente estudo é composto por 20 perguntas e distribuídas em 5 grupos de questões. O primeiro grupo apresenta questões sobre o uso da água. O segundo grupo apresenta questões a nível do abastecimento de água. O terceiro grupo tratou-se de questões sobre a avaliação contingente, e o quarto grupo é composto por questões sociodemográficas.

Após o processamento dos 150 inquéritos, considerados válidos para o estudo, deu-se início à construção da base de dados.

### **2. Construção de uma Base de Dados**

Criou-se uma base de dados no programa excel, constituindo uma matriz de dados, em que as linhas representavam os indivíduos inquiridos e as colunas correspondiam às perguntas do questionário.

### **3. Identificação/Construção de Variáveis**

Nesta fase foi feita a preparação dos dados, bem como a definição e codificação das variáveis para posterior análise exploratória e estatística.

### **4. Caracterização dos Inquiridos**

Elaborou-se uma caracterização dos inquiridos de acordo com as respostas nos inquéritos efectuados, de forma a obter o perfil/descrição da nossa amostra representativa da Ilha Terceira. Neste contexto, definiu-se seis variáveis, nomeadamente, o sexo, a faixa etária,

grau de escolaridade/formação, actividade/situação profissional, agregado familiar e rendimento mensal. De acordo com Murdock *et al*, (1991), os parâmetros sociodemográficos são factores de extrema importância na influência do consumo de água.

### 5. Análise e interpretação exploratória e estatística dos dados

O propósito desta fase é extrair informação útil dos dados recolhidos no inquérito de forma obter o procedimento de tomada de decisão.

Procedeu-se a uma análise descritiva, de forma a sintetizar os dados e descrever as variáveis de interesse.

## 3. CARACTERIZAÇÃO DOS INQUIRIDOS

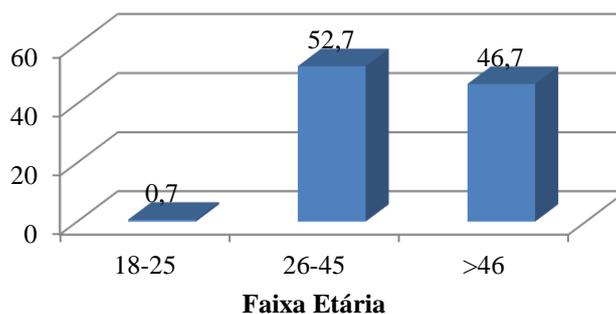
Este capítulo apresenta os resultados obtidos no inquérito (4º grupo de questões) referente a questões sociodemográficas. Pretende-se obter um melhor conhecimento do perfil dos habitantes inquiridos, que representam a nossa amostra.

Como já foi mencionado anteriormente, definiram-se seis variáveis, que se apresentam da seguinte forma:

### 3.1. Faixa Etária

A figura 1 apresenta a percentagem dos inquiridos por faixa etária. Esta foi dividida e em três intervalos: o primeiro, entre 18 e os 25 anos, o segundo, entre os 26 e 45 anos e o terceiro, constituído pelos indivíduos acima dos 45 anos. Estes intervalos demográficos foram elaborados de acordo com o trabalho de Silva e Gabriel (2007).

A divisão dos inquiridos de acordo com a faixa etária dividiu-se em 1 inquirido (0,7%) entre os 18-25 anos, 79 (52,7%) inquiridos encontram-se na faixa etária dos 26-45 anos e acima dos 46 anos estão 70 (46,7%) dos inquiridos. O baixo número de inquiridos na faixa etária entre os 18-25 anos, justifica-se porque entrevistamos pessoas que fossem independentes (responsáveis pela família), ou seja, que pagassem a sua conta de água. Na sociedade açoriana, a pirâmide etária começa a estar invertida, mostrando a maior representatividade da população mais idosa, o que de algum modo também limita a composição dos intervalos demográficos mais representados na amostra.



**Figura 1** - Distribuição em percentagem dos inquiridos de acordo com a sua faixa etária.

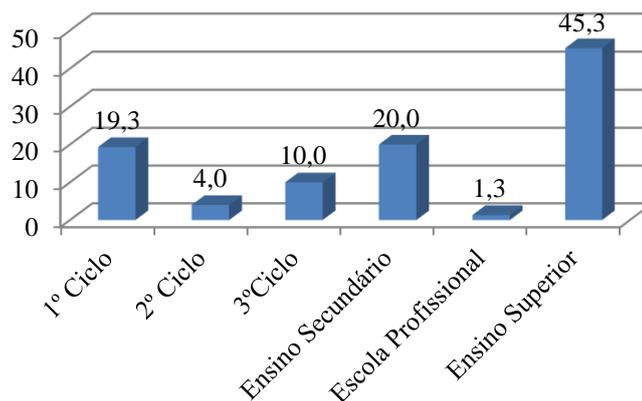
### 3.2. Sexo

A distribuição por género foi de 47,3% (N=71) participantes do sexo masculino e 52,7% (N=79) do sexo feminino, houve o cuidado de garantir no inquérito um certo equilíbrio entre sexos. Na realidade açoriana, a população masculina e feminina tem aproximadamente a mesma representação, embora existam mais elementos femininos.

### 3.3. Grau de Escolaridade/Formação

Relativamente ao nível de escolaridade do inquirido, foram considerados os seguintes níveis, de acordo com o sistema educativo português: 1º ciclo, 2º ciclo, 3º ciclo, ensino secundário e ensino superior. O 1º ciclo corresponde a 1ª, 2ª, 3ª e 4ª classe, sendo o 2º ciclo, referente ao 5º e 6º ano, o 3º ciclo corresponde ao 7º, 8º e 9º ano, enquanto o ensino secundário equivale ao 10º, 11º e 12º ano, e por fim o ensino superior inclui o bacharelato, licenciatura, mestrado e doutoramento. Além destes níveis, acrescentou-se a categoria de escola profissional, visto ter inquiridos que frequentaram escolas profissionais.

A figura 3, apresenta a distribuição em percentagem dos inquiridos de acordo com o grau de escolaridade/formação. Verifica-se que 19,3% (N=29) dos entrevistados possuem o 1º ciclo, o que corresponde à 4ª classe, 4% (N=6) afirmam ter o 2º ciclo que corresponde ao 6º ano, 10% (N= 15) indicaram o 3º ciclo, a que grande maioria respondeu que possui o 9º ano, 20% (N=30) possuem o ensino secundário completo, uma esmagadora minoria, cerca 1,3% (N=2) possui um curso da escola profissional e, por fim, quase metade dos inquiridos, próximo de 45,3% (N=68) revelam possuir habilitações completas ou de frequência de ensino superior, como se pode verificar na figura 3.



**Figura 2** - Distribuição em percentagem dos inquiridos de acordo com o grau de escolaridade/Formação.

Dentro da categoria de ensino superior, existe uma pequena minoria, cerca de 4,4% (N=3) possui um bacharelato, 39,7% (N=27) afirmam ser licenciados, 29,4% (N=20) indicaram o mestrado e apenas 26,4% (N=18) afirmam ter um doutoramento.

### 3.4. Actividade/Situação Profissional

Quanto à actividade profissional, a figura 3 representa a distribuição em percentagem dos inquiridos de acordo com o sector de actividade laboral. Este foi distribuído de acordo com o critério da classificação portuguesa das actividades económicas (CAE–Rev.3), 2007 do Instituto Nacional de Estatística (INE):

Secção A. Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca

Secção G. Comércio por grosso e a retalho; reparação de veículos automóveis e motociclos

Secção O. Administração Pública e Defesa; Segurança Social

Secção P. Sector da Educação

Secção Q. Actividades de saúde humana e apoio social

Secção S. Outras actividades de serviço

Observando o gráfico da figura 3, verificou-se que os sectores de actividade mais representativos foram administração pública e defesa; segurança social (38,9%), o da educação (26,2%) e o do comércio por grosso e a retalho; reparação de veículos automóveis e motociclos (16,7%). As restantes secções, de acordo com o CAE, não se encontram representadas porque o seu valor é nulo. Esta distribuição dos inquiridos consoante o sector de actividade laboral também segue a tendência da Região Autónoma dos Açores, em que o maior empregador Regional, é a Administração Pública Regional e Nacional.

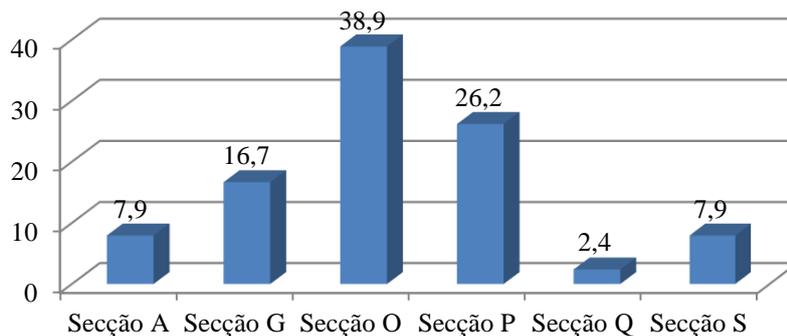


Figura 3 - Distribuição, em percentagem, dos inquiridos de acordo com o sector de actividade laboral.

Também foi perguntado no inquérito, a situação profissional dos inquiridos, de forma a verificar a sua estabilidade profissional para confirmar e validar as repostas obtidas na disposição a pagar para uma melhor qualidade da água e para um melhor serviço de abastecimento. Esta tipologia foi dividida por: sector público, sector privado, profissional independente, reformado, desempregado, bolsheiro de investigação e trabalhador familiar não remunerado (onde se encontram as domésticas). Na figura 4, em que apresenta a distribuição em percentagem dos inquiridos de acordo com a tipologia do vínculo à actividade laboral, pode-se observar que a grande maioria dos inquiridos são funcionários públicos (54,7%), de seguida, com menor percentagem, apresenta-se os bolsheiros de investigação (12%), em igual percentagem (8,7%), encontram-se os reformados e os inquiridos que trabalham por conta própria (profissional independente), 8% dos inquiridos responderam que trabalham no sector privado, 6% afirmam ser trabalhadores familiar não remunerado e 2% estão desempregados.

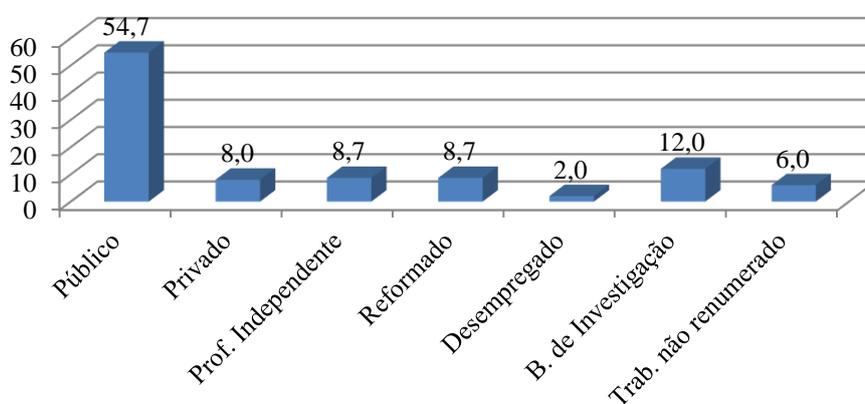


Figura 4 - Distribuição em percentagem dos inquiridos de acordo com a tipologia do vínculo à actividade laboral.

### 3.5. Agregado Familiar

Em relação à composição do agregado familiar, em média, existem 2,9 habitantes por residência, sendo o mínimo de 1 e o máximo verificado de 6 habitantes por residência. De acordo com os resultados do inquérito, 20 (13,3%) dos inquiridos moram sozinhos, 39 (26%) afirmam que o seu agregado familiar é composto por 2 pessoas, 42 (28%) inquiridos possuem 3 pessoas no seu agregado, 35 (23,3%) inquiridos possuem 4 pessoas, 13 (8,67%) afirmam que possuem 5 pessoas e por fim, apenas um inquirido afirma que o seu agregado familiar é composto por 6 pessoas. A figura 5 apresenta a composição do agregado familiar dos inquiridos.

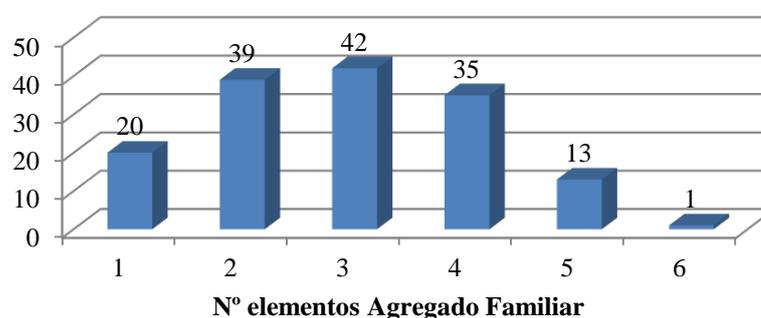


Figura 5 - Número de elementos do agregado familiar dos inquiridos.

### 3.5. Rendimento Familiar Mensal

A figura 6 apresenta a distribuição em percentagem dos inquiridos de acordo com o rendimento mensal familiar, e pode-se constatar que a grande maioria dos rendimentos (29%) é superior aos 2000 euros, de seguida com 25% encontra-se os inquiridos com rendimentos entre os 1500 a 2000 euros, 22% dos inquiridos possuem rendimentos entre os 1000 a 1500 euros, 16% responderam que possuem rendimentos mensais entre os 500 a 1000 euros, e por fim, apenas 8% possuem um rendimento inferior a 500 euros.

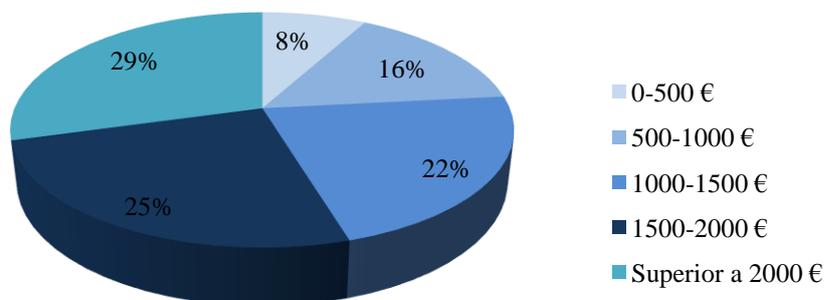


Figura 6 - Distribuição em percentagem dos inquiridos de acordo com o rendimento familiar mensal.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quadro seguinte apresenta os resultados obtidos do inquérito (1º grupo de questões) sobre as várias questões do uso da água no dia-a-dia.

**Quadro 1** - Percentagem do número de respostas dos inquiridos (N=150) sobre questões do uso da água no quotidiano.

Nº	Questão	Sim	Não	Às vezes
1	Lava a loiça usando água corrente?	60,7	20,0	19,3
2	Toma duche em vez de banho de imersão?	70,7	22,7	6,7
3	Fecha as torneiras durante o ensaboar, no banho e na lavagem das mãos, e ao escovar os dentes?	53,3	28,0	18,7
4	Utiliza as máquinas de lavar loiça e roupa, apenas com a carga máxima?	75,3	10,0	14,7
5	Usa baldes e bacias na lavagem de carros, em vez da mangueira?	24,0	64,7	11,3
6	Compra água engarrafada?	41,3	41,3	17,3
7	Rega o jardim de manhã ou à noite?	28,0	59,3	12,7
8	Verifica se as torneiras e o autoclismo não pingam e estão bem fechados?	93,3	3,3	3,3
9	Evita descargas desnecessárias do autoclismo?	90,0	7,3	2,7
10	Caso o autoclismo não permita controlar o volume da descarga de água, introduz no depósito uma garrafa de 1,5l cheia, de forma a reduzir o gasto de água?	12,7	86,0	1,3
11	Reaproveita a água fria?	12,0	78,0	10,0
12	Armazena a água da chuva?	18,0	76,7	5,3

Verificou-se que a afirmação que obteve maior número de respostas, cerca de 93,3%, foi a nº 8, "Verifica se as torneiras e o autoclismo não pingam e estão bem fechados?", enquanto a afirmação em que se obteve menor número de respostas às vezes foi a nº 10, "Caso o autoclismo não permita controlar o volume da descarga de água, introduz no depósito uma garrafa de 1,5l cheia, de forma a reduzir o gasto de água?"

De acordo com a figura 7, que apresenta as respostas dos inquiridos sobre a questão da água na ilha Terceira em percentagem, verificou-se que quase metade dos inquiridos, 44 % (n=66), afirma que a questão da água na ilha Terceira é um problema. Este resultado vai de acordo com um estudo realizado por Silva *et al*, (2007), em que fizeram um inquérito sobre as atitudes face ao ambiente em regiões periféricas (Açores e Castelo Branco), e segundo os resultados do inquérito, também confirmaram que 42,2% dos açorianos inquiridos (n=600) concordam que existem problemas de falta de água na nossa Região.

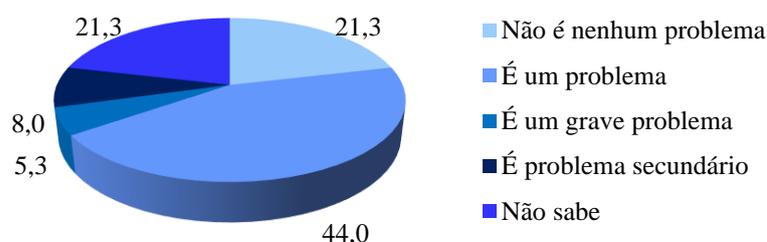
No entanto, voltando à figura, 21,3% (n=32) dos inquiridos afirmam que não é nenhum problema, e em igual percentagem responderam "não sabe". Lage (2009), declara que

vários autores sugerem que para além das opções de resposta “Sim”, e “Não”, os questionários de avaliação contingente devem incluir também a opção “ Não sabe”.

Apesar de ser comum a exclusão das respostas “Não sabe” da análise final, Schuman e Presser (1981) defendem que estas respostas devem ser tratadas como respostas negativas quando se trata de um estudo de avaliação contingente.

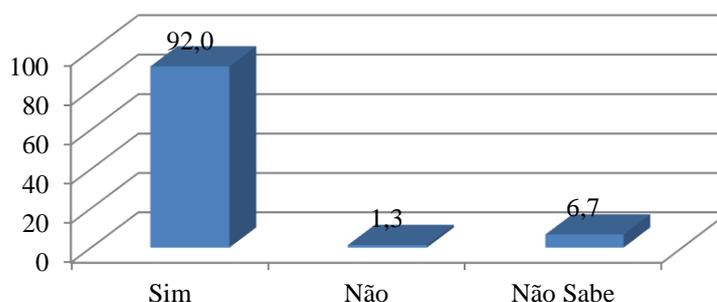
Neste contexto, se consideramos a percentagem do número de respostas “Não sabe” (21,3%) como negativas e juntarmos o valor à percentagem dos inquiridos que responderam “Não” (21,3%), verificamos que o total seria de 42,6%, o que é considerado uma percentagem muito elevada. Este resultado significa que os terceirenses não se preocupam com questões de água porque a consideram abundante.

Para 5,3 % (N=8) dos inquiridos, a água na ilha Terceira é um grave problema e 8 % (N=12) afirmam ser um problema secundário, como demonstra a figura 7.



**Figura 7** - Distribuição, em percentagem, do número de respostas dos inquiridos sobre a questão da água na ilha Terceira.

Relativamente à questão sobre a preservação dos recursos hídricos como uma política prioritária a ser aplicada por parte das autarquias (ver figura 8), os inquiridos responderam o seguinte: 92% (N=138) dos inquiridos, representado a maioria, responderam “Sim”, contra 1,3% (N=2) que responderam “Não” e apenas 6,7% (N=10) responderam “Não Sabe”.



**Figura 8** - Distribuição em percentagem do número de respostas dos inquiridos sobre a preservação dos recursos hídricos como uma política prioritária a ser aplicada por parte das autarquias.

De acordo com o artigo 8º, do Decreto-Lei nº306/2007, de 27 de Agosto, em que estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano, afirma que “*as entidades gestoras de sistemas de abastecimento público* (neste caso de estudo, os serviços municipalizados de Angra do Heroísmo e a Empresa Municipal Praia Ambiente) *devem disponibilizar, por rede fixa ou outros meios, água própria para consumo humano devidamente controlada, em quantidade que satisfaça as necessidades básicas da população e em qualidade, na sua área geográfica de influência*”. Ainda no mesmo artigo, diz o seguinte: “*compete às entidades gestoras garantir que a água destinada ao consumo humano seja salubre, limpa e desejavelmente equilibrada, designadamente que: Não contenha nenhum microorganismo, parasita ou substância em quantidade ou concentração que possa constituir um perigo potencial para a saúde humana...*”

A figura 10 apresenta em percentagem o número de respostas dos inquiridos sobre os vários indicadores da qualidade da água, nomeadamente, a cor, o cheiro, o sabor, a pressão e a qualidade geral da água e qualidade global do serviço de abastecimento, verifica-se:

1. Cor:

Para 50,7% (N=76) dos inquiridos a cor da água de abastecimento é boa, 25,3% (N=38) consideram muito boa, 20,7% (N=31) consideram razoável e 2,7% (N=4) consideram que a cor da água é má. Em suma, a maioria dos inquiridos classifica a água como sendo satisfatória.

2. Cheiro:

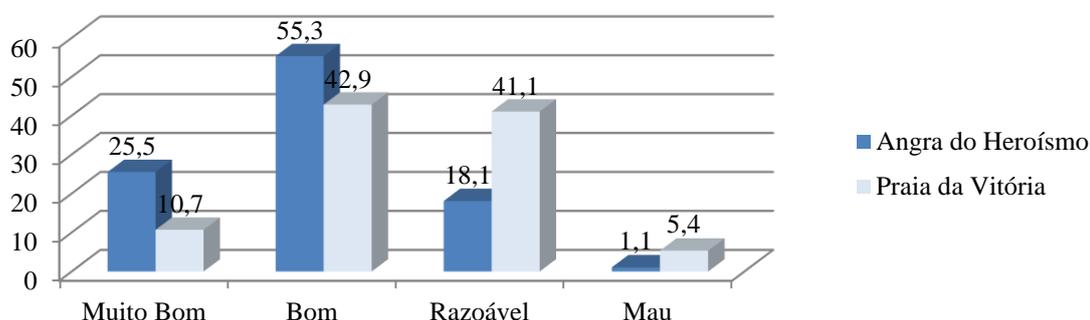
Para 44,7% (N=67) o cheiro da água de abastecimento doméstico é bom, 28% (N=42) dizem que é razoável, 23,3% (N=35) dizem que o cheiro é muito bom e apenas 4% (N=6) dizem que o cheiro é mau.

3. Sabor:

No que diz respeito ao sabor, 44% (N=66) dos inquiridos responderam que a água de abastecimento é boa, 31,3% (N=47) responderam ser razoável, 18,67% (N=28) responderam ser muito bom e 6% (N=9) responderam ser mau, como podemos observar na figura 9.

4. Qualidade geral da água:

Também foi perguntado aos inquiridos o que achavam, de um modo geral, a qualidade da água. Metade dos inquiridos, cerca 50,7% (N=76) respondeu que é boa, 26,7% (N=40) responderam ser razoável, 20% (N=30) responderam ser muito boa e apenas 2,67% (N=4) responderam ser mau. Deve-se realçar que as quatro pessoas que responderam que a qualidade da água é má, três moram no concelho da Praia da Vitória. Este resultado pode-se justificar devido aos derrames acidentais dos tanques de petróleo controlados pela Base Aérea das Lajes, que têm provocado focos de poluição nos solos como também uma possível contaminação por metais pesados e hidrocarbonetos dos aquíferos colocando em causa a qualidade da água de abastecimento público do concelho. O gráfico da figura 9, apresenta as respostas (em percentagem) dos inquiridos sobre a questão da qualidade geral da água, e podemos observar que grande maioria dos inquiridos residentes no concelho de Angra do Heroísmo, cerca de 80,8% (N=76), afirmam ser muito boa ou boa, enquanto os inquiridos residentes no concelho da Praia da Vitória, cerca de 53,6% (N=30), afirmam que é muito boa ou boa, e cerca de 46,5% (N=26), afirmam que é razoável ou má.

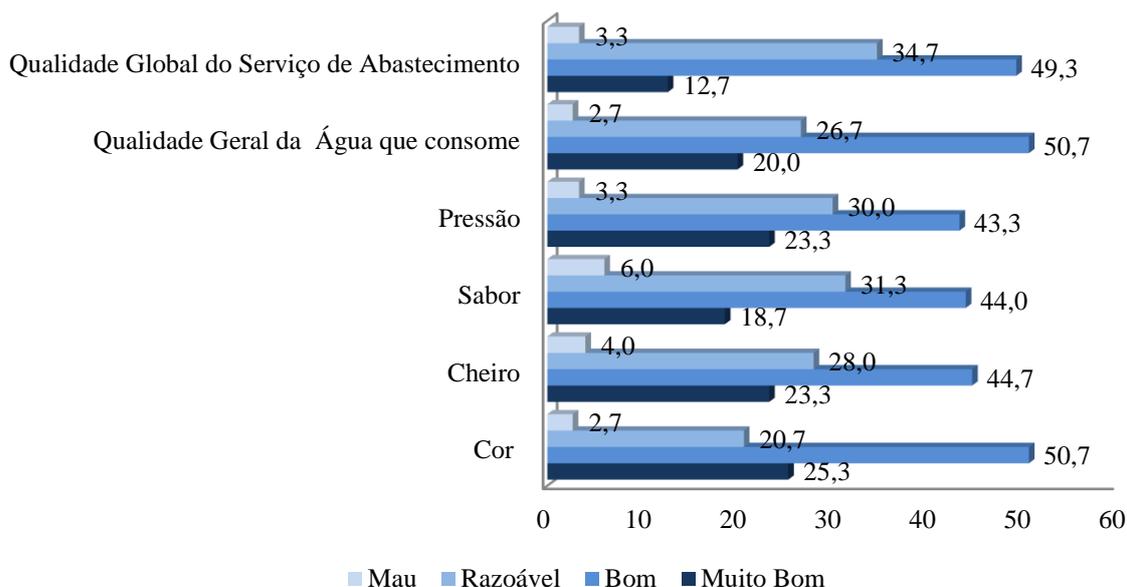


**Figura 9** - Distribuição em percentagem do número de respostas dos inquiridos sobre a qualidade geral da água por concelho.

De um modo geral, comparando a qualidade da água entre os dois concelhos, nota-se uma melhor classificação da qualidade da água, por parte dos residentes do concelho de Angra do Heroísmo, do que os residentes do concelho da Praia da Vitória (ver figura 9), e por razões já mencionadas anteriormente pode-se afirmar que a água do concelho de Angra do Heroísmo tem uma qualidade superior que a do concelho da Praia da Vitória.

##### 5. Qualidade global do serviço de abastecimento:

Quanto à qualidade global do serviço de abastecimento, a maioria dos inquiridos, cerca de 49,3% (N=74), afirmam que é bom; 34,7% (N=52), afirmam que é razoável; 12,7% (N=19) responderam ser muito boa e 3,3% (N=5) responderam ser má.

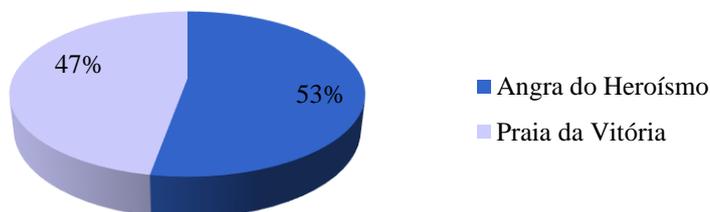


**Figura 10** - Distribuição em percentagem do número de respostas dos inquiridos sobre os vários indicadores da qualidade da água.

De um modo geral, os inquiridos estão satisfeitos com as características que a água apresenta. No entanto, o sabor distingue-se ligeiramente das outras características, apresentando o menor percentagem de satisfação, embora represente mais de metade dos inquiridos.

Com base na figura 11, em que apresenta a percentagem do consumo de água nos dois concelhos, pode-se afirmar que o concelho de Angra do Heroísmo tem um maior consumo, cerca de 53%, devido à sua dimensão e possuir maior número de habitantes, enquanto o concelho da Praia da Vitória tem um consumo de 47%.

A média do consumo de água dos inquiridos é de 19,9 euros, sendo o inquirido com menor consumo de 6,27 euros e o máximo de 60 euros.



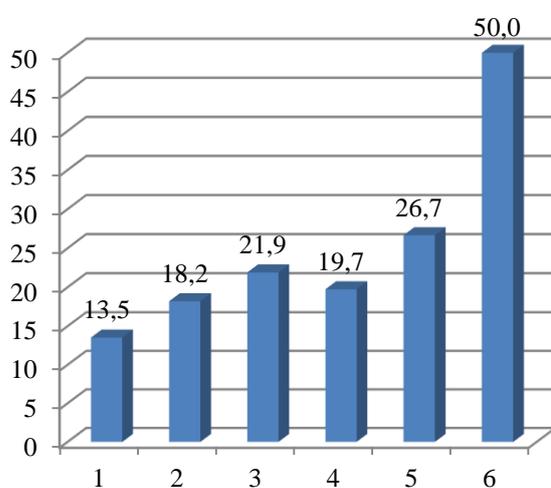
**Figura 11** - Percentagem do consumo de água nos concelhos Angra do Heroísmo e Praia da Vitória.

A figura 12 demonstra a relação entre o consumo de água e a composição do agregado familiar, e confirma-se que esta relação é proporcional, ou seja, o consumo tem tendência a aumentar, quanto maior for a dimensão do agregado familiar. Deve-se realçar que os

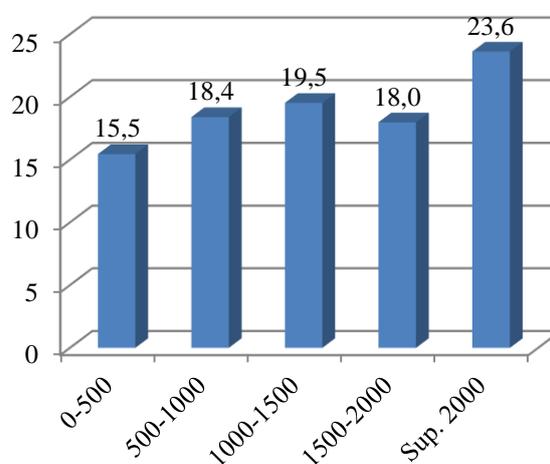
inquiridos com 4 elementos no seu agregado familiar tem um consumo ligeiramente menor, poderá ser os filhos que se encontram a tirar um curso superior fora da ilha.

No entanto, de um modo geral e como seria de prever, o consumo doméstico cresce com o número de elementos do agregado familiar.

O mesmo acontece na relação entre o consumo de água e o rendimento familiar mensal, como se encontra apresentado na figura 13, inquiridos com um rendimento familiar mensal maior têm tendência a consumir e por sua vez a gastar mais do que os inquiridos que possuem menor rendimento familiar mensal.



**Figura 12** - Relação entre o consumo de água (euros) e a dimensão do agregado familiar.



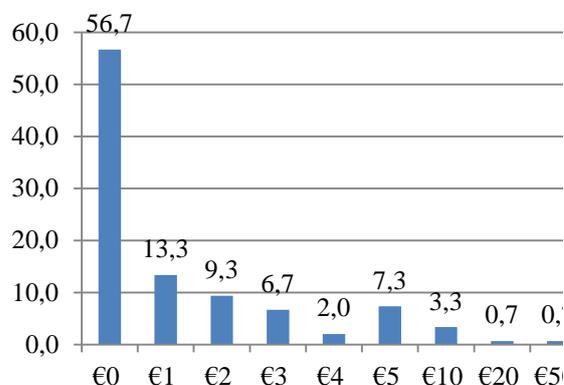
**Figura 13** - Relação entre o consumo de água (euros) e o rendimento familiar mensal (euros).

De um modo geral, o consumo doméstico cresce com o rendimento familiar do agregado familiar, embora este acréscimo seja mais relevante que o acréscimo com o número de elementos do agregado familiar.

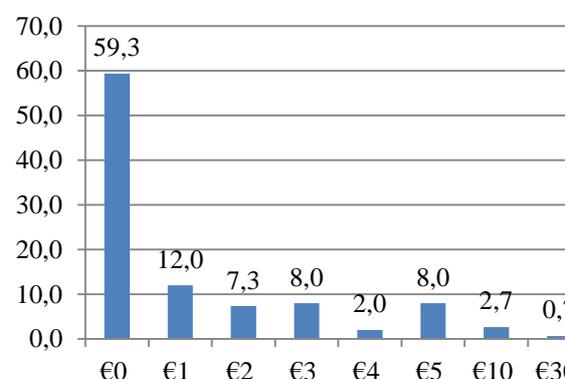
As figuras 14 e 15 apresentam a DAP para uma melhor qualidade de água e para um bom serviço de abastecimento público. Perguntou-se no inquérito, quanto os inquiridos estariam dispostos a pagar (DAP) a mais por mês para um bom serviço público de abastecimento de água, também foi mencionado que essa quantia seria adicionada à fatura da água, e que na resposta os inquiridos deveriam ter em conta os seus encargos pessoais, bem como a sua situação financeira actual. Colocou-se vários valores (0 euros, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50 euros, outra quantia eleita pelos inquiridos) em que os inquiridos escolhiam apenas um.

O mesmo procedeu-se para a pergunta da DAP a mais por mês para uma melhor qualidade da água de abastecimento.

De acordo com as figuras 14 e 15, podemos observar que a maioria dos inquiridos responderam que não estão dispostos a pagar (0 euros). A seguir, os valores 1 euros, 2 euros e 3 euros, foram os mais indicados. Estas respostas justificam-se pela atual situação económica e financeira a qual o país se encontra, a instalação do regime de austeridade e do fundo monetário internacional (FMI), os cortes salariais, o aumento da taxa de desemprego, os portugueses estão a passar por um período de crise e de instabilidade. Todos estes factores referidos anteriormente condicionam as escolhas e prioridades dos inquiridos.

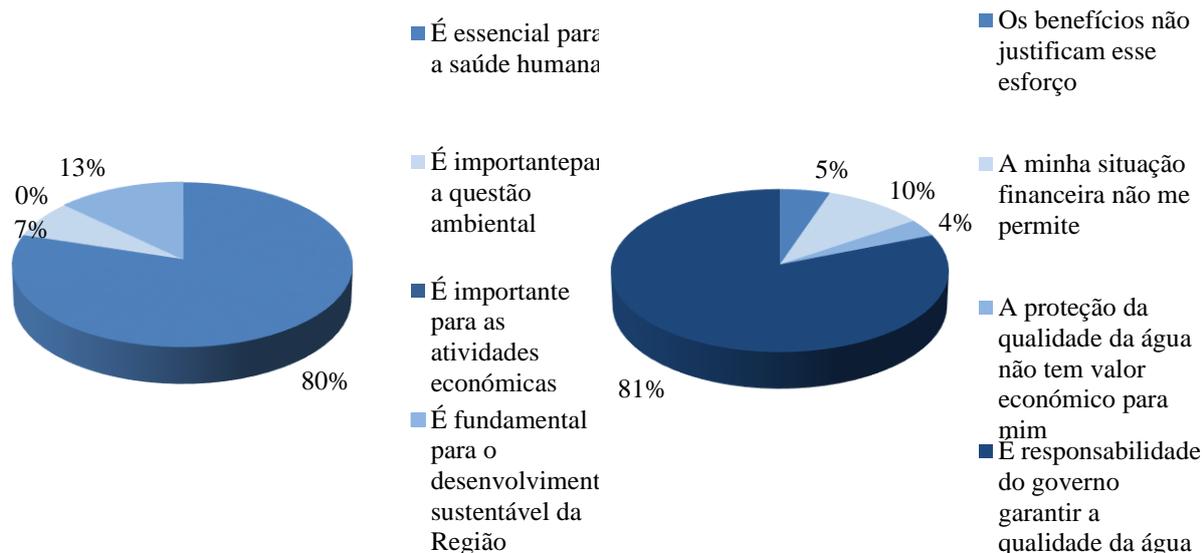


**Figura 14** - Percentagem dos valores de DAP para uma melhor qualidade da água de abastecimento.



**Figura 15** - Percentagem dos valores DAP para um bom serviço público de abastecimento.

As figuras 16 e 17 apresentam as razões pela qual os inquiridos estão ou não dispostos a contribuir para uma melhoria da qualidade da água. Dos inquiridos que estão dispostos a contribuir, cerca de 80%, sendo a maioria, indicam que a principal razão é que a água é essencial para a saúde humana. A seguir, 13% dos inquiridos estão dispostos a contribuir porque é fundamental para o desenvolvimento sustentável da região (ver figura 16). Quanto aos inquiridos que não estão dispostos a contribuir, a principal razão é a responsabilidade do governo garantir a qualidade da água, com maior número de respostas (cerca de 81%). A segunda afirmação com maior incidência, cerca de 10%, foi a minha situação financeira não me permite (ver figura 17).



**Figura 16** - Razão pela qual os inquiridos estão dispostos a contribuir.

**Figura 17** - Razões pela qual os inquiridos não estão dispostos a contribuir.

## 6. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo permitiu obter dados para uma análise mais profunda da valoração económica da água. Os resultados obtidos contribuem para uma melhor percepção dos terceirenses a nível das questões associadas ao uso da água.

A água é um recurso crucial para o desenvolvimento sustentável da região, e como tal, deve ser considerada como factor estratégico, tendo o total cuidado de garantir a eficiência no seu uso.

Com base nos resultados obtidos no inquérito, pode-se extrair as seguintes conclusões:

Existe uma relação entre o consumo médio de água e a dimensão do agregado familiar, ou seja, quanto maior for a dimensão do agregado familiar, maior será o seu consumo total. O mesmo acontece entre o consumo médio de água e o rendimento familiar mensal, existe uma relação proporcional, sendo perfeitamente normal que os inquiridos com remunerações mais elevadas tenham uma disponibilidade superior em consumir água do que os inquiridos que possuem remunerações mais baixas.

Grande maioria dos inquiridos afirma que a questão da água na ilha Terceira é um problema, como também consideram a preservação dos recursos hídricos como uma política a ser aplicada por parte das autarquias.

Os inquiridos afirmam que a qualidade global do serviço de abastecimento é boa, assim como a qualidade da água, no que diz respeito ao sabor, a cor, ao cheiro e a pressão. No

entanto, comparando a qualidade da água entre os dois concelhos, nota-se uma melhor classificação da qualidade da água, por parte dos residentes do concelho de Angra do Heroísmo, do que os residentes do concelho da Praia da Vitória.

Esmagadora maioria dos inquiridos não estão dispostos a contribuir para obterem uma melhor qualidade da água, e a principal razão indicada é, responsabilidade do governo garantir a qualidade da água. Este resultado deve-se provavelmente a actual situação de crise económica e instável que o país está atravessar.

### **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho foi executado com o apoio financeiro do Fundo Regional da Ciência (FRC) através do projeto de investigação M3.1.2/F/018/2011 – Valorização Económica da Água na Ilha Terceira e cofinanciado pelo FSE do Pro-Emprego.

### **BIBLIOGRAFIA**

Cruz, J.V. e Brito, A.G. Contribuição da hidrogeologia para o planeamento e a gestão sustentável da água no arquipélago dos Açores. In: *Actas do Encontro Nacional de Saneamento Básico; Simpósio Luso-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 10, Braga. 2002.

Cruz, J.V. e Coutinho, R. - “Breve nota sobre a importância dos recursos hídricos subterrâneos no arquipélago dos Açores”. *Açoriana*, 8, 4, 1998, pp. 591-594.

Decreto-Lei nº 306/2007, de 27 de Agosto de 2007. Acedido a 4 de Junho de 2015, In: <http://www.eco-partner.pt/g-agua-e-aguas-residuais>. Eco-partner.

INE - Instituto Nacional de Estatística (2007). *Classificação Portuguesa das Actividades Económicas Rev.3*. Instituto Nacional de Estatística. Lisboa.

Lage, B. (2009). *Aplicação do Método de Avaliação Contingente ao caso da Praia de Faro*. Tese de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais. Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

Murdock, S., Albrecht, D.; Hamm, R. e Backman, K. (1991). Role of socio-demographic characteristics in projections of water use. *Journal of Water Resources Planning and Management* 117(2): 235 - 251.

Pinheiro, L. F. (2008). *Análise Sócio-Demográfica para a Caracterização de Consumos Domésticos em Sistemas de Distribuição de Água*. Tese de Mestrado em Hidráulica e Recursos Hídricos. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior Técnico. Lisboa.

Rodrigues, F.C. (2002). *Hidrogeologia da Ilha Terceira (Açores – Portugal)*. Tese de Doutoramento. Departamento de Ciências Agrárias – Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo.

Schuman, H. e Presser, S. (1981). Questions and answers in attitude surveys: experiments on question form, wording, and context. New York: Academic Press. 370 p.

Silva, E. e R. Gabriel. (2007). *Atitudes face ao Ambiente em Regiões Periféricas*. Fundação para a Ciência e Tecnologia. Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.

Silva, E.; Rodrigues, F.C.; Ferreira, T. e Gabriel, R. (2007). A Água. Nota Introdutória – A Água nos Açores e em Castelo Branco. *In: Silva, E. e R. Gabriel. (eds). Atitudes face ao Ambiente em Regiões Periféricas*. pp 90-95. Fundação para a Ciência e Tecnologia. Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.

### ***COMPLEXO RELIGIOSO DA COVOADA, NA ILHA DE SÃO MIGUEL, AÇORES: POSSÍVEL LOCAL DE EXERCÍCIOS ESPIRITUAIS JESUÍTAS***

---

***Félix Rodrigues***

Universidade dos Açores, CITAA-A, [felix@uac.pt](mailto:felix@uac.pt)

#### **RESUMO**

Em 2014, o historiador José de Almeida Mello anunciou a descoberta de um “Complexo Religioso de Reduzidas Dimensões” encoberto durante séculos pela vegetação, na ilha de S. Miguel, Açores, no Concelho de Ponta Delgada. Essa redescoberta/descoberta, já tinha sido referida por João de Simas, dinamizador do arquivo criado em 1931, em Ponta Delgada, na Revista Ilustrada “Os Açores”, em 1922. Quase um século depois, volta-se a redescobrir um conjunto de estruturas que de facto possuem um valor patrimonial singular.

Com este trabalho pretende-se contribuir para o entendimento e valorização patrimonial dessas estruturas, através da análise da simbologia que aí se encontra, clarificando os seus usos, os seus possíveis utilizadores, e perspetivando a importância das estruturas em análise num contexto de expansão da influência Jesuíta no Mundo, especialmente nos Açores e na América Latina.

A análise aqui apresentada surge na sequência do trabalho que o autor desenvolveu no Castelo de São João Baptista, em Angra do Heroísmo, ilha Terceira, Açores, aquando do estudo dos símbolos inscritos nas suas muralhas, designadas popularmente por marcas de canteiros, mas que são na realidade simbologia Jesuíta.

Neste trabalho são estabelecidos paralelos entre a simbologia usada na Covoada e no Castelo de São João Baptista.

**Palavras-Chave:** Complexo Religioso da Covoada, Património religioso, Simbologia religiosa, Pensamento Jesuíta, Descodificação de mensagens.

#### **1. INTRODUÇÃO**

Antes de se avançar para a análise mais pormenorizada do recentemente descoberto/redescoberto, ou qualquer outro termo que se pretenda utilizar, “Complexo

Religioso da Covoada”, no Concelho de Ponta Delgada, na Ilha de São Miguel-Arquipélago dos Açores, entendeu-se ser útil começar por explorar os conceitos de descoberta e redescoberta, porque eles próprios podem levar à valorização/desvalorização de um património que no mínimo, possui potencial cultural e turístico.

Afirma Herbert Feigl que “Mesmo que a terminologia largamente difundida para a noção de descoberta não seja das mais felizes, a sua intenção é clara. Uma coisa é retraçar as origens históricas, a génese ou as condições sócio-político-económicas para a aceitação ou rejeição de teorias científicas; outra coisa bastante distinta é fornecer uma reconstrução lógica das estruturas conceptuais e dos testes das teorias científicas” “(Feigl, 2004)”.

Poder-se-ia perguntar, e no contexto em apreço, qual teria sido a razão pela qual a descrição dessas ruínas por João de Simas (dinamizador do arquivo criado em 1931, em Ponta Delgada) não conseguiu valorizar as ruínas agora descobertas/redescobertas, através do seu artigo publicado na revista ilustrada “Os Açores”, em 1922, como o título “A casa dos Castelhanos na Água Nova”? Será que esse autor não se considerou descobridor ou redescobridor dessas estruturas?

De facto, o trabalho de João Simas é apenas descritivo e não constrói uma teoria interpretativa. Deixa no ar um conjunto de suposições, não formuladas como hipóteses interpretativas. Aborda o assunto elencando lendas, colhendo narrativas e citando Gaspar Frutuoso, para dizer que esse historiador, não se refere na sua obra ao local visado no artigo. Não é possível a partir desse trabalho perceber-se que há construções com valor cultural na “Casa dos Castelhanos”, ostracizadas e votadas ao abandono, porque o grande objetivo do autor, nessa época, era registar em artigo tal facto e não divulgar publicamente a existência do local ou das construções.

Diz “Whewell (1967[1857])” que: “A partir do reconhecimento dos padrões de uma descoberta científica, a sua afirmação depende: das ideias fundamentais que são defendidas, da sua relação plausível com o mundo material, da competência pessoal do descobridor, da experiência prévia adquirida e do conhecimento científico atualizado que o descobridor possui e das discussões públicas que se venham a encetar...”. Assim, as características anteriormente enunciadas são fundamentais na produção de um “conhecimento confiável”, não só em termos epistemológicos, mas também morais. Embora os processos de formulação de inferências e hipóteses sejam individuais, eles ligam-se inequivocamente à experiência do cientista com o mundo material e com o processo público de discussão, crítica e validação.

Cronologicamente, o “Complexo Religioso da Covoada” poderá ter sido construído no Regime Filipino, ou seja, no período compreendido entre 1580 e 1640.

A hipotética influência espanhola dessas ruínas aparenta-se à primeira vista credível, pois não nos estamos apenas a referir à hipotética Cruz de Caravaca que aí existe, também conhecida como Cruz de Lorena ou Cruz de Borgonha, mas também à designação popular atribuída às ruínas, que acordo com João de Simas, no artigo publicado em 1922, afirma que os populares designam esse local pela “Casa dos Castelhanos”.

Apesar do que se exporá de seguida, aparentar não serem factos, como tal imparciais e objetivos, os conceitos e princípios epistemológicos e metodológicos aqui usados são os mesmos que se utilizaram na obra “Gibraltar Açoriano” de “(Rodrigues, 2014)”, onde foram desenvolvidas ideias baseadas em hipóteses explicativas, que ao serem confirmadas e reconfirmadas por uma grande multiplicidade de exemplos, originaram teoria, que será posta em causa, quando outra, mais robusta, seja capaz de a substituir. Apesar de não existirem provas experimentais, que fundamentem essa teoria, existe consistência estatística, determinada pelo valor elevado de probabilidade do facto ser explicado pela hipótese interpretativa.

Ao leitor que necessite de perceber em pormenor a metodologia e a coerência da teoria subjacente às interpretações que aqui se farão, e que conduzem à conclusão de que o “Complexo Religioso da Covoada” é um “Local de Exercícios Espirituais Jesuítas”, aconselha-se a leitura da obra de “Rodrigues, (2014)”. Neste trabalho apenas se citarão os aspetos mais relevantes da teoria gemátrica Jesuíta e da sua cabalística, descrita pormenorizadamente em “Rodrigues, (2014)” e que se entende contribuir para a valorização e interpretação do espaço designado inicialmente por “Complexo Religioso da Covoada” no Concelho de Ponta Delgada na ilha de São Miguel, Açores.

### **O Monograma jesuíta do “Complexo Religioso da Covoada”.**

“João de Simas (1922)”, ao descrever o aqui designado “Complexo Religioso da Covoada”, a que chamou de “Casa dos Castelhanos na Água Nova”, afirma: “Da ermida dizem ter sido retiro espiritual dos jesuítas, ao que nos não custa dar crédito, pois seria difícil encontrar local que tantas condições oferecesse para a cogitação das verdades eternas: longe dos homens e mais perto de Deus, no isolamento e quietação d’alma mais próprios para a meditação do Infinito. Continua o autor: “Abaixo d’este logar uns cinquenta metros, na vereda que para lá conduz, encontra-se uma vigia d’agua, de construção moderna, para a qual teriam desviado das outras edificações alguma pedra, difícil de obter perto. Na gravura pode o leitor reparar nas duas pedras que encimam a

abertura da porta, por cima da verga superior d'esta; a maior colocada ao contrário, com mais setas e a data - A. D. (*Anno Domini*) 1624 -; a outra, talvez mais antiga, com a marca dos Jesuítas—I. H. S.—(*Jesus Hominum Salvator*).” (ver figura 1).



**Figura 1** - Monograma colocado sob a Vigia d'água na proximidade do “Complexo Religioso da Covoada (Adaptada de “Simas, (1922)”).

Dois erros interpretativos são cometidos por João Simas no artigo de 1922: a terceira letra do monograma não é um S latino e a primeira letra sendo um I, nunca poderia ser lida como “Jesus”, mas sim como “*Iesus*”. Esses pormenores que aqui se apresentam, sob a forma de crítica, não pretendem desvalorizar o trabalho do autor mas ilustrar a complexidade do símbolo, que todos reconhecem e que muitos, inconscientemente e imediatamente, percebem o que significa.

O monograma da Vigia d'água está escrito como  $\text{I}^{\dagger}\text{H}\text{S}$ , com um sigma arcaico no final. Assim sendo, o monograma não é de forma inequívoca associado à frase “*Iesus Hominum Salvator*”, mas sim ao nome Jesus em grego arcaico (ΙΗΣΟΥΣ), que simplificado produz o monograma ΙΗΣ que usando a forma arcaica do sigma corresponde a  $\text{I}^{\dagger}\text{H}\text{S}$ .

Essa forma de escrever o monograma encontra ecos na simbologia utilizada na Fortaleza do Monte Brasil em Angra do Heroísmo e que foi inscrita nas suas muralhas entre 1582 e 1647 “(Rodrigues, 2014)”. Assim sendo, pode-se afirmar com certeza razoável que o “Complexo Religioso da Covoada” é de origem jesuíta, construído entre os séculos XVI e XVII, tal como afirma “José de Almeida Mello (2014)”, apesar nos inclinarmos para uma construção do século XVI, pelos paralelismos que existem com grafias Jesuítas desse século.

Não se podendo associar ao monograma dos Jesuítas a escrita latina, o sentido tradicional “Jesus Salvador dos Homens”, só lhe poderá ser associado pelo sentido extraído da cabala cristã e numeração grega, relacionada com o número 518, que significa “Eu sou a porta. Se alguém entrar por mim estará salvo; há-de entrar e sair e achará pastagem. O ladrão não vem senão para roubar, matar e destruir. Eu vim para que tenham vida e a tenham em abundância.”, que é praticamente equivalente ao primeiro significado (Jesus Salvador dos Homens), mas tal número e tal gematria tornam inequívoca a mensagem.

### **O “Anno Domini” de 1624 na pedra da Covoada.**

Relativamente à pedra grande, sobre a qual está colocado o monograma jesuíta, diz “Simas (1922)”, que ela está invertida (ver figura 2).



**Figura 2** - Simbologia utilizada nas pedras da Vigia d'Água, nas proximidades do “Complexo Religioso da Covoada” (Adaptada de “Simas, 1922”)

Centremos agora a nossa análise na leitura da inscrição dessa pedra grande, quando a invertemos relativamente à figura anterior. “Simas (1922)” lê-a como “A. D. (*Anno Domini*) 1624”.

“Mello, (2014)” aquando da apresentação da descoberta do “Complexo Religioso” também refere a mesma data de 1624, cuja leitura só é possível se a pedra tivesse sido colocada no local de forma invertida por inépcia dos pedreiros, o que é de facto muito pouco comum. Se atendermos ao carácter cabalístico dos símbolos Jesuítas, invertidos nos blocos do Castelo de São João Baptista em Angra do Heroísmo “(Rodrigues, 2014)”, verificamos que a posição dessa pedra está correta e é intencional.

Admitindo que *A∂* significa *Anno Domini*, tal significado é incompatível com uma escrita religiosa pois, *A. ∂.* (*Anno Domini* – Ano do Senhor), é quase herético, porque sendo a inicial de *Anno* em letra maiúscula, e a inicial de Senhor (*∂*), o mesmo que Deus, *Domini*, em letra minúscula, tratar-se-ia de outro erro grave ou então de uma sacrilégio, por se desvalorizar Deus escrevendo a sua inicial em letra minúscula. Por outro lado, o símbolo *∂* é atípico, e não é equivalente ao *d* manuscrito dos séculos XVI ou XVII.

O símbolo *I*, da hipotética data de 1624 não é característico, assemelhando-se mais à letra *I* latina ou à letra *iota* grega, sendo mais sensato que representasse o numeral *I*, em numeração romana, do que o numeral *1*, em numeração indo-árabe.

O símbolo *Z* da inscrição é claramente coincidente com a grafia da letra *Z* do alfabeto latino ou a letra *zeta* do alfabeto grego, muito distinto da grafia do numeral *2* no sistema de numeração indo-árabe.

A grafia do número *4*, na inscrição lida como 1624 é atípica para a época, sendo também pouco provável que represente esse número indo-árabe.

Pelo que se expôs, existem demasiadas incertezas na leitura direta dessa inscrição como sendo *Anno Domini* 1624.

Mas temos que admitir que 1624 é muito próximo do conjunto de símbolos  $I\zeta Z\text{f}$ , e que, tal como no monograma IHS de origem grega também essa inscrição se confunde com letras latinas, podendo incorporar apenas letras do alfabeto grego. Também pode haver por detrás de tal inscrição, lida desse modo, intencionalidade, para que se confundam esses símbolos com o *Anno Domini* e o número 1624. Se assim é, qual é o significado cabalístico teria tal número?

O número 1624 remete-nos, na cabala cristã, para o Livro dos Números, capítulo 29, versículo 39 que diz o seguinte: “Isto fareis em honra do SENHOR nas vossas festas, além dos vossos votos e ofertas voluntárias: holocaustos, oblações, libações e sacrifícios de comunhão.”

O sentido desse versículo enquadra-se convenientemente no pensamento de Santo Inácio de Loyola, pois desde o início do seu processo de conversão que o Santo pressentiu que “...existia uma luta enorme entre Cristo e o “Príncipe deste mundo” (Satanás), travada incessantemente, em todos os tempos e lugares, no mais íntimo de cada pessoa e nos labirintos das instituições e estruturas” “(Rocha, 2014)”. Para Santo Inácio de Loyola, todos estão envolvidos nessa luta tremenda, e só pode vencer o “Príncipe deste mundo” quem se decidir a seguir e servir a Cristo pelo caminho que ele percorreu. Esse percurso deverá ser incondicional e total, e é expresso na “oblação” com que termina a meditação do Reino. Quem faz uma oblação assim, torna-se um homem livre e um “homem novo”. É, de acordo com o pensamento de Santo Inácio de Loyola, através desses “homens novos” que se fará a conversão e a transfiguração do mundo e daí nascerá uma “humanidade nova” “(Rocha, 2014)”.

Existe ainda outro pormenor interessante nessa grafia: Se A.D. significa “*Anno Domini*” (Ano do Senhor), quando se dá valor à palavra Anno, escrevendo a sua inicial em letra maiúscula, o  $\partial$  minúsculo corresponderá a uma desvalorização de *Domini*, que poderá significar, na enorme luta que ocorre continuamente entre Cristo e o “Príncipe deste mundo”, a “*diabolus*”, e que este sim, necessitaria de ser desvalorizado, escrevendo o seu nome em letra minúscula. Assim A.  $\partial$ . poderá significar “*Anno diabolus*”, que só se consegue ler, se o fizermos de cabeça para baixo, ou seja, no sentido da terra, no sentido do reino do diabo, designação que dá à Terra Santo Inácio de Loyola.

Os símbolos  $I\zeta Z\text{f}$  ainda têm outras leituras na ótica cabalística jesuíta, mas dada a limitação deste artigo, não serão aqui apresentadas.

### **As flechas no monograma ou simbologia Jesuíta.**

“Mello (2014)” afirma, referindo-se ao “Complexo Religioso da Covoada” que “A estrutura não está referenciada nas páginas da História dos Açores, mas, aparentemente, está ligada à Câmara de Ponta Delgada, uma vez que lá podem ser encontradas, numa pedra, as Armas do Município...”, e “Simas (1922)”, escreve que “O que não percebemos muito bem é a marca do Município, n’um edifício construído, ademais, em terreno particular..”.

É claro que as flechas e o laço da figura 2, não estão relacionados com a “Marca do Município de Ponta Delgada”, pois é simbologia Jesuíta encontrada em vários locais e corresponde ao feixe de flechas atado com um nó górdio que era um dos símbolos dos Reis Católicos de Espanha, apesar desse símbolo já ser conhecido desde o século I a.C., por aparecer em várias obras do poeta romano Virgílio “(Navascués, 2004)”.

Observa-se no teto da Basílica de São Salvador da Baía, construída pelos Jesuítas, o monograma Jesuíta, que possui, em vez dos tradicionais três Cravos na sua base, que são um dos símbolos máximos do Cristianismo, um feixe de três flechas voltadas para cima em relação às letras gregas  $\text{IHS}$ , amarradas com um laço, na mesma disposição que se encontra na inscrição da Covoada.

A Basílica de São Salvador da Baía foi inaugurada e consagrada em 1672, ou seja, no século XVII “(Flexor, 2010)”.

As mesmas três flechas concorrentes e voltadas para cima voltam a aparecer em Salvador da Baía na praça do Cruzeiro em frente à Igreja de São Francisco, de construção jesuíta, mas aí, o feixe de flechas já não possui laço. As três setas, gravadas no Cruzeiro têm a mesma disposição daquelas que se encontram na gravação da Covoada.

Santo Inácio de Loyola empenhou-se, pessoalmente, na construção e divulgação do monograma jesuíta. Sendo o feixe de flechas um símbolo heráldico de Isabel I de Castela, “A Católica”, e dada a proximidade que o jovem Igñio tinha de alguns nobres chegados à Rainha Isabel I, como por exemplo a Juan Velázquez de Cuéllar da Contaduría, Mayor de Cuentas del Reino, seu familiar, e de quem foi pajem, “(Villoslada, 1991)”, parece-nos óbvio que conhecia bem esse símbolo e o seu significado. Por outro lado, a mensagem que resulta da leitura desse símbolo heráldico de Isabel I, por “Lamadrid (1951)”, que sendo certa, corresponde a: “quando as flechas estão soltas dispersam-se, mas quando unidas por um laço significam união ou sujeição”. Tal leitura encasa bem no pensamento Jesuíta.

Significando as setas unidas pelo laço “união” ou “sujeição”, quando estamos na “Casa de Deus” o sentido de tais palavras podem ser “estamos em união com Ele ou submissos a Ele”. Pelo contrário, significando o feixe de setas sem laço “dispersão” com o mesmo sentido de difusão, como na difusão dos raios de luz, o seu significado poderá ser o de “espalhar a palavra de Deus”. Repare-se que nesta hipótese interpretativa, centrada na religiosidade católica romana, a ida ao templo significa “estar junto do Senhor” ou “ir à casa do Senhor”, enquanto um colégio, de cariz religioso, terá certamente como objetivo fornecer os ensinamentos necessários para a divulgação da “palavra de Deus”. Assim sendo, parece-nos coerente que o feixe de setas no monograma jesuíta, no interior Basílica de São Salvador da Baía esteja amarrado com um laço, e no exterior do Colégio e Igreja de São Francisco, também em Salvador da Baía, estejam livres.

O feixe de flechas do “Complexo Religioso da Covoada” está amarrado com um laço, pelo que poderá significar, no contexto que se tem vindo a explorar, que se trata de um recinto Jesuíta, onde há “sujeição a Deus”, se o significado do amarrar as setas for aquele do símbolo heráldico da Rainha Isabel I de Castela defendido por “Lamadrid (1951)”.

O que aqui se acabou de expor é apenas uma hipótese interpretativa, que se julga ser muito mais forte, em termos de contexto e dos factos históricos que a suportam, do que aquela que aponta para que o feixe de flechas da Covoada seja o símbolo heráldico do Município de Ponta Delgada.

## BIBLIOGRAFIA

Feigl, Herbert (2004), “A visão “ortodoxa” de teorias: comentários para defesa assim como para crítica”, *Scientiae Studia*, Vol. 2, nº 2, pp. 265-277.

Flexor, Maria Helena, (2010), “Catedral Basílica. Igrejas e Conventos da Bahia”, *Série Roteiros do Patrimônio*, vol. II. IPHAN / Programa Monumenta, Brasília.

Lamadrid, P, (1951), “El emblem heráldico de las flechas de la Reina Isabel La Católica comentado por un humanista italiano”, file:///C:/Users/Utilizador/Downloads/Dialnet-ElEmblemaDeLaReinaIsabelLaCatolica-2485777%20(1).pdf, Data de consulta: Agosto de 2014.

Mello, José de Almeida, (2014), “Redescoberto Templo Perdido no Concelho de Ponta Delgada”, <https://www.facebook.com/pages/C%3%A2mara-Municipal-de-Ponta-Delgada/448959481833139>, Data de consulta Agosto de 2014.

Navascués, Faustino, (2004), “El escudo de España”, Real Academia Matritense de Heráldica y Genealogía, Madrid.

Rocha, S (2014), Espiritualidade inaciana - a espiritualidade dos Jesuítas, Exsurge Domini, <http://www.exsurge.com.br/formacaocatolica/textos%20formacao%20catolica/espiritualidadeinaciana.htm>. Data de consulta: agosto de 2014.

Rodrigues, Félix, (2014), “Gibraltar Açoriano: Possíveis Dimensões Religiosas e Musicais, Astrológicas e Astronómicas, Matemáticas e Geométricas, Cabalísticas e Esotéricas do Castelo do Monte Brasil”, Câmara Municipal de Angra do Heroísmo e Associação para a Ciência e Desenvolvimento dos Açores, Angra do Heroísmo.

Simas. João de (1922), “A Casa dos Castelhanos na Água Nova”, Os Açores, Novembro de 1922, pp 23-24.

Villoslada, R, (1991), “Santo Inácio de Loyola”, Edições Loyola, São Paulo.

Whewell, William, (1967[1857]), “History of the inductive sciences, from the earliest to the present time”, London, Frank Cass & Co. Ltd. (Facsimile Edition).

### **HABITAT SUITABILITY MODELLING OF ASPHODELUS BENTO-RAINHAE P. SILVA USING SPATIAL MULTICRITERIA ANALYSIS**

---

**Luís Quinta-Nova<sup>1,2</sup>, Natália Roque<sup>1</sup>, Sílvia Ribeiro<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária, Unidade Técnico Científica de Recursos Naturais e Desenvolvimento Sustentável, Castelo Branco, Portugal. E-mail: [lnova@ipcb.pt](mailto:lnova@ipcb.pt)

<sup>2</sup>Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade, Castelo Branco, Portugal.

<sup>3</sup>Centro de Investigação em Agronomia, Alimentos, Ambiente e Paisagem (LEAF - Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food), Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal

#### **ABSTRACT**

*Asphodelus bento-rainhae* P. Silva is a plant species belonging to the order of Liliales. This endemic plant occurs in central Portugal in an area of only 700 hectare on the northern slopes of the Serra da Gardunha (Fundão, Portugal). It is mainly present in north to northeast facing slopes and found in deep soils and open areas, where it is found at higher densities. It occurs along the edges of oak (*Quercus robur* and *Quercus pyrenaica*) and chestnut (*Castanea sativa*) forests, often reaching the herbaceous edges of these woods. Sometimes, it survives in pine forests of *Pinus pinaster*, mixed woods and slopes or roadsides and in lower abundances in scrubby vegetation. This species survival is threatened by forest fires and the conversion of woodland into cherry orchards, and the

fruit growers' extensive use of herbicides. The tree plantations, as well as urban sprawl, have decreased the extent and quality of its habitat. It is also confronted with invasive plants, such as *Acacia dealbata*. The mapping of the *A. bento-rainhae* habitat suitability index results on the integration of a set of biophysical factors using the ArcGIS 10.3 software, based on the Sectorial Plan for Natura 2000 Network and other literature concerning the species ecology. The data used included bioclimatic, soil and topographic variables, based on a digital terrain model (DTM). All the geographic themes (criteria) were classified into three suitability levels: unfavorable, less favorable and favorable. Based on the resulting reclassified themes, the *Habitat Suitability Index* (HSI) for *A. bento-rainhae* P. Silva was calculated using the *Analytic Hierarchy Process* (AHP). The fundamental concept of AHP lies in proceeding from a pairwise comparison of criteria to evaluate the weights that assign relative importance to these criteria. In the end, a map algebra was performed in order to obtain the final theme representing the habitat suitability for *A. bento-rainhae*. The results regarding the actual species distribution, obtained in the aim of field work performed in the LIFE-Nature project "Asphodelus bento-rainhae - Measures to manage and preserve it" show a high correlation with the values of HIS.

Keywords: AHP, *Asphodelus bento-rainhae*, endemic species, HSI, serra da Gardunha.

## 1. INTRODUÇÃO

*Asphodelus bento-rainhae* P. Silva é uma espécie da família *Liliaceae*, endémica da serra da Gardunha, considerado "vulnerável" de acordo critérios de ameaça IUCN (versão 2011.2) (Barreto Caldas & Moreno Saiz 2011 in IUCN, 2011). É considerada também uma espécie prioritária para conservação (ICNB, 2006), incluída no Anexo B-II da Diretiva 92/43/CE e no Anexo I da Convenção de Berna (1979) transposta para a legislação nacional através do DecretoLei n.º 316/89. A reprodução vegetativa é a forma preferencial desta espécie se renovar anualmente (Cotrim *et al.*, 2002; Delgado, 2010; ICNB, 2006).

A sua área de distribuição ocupa cerca de 700 ha., exclusivamente na vertente norte, entre 530 a 810 m de altitude, em solos profundos resultantes de depósitos de vertente de corneanas e xistos mosqueados derivados de metaformismo de contacto dos xistograuvaque, repartindo-se por sete freguesias do concelho do Fundão: Souto da Casa, Aldeia Nova do Cabo, Aldeia de Joanes, Fundão, Alcongosta, Donas e Alcaide. É uma espécie associada a habitats florestais, encontrando-se no sub-bosque de carvalhais de

*Quercus robur* e/ou *Quercus pyrenaica*, ou mesmo de castiçais bem conservados, mais ou menos abertos. Encontra-se, igualmente, em pinhais de *Pinus pinaster*, bosques mistos e taludes de cerejais, onde não sejam aplicados herbicidas. A abundância da espécie aumenta de leste para oeste onde se verifica uma maior concentração de habitats florestais (ICNB, 2006). A sua área de distribuição tem-se identificado em fase de regressão devido ao aumento da área de cerejal (ICNB, 2006) em relação aos bosques de carvalhais e castiçais. Para além da fragmentação do habitat, a utilização de herbicidas e os fogos constituem ameaças à sua preservação.

Neste estudo pretendeu-se determinar os diferentes níveis de aptidão para o *A. bentorainhae* P. Silva na região centro de Portugal. Para o efeito recorreu-se a um conjunto de variáveis climáticas, edáficas, topográficas e de ocupação do solo. A avaliação da aptidão foi efetuada com recurso ao método de análise espacial multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

O recurso à utilização de técnicas de modelação para prever a aptidão do habitat para espécies vegetais está a ter uma utilização crescente na área da conservação e gestão da natureza (Lu et al. 2012, Malczewski, J. 2004). Neste âmbito a análise multicritério é uma ferramenta particularmente interessante quando se exploram as diversas hipóteses de combinação de critérios.

#### Material e Métodos

O Processo Analítico Hierárquico (AHP) é um dos métodos de análise multicritério mais amplamente utilizado. Este processo é baseado em matemática e psicologia e fornece um quadro abrangente e racional de estruturação de um problema de decisão, permitindo a representação e quantificação dos seus elementos, de forma a relacionar esses elementos com objetivos gerais e avaliar soluções alternativas (Saaty 1980).

O método AHP decompõe um problema, questão ou decisão, em todas as variáveis que o constituem, num esquema de critérios e subcritérios, fazendo posteriormente comparações par a par entre as mesmas. A comparação entre critérios é feita a partir de uma escala de 1 a 9, em que 1 corresponde a igualmente preferido, e 9 a extremamente preferido. A AHP transforma as comparações em valores numéricos que podem ser processados e comparados em toda a extensão do problema. O peso de cada um dos fatores permite a avaliação de cada um dos elementos dentro da hierarquia definida. Essa capacidade de conversão de dados empíricos em modelos matemáticos distingue a AHP de outras técnicas de tomada de decisão (Saaty 1980).

A análise multicritério tem sido amplamente aplicada em vários estudos de áreas distintas, muitos dos quais se encontram publicados e são citados por diversos autores como sendo processos de tomada de decisão de extrema relevância.

A metodologia de análise espacial aplicada para a determinação da aptidão biofísica do *A. bentorainhae* encontra-se representada na figura 1.

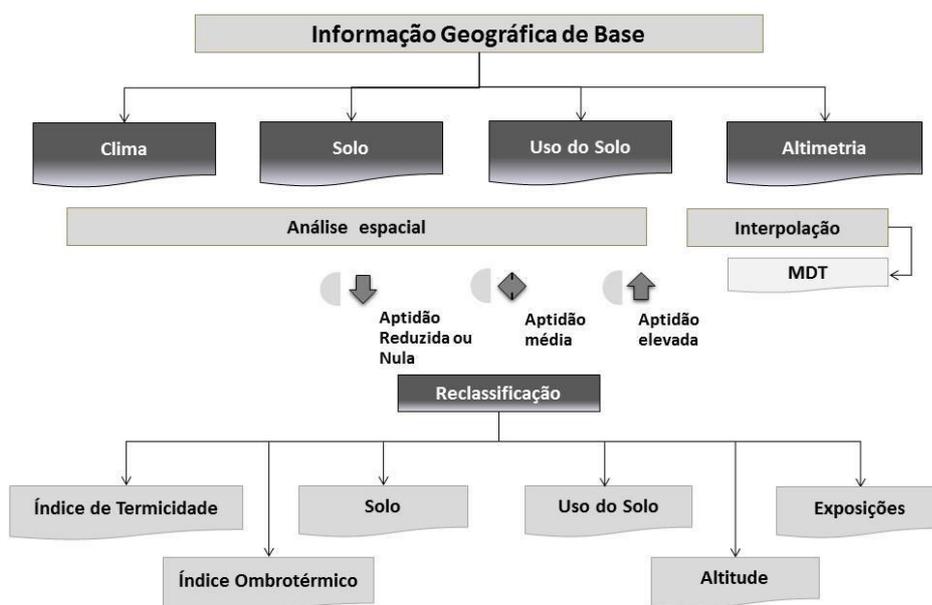


Figura 1 - Fluxograma de análise espacial.

A identificação do habitat mais favorável foi efetuada com base na integração de um conjunto de fatores biofísicos com recurso ao programa ArcGIS 10.2, tendo por base a ficha do Plano Sectorial da Rede Natura 2000, bem como outra bibliografia respeitante à espécie em causa, tendo sido utilizada a seguinte cartografia de base: altimetria, pedologia, bioclima (Índice ombrotérmico -  $I_o$  e Índice de termicidade -  $I_t$ ) e vegetação/ocupação do solo. Com base nos dados altimétricos foi ainda elaborado o tema exposições.

Os diferentes temas foram classificados em três níveis de aptidão: inferior à referência (1), referência (2) e superior à referência (3), como pode ser consultado no quadro 1. Com base nos temas resultantes da reclassificação em níveis de aptidão, calculou-se a aptidão mediante a aplicação de um método de análise espacial multicritério - o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) ou Processo Analítico Hierárquico.

**Quadro 1 - Classificação das fatores ambientais em três níveis de aptidão.**

	Superior à referência (3)	referência (2)	Inferior à referência (1)
Solo	Mn <sub>an</sub> ; Mn <sub>en</sub> (p); Pgn(a); Pgn(p,a); Qn; Qn(p); Spn; Spn(a); Spn(a,p); Spn(p); Spn(p,a); Vgn; Vgn(a); Vgn(p); Vgn(p,a)	Pg(d); Pg(d,p); Pgn(d,p); Px(d); Px(d,p); Mng; Mng(a); Mng(p); Mnn(p); Mnsq(p); Mnsx(p); Mnx(p); Pg; Pg(a); Pgm; Pgm(a); Pgm (p,a); Pvx(a); Pvx(p); Px; Px(a); Qg; Qg(a); Qg(p); Qq(p); Spx; Spx(a); Spx(p); Spx(p,a); Svgn(p,a); Vmg(p)	A; Al; Al(a); Al(h); Arg; Argn; Asoe; At(h); Atl(p); Atl; Atl(p,a); Eg; Egn; Ex; Sbl; Sbl(a); Sbl(h); Sbl(h,a); Sbl(p,a)
Índice Ombrotérmico (I <sub>o</sub> )	Húmido inferior	Húmido Superior + Hiper-húmido Inferior	Outros
Índice de Termicidade (I <sub>t</sub> )	Mesomediterrânico superior	Supramediterrânico inferior	Outros
Exposições	Norte (N); Noroeste (NO); Nordeste (NE)	Este (E); Zonas planas	Sudeste (SE); Sul (S); Sudoeste (SO); Oeste (O)
Uso do solo	Carvalhal; Castiçal	Sobreiral; Pinhal consociado com espécies arbustivas; Pinhal consociado com castiçal; Povoamentos de resinosas	Acacia; Culturas arvenses; Carcas para rega; Eucalipta; Lameiros; Mosaico de olival e áreas frutícolas; Mosaico de matos de altitude com herbáceas; Mato alto; Mato baixo; Outras infraestruturas; Galeria ripícola; Vegetação ripícola de porte baixo; Afloramentos rochosos e cascalheiras; Áreas urbanas
Altitude	530 - 810 m	490 - 530 m; 810 - 850 m	Outras

Esta metodologia consiste em dividir o problema, em níveis hierárquicos de tomada de decisão (figura 4). Após a hierarquização do problema, em cada nível, os critérios que condicionam a tomada de decisão são comparados dois a dois (*pairwise comparison*) numa matriz de decisão quadrada, baseada numa escala de importância de nove valores numéricos (quadro 2). Para esta análise foi utilizada a extensão AHP.

**Quadro 2 - Escala de comparação de critérios.**

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente	Bastante	Muito	Pouco	Igual	Pouco	Muito	Bastante	Extremamente
Menos importante					Mais importante			

Fonte: Saaty (1980).

## 2. RESULTADOS

O Processo Analítico Hierárquico (AHP) dos critérios teve por base os valores apresentados na matriz do quadro 3 em conjugação com a ponderação obtida para todos os parâmetros que constam no quadro 4.

O processo AHP é concluído pela determinação da importância relativa de cada critério/subcritério e pela validação da consistência destas operações. Se o índice de razão de consistência (RC) for próximo ou inferior a 10% (RC <0,1) significa que existe uma coerência na comparação par a par da matriz. Como o valor da Razão de Consistência (RC) foi de 0,11, admite-se a existência de uma boa consistência na comparação par a par da matriz.

Quadro 3 - Matriz de comparação.

Crítérios	Solo	Io	Uso do solo	It	Exposições
Solo	1	5	1	5	5
Io	0,2	1	0,2	5	3
Uso do solo	1	5	1	7	5
It	0,2	0,2	0,14	1	0,2
Exposições	0,2	0,33	0,2	5	1

Quadro 4 - Ponderação dos critérios.

Crítérios	Vetor próprio	Vetor de maior valor	Ponderação
Solo	5,51	0,66	37%
Io	-0,03	0,24	13%
Uso do solo	-0,03	0,69	38%
It	-0,42	0,07	4%
Exposições	-0,02	0,15	8%
RC= 0,114			

Como resultado da aplicação desta metodologia (figura 2) obteve-se o cartograma apresentado na figura 3 que representa as áreas com aptidão elevada, média e reduzida ou nula para *A. Bentorainhae*, comparativamente com os resultados obtidos com a distribuição real da espécie (valores de abundância, assumindo a variável categórica como contínua - *ordinary kriging*), com base na prospeção realizada no âmbito do projeto LIFE-Natureza “*Asphodelus bento-rainhae* - medidas de conservação e gestão”.

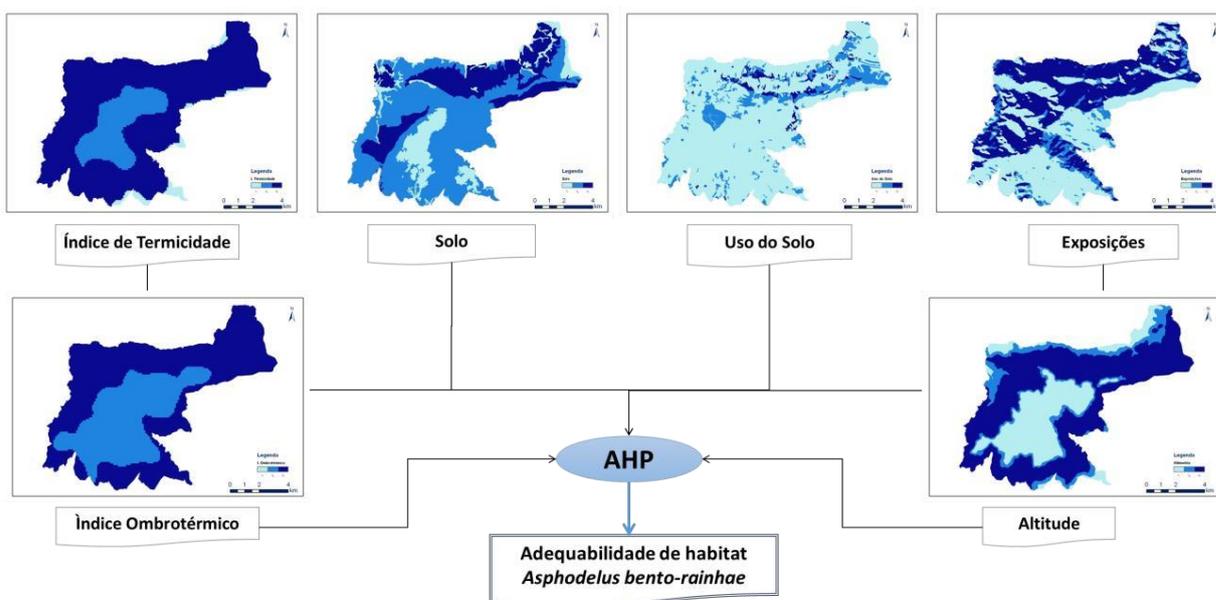


Figura 2 - Adequabilidade de Habitat (HSI) vs. Distribuição do *A. Bento-rainhae*.

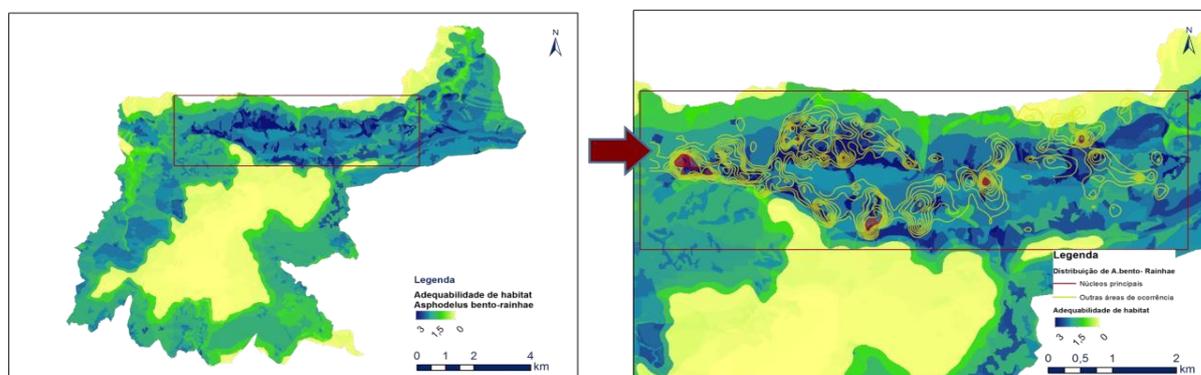


Figura 3 - Adequabilidade de Habitat (HSI) vs. Distribuição do *A. Bento-rainhae*.

Verifica-se uma forte correspondência entre a distribuição potencial e real, com a distribuição da espécie a ocorrer predominantemente nas áreas que apresentam uma aptidão elevada de acordo com o modelo, com particular relevo para a localização dos núcleos principais da população de *A. bento-rainhae*. Verifica-se uma boa capacidade preditiva da metodologia aplicada, tendo em consideração os critérios analisados e hierarquizados. As cartas de aptidão obtidas podem constituir um importante instrumento de gestão e conservação desta espécie em risco de extinção. Os fatores edáficos, climáticos e de uso do solo parecem ser determinantes na distribuição de *A. bento-rainhae*.

## BIBLIOGRAFIA

- Barreto Caldas F. & Moreno Saiz J. C. 2011 in IUCN. (2011) IUCN red list of threatened species. Version 2011.2. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). [consulta em junho de 2015].
- Collins, M. G., Steiner, F. R., Rushman, M. J. (2001) Land-use suitability analysis in the United States: historical development and promising technological achievements. *Environment Management*. v. 28, n. 5, pp. 611-621.
- Cotrim H. M., Silva, J. P., Fay M. F. & Chase M. W. (2002) Analysis of genetic diversity in *Asphodelus bento-rainhae* P. Silva towards a conservation strategy. In: II Congresso Internacional sobre a situação da Rede Natura 2000 nos Países Mediterrâneos. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 316/89, de 22 de Setembro - Diário da República n.º 219/1989. Anexo I da Convenção de Berna (1979) transposta para a legislação nacional. I Série A. (22-09-1989). Ministério do Planeamento e Administração do território. Lisboa.
- Delgado F. (2010) Conservação e valorização de *Asphodelus bento-rainhae* P. Silva e *Lavandula luisieri* (Rozeira) Rivas-Martínez da Beira Interior. Tese de Doutoramento. Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa.
- Diretiva 92/43/CE. *Official Journal* L206, 22/07/1992 0007-0050 (The 'Habitats Directive').
- IUCN - The World Conservation Union. (2011) Red list categories and criteria, version 3.1.2001. IUCN Survival Commission. IUCN red list of threatened species. Version 2010.1 [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org) [consulta em abril de 2012].
- Lu, C.Y., Gu, W., Dai, A.H., Wei, H.Y. (2012) Assessing habitat suitability based on geographic information system (GIS) and fuzzy: A case study of *Schisandra sphenanthera* Rehd. et Wils. in Qinling Mountains, China. *Ecological Modelling*. 09/2012; 242:105-115.
- Malczewski, J. (2004) GIS - based land-use suitability analysis: a critical overview, *Progress in Planning*, v. 62, n. 1, pp. 3-65.
- Saaty, T.L. (1980) *The Analytical Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. 1st Ed., McGraw-Hill, New York.
- ICNB. (2006) Plano Sectorial da Rede Natura 2000. Caracterização de valores naturais. Instituto da Conservação da Natureza. [http://portal.icnb.pt/ICNPortal/vPT2007/O+ICNB/Ordenamento+Gestao/Plano+Sectorial+da+Rede+Natura+2000/psrn\\_doc\\_fichas\\_hab.htm](http://portal.icnb.pt/ICNPortal/vPT2007/O+ICNB/Ordenamento+Gestao/Plano+Sectorial+da+Rede+Natura+2000/psrn_doc_fichas_hab.htm). [consultado em set.dez. de 2011].

## **ANÁLISE COMPARATIVA DE METODOLOGIAS PARA O DIMENSIONAMENTO DAS CAMADAS SUPERIORES DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS**

**Cassio Paiva<sup>1</sup>, Amaro Joaquim<sup>2</sup> & Adelino Ferreira<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Professor Titular Doutor da UNICAMP-FEC-DGT; Brasil; [celpaiva@fec.unicamp.br](mailto:celpaiva@fec.unicamp.br)

<sup>2</sup>Eng. Civil Mestrando da FEC-UNICAMP-DGT; Brasil; [amaro@fec.unicamp.br](mailto:amaro@fec.unicamp.br)

<sup>3</sup>CITTA, Departamento de Eng. Civil, Universidade de Coimbra; Portugal; [adelino@dec.uc.pt](mailto:adelino@dec.uc.pt)

### **RESUMO**

Em países onde a extensão territorial é grande, a malha viária é composta por estradas não pavimentadas e pavimentadas. Em geral, as estradas não pavimentadas atendem um baixo volume de tráfego, mas têm grande importância para mobilidade de agricultores, fazendeiros e munícipes de regiões rurais. O objetivo deste trabalho é avaliar os critérios de dimensionamento de camadas superiores de vias deste porte, procurando visar em métodos recomendados e desenvolvidos em diferentes continentes, que contemplam diferentes variáveis. Além da avaliação da sensibilidade das variáveis dos diferentes métodos, elaborou-se uma tabela comparativa dos mesmos. Concluiu-se que o CBR é a variável com maior sensibilidade em todos os métodos, e entre os três principais critérios de projeto avaliados, a equação de Hammitt (1970) mostrou-se a mais conservadora na determinação da espessura do pavimento. Existe uma grande necessidade de se aprimorar critérios de projeto para estradas não pavimentadas, visando a sua aplicação de forma padronizada em diferentes regiões do mundo.

**Palavras chave:** Critérios de projeto, espessura do pavimento, vias não pavimentadas.

### **ABSTRAT**

In countries with large territorial extension, the road network is comprised of unpaved and paved roads. Generally, the unpaved roads meet low traffic volume, but have great importance for the mobility of farmers, ranchers and residents of rural areas. This work aims to evaluate the design criteria of the upper pavement layers of this type of roads, aimed at methods recommended and developed in different continents and with different variables. Besides the evaluation of the sensitivity of the variables of the different methods, it was prepared a comparative table between them. It was concluded that CBR is the variable with the highest sensitivity in all methods, and between the three main design criteria analyzed, the equation of Hammitt (1970) proved to be the most conservative in determination of the pavement thickness. There is a great need to improve the design criteria for unpaved roads, aiming its application in a standardized manner in different regions of the world.

**Keywords:** Design criteria, pavement thickness, unpaved roads.

### **1. INTRODUÇÃO**

O crescimento da infraestrutura de transporte influencia diretamente no desenvolvimento econômico de um país ou região (Ferreira, 2004). Apenas cerca de 15% das rodovias no Brasil são pavimentadas, existindo cerca de 1.358.829 Km de vias não pavimentadas dos 203.599 Km de rodovias pavimentadas, isto significa, que mais de 85% das rodovias no Brasil não são pavimentadas (CNT, 2014).

De acordo com Baesso e Gonçalves (2003), estradas não pavimentadas são aquelas em que a superfície do pavimento é constituída por materiais como: agregados naturais identificados como cascalho; pedregulhos oriundos de jazidas e seixo rolados; agregados artificiais conhecidos como os materiais britados; solos constituídos por materiais da própria base ou subleito e solos naturalmente estabilizados.

Para vias onde o volume de tráfego vigente ou previsto é baixo, pode-se dimensionar estradas não pavimentadas projetadas para atender apenas esta solicitação, classificadas como vias de baixo volume de tráfego. Estas vias são frequentemente utilizadas nos países em desenvolvimento, bem como naqueles localizados no sul da África (SATCC, 2003). Ainda de acordo com Pimentel (2007), estas rodovias desempenham um papel importante na ligação entre regiões rurais e urbanas.

O dimensionamento de vias de baixo volume de tráfego é mais complexo, pois sempre existe uma pretensão de se chegar a um baixo custo de execução.

## 2. METODOLOGIAS ANALIZADAS

O dimensionamento de estradas não pavimentadas é diretamente influenciado pelo ambiente, propriedades dos materiais locais, nível de serviço ou volume de tráfego e outros. Dependendo da região, existe uma grande variabilidade destes fatores. Assim, alguns países foram desenvolvendo métodos de dimensionamento que se ajustam mais à sua situação específica e os demais países foram adaptando esses métodos a sua realidade.

### 2.1 Método de Hammitt (1970):

O método de Hammitt de 1970, foi baseado nos estudos pioneiros de Ahlvin em 1959 e nos testes de 59 secções pavimentadas desenvolvidas em sua pesquisa, para determinar a espessura de estradas não pavimentadas em função do CBR e do número de eixos passantes para gerar uma deformação de 75 mm (Little, 1993). Assim, usaram-se as seguintes variáveis de entrada:

$N_{75}$  → Número de eixos passantes para gerar uma deformação de 75mm;

$P$  → Carga unitária da roda (kN);

CBR → Índice de Suporte Califórnia (%);

$A$  → Área de contato roda – pavimento ( $m^2$ ).

A variável de saída é a espessura do pavimento ( $h$ ) em metros, e a mesma é calculada pela Equação (1):

$$h = (0,0236 \cdot \log N_{75} + 0,0161) \cdot \sqrt{\frac{P}{\text{CBR}} - 17,8} \cdot A \quad (1)$$

### 2.2 Método de Giroud e Noiray (1981)

Baseados no trabalho de Hammitt e desenvolvimento de Webster, Watkins e Alford entre 1977 e 1978, Giroud e Noiray propuseram uma nova equação para projeto de vias não pavimentadas (LITTLE, 1993). A grande diferença deste método relativamente ao anterior, é que a espessura do pavimento é calculada em função de uma deformação escolhida pelo projetista, que é o critério de ruptura. Neste método utilizaram-se as seguintes variáveis de entrada:

$N_r$  → Número de eixos padrão para gerar uma deformação  $r$  em mm;

$r$  → Máxima deformação de projeto (mm);

CBR → Índice de Suporte Califórnia (%).

A Equação (2) permite calcular a espessura do pavimento ( $h$ ) em metros.

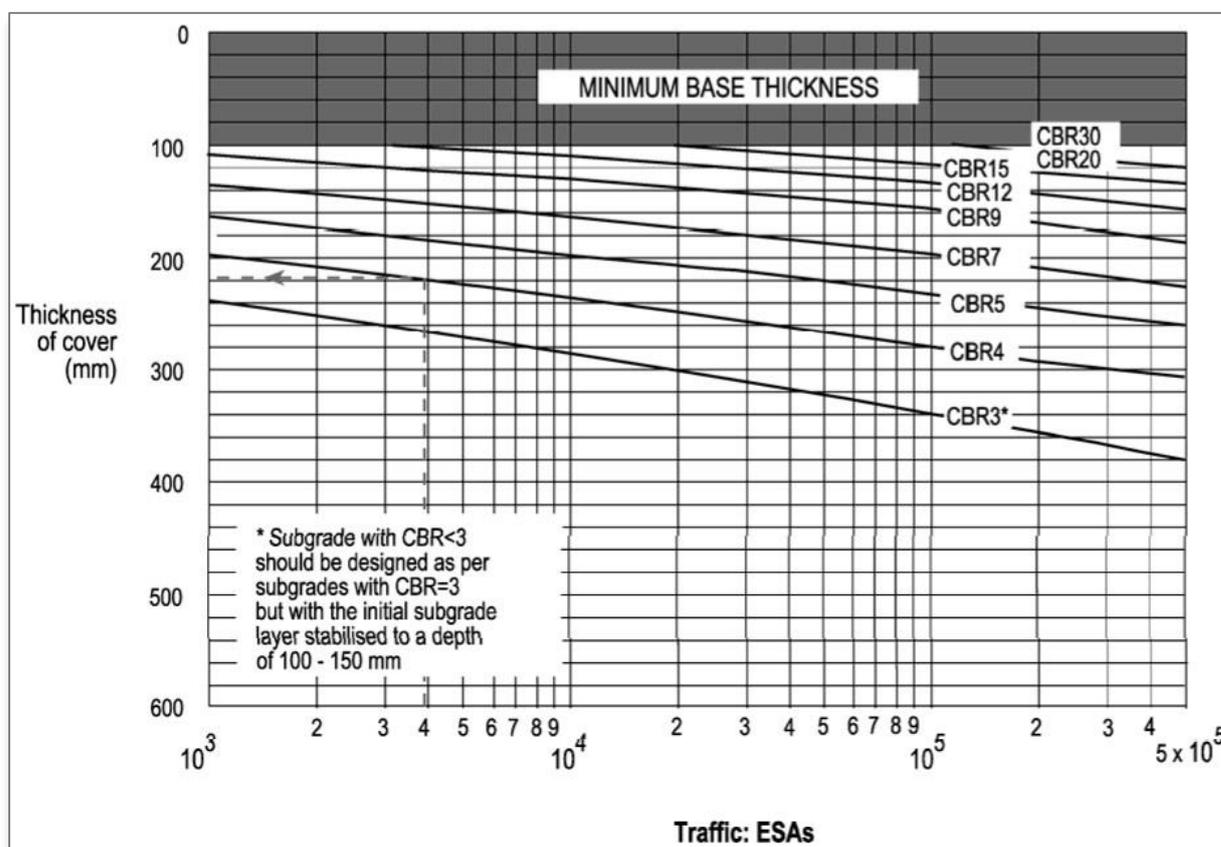
$$h = \frac{0,19(\log N_r - 2,34(r - 0,075))}{\text{CBR}^{0,63}} \quad (2)$$

### 2.3 Austroads Guide to Pavement Technology: Part 6 (2009)

O método Australiano para pavimentos não selados, aperfeiçoado em 2009, como método de dimensionamento da sua espessura, foi baseado no Manual de Instruções para Estradas Seladas com Fina Capa de Asfalto publicado em 2008 pela Austroads (2009). Neste método as variáveis de entrada são:

N → Número equivalente de operações eixo ao longo do período de projeto (80kN);  
CBR → Índice de Suporte California no Subleito, requerido ou de projeto (%).

A variável de saída é a espessura da camada de base, que é calculada através do gráfico do guia de projeto de um novo pavimento para tráfego leve (ARRB Transport Research, 1998), usado tanto para pavimentos selados como para pavimentos não selados, ruas residenciais e estradas rurais de materiais granulares com baixa capacidade estrutural.



**Figura 1** - Projeto para pavimentos granulares (80% de índice confiabilidade).

Fonte - ARRB Transport Research (1998 Figure 13.8.2 C).

O gráfico apresentado na Figura 1 corresponde a um índice de confiabilidade de 80%. Para valores de CBR menores que 3%, deve-se acrescentar uma camada com espessura entre 100 e 150 mm (AUSTROADS, 2009).

### 2.4 Forest Road Design

#### 2.4.1 Forest Civil Engineering Design Recommendations (2004)

Trata-se de uma metodologia desenvolvida pelo Departamento de Engenharia Civil

Florestal do Reino Unido em 2004, e parâmetros do Manual de Projeto de Estradas e PontesDMRB. Este método é baseado nas propriedades mecânicas do solo local, utilizado para determinação da espessura total de camadas superficiais de estradas não pavimentadas (Brito, 2011). As variáveis de entrada para o dimensionamento são:

Velocidade de Projeto→25 Km/h;  
Carga de Projeto→44 Toneladas;  
Tipo de material local (Valor do Impacto do Agregado–AIV);  
CBR→Índice de Suporte California no Subleito do material local (%).

A variável de saída é a espessura do pavimento (h), apresentada pela tabela proposta no Manual de Engenharia Civil Florestal (FCE Handbook, 2004).

## 2.5 Método do DCP (Dynamic Cone Penotometer)

Trata-se de um método que permite fazer a avaliação do subleito no local, originalmente Australiano, mas aperfeiçoado pelos Sul Africanos entre 1960 e 1970 (MTPW, 2013). Em 1980 foi desenvolvido um programa computarizado que permite dimensionar a espessura das camadas de estradas cascalhadas para estradas seladas. O método apresenta as seguintes variáveis de entrada:

T→Período de projeto;  
N→Tráfego de projeto (Anexo 3B do MTPW,2013);  
LE→Classe de tráfego de acordo estudos na região Sul de África (Quadro 1);  
DN Requerido→Perfil de resistência requerido (Quadro 2);  
DN *In Situ*→Perfil de resistência da camada *in situ* calculado pelo software DCP;

Correlação entre DN–CBR.

Quadro 1 – Classes de tráfego por projeto de pavimento.

Classe de Tráfego	Número Acumulado de ESA's (CESA – uma direção)
LE 0,01	0,003 - 0,01
LE 0,03	0,01 - 0,03
LE 0,10	0,03 - 0,10
LE 0,30	0,10 - 0,30
LE 0,70	0,30 - 0,70
LE 1,0	0,70 - 1,0

Fonte - MTPW (2013)

A classe do tráfego é apresentada no Quadro 1. Esta metodologia é baseada na comparação entre o perfil de resistência da camada *in situ* (no local) e o perfil de resistência requerido em função do volume de tráfego do projeto. Se o perfil de resistência requerido é maior que o perfil de resistência da camada *in situ* deve-se reforçar o subleito com uma nova camada mais resistente, com o DN menor ou igual ao requerido, uma vez que a espessura das camadas é fixa.

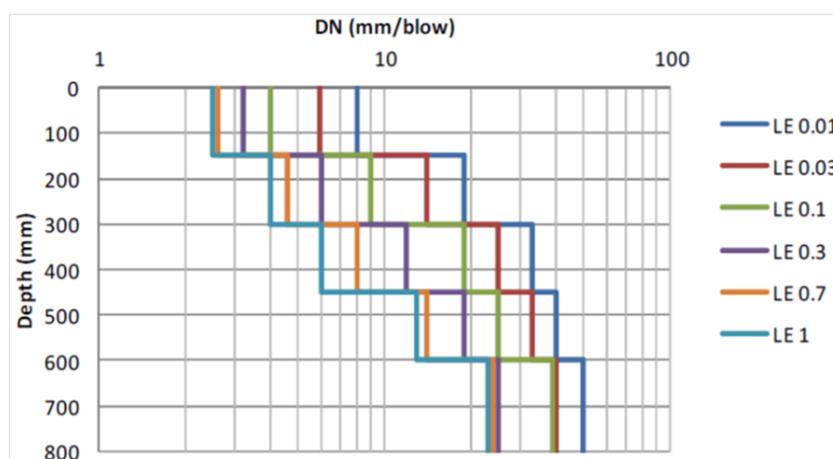
O perfil de resistência requerido por camada, em função do volume ou classe de tráfego é apresentado no Quadro 2.

**Quadro 2** – Catálogo de projeto DCP para diferentes classes de tráfego.

Classe de Tráfego E80 * 10 <sup>6</sup>	LE 0.01 0.003 – 0.010	LE 0.03 0.010 – 0.03	LE 0.1 0.03 – 0.10	LE 0,30 0.10– 0,30	LE 0,70 0.30– 0,70	LE 1,0 0.70– 1,0
0-15 cm Base ≥ 98% MAASHTO	DN ≤ 8	DN ≤ 5,9	DN ≤ 4	DN ≤ 3,2	DN ≤ 2,6	DN ≤ 2,5
15-30 cm Sub-base ≥ 95% MAASHTO	DN ≤ 19	DN ≤ 14	DN ≤ 9	DN ≤ 6	DN ≤ 4,6	DN ≤ 4,0
30-45 cm Subleito ≥ 95% MAASHTO	DN ≤ 33	DN ≤ 25	DN ≤ 19	DN ≤ 12	DN ≤ 8	DN ≤ 6
45-60 cm Material <i>in situ</i>	DN ≤ 40	DN ≤ 33	DN ≤ 25	DN ≤ 19	DN ≤ 14	DN ≤ 13
60-80 cm Material <i>in situ</i>	DN ≤ 50	DN ≤ 40	DN ≤ 39	DN ≤ 25	DN ≤ 24	DN ≤ 23
DN 800	≤ 39	≤ 52	≤ 73	≤ 100	≤ 128	≤ 143

Fonte - MTPW (2013).

O diagrama de resistência ou força da camada mínima requerida para diferentes classes de tráfego é apresentado em forma de gráfico na Figura 2 em número de golpes para causar determinada profundidade (DN). Cada classe de tráfego é apresentada por uma reta.



**Figura 2**– Diagrama de resistência da camada para várias classes de tráfego.

Fonte - MTPW (2013)

A relação DN – CBR é calculada através da fórmula proposta no MTPW (2013). Assim podemos calcular o valor do CBR requerido em função do DN através da Equação (3).

$$CBR = 410 * DN^{-1,27} \quad (3)$$

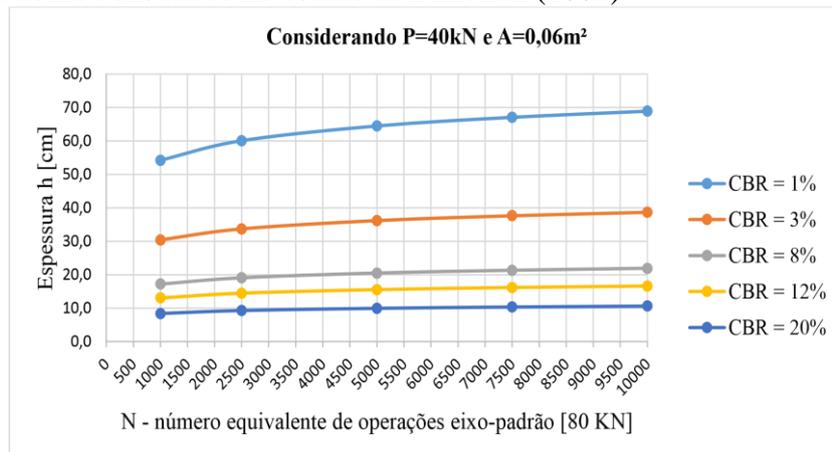
### 3. ANÁLISE COMPARATIVA DAS METODOLOGIAS

Para analisar a sensibilidade das variáveis presentes nas diferentes metodologias, definiu-se valores para as variáveis de entrada em função de estudos já desenvolvidos com as mesmas, aplicando-as para os métodos deste estudo. Os resultados são apresentados em gráficos e discutidos em seguida.

#### 3.1 Hammitt (1970)

A equação proposta por Hammitt em 1970 mostrou através da Figura 3 que com o aumento do CBR diminui a espessura do pavimento. Camadas com CBR entre 1% e 3% apresentam variação maior (44%) na diminuição da espessura quando comparados com camadas com CBR entre 8 e 20% (variação média de 28,5%). Assim, a variação da

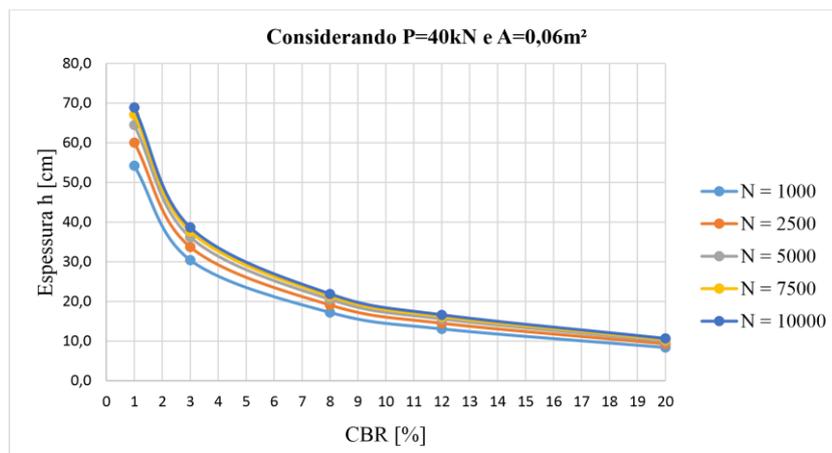
espessura do pavimento em função das curvas de CBR, mostra que esta é uma variável sensível, tal como constatado no estudo de Pimentel (2007).



**Figura 3** – Influência da variável CBR na espessura do pavimento Hammitt (1970).

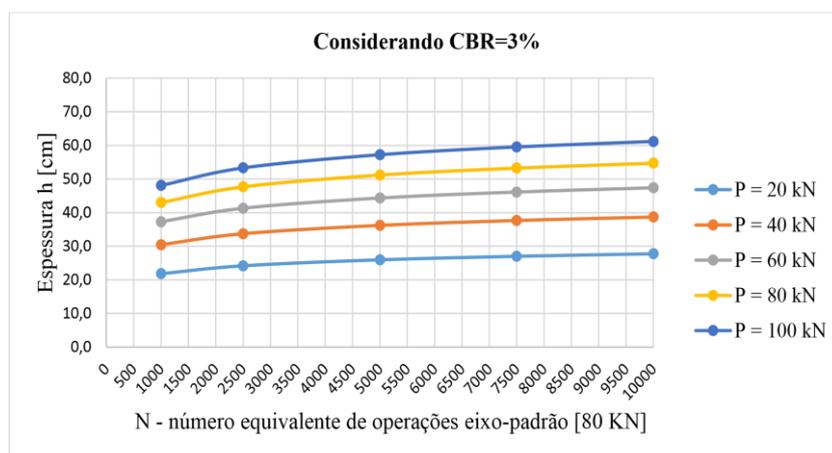
Fonte - Autores (2015).

Porém, pela análise da Figura 4, percebe-se que com o aumento do volume de tráfego aumenta a espessura do pavimento, registrando maior variação (9%) no aumento da espessura para volumes de tráfego entre  $10^3$  e  $5 \cdot 10^3$  em comparação com valores entre  $5 \cdot 10^3$  e  $10^4$  (2,65%). Portanto, a variação da espessura do pavimento entre as curvas do volume de tráfego (N), mostra que esta não é uma variável muito sensível em comparação com o CBR.



**Figura 4** – Influência da variável N na espessura do pavimento; Hammitt (1970).

Fonte - Autores (2015).



**Figura 5** – Influência da variável P e A na espessura do pavimento; Hammitt (1970)

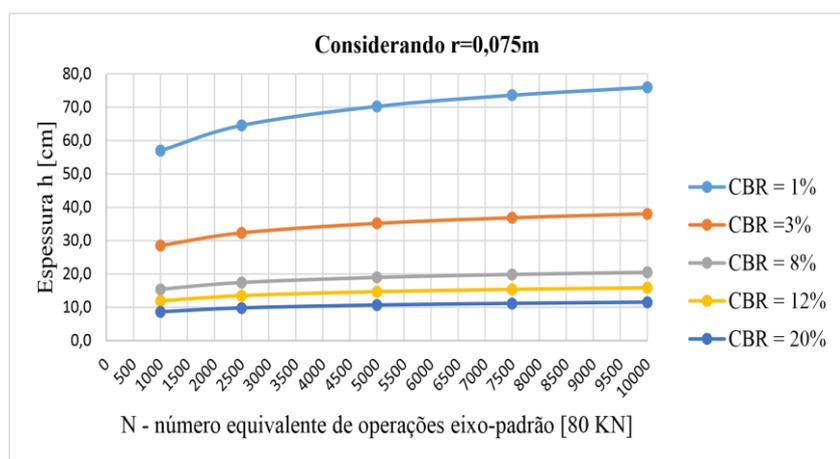
Fonte - Autores (2015)

Pela análise da Figura 5 verifica-se que com o aumento da carga da roda (P), aumenta a espessura do pavimento. Com o crescimento da carga P, o aumento da espessura foi de 28,2%, 18,5%, 13,3 e 10,61%, respectivamente, mostrando que é um parâmetro sensível tal como o CBR.

### 3.2 Giroud e Noiray (1981)

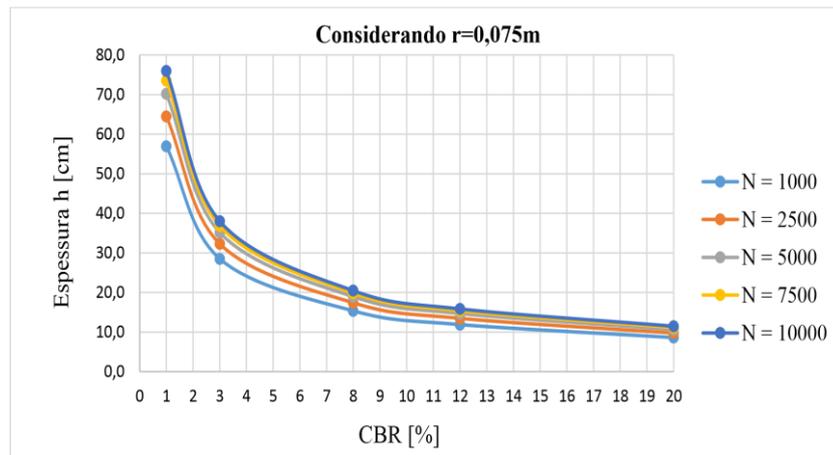
Com as variáveis de entrada usadas na equação de Hammitt, aplicou-se na equação de Giroud e Noiray, com diferencial da variável “r” (deformação do pavimento) que é adotada a critério do projetista.

Na Figura 6 verifica-se que o CBR é inversamente proporcional à espessura do pavimento e a sua variação para CBR entre 1% e 3% é maior (48%) quando comparada com valores de CBR entre 8% e 20%, que deu 25%. Tal como na equação de Hammitt, as curvas de CBR têm uma variação aceitável para ser considerada como variável sensível na equação. A variável N (número de eixos padrão) é diretamente proporcional à espessura do pavimento. A variação da espessura ao se aumentar o N, é de 11,2% para um número de eixos padrão de  $10^3$  a  $5 \cdot 10^3$  e 3,9% para um número de eixos padrão de  $5 \cdot 10^3$  a  $10^4$ , sendo esta variação ligeiramente maior que a variação verificada na equação de Hammitt. Assim, com a taxa de acréscimo de cerca de 50% no valor do número de eixos padrão (N), não houve grandes variações no aumento da espessura do pavimento, podendo ser considerada uma variável não muito sensível quando comparada com o CBR, tal como mostrado na Figura 7.



**Figura 6** – Influência do CBR na espessura do pavimento Giroud e Noiray (1981).

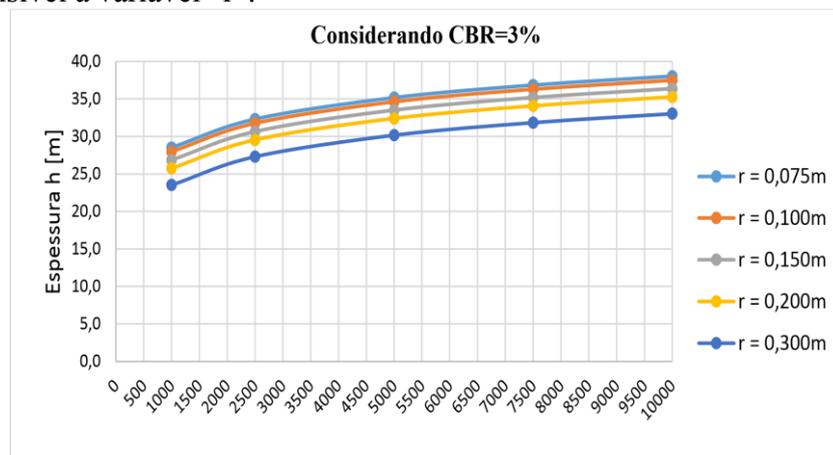
Fonte - Autores (2015)



**Figura 7** – Influência de N na espessura do pavimento Giroud e Noiray (1981).

Fonte - Autores (2015)

Na Figura 8 verifica-se que, com o incremento da variável r (deformação), diminui a espessura do pavimento. Verificam-se variações pequenas de 1,54%, 3,43%, 3,47% e 7,54% para r de 0,075m, 0,100m, 0,150m, 0,200m e 0,300m, respetivamente, sendo variações proporcionais. Assim, conclui-se que a espessura da camada do pavimento não é muito sensível à variável “r”.



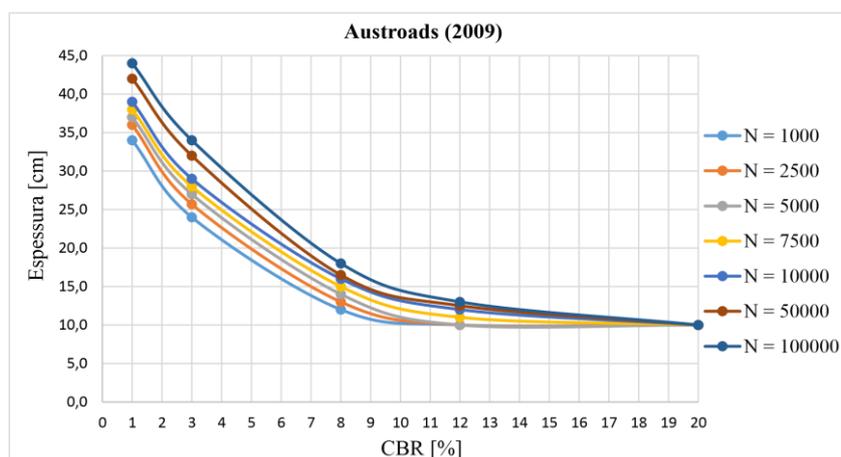
N - número equivalente de operações eixo-padrão [80 KN]

**Figura 8** – Influência de “r” na espessura do pavimento Giroud e Noiray (1981).

Fonte - Autores (2015)

### 3.3 Austroads Guide to Paviment Technology: Part 6 (2009)

Pela análise da Figura 9, verifica-se que quanto maior é o N maior é a espessura do pavimento, e que quanto maior é o CBR menor é a espessura do pavimento. Em função da inclinação da curva para os intervalos de valores de CBR, a espessura do pavimento tem uma variação maior, quando comparada com a variação entre as curvas de N. Assim, pode-se concluir que para a espessura do pavimento, o CBR é a variável mais sensível neste método.

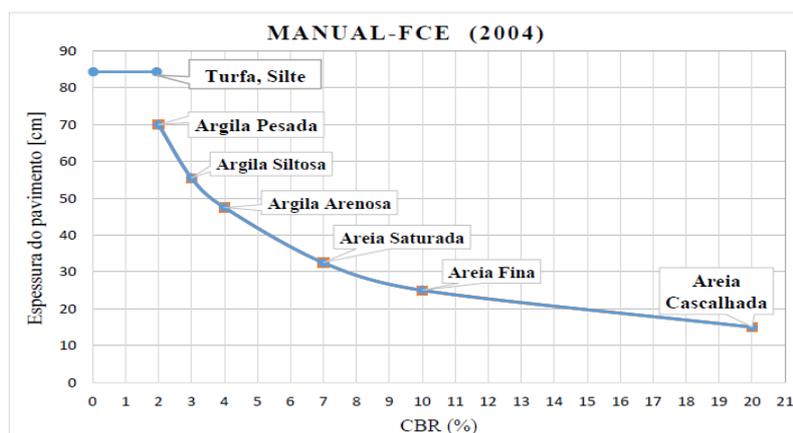


**Figura 9** – Influência do CBR e N na espessura do pavimento; AUSTROADS (2009).

Fonte - Autores (2015).

### 3.4 Forest Civil Engineering Design Recommendations (Brito, 2011)

O dimensionamento da camada do pavimento é definido pela Figura 10. Pela análise desta Figura verifica-se que quanto maior é o CBR e a resistência do material específico no subleito, menor é a espessura do pavimento, pois, estas são as variáveis mais sensíveis deste método.



**Figura 10** – CBR e o tipo de material na espessura do pavimento; FCE (2004).

Fonte - Autores (2015).

### 3.5 DCP (Dynamic Cone Penetrometer)

Através da Equação (3) calcularam-se os valores máximos e mínimos do CBR para cada DN requerido tal como apresentado na Figura 11. Pela análise desta Figura, verificou-se que quanto maior é o DN menor será o CBR, por serem grandezas inversamente proporcionais. E quanto maior é o N, menor é o DN requerido.

Pela análise da Figura 12, verifica-se que com aumento do CBR diminui a espessura do pavimento, e com aumento do LE ou N em vez de aumentar a espessura do pavimento, é requerida uma camada de reforço de subleito com CBR ou resistência maior, tal como foi desenvolvido o método.

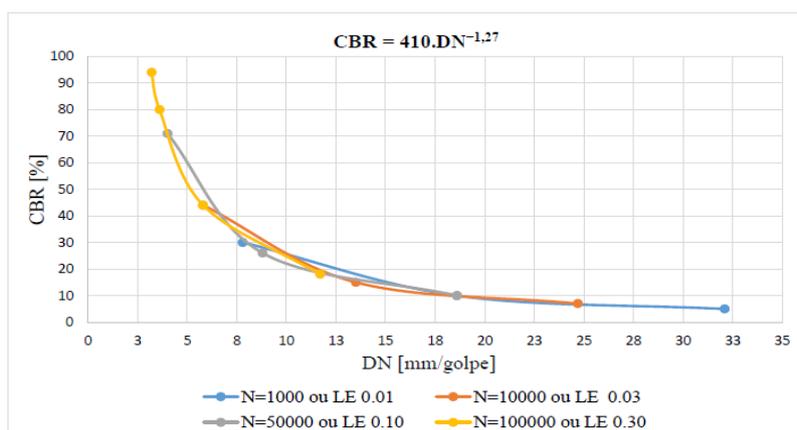


Figura 11 – Correlação DN – CBR; MTPW (2013).

Fonte - Autores (2015).

Através da Figura 12, pode-se ainda verificar que a espessura do pavimento não apresenta grande variação, quando aumenta o volume de tráfego.

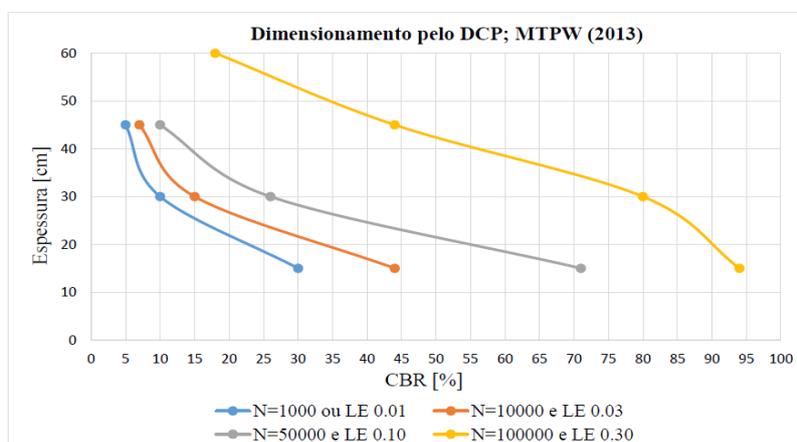


Figura 12 – Influência do CBR e LE na espessura do pavimento, MTPW (2013).

Fonte - Autores (2015)

### 3.6 Análise comparativa dos métodos de dimensionamento.

Os Quadros 3, 4 e 5 apresentam valores das camadas superiores de estradas não pavimentadas, com variáveis de entrada adotada para este estudo.

Quadro 3 – Análise comparativa dos 3 principais métodos.

Métodos de Dimensionamento Comparados						
Variáveis de Entrada Principais		1. Hammitt [1970] <sup>1</sup>	2. Giroid e Noiray [1981] <sup>2</sup>	3. Austroads [2009] <sup>3</sup>	Comparativo dos 3 primeiros	
CBR [%]	N	h [cm]	h [cm]	h [cm]	>	<
3	10 <sup>3</sup>	30,4	28,5	24	1	3
	10 <sup>4</sup>	38,7	38,0	28,5	1	3
8	10 <sup>3</sup>	17,2	15,4	12	1	3
	10 <sup>4</sup>	21,9	20,5	14,2	1	3
12	10 <sup>3</sup>	13,1	11,9	10	1	3
	10 <sup>4</sup>	16,6	15,9	11	1	3
20	10 <sup>3</sup>	8,4	8,6	10	3	1

	10 <sup>4</sup>	10,7	11,5	10	2	3
30	10 <sup>3</sup>	4,5	6,7	10	3	1
	10 <sup>4</sup>	5,7	8,9	10	3	1

<sup>1</sup>: Método do Exército dos EUA; <sup>2</sup>: EUA; <sup>3</sup>: Método Australiano.

Fonte - Autores (2015).

Quadro 4 – Método do FCE (2004)

4. Manual – FCE [2004] Inglaterra		
CBR [%]	Material	h [cm]
3	Argila Siltosa	55
		55
8	Areia Fina	29
		29
12	Areia Cascalhada	22
		22
20	Areia Cascalhada	15
		15
30	Pedra ou Rocha	15
		15

Fonte - Autores (2015).

Quadro 5 – Método do DCP (MTPW, 2013)

5. DCP [MTPW, 2013]		Sul da África -Malawi	
LE - N	DN requerido [mm/golpe]	CBR [%]	h [cm]
N=10 <sup>3</sup> ou LE 0,01	Máx = 32,1	5	45
	Mín = 7,8	30	
N=5*10 <sup>3</sup> ou LE 0,01	Máx = 32,1	5	45
	Mín = 7,8	30	
N=10 <sup>4</sup> ou LE 0,03	Máx = 24,7	7	45
	Mín = 5,8	44	
N=5*10 <sup>4</sup> ou LE 0,10	Máx = 18,6	10	45
	Mín = 4	71	
N=10 <sup>5</sup> ou LE 0,30	Máx = 11,7	18	60
	Mín = 3,2	94	

Fonte - Autores (2015).

#### 4. CONCLUSÕES

Após análise comparativa dos resultados obtidos dos diferentes métodos conclui-se que: As variáveis CBR e N estão presentes em todos os métodos de dimensionamento. Em todos os métodos, com aumento do CBR diminuiu a espessura do pavimento e com o aumento de N aumenta a espessura. A espessura do pavimento no método de Hammitt mostrou-se sensível à variável P, verificando-se o contrário relativamente à variável “r” da equação de Giroud e Noiray. Contudo, verificou-se que o CBR é a variável mais sensível nos cinco métodos de dimensionamento estudados.

É interessante projetar ou dimensionar utilizando o método do DCP, quando se pretende construir uma via não pavimentada com um volume de tráfego maior.

Existe uma necessidade enorme de se desenvolverem critérios de dimensionamento que se apliquem em regiões com clima e solo local específico, que sejam economicamente viáveis e apresentem um bom coeficiente de segurança.

Entre os três principais métodos analisados (Hammitt, Giroud e Austroads), verificouse uma variação entre as espessuras menores, maiores e médias de 17,30% isto de 2 à 4 cm, e que a equação de Hammitt é mais conservadora e a favor da segurança no dimensionamento da espessura do pavimento.

#### 5. REFERÊNCIAS

ARRB Transport Research (1998), **Guide to the design of new pavements for light traffic: a supplement to Austroads pavement design**, APRG report no. 21, ARRB Transport Research, Vermont South, Vic.

AUSTROADS (2009), **Guide to Pavement Technology Part 6: Unsealed Pavements**. Australia.

BAESSO, D. P. & GONÇALVES, F. LR. (2003), **Estradas Rurais – Técnicas Adequadas da Manutenção**. DER, Florianópolis-SC, 1-204.

BRITO, L. A. T. (2011), **Design methods for low volume roads**. Thesis (Doctor of Philosophy). Department of Civil Engineering, University of Nottingham, 1-223.

CNT (2014), **Confederação Nacional dos Transportes**. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Imagens%20CNT/Revista%20CNT/REVISTA%20CNT%20222%20final.pdf>>. Acesso em 15 de Abril de 2015.

FCE (2004), *The forestry civil engineering handbook*.

FERREIRA, F. M. (2004), **Uma aplicação comparativa de métodos de avaliação das condições superficiais de estrada não-pavimentada**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo; Universidade Estadual de Campinas, 1-222.

HAMMITT, G. M. (1970), **Thickness requirements for unsurfaced roads & airfields bare base support. Technical Report S-70-5**. US Army Engineer Waterways Experimental Station.

LITTLE, P. H. (1993), **The Design of unsurfaced roads using geosynthetics**. Thesis (Doctor of Philosophy). Department of Civil Engineering, University of Nottingham, 1-187.

MTPW (2013), **Design Manual for Low Volume Sealed Roads**. Ministry of Transport and Public Works. Malawi, 1-185.

PIMENTEL, K. C. A. (2007), **Estradas não-pavimentadas e ferrovias reforçadas com geossintéticos**. Brasília. Tese de Doutorado em Geotecnia). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 1-293.

SATCC (2003), **Guideline Low-Volume Sealed Roads**. Southern Africa Transport and Communications Commission. Botswana, 1-84.

## **SISTEMA DE INSPEÇÃO E MONITORIZAÇÃO COM UTILIZAÇÃO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS**

---

**Nuno Marques<sup>1</sup> & Adelino Ferreira<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>CIDEM, Aeroprotechnik – Aerial Inspection Engineering, Mangualde, Portugal, [nuno.marques@aeroprotechnik.com](mailto:nuno.marques@aeroprotechnik.com)

<sup>2</sup>CITTA, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, [adelino@dec.uc.pt](mailto:adelino@dec.uc.pt)

### **RESUMO**

O artigo proposto tem uma estrutura constituída por quatro partes distintas. Na primeira parte do artigo é efetuada uma introdução à temática dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs). Na segunda parte do artigo faz-se a descrição do sistema de inspeção e monitorização com utilização de VANTs, designado por ASIDMS\_RPAS (*Advanced Structure and Infrastructure Diagnosis and Monitoring System Using Remotely Piloted Aircraft Systems*), resultante de um projeto de investigação da empresa Aeroprotechnik em colaboração com o Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra.

O sistema ASIDMS\_RPAS pode ser utilizado para a inspeção estrutural de edifícios, de pontes, de barragens, de torres eólicas e aerogeradores, linhas de distribuição de energia elétrica, linhas de alta tensão, etc., para deteção de patologias. Pode ser também utilizado para a inspeção térmica de equipamentos industriais, chaminés industriais, etc., para deteção de pontos críticos e fissuras. Pode, ainda, ser utilizado para monitorização da fauna e da flora. Na terceira parte do artigo descreve-se um estudo de caso e analisam-se

os resultados obtidos. Finalmente, apresentam-se as considerações finais e referem-se os trabalhos a desenvolver futuramente.

**Palavras-chave:** inspeção; monitorização; Veículos Aéreos Não Tripulados.

## 1. INTRODUÇÃO

Um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), também vulgarmente designado por *drone*, é uma aeronave que não necessita de pilotos no seu interior para realizar um voo. Estas aeronaves são controladas à distância por meios eletrónicos e computacionais, sob a supervisão de um técnico.

Os VANTs foram idealizados para fins militares, inspirados nas bombas voadoras alemãs e nos aeromodelos rádio-controlados. Estas máquinas voadoras de última geração foram concebidas, projetadas e construídas para serem utilizadas em missões perigosas para o ser humano na área militar, em atividades de patrulhamento urbano, costeiro, ambiental e de fronteiras, em atividades de busca e resgate, no combate a incêndios, etc. (Liu *et al.*, 2014, Kharchenko e Prusov, 2012).

## 2. SISTEMA DE INSPEÇÃO E MONITORIZAÇÃO COM UTILIZAÇÃO DE VANT

O sistema de inspeção e monitorização com utilização de VANTs, designado por ASIDMS\_RPAS (*Advanced Structure and Infrastructure Diagnosis and Monitoring System Using Remotely Piloted Aircraft Systems*), está em permanente desenvolvimento no âmbito de um projeto de investigação da empresa Aeroprotechnik em colaboração com o Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra.

O sistema ASIDMS\_RPAS pode ser utilizado para a inspeção estrutural de edifícios, de pontes, de barragens, de torres eólicas e aerogeradores, linhas de distribuição de energia elétrica, linhas de alta tensão, etc., para deteção de patologias. Pode ser também utilizado para a inspeção térmica de equipamentos industriais, chaminés industriais, etc., para deteção de pontos críticos e fissuras.

Na Figura 1 pode ver-se o VANT utilizado pela empresa Aeroprotechnik. Este equipamento tem as características apresentadas no Quadro 1 (Ascending Technologies, 2015). No Quadro 2 apresenta-se o equipamento que o VANT pode transportar e as aplicações possíveis. Na Figura 2 apresenta-se o VANT Falcon 8 em operação.



Figura 1 - Falcon 8 utilizado pela empresa Aeroprotechnik (Aeroprotechnik, 2015).

Quadro 1- Características do Falcon 8.

Fabricante	Modelo	Número de rotores	Dimensões*	MTOW**	Carga útil máxima	Velocidade	Tempo máximo de voo	Altitude máxima
Ascending Technologies	Falcon 8	8	0,12x0,77x0,82 m <sub>3</sub>	2,20 kg	0,75 kg	16 km/h	22 min	4500 m

Notas: \*altura (m) x comprimento (m) x largura (m); \*\* Maximum Take-Off Weight (peso máximo na descolagem)

Quadro 2 - Equipamento que o VANT pode transportar e aplicações possíveis.

Fabricante	Modelo	Equipamento disponível	Aplicações possíveis
Ascending Technologies	Falcon 8	Câmara fotográfica digital	Fotografia aéreo
		Câmara de filmagem digital	Vídeo aéreo
		Câmara de infravermelhos	Inspeção e monitorização aérea
		Câmara NIR	Topografia e cartografia
		Câmara térmica	Termografia aérea



Figura 2 - VANT Falcon 8 em operação.

### 3. ESTUDO DE CASO

#### 3.1. Introdução

Como estudo de caso, apresenta-se uma inspeção visual e térmica de uma conduta industrial. No Quadro 3 apresenta-se o plano de inspeção. No Quadro 4 apresentam-se as características da inspeção propriamente dita. A metodologia de inspeção consistiu nos seguintes passos:

1. Reunião prévia com um técnico qualificado no local sobre o plano de inspeção;
2. Análise de risco e escolha do local de descolagem e aterragem assim como a definição de locais alternativos em caso de emergência;
3. Aferição das condições operacionais do equipamento a inspecionar: em operação ou não; temperaturas esperadas; etc.;
4. Planeamento do voo tendo em conta os seguintes fatores: condições meteorológicas; emissões; refração luminosa;
5. Anotação da temperatura ambiente e da intensidade do vento;
6. Execução de recolha de dados com foco nos pontos críticos: imagens RGB; imagens térmicas.

**Quadro 3** - Plano de inspeção.

<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Equipamento e software</b>
Inspeção visual	Inspeção visual com recurso a imagem de alta resolução	Deteção de falhas: Componentes danificados Componentes em falta Corrosão Fissuras Quantificação de áreas anómalas (distâncias, áreas e volumes)	Falcon 8 Camara RGB de alta resolução (18 Mega Pixéis) com zoom ótico 30x Geo-localizador
Inspeção térmica	Inspeção térmica com recurso a imagem de infravermelhos de alta resolução	Deteção de anomalias térmicas: Pontos quentes e fugas térmicas Análise de diferenciais de temperatura e identificação de fugas em estado inicial Isolamentos deficientes ou danificados	Falcon 8 Camara térmica de alta resolução (TAU-640) com lente de 18 mm Geo-localizador Software AFDA desenvolvido pela empresa para deteção de padrões térmicos
Modelo	Inspeção visual e cálculos de distâncias, áreas e volumes com	Quantificação de áreas anómalas (distâncias, áreas e	Software fotogramétrico para reconstituição de modelo 3D

3D de alta resolução a imagem de alta volumes)  
resolução resolução

**Quadro 4** - Características da inspeção.

<b>Parâmetro</b>	<b>Descrição</b>
Data da Inspeção	24/02/2015
Hora	11:00
Condições da estrutura a inspecionar	Módulo fora de operação há 3,0 horas antes da inspeção
Temperatura ambiente	14°C
Intensidade do vento	20 Km/h, direção Norte-Sul
Altura de voo (referência ao nível do mar)	84,0 a 100,0 metros

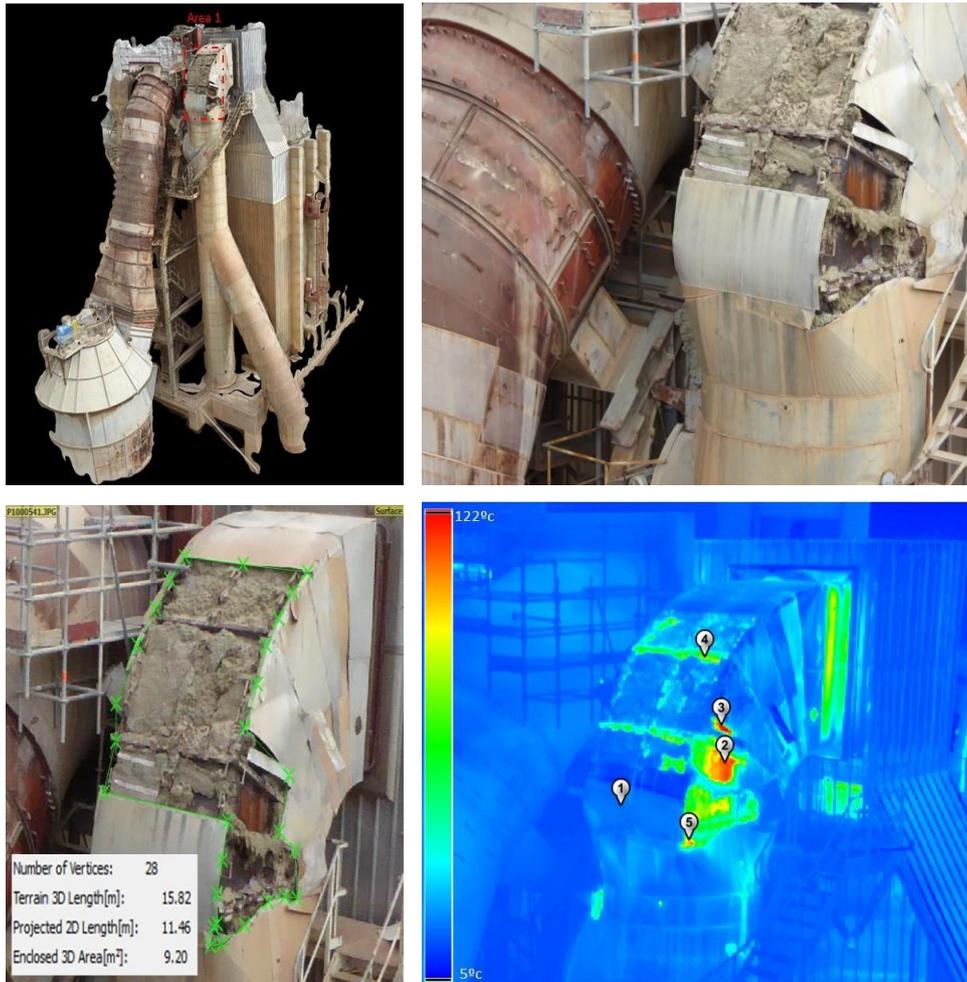
### **3.2. Análise dos resultados**

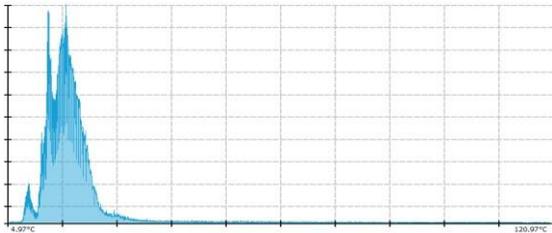
Na Figura 3 apresentam-se os resultados de caracterização da zona curva da conduta. Nesta zona verificam-se os seguintes problemas: falta de isolamento térmico nos locais assinalados; falta de proteção metálica sobre o isolamento térmico; tubagem interior com nível elevado de corrosão; área com perdas consideráveis, afetando a eficiência da conduta. Recomenda-se uma intervenção muito urgente correspondente à substituição do isolamento térmico, à inspeção da tubagem interior, com verificação da espessura e do nível de corrosão e à aplicação de proteção metálica na respetiva zona.

Na Figura 4 apresentam-se os resultados de caracterização da junta de ligação da conduta. Nesta zona verifica-se que a junta tem uma perda de calor significativa. Recomenda-se uma intervenção urgente correspondente à análise da possibilidade de substituição da junta e ao melhoramento do isolamento térmico nesta zona.

Na Figura 5 apresentam-se os resultados de caracterização da parte intermédia da conduta. Nesta zona verificam-se fugas térmicas em duas zonas. Recomenda-se uma intervenção urgente correspondente a efetuar uma inspeção mais detalhada na zona P<sub>1</sub> e a melhorar o isolamento térmico na zona P<sub>2</sub>.

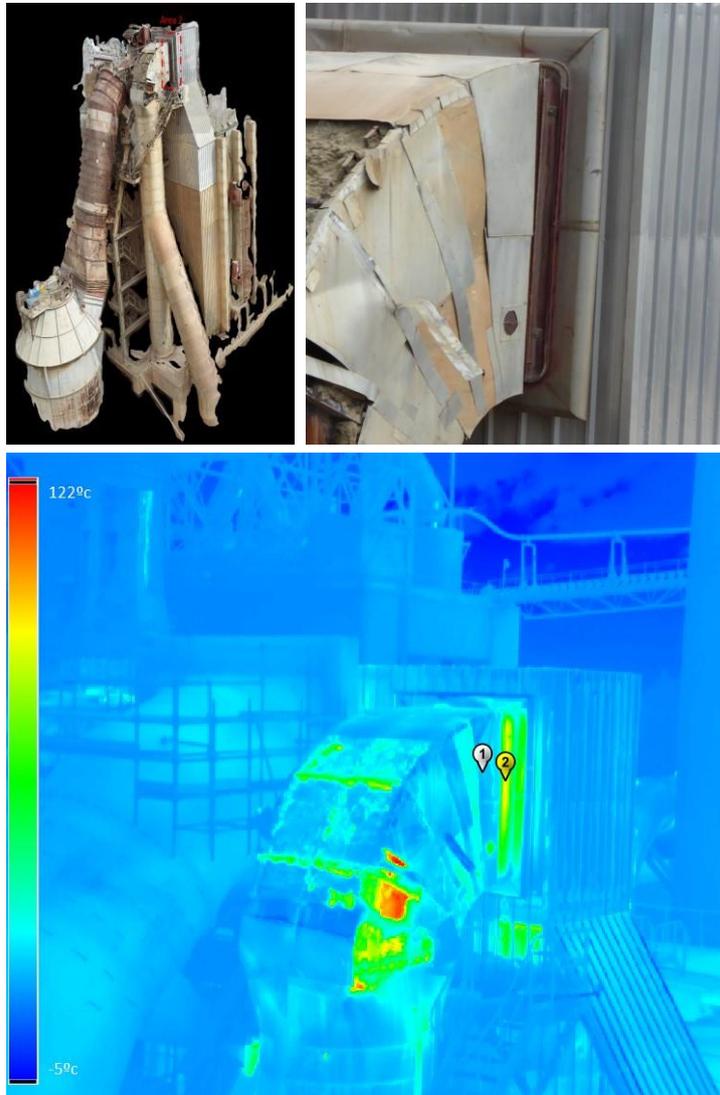
A inspeção visual e térmica da conduta permitiu detetar patologias em zonas de muito difícil acesso, as quais não eram visíveis sem a utilização do VANT. Os resultados da inspeção vão permitir fazer um plano de intervenções preventivas a executar a curto prazo, com custos reduzidos, evitando futuros incidentes e aumentando consideravelmente a eficiência térmica da conduta.

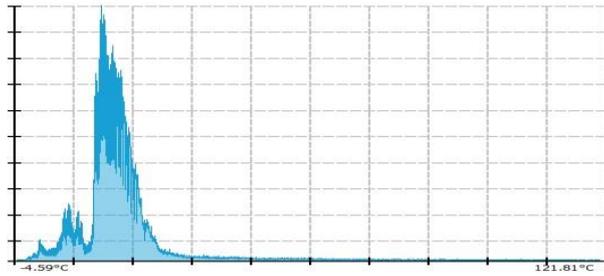


Parâmetro	Descrição
Temperaturas Hora: 11:52	P1: 17,9°C (referência) P2: 113,4°C (ponto quente) P3: 116,9°C (ponto quente) P4: 81,45°C (ponto quente) P5: 96,77°C (ponto quente) Histograma: 
Análise	Falta de isolamento térmico nos locais assinalados Falta de proteção metálica sobre o isolamento térmico Tubagem interior (debaixo de isolamento) com nível elevado de corrosão Área com perdas consideráveis, afetando a eficiência da conduta
Recomendação	Substituição do isolamento térmico Inspeção de tubagem interior, com verificação da espessura e do nível de corrosão Aplicação de proteção metálica na área indicada em baixo

Quantificação	Área de intervenção de 9,20 m <sup>2</sup>
Urgência	Afetação da eficiência térmica da conduta Risco de incidente moderado <b>Urgência: elevada</b>

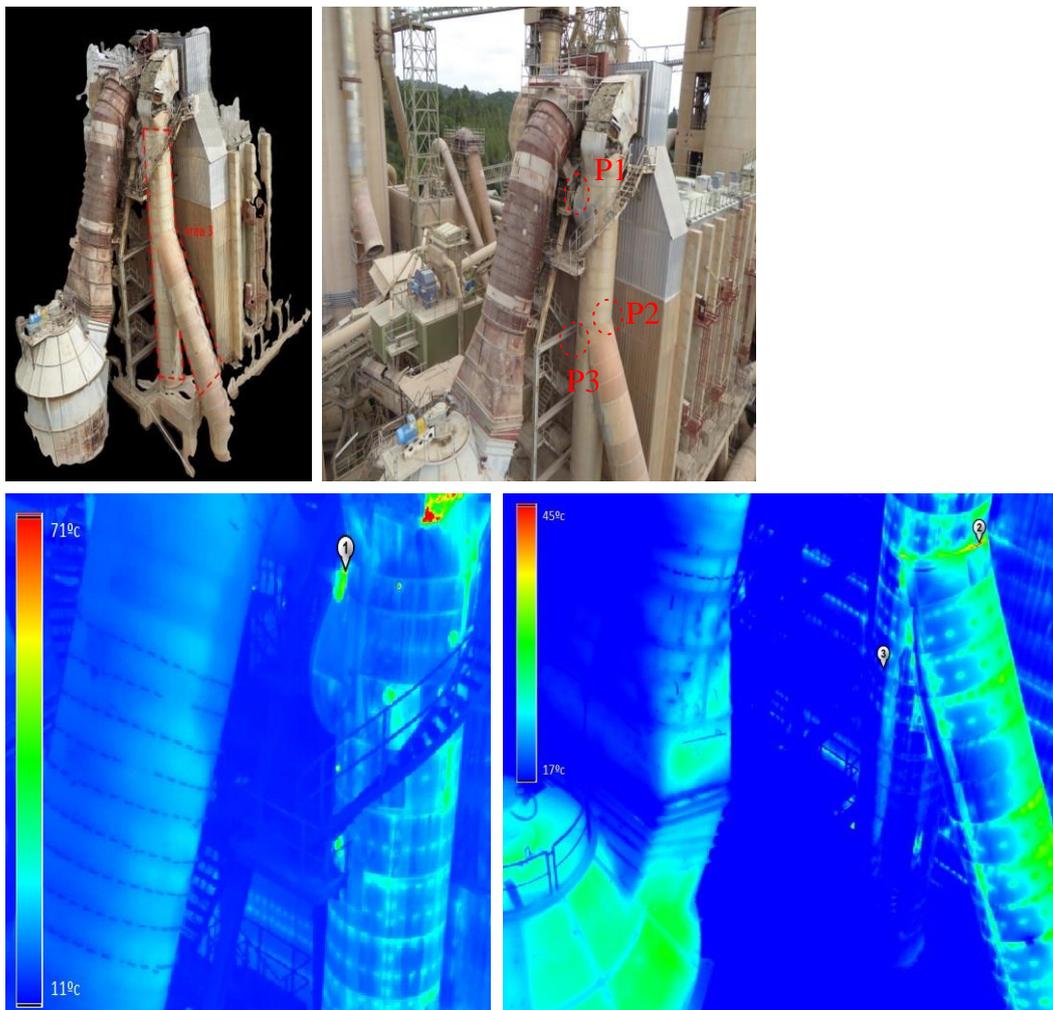
**Figura 3 - Caracterização da zona curva da conduta.**



Parâmetro	Descrição
Temperaturas Hora: 11:52	P1: 20,50°C (referência) P2: 91,97°C (ponto quente) Histograma: 
Análise	A junta não constitui uma anomalia mas tem uma perda de calor significativa

Recomendação	Análise da possibilidade de substituição da junta Melhoramento do isolamento térmico nesta zona
Quantificação	Área de toda a junta
Urgência	Afetação de eficiência térmica da conduta Risco de incidente reduzido <b>Urgência: média</b>

Figura 4 - Caracterização da junta de ligação da conduta.



Parâmetro	Descrição
Temperaturas Hora: 11:52	P1: 67,50°C (ponto quente) P2: 40,69°C (ponto quente) P3: 17,40°C (referência)
Análise	Fuga térmica em P1 Fuga térmica em P2; existe um remendo resultante de antigos trabalhos de manutenção; o isolamento não deve ter a espessura ou a disposição adequadas
Recomendação	É necessário efetuar uma inspeção mais detalhada em P1; o problema poderá estar relacionado com a falta de isolamento ou com o suporte da conduta A zona P2 não representa uma elevada perda de eficiência; no entanto o isolamento nesta zona deveria ser melhorado

Quantificação	Área da junta ou do suporte em P <sub>1</sub> Área de 0,56 m <sup>2</sup> em P <sub>2</sub>
Urgência	Afetação de eficiência térmica Risco de incidente reduzido <b>Urgência: média</b>

Figura 5 - Caracterização da parte intermédia da conduta.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

O sistema de inspeção e monitorização com utilização de VANTs, designado por ASIDMS\_RPAS, pode ser utilizado para a inspeção estrutural de edifícios, de pontes, de barragens, de torres eólicas e aerogeradores, linhas de distribuição de energia elétrica, linhas de alta tensão, etc., para deteção de patologias. Pode ser também utilizado para a inspeção térmica de equipamentos industriais, chaminés industriais, etc., para deteção de pontos críticos e fissuras. Pode, ainda, ser utilizado para monitorização da fauna e da flora permitindo, por exemplo, melhorar a produtividade e a sustentabilidade de plantações. Podem ser recolhidas imagens multiespectrais *in situ* que são posteriormente utilizadas em laboratório para avaliar o nível de impacto de vários fatores no crescimento de uma plantação. Estas imagens podem também ser utilizadas para avaliar a eficácia de um tratamento contra uma praga ou determinar a taxa de mortalidade de plantas após a ocorrência de um evento de seca, queda de geada ou de granizo.

Como se demonstrou no estudo de caso, este sistema de inspeção e monitorização com utilização de VANTs permite detetar patologias em zonas de muito difícil acesso, reduzindo muito os custos envolvidos neste tipo de trabalho.

O sistema ASIDMS\_RPAS está em permanente desenvolvimento no âmbito de um projeto de investigação da empresa Aeroprotechnik em colaboração com o Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra. Um dos trabalhos futuros que se pretende desenvolver a curto prazo corresponde a aplicar este sistema na aquisição de dados de patologias de pontes rodoviárias. Um outro trabalho futuro que se pretende desenvolver a curto prazo corresponde a aplicar este sistema na aquisição de dados de qualidade de pavimentos rodoviários. Para isso será necessário adaptar os algoritmos de processamento de imagem já existentes para se detetar e determinar comprimentos e áreas das patologias dos pavimentos rodoviários.

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho foi realizado no âmbito do projeto ASIDMS\_RPAS - *Advanced Structure and Infrastructure Diagnosis and Monitoring System Using Remotely Piloted Aircraft Systems*.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Aeroprotechnik (2015), <http://aeroprotechnik.com/>. Acesso em Junho de 2015.
- Ascending Technologies (2015), AscTec Professional Line Catalogue, 1-44.
- Ascending Technologies (2015), AscTec Falcon 8—the flight system for professional use, 1-1.
- Ascending Technologies (2015), The AscTec Falcon 8 for professional aerial imaging, 1-2.
- Kharchenko V. e Prusov D. (2012), Analysis of unmanned aircraft systems application in the civil field, *Transport*, 27 (3), 335–343.
- Liu, P., Chen, A., Huang, Y., Han, J., Lai, J., Kang, S., Wu, T., Wen, M. e Tsai, M. (2014), A review of rotorcraft Unmanned Aerial Vehicle (UAV) developments and applications in civil engineering, *Smart Structures and Systems*, 13 (6), 1065-1094.