

## Capítulo 7

# Conclusões e Trabalhos Futuros

No último capítulo desta dissertação são apresentadas as conclusões retiradas ao longo do trabalho e algumas possibilidades de desenvolvimentos futuros a realizar em trabalhos sobre esta temática.

### 7.1 Conclusões

A introdução de Mercados de Eletricidade no setor elétrico provocou enormes alterações na organização e modelos de atuação das empresas, muito devido ao facto de algumas atividades passarem a estar abertas à concorrência. No caso do MIBEL foi adotado um modelo misto, englobando um mercado centralizado em *pool* simétrico e contratos bilaterais físicos.

Este novo modelo que engloba a apresentação de propostas ao mercado centralizado faz com que as companhias de eletricidade necessitem de ferramentas de apoio à decisão de forma a alcançar o maior lucro possível. No caso das centrais hídricas estas ferramentas assumem um papel ainda mais preponderante, visto que estas centrais representam investimentos extremamente avultados e que devem ser amortizados o mais rapidamente possível.

Partindo de um Algoritmo Genético desenvolvido previamente, o principal objetivo deste trabalho consistiu em desenvolver uma aplicação que otimize a exploração de centrais hídricas e calcule o impacto que a operação destas centrais tem no preço de mercado. A avaliação deste impacto é extremamente importante porque os modelos desenvolvidos anteriormente, em que as centrais eram tidas como *price takers*, devolviam um “ótimo” que corresponde a uma situação que não é realista.

O Algoritmo Genético utilizado na aplicação desenvolvida considera as principais características do problema de otimização da exploração de um conjunto de centrais hídricas, nomeadamente a relação não linear entre a potência, o caudal e a altura da queda, as afluências e a interligação hidráulica entre aproveitamentos. Assim, garante-se que a situação avaliada em cada iteração é a mais próxima possível da realidade.

Além disso, é calculado o impacto das centrais hídricas no preço de mercado e também os lucros referentes a ambas situações, com as centrais hídricas a interferir no preço de mercado e sem as centrais hídricas, resultados esses apresentados no Capítulo 6.

Tendo em conta os resultados obtidos é possível retirar uma série de conclusões, expressas de seguida:

- Poderão existir situações em que a alteração dos preços de mercado resultem também na alteração das ordens de exploração das centrais. No entanto, e devido a alguma falta de robustez do AG, neste trabalho são apenas utilizadas as ordens de exploração obtidas com os preços finais para que os resultados e conclusões não estejam afetados por essa falta de robustez e apenas traduzam o impacto que a operação das centrais tem nos preços de mercado e nos lucros;
- Quando a potência bombada é superior à potência turbinada para um dado período, o valor do lucro obtido diminui, como seria de esperar visto que a operação de bombagem representa um custo;
- Tal como esperado, para os períodos em que nenhuma central está em funcionamento, o preço inicial é igual ao preço final;
- Como previsto, as operações de bombagem encontram-se maioritariamente em horas em que o preço é mais baixo e as operações de turbinagem nas horas em que o preço é mais elevado, demonstrando desta forma a coerência das ordens de exploração obtidas;
- O aumento do número de centrais e consequente aumento de potência leva não só a um aumento das remunerações mas também a um aumento da diferença entre os preços inicial e final e, consequentemente, dos lucros das situações final e inicial;
- As afluências dos aproveitamentos e a sua interligação hidráulica influenciam apenas o valor dos lucros, não tendo qualquer influência na diferença entre os preços inicial e final ou nos valores das diferenças entre os lucros final e inicial;
- Verifica-se que para todos os modelos utilizados, a aplicação desenvolvida é capaz de convergir para um novo conjunto de preços de mercado;
- Em todas as situações estudadas verificou-se uma diminuição do lucro caso seja considerado o impacto das centrais hídricas no preço de mercado. Com isto é possível concluir que as projeções de lucro realizadas com modelos em que as centrais hídricas sejam consideradas *price takers* correspondem a situações irrealistas e excessivamente otimistas, e que as margens de lucro assim obtidas são impossíveis de alcançar.

## 7.2 Desenvolvimentos Futuros

Tendo em conta o tempo disponível para a realização da presente dissertação e o trabalho necessário para a criação da metodologia final apresentada, alguns aspetos pertinentes não foram

alvo de estudo. Assim, nos pontos seguintes destacam-se alguns desenvolvimentos futuros possíveis divididos em dois conjuntos. O primeiro relativo ao AG e à otimização da exploração das centrais, e o segundo referente ao impacto da estratégia de operação nos preços de mercado.

No primeiro conjunto, podem-se referir os seguintes aspetos:

- Melhorar o AG utilizado visto que este apresenta alguma falta de robustez em determinados casos. Se isto for realizado não será necessário, para comparar lucros, utilizar as mesmas ordens de exploração para os preços iniciais e finais. Um estudo da taxa de mutação, podendo passar pela consideração de uma taxa de mutação auto-adaptativa, poderá ser adequado uma vez que esta tem uma importância significativa na convergência e robustez do AG;
- Apesar do funcionamento das centrais hídricas ser realizado essencialmente para o caudal máximo, poder-se-iam considerar outros estados de funcionamento. Desta forma, seria possível considerar a perda de carga em função do caudal;
- Considerar a existência de vários grupos geradores por central;
- Incluir as afluências naturais para cada hora;
- Tendo em conta que muitas empresas detentoras de centrais hídricas possuem também centrais termoelétricas, poder-se-ia considerar um estudo integrado, ou seja, uma gestão conjunta dos dois tipos de centrais.

No que diz respeito à metodologia desenvolvida para considerar o impacto nos preços de mercado, podemos referir os seguintes trabalhos futuros:

- Tentar arranjar uma melhor aproximação das curvas de mercado com, por exemplo, uma função quadrática. Relembrar que, tal como referido em 4.6.2, ao longo deste trabalho estas curvas foram aproximadas a retas do tipo  $y=m.x+b$ , o que pode levar à perda de informação relevante;
- Aplicar a metodologia a sistemas com maior dimensão para verificar a convergência nesses casos;
- Ao longo desta dissertação e na aplicação desenvolvida foram utilizados os Algoritmos Genéticos. No entanto, a metodologia elaborada continuará a funcionar devidamente mesmo que o processo utilizado para obter os períodos de turbinagem e de bombagem seja alterado. Tendo isto em conta, uma alteração deste processo poderá ser algo a considerar.

Assim, embora se possa afirmar que os Algoritmos Genéticos correspondem a uma meta-heurística capaz de resolver o problema da otimização da exploração de centrais hídricas, o AG desenvolvido anteriormente e utilizado nesta dissertação demonstra alguma falta de robustez. Desta forma, devem ser ponderados novos estudos tendo como objetivo a melhoria deste.

Em último lugar, é possível afirmar que os objetivos propostos pela EDP- Gestão da Produção de Energia, SA foram cumpridos e, para além disso, foram proporcionadas boas perspetivas para

desenvolvimentos futuros em trabalhos que digam respeito ao impacto da exploração de centrais hídricas nos preços de mercado.