

# Desenvolvimento de Metodologias de Controle e Otimização de Plantas Solares Térmicas

Proposta de dissertação de mestrado  
Orientador: Prof. Dr. Gustavo Artur de Andrade

## 1 Informações gerais

**Área de concentração:** sistemas de controle.

**Início:** junho/2020.

**Previsão de término:** fevereiro/2022.

## 2 Contextualização

A geração eficiente e consumo balanceado de energia elétrica são fatores fundamentais para o desenvolvimento sustentável e minimizar problemas relacionados à poluição e mudanças climáticas. Neste contexto, os fundamentos atuais sobre geração de energia estão sofrendo mudanças: os estoques de combustíveis fósseis são limitados e diminuem a cada ano, enquanto que a demanda de energia cresce em todo o planeta. Além disso, para reduzir a emissão de gases do efeito estufa, as atenções estão se voltando para fontes de energia renováveis. Alguns autores (veja por exemplo [1, 5, 6]) consideram que as fontes renováveis irão constituir parte importante do cenário de energia nos próximos anos.

O Brasil possui uma matriz energética imensamente diversificada. De acordo com o Relatório de Balanço Energético Nacional de 2018, do total de energia elétrica gerada no país naquele ano, 63.1% vieram da energia hidráulica, enquanto que 16.2% foram provenientes de derivados de petróleo, carvão e gás natural. A energia nuclear teve participação de 2.7% da energia elétrica total produzida e a biomassa 8.4%. Outras fontes renováveis e não renováveis produziram 9.6% da energia elétrica total do país naquele ano.

No Brasil, o investimento em energia solar aumentou muito nos últimos anos e diversas regiões do país possuem condições favoráveis para explorar esta fonte de energia [8]. De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia [4], a quota de energia solar em energia elétrica total produzida em 2024 será de mais de 4%. Além disso, a perspectiva para os próximos anos é que as fontes de energia renovável aumentarão a sua contribuição total na matriz de energia elétrica passando a representar 84% do total.

Dentro da área de energias renováveis, **este projeto focará em aspectos de modelagem e controle de plantas solares térmicas**. Estes sistemas convertem radiação solar em calor através de um fluido de transferência térmica (água, óleo sintético ou sal fundido) que, por sua vez, produz vapor através de um ciclo de *Rankine* [2]. A eficiência do ciclo é maior quando a temperatura e a pressão do vapor que entra na turbina aumentam. O limite da temperatura é fixado pelo fluido de transferência térmica usado nos coletores.

Em geral, há três tipos comerciais de plantas solares térmicas para geração de eletricidade na ordem de megawatts: helióstatos com um receptor central, coletores cilindro parabólicos e coletores lineares fresnel [3]. As tecnologias de coletores cilindro parabólicos e coletores lineares fresnel têm se mostrado mais maduras e baratas dentre as tecnologias disponíveis [5]. Conseqüentemente, a maior parte dos projetos para construção de plantas solares comerciais são baseados nestas tecnologias. Um diagrama esquemático de uma planta solar baseada na tecnologia de coletores cilindro parabólicos é apresentado na Figura 1.

Plantas solares térmicas de grande porte já são uma realidade em países desenvolvidos, como por exemplo a Espanha e os Estados Unidos, que são capazes de gerar mais de 300 MW. Os sistemas de controle destas plantas são complexos devido às características não lineares e multi-variáveis, dos grandes atrasos de transporte e das várias restrições de operação da planta. **Em geral, os sistemas de controle usados em plantas comerciais são de propriedade das**

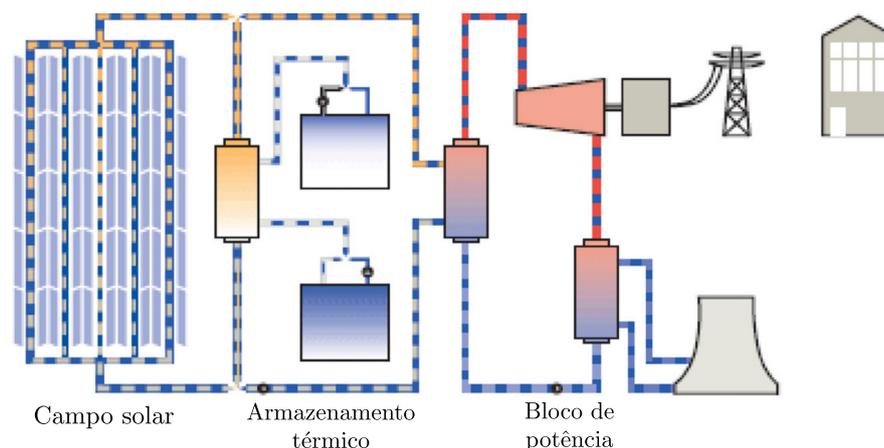


Figura 1: Diagrama esquemático de uma planta solar térmica baseada na tecnologia de coletores parabólicos [7].

**empresas detentoras da tecnologia.** Por outro lado, devido às características particulares do clima do Brasil, as plantas e os sistemas de controle a serem implementados no país devem ser adaptados para o melhor aproveitamento da energia. **Neste sentido, técnicas de controle avançado e otimização terão que ser desenvolvidas especificamente para esse tipo de processo, o que gera para a indústria brasileira um conhecimento específico para o desenvolvimento de tecnologia local.**

Nesta pesquisa, estaremos investigando estas questões para aumentar a eficiência destes sistemas no cenário nacional e torná-los mais competitivos em relação às plantas baseadas em combustíveis fósseis. Trata-se de um projeto de inovação tecnológica e científica. Logo, promover um espaço acadêmico capaz de se antecipar a esse tipo de demanda colocará o Departamento e a Universidade em situação de destaque.

## 2.1 Projeto de pesquisa relacionado

Esta dissertação será desenvolvida no âmbito do projeto intitulado *Aprimoramento e Validação de Plataforma de Simulação de Plantas Heliotérmicas de Concentração Linear com Estudos de Inovação Tecnológicas*, em cooperação com o Centro de Pesquisas da Petrobras (CENPES-Petrobras) e outros professores da Universidade Federal de Santa Catarina. Neste contexto, o aluno de mestrado irá realizar trabalhos em conjunto com pesquisadores da área.

## 3 Objetivos

O objetivo deste projeto é desenvolver metodologias de controle e otimização para plantas solares térmicas baseadas na tecnologia de coletores lineares fresnel. Os resultados deverão ser apresentados, sempre que possível, em uma forma geral, de modo a gerar resultados de interesse para uma porção significativa da comunidade científica.

## 4 Metodologia

A pesquisa será desenvolvida com os seguintes passos:

1. Realização de estudos teóricos e revisão bibliográfica sobre:
  - Sistemas de geração de energia solar térmica.

- Metodologias de controle automático para estes sistemas.
  - Funções objetivos (econômicos e de desempenho) para sistemas de geração de energia solar térmica.
2. Desenvolvimento de modelos matemáticos e simuladores do sistema. A modelagem deverá levar em consideração a dinâmica do campo de coletores solar e o processo de conversão de energia.
  3. Implementação das metodologias de controle e otimização. Daremos ênfase às metodologias de controle preditivo e controle ótimo, onde diversas funções objetivos serão formuladas e testadas para analisar a viabilidade econômica do sistema.
  4. Testes de simulação e análise numérica das técnicas estudadas com um conjunto de cenários computacionais bem definidos.

Os resultados obtidos nesta pesquisa serão publicados em conferências e periódicos internacionais. Esperamos publicar um artigo em congresso nacional/internacional e submeter um artigo em periódico especializado da área.

## Referências

- [1] A. M. Borbely e J. F. Freider. *Distributed generation: The power paradigm for the new millenium*. CRC Press, 2001.
- [2] J. M. Cabello, J. M. Cejudo, M. Luque, F. Ruiz, K. Deb, e R. Tewari. Optimization of the size of a solar thermal electricity plant by means of genetic algorithms. *Renewable Energy*, 36:3146–3153, 2011.
- [3] E. F. Camacho, M. Berenguel, F. R. Rubio, e D. Martínez. *Control of solar energy systems*. Springer, 2012.
- [4] Plano decenal de expansão de energia 2024, 2014.
- [5] Price. H., E. Lupfert, D. Kearney, E. Zarza, G. Cohen, R. Gee, e R. Mahoney. Advances in parabolic trough solar power technology. *Journal of Solar Energy Engineering*, 124:109–125, 2002.
- [6] D. E. Olivares, A. Mehrizi-Sani, A. H. Etemadi, C. A. Canizares, R. Iravani, M. Karezani, A. H. Hajimaragha, O. Gomis-Bellmunt, A. Saeedifard, R. Palma-Behnke, G. A. Jimenez-Esstevez, e N. D. Hatziargyriou. Trends in microgrid control. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 5:1905–1919, 2014.
- [7] T. M. Pavlovic, I. S. Radonjic, D. D. Milosavljevic, e L. S. Pantic. A review of concentrating solar power plants in the world and their potential in Serbia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16:3891–3902, 2012.
- [8] C. Tiba. *Atlas solamerico do Brasil*. Editora Universitária da Universidade Federal do Pernambuco, 2000.