



## **Análise do Efeito de Timeshift Intrínseco de Dataloggers e sua Relação com o Perfil Diário do Recurso Eólico**

**Matheus Kleming de Castro Cunha<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Casa dos Ventos Energias Renováveis

Rodovia CE-021, km 08, Maracanaú, 61939-906, Brasil

matheus.cunha@casadosventos.com.br

### **RESUMO**

Esse artigo busca caracterizar o problema de *timeshift* do perfil diário do recurso eólico por falta de acurácia nas medições de *dataloggers* (DL) que não possuem sistema de posicionamento global (GPS) integrado, e propor um método simples, porém eficaz, de ajuste dessas medições. A não utilização do GPS e a falta de acurácia do *clock* interno dos DL podem gerar divergências entre o horário gravado pelo DL e o real horário da medição. Por essa razão, apesar dos DL realizarem as medidas com valores corretos das variáveis do recurso eólico, deve-se fazer um tratamento nos dados de medição a fim de corrigir o *timeshift* variável intrínseco dos DL operando nessas condições. O estudo foi realizado com dados de 4 estações de medição anemométricas, que utilizavam DL sem GPS integrado, pertencentes à empresa Casa dos Ventos Energias Renováveis, e a validação do procedimento foi realizada a partir de dados de outras estações, na mesma região das estações em estudo, que, por sua vez, possuíam GPS integrado em seus DL.

**Palavras chave:** *perfil diário do recurso eólico, timeshift intrínseco de dataloggers*

### **INTRODUÇÃO**

As medições das características do recurso eólico são o início do processo de geração de energia elétrica a partir desse recurso e, por essa razão, essa etapa tem uma importância bastante significativa no processo de geração de energia, sendo intensamente investigada pela comunidade acadêmica, como em [1-3]. Além da correta medição das variáveis do recurso, como velocidade e direção do vento, temperatura, umidade e pressão do ambiente, a relação dessas variáveis com o tempo é de extrema importância. Nesse sentido, a garantia da sincronização do horário marcado pelos DL é imprescindível para um estudo adequado do recurso eólico da região.



No estudo de previsão de longo prazo, por exemplo, a correlação entre as séries de referências e as séries temporais medidas são feitas de forma horária [4]. Dessa forma, as divergências entre o horário marcado pelo DL e o horário real de medição podem alocar valores das médias em horas diferentes, fazendo com que o perfil diário se modifique, e que as correlações com a série de longo prazo não sejam representativas.

Além disso, a importância desse estudo é também explicada, por exemplo, como a referência [5] sugere, pela capacidade e motivação da elaboração de projetos de combinação híbrida de geração de energia eólica e solar, que aumentam a estabilidade do fornecimento de energia e mostram-se uma topologia mais eficiente. Essa configuração de projeto está diretamente relacionada ao perfil diário do recurso eólico e solar, dado que o aumento da eficiência da geração ocorre devido ao efeito complementar desses recursos.

## DESENVOLVIMENTO

Para esse estudo, foram escolhidas 4 estações de medição anemométricas que utilizaram somente um datalogger durante todo período de medição da estação, tendo, portanto, garantia de que qualquer divergência dos horários esteja relacionada somente com o DL em questão. Além disso, foram realizadas várias intervenções nas estações de medição para conferência dos horários marcados pelo DL, comparando-os sempre com o horário marcado pelo GPS do engenheiro.

De posse dos dados das divergências entre os horários do GPS e DL, e dos horários de cada medição (*timestamps*) dos dados anemométricos, foi realizado um estudo de correlação entre essas medidas, e foram escolhidas 4 estações de medição para o presente estudo. Então, modelou-se a relação entre o adiantamento do relógio do DL e o período transcorrido desde a montagem do DL nas estações de medição por regressão linear, para que assim fosse realizada a correção desses *timestamps*, com a aplicação do *timeshift* em cada ponto, de acordo com o modelo estimado.

A título de exemplificação do método utilizado, a Tabela 1 mostra a evolução da divergência entre os horários marcados no DL e os valores marcados no GPS de uma das estações de medição escolhida para o estudo, desde o início da medição (tempo transcorrido).

Tabela 1 - Divergência entre horários do DL e GPS

<i>Timestamp DL</i>	<i>Timestamp GPS</i>	<i>Diferença (s)</i>	<i>Tempo Transcorrido (s)</i>
14-03-13 12:40	14-03-13 12:40	0	0
21-08-14 15:15	21-08-14 13:53	4920	45364380
15-12-14 14:38	15-12-14 12:58	6000	55383480
07-03-15 10:45	07-03-15 8:53	6720	62453580
04-12-15 18:31	04-12-15 15:58	9180	85979880
13-01-16 20:08	13-01-16 17:29	9540	89441340
27-01-16 15:02	27-01-16 12:21	9660	90632460
23-07-16 18:01	23-07-16 14:54	11220	106020840
23-07-17 15:46	23-07-17 11:46	14400	137545560
13-01-18 20:25	13-01-18 16:00	15900	152594400

Assim, o gráfico entre os segundos transcorridos desde a montagem do DL e as diferenças entre o horário do DL e do GPS pode ser analisado na Figura 3.

Correlação - Adiantamento DL e Tempo

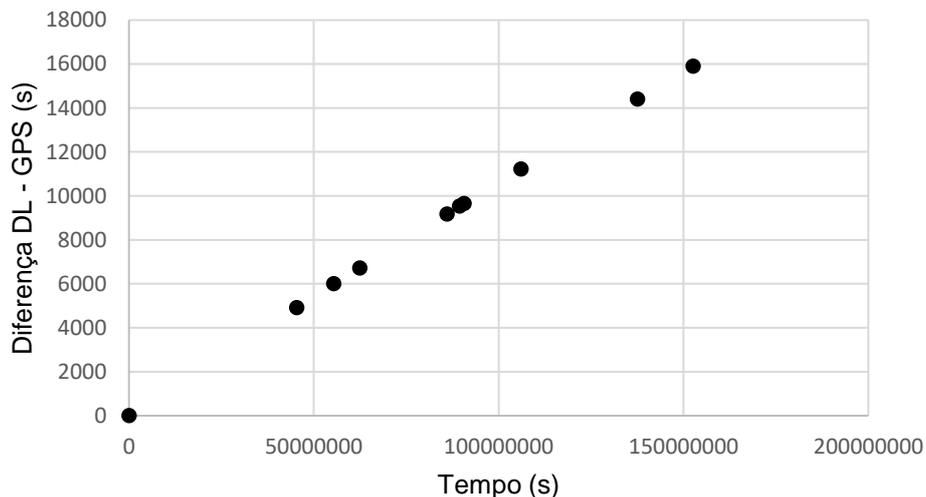


Figura 3 - Relação entre as diferenças dos DL e GPS e o tempo

Como visto na Figura 3, pode-se notar uma forte relação linear entre as variáveis em questão, e essa característica também se confirma na análise das outras estações de medição em estudo. Dessa forma, é possível realizar uma regressão linear para descrever a reta que melhor aproxima o comportamento dos pontos. Então, é suficiente que as datas representadas nos *timestamps* sejam descritas em segundos desde do dia da montagem do DL, para que o *timeshift* seja calculado, e aplicado a cada ponto das séries.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizados estudos com quatro estações de medição anemométrica pertencentes à Casa dos Ventos Energias Renováveis, aqui intituladas como T1, T2, T3 e T4. A Tabela 2 mostra os *slope* e *offset* obtidos da regressão linear entre o adiantamento do DL e o tempo transcorrido de cada uma das estações de medição em análise.

Tabela 2 - Coeficientes da Regressão Linear

Estação de Medição	Slope	Offset	R <sup>2</sup>
T1	10,39E-05	180,21	0,9996
T2	5,07E-05	1271,37	0,9263
T3	3,815E-05	19,87	0,9994
T4	1,61E-05	161,34	0,9443

De posse dos coeficientes da regressão, o *timeshift* individual pode ser aplicado a série temporal de cada estação em questão, e então, cada perfil diário pode ser obtido calculando a média horária do período escolhido. As Figuras 4, 5, 6 e 7, então, mostram as comparações entre os perfis diários das estações, antes e após a aplicação do *timeshift* às séries temporais correspondentes.

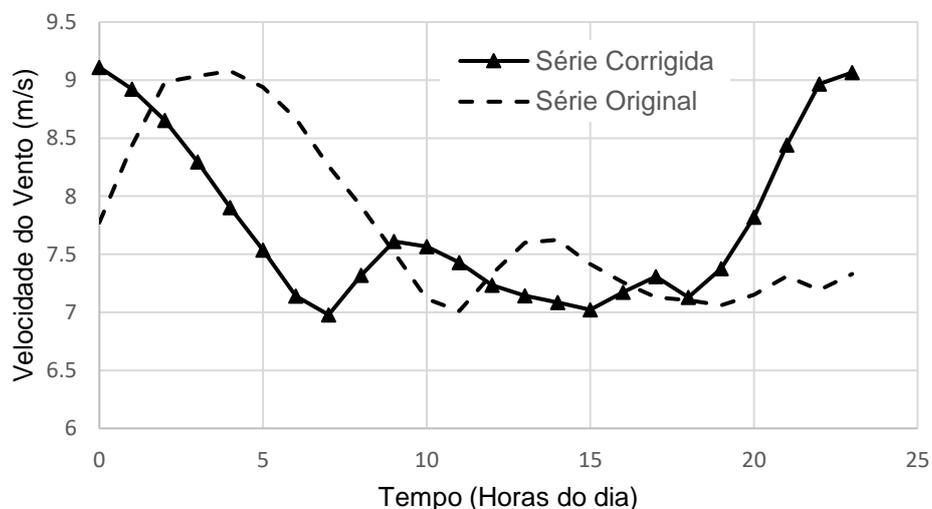


Figura 4 – Perfil diário de vento – T1

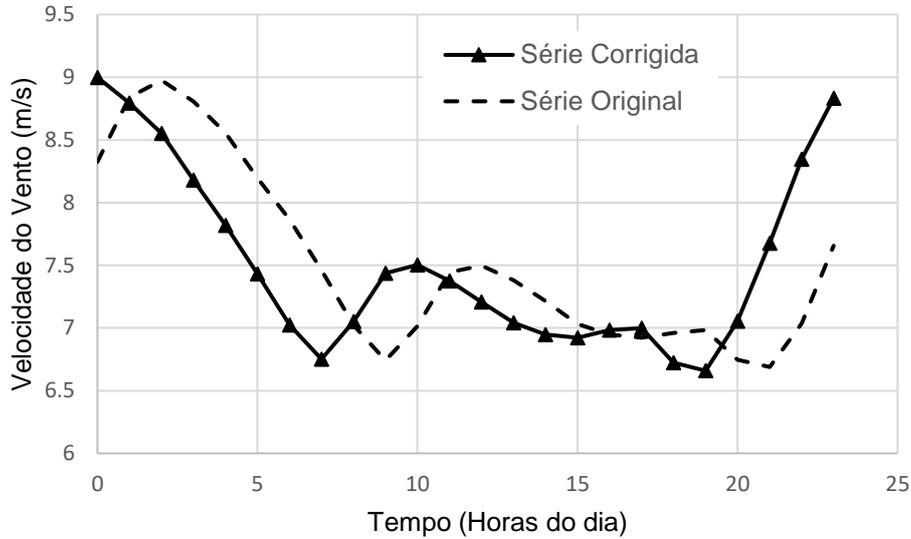


Figura 5 - Perfil diário de vento – T2

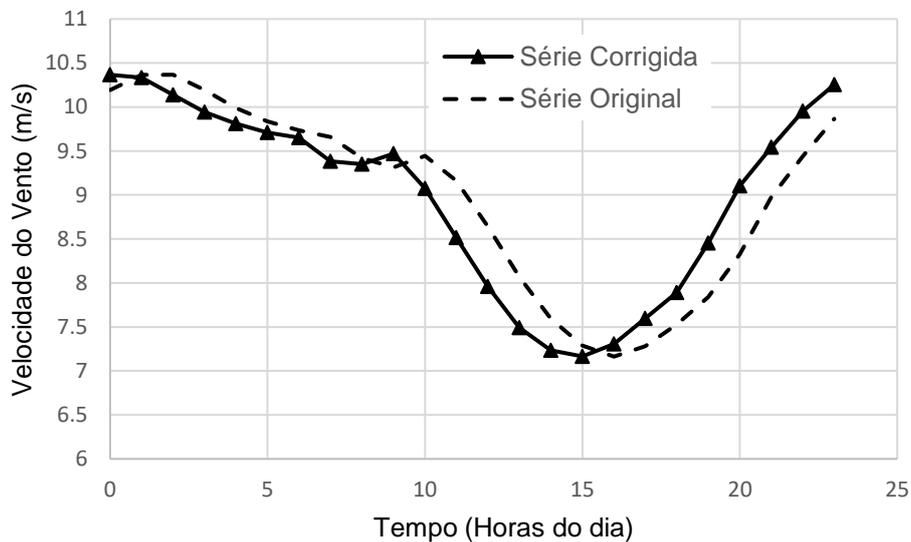


Figura 6 - Perfil diário de vento – T3

A partir da análise dos gráficos das Figuras 4, 5, 6 e 7, pode-se notar que o adiantamento do relógio do *datalogger* pode modificar o perfil diário do recurso eólico, o que sugere que essa análise e procedimento de correção possui relevância, caso o perfil diário seja parâmetro utilizado num projeto específico.

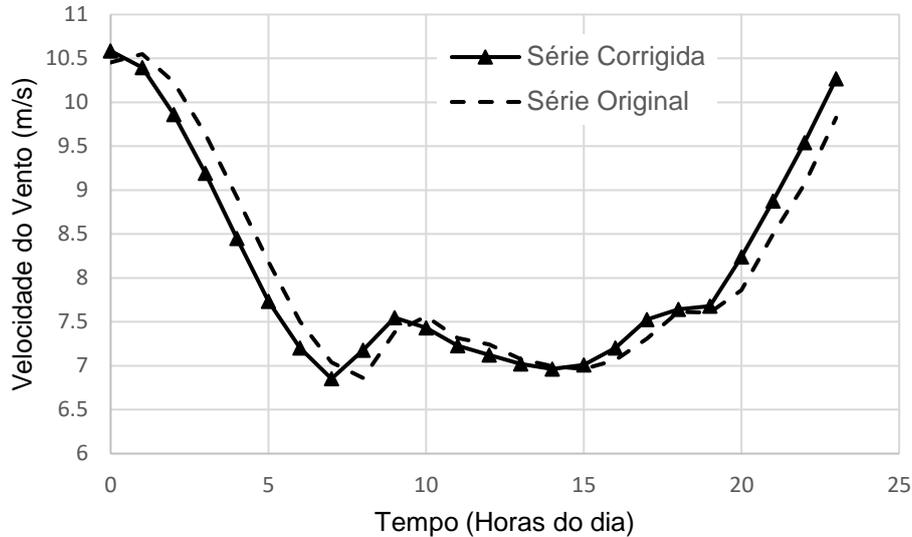


Figura 7 - Perfil diário de vento – T4

A fim de validar o procedimento e garantir a eficiência do processo, foram ainda selecionadas estações de medição anemométricas próximas às estações T1, T2, T3 e T4 em estudo, que utilizam *dataloggers* com GPS integrado, com período de medição concorrente às estações em análise. Dessa forma, assumindo que o perfil diário dessas estações de medição são bases de referência, essa comparação valida o método descrito nesse trabalho. As Figuras 8, 9, 10 e 11 mostram a correlação entre as séries originais e corrigidas, e as séries escolhidas como base de referência, além dos fatores  $R^2$  de cada regressão.

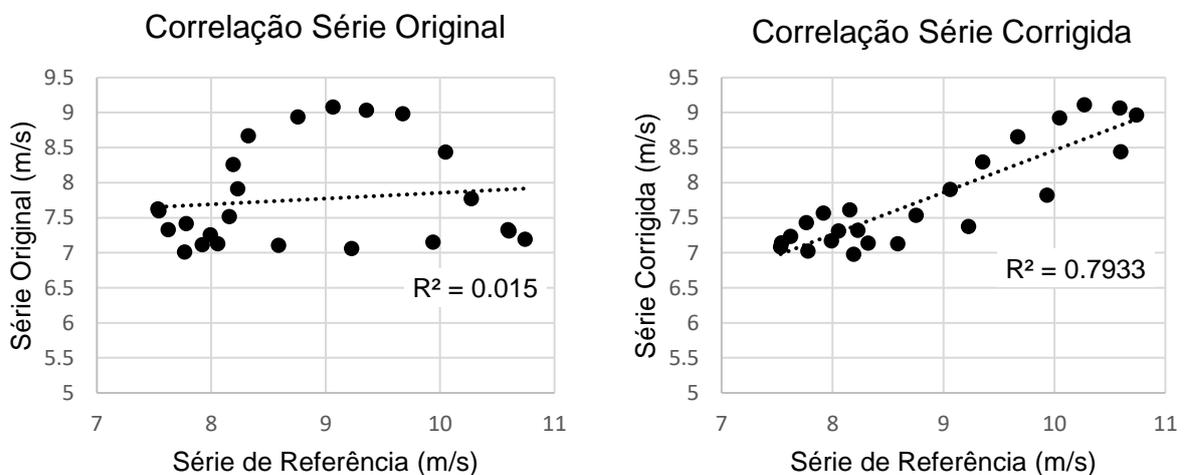


Figura 8 - Validação da Correção – T1

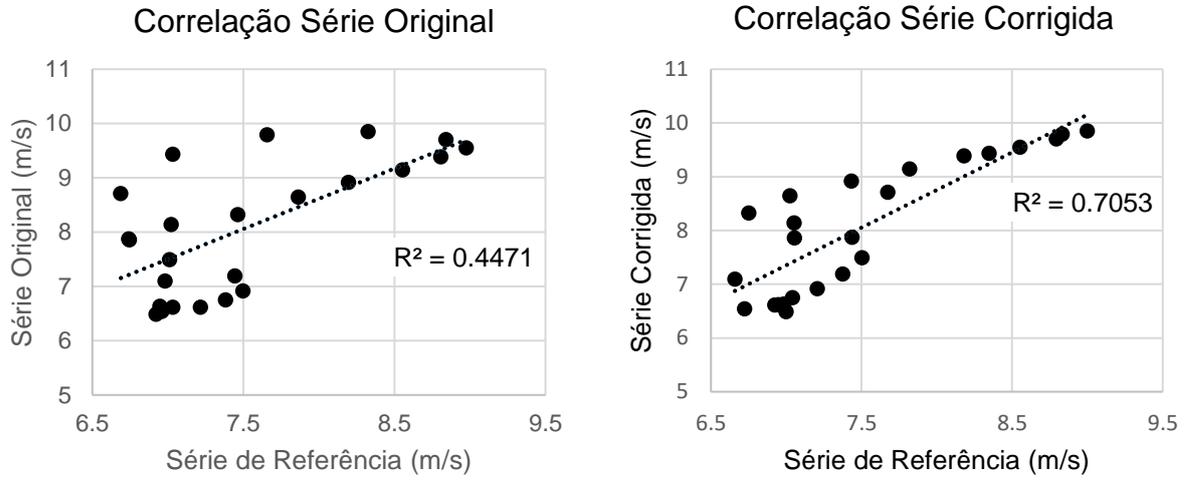


Figura 9 - Validação da Correção – T2

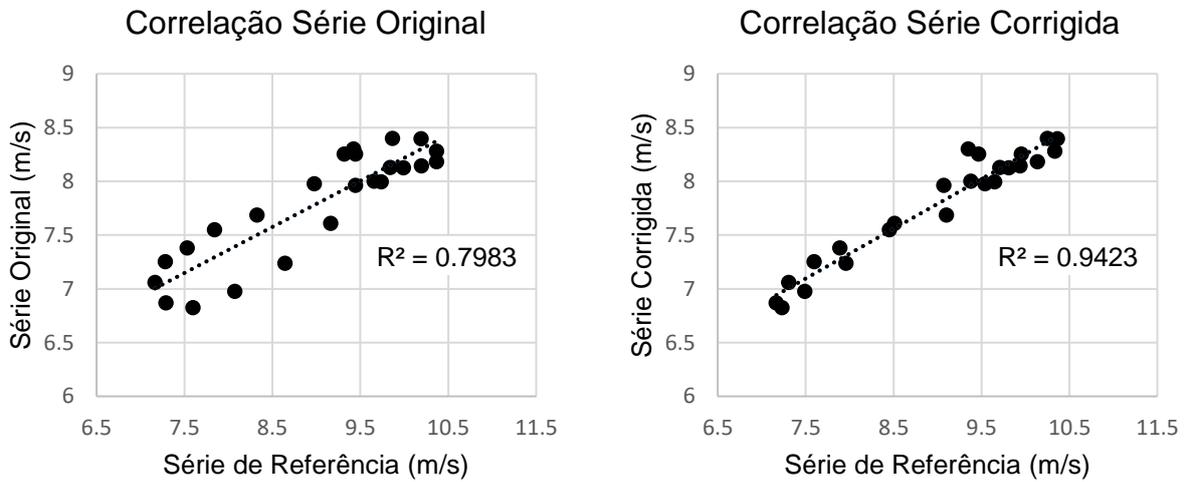


Figura 10 - Validação da Correção – T3

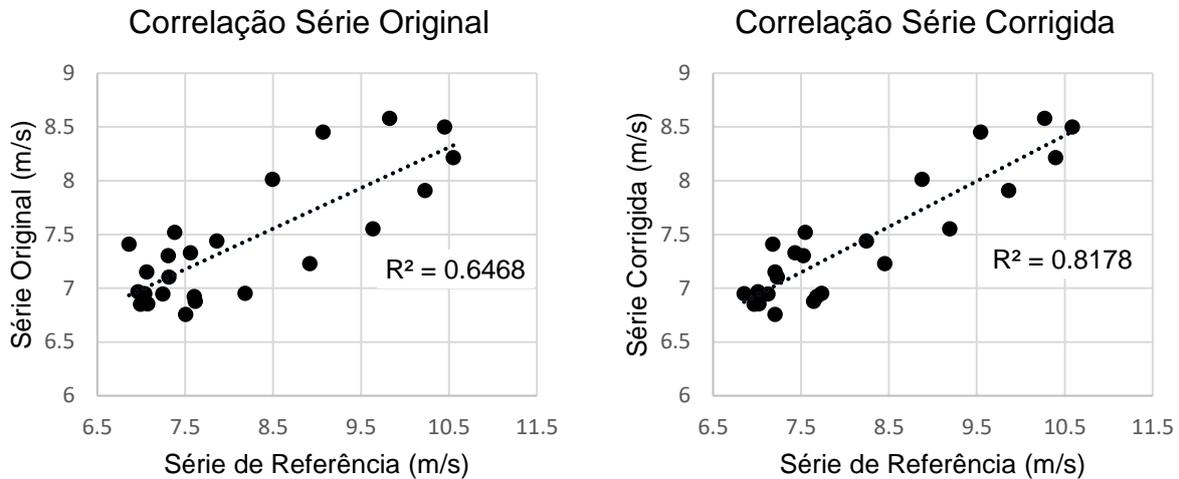


Figura 11 - Validação da Correção – T4

As Figuras 8 e 9 mostram uma melhoria significativa da correlação entre as séries de referência e as séries medidas quando é aplicado o método proposto no trabalho. Esse resultado era esperado, visto que, nas Figuras 4 e 5, pode-se evidenciar facilmente a diferença entre os perfis diários do recurso eólico, quando obtidos com as séries original e corrigida. Além disso, como pode-se analisar nas Figuras 10 e 11, apesar das formas dos perfis diário mostradas nas Figuras 6 e 7 não mostrarem uma divergência tão evidente com nos casos anteriores, a correlação entre as séries de referência é aumentada de forma relevante com a aplicação do método mostrado nesse trabalho, concluindo-se assim, a análise do efeito do adiantamento do relógio do DL nos perfis diário das estações de medição anemométricas.

## CONCLUSÃO

Nesse trabalho, foi evidenciada a importância da garantia de sincronização do relógio do *datalogger* na obtenção do perfil diário de vento da localidade. Caso isso não seja possível, seja por limitações de hardware ou adequações diversas, esse trabalho também propõe uma solução simples e eficaz, fazendo as correções necessárias nos *timestamps* gravados pelo *datalogger*. Além disso, com a comparação dos perfis diários com estações de medições próximas, que utilizam DL com GPS integrado, fica comprovada a validade da técnica proposta. Verificou-se, portanto, que, com a utilização do método proposto e aplicação das correções, mesmo os DL que não possuem GPS integrado podem ser utilizados na determinação de características atmosférica da região em análise.



## REFERÊNCIAS

- [1] SREEVALSAN, E. Wind resource assessment. Sari energy, 2010.
- [2] MARTINS, F. R. et al. Solar energy scenarios in Brazil, Part one: resource assessment. Energy Policy, v. 36, n. 8, p. 2853-2864, 2008.
- [3] SINGH, Shikha; BHATTI, T. S.; KOTHARI, D. P. A review of wind-resource-assessment technology. Journal of Energy Engineering, v. 132, n. 1, p. 8-14, 2006.
- [4] BECHRAKIS, D. A.; DEANE, J. P.; MCKEOGH, E. J. Wind resource assessment of an area using short term data correlated to a long term data set. Solar Energy, v. 76, n. 6, p. 725-732, 2004.
- [5] HOICKA, Christina E.; ROWLANDS, Ian H. Solar and wind resource complementarity: Advancing options for renewable electricity integration in Ontario, Canada. Renewable Energy, v. 36, n. 1, p. 97-107, 2011.

## BIOGRAFIA

**Matheus Kleming de Castro Cunha** – Nascido em 1991, e natural de Fortaleza, Brasil, é graduado (Magna Cum Laude) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Ceará (UFC-2015), e, atualmente, mestrando pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) na área de Sistemas Aeroespaciais e Mecatrônica, com ênfase em Controle Adaptativo de Sistemas. Profissionalmente, ocupa a posição de Supervisor da equipe de Análise de Dados da empresa Casa dos Ventos Energias Renováveis. É autor de “*Self-tuning Adaptive Controller applied to the Boost Converter Voltage Control*” – COBEP-SPEC/2015, e “*Adaptive Control of Quadrotor Aerial Vehicles under Actuator Failures*” – CILAMCE/2017, sendo Controle Adaptativo Contínuo, Identificação de Sistemas e *Machine Learning* suas áreas de interesse.